

INŻ. DR. JAN BLAETH



# ŚREDNICA DRENÓW



WE LWOWIE.

I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1911.

Główny skład  
w księgarni  
GUBRYNOWICZA I SYNA  
we  
Lwowie.

*L. 1498*  
*[Handwritten signature]*  
*[Red stamp]*



INŻ. DR. JAN BLAUTH

# ŚREDNICA DRENÓW



213679



WE LWOWIE.

I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1911,

**Główny skład**  
w księgarni  
**GUBRYNOWICZA i SYNA**  
we  
**Lwowie.**

200



626.862



1086

ODBITKA Z „CZASOPISMA TECHNICZNEGO“

1857/50



Ważność dobrej funkcyi drenowania, zależnej od sposobu obliczenia średnicy przeważnie i od racjonalnego drenowania, wykazują korzyści drenowania w gospodarstwie rolnem, uznane w praktyce i zestawione przez wszystkich autorów dzieł o melioracyach rolnych. Korzyści drenowania są w streszczeniu następujące: 1. Drenowanie jest tańszym środkiem osuszenia gruntu, niż odpowiednio gęsta sieć rowów otwartych. 2. Dobrze wykonane drenowanie prawie niema kosztów utrzymania. 3. Niema straty gruntu jak przy osuszeniu rowami; i owszem, wiele gruntu zyskuje się po osuszeniu drenami przez wciągnięcie pod uprawę małych i większych nieużytecznych obszarów z powodu zbytnej wilgoci. 4. Dreny działają osuszająco przez cały rok. 5. Drenowanie nie wywołuje przeszkód w ruchu, a przez zniesienie dawnych rowów usuwa takowe. 6. Dreny usuwają szkodliwe działanie mrozu. 7. Ogrzewają grunt. 8. Ułatwiają dostęp powietrza do głębi gruntu. 9. Wywołują zmianę struktury ziemi. 10. Zwiększają i ujednolajniają ją urodzajność gruntu. 11. Wywołują zmniejszenie ilości szkodników roślinnych i zwierzęcych — w końcu 12. Drenowanie podnosi zdrowotność okolicy.

Osuszenie rowami otwartymi daje tylko następujące korzyści w porównaniu z drenowaniem: 1. Rowy są najlepszym środkiem odprowadzenia wody powierzchniowej. 2. Potrzebny spadek, wystarczający do osuszenia rowami, jest mniejszy, niż

minimalny spad drenów. 3. Rowy wywołują przewietrzenie tylko w obok nich położonym gruncie. 4. W końcu rowy w razie potrzeby ułatwiają zwilżenia gruntów przez wstrzymanie w nich odpływu i spiętrzenie wody — lub przez regularne nawodnianie.

Dobre drenowanie zaprojektować i wykonać można tylko przy dokładnej znajomości miejscowych stosunków wodnych przede wszystkim, następnie przy znajomości rodzaju i pochodzenia geologicznego gruntu, rodzaju użytku itp.

W celu dokładnego poznania stosunków wodnych należy zaobserwować następujące zjawiska w naturze.

Przedewszystkiem poznać należy, w jaki sposób występuje woda.

Największy wpływ na zawilgocenie gruntu wywiera najwidoczniejszy objaw ruchu wody w naturze t. j. opad. Woda opadowa tworzy na powierzchni gruntu strugi — zaś przez częściowe jej wsiąkanie w grunt strugi wody zaskórnej pod powierzchnią gruntu mniej lub więcej głęboko.

Opady atmosferyczne są zmienne w różnych porach roku, stosunek ich pod względem ilości, jakości, częstości i czasu podania są bardzo zmienne w tym samym roku, jak i w szeregu lat. Zmienność ta nie dała się dotychczas ściśle i stale oznaczyć żadnymi obliczeniami.

Z opadów najważniejszymi dla rolnika są te, które działają najniekorzystniej na rozwój rośliny, w jego najkrytyczniejszym czasie, t. j. w czasie kiełkowania ziarna lub odnowienia się rośliny na wiosnę.

Opad lokalny deszczu zależy od stosunków wodnych w całym dorzeczu, więc w celu poznania działania opadów należy poznać obszary naraz rozmaitymi opadami zajmowane i ich następstwo. Kierunki wiatru, ciepłotę opadu i powietrza, rozkład opadów w całym dorzeczu — prócz tego



działy wód, rozdział ścieków, roślinność i jej rozdział i tym podobne zjawiska charakteryzujące całą zlewnię badanego gruntu.

Opady podług czasu trwania dzielą się na godzinne, dzienne, miesięczne w sumie z całego miesiąca — całoroczne w sumie i średnie z różnego czasu i z wielu lat.

Opady krótkotrwałe są bardzo rozmaite pod względem ilości wody i czasu; i tak podaje Schiffmann, że największy deszcz w Poznaniu; trwający 20 minut, dał warstwę wody na 24 *m/m*, w tym samym czasie we Wiedniu utworzył warstwę 37 *m/m* grubą.

Sojka podaje, że obserwacja przeprowadzona w Monachium w 1882 r. wykazała 22% opadów, dających warstwę grubszą od 1 *m/m* w godzinie a 11% grubszą od 2 *m/m*. Siła opadów przekraczała i 9 *m/m* na godzinę.

Do silnych opadów należą dające w 24 godzinach warstwę wody 10—13 *m/m*.

Największe miesięczne opady w Niemczech wynoszą ponad 300 *m/m*, największe dzienne 150 *m/m*. Godzinne dochodzą do 120 *m/m*. Ulewy 18 *m/m* w godzinie, 0.3 *m/m* w minucie. Największe opady powyżej wykazane zdarzają się raz na 30—50 lat.

Vogler podaje opad dzienny od 50—200 *m/m*, szczegółowo podaje, że wynosi opad dzienny w Poznaniu 83 *m/m*, w Zgorzelicach 68 *m/m*, w Raciborzu 89 *m/m*, we Wrocławiu 95 *m/m*, w Cieszynie 106 *m/m*, w Białej 72 *m/m*, we Lwowie 103 *m/m*, w Czerniowcach 96 *m/m*. Dzienny opad dochodzi do warstwy 238 *m/m*.

Dorzecza małe od 5—6 *km*<sup>2</sup> obszaru, szczególnie w pagórkach, dają największe opady z *km*<sup>2</sup> na sekundę — w takich dorzeczach najczęściej zdarzający się dzienny opad wynosi od 100—150 *m/m*, a godzinny 4—6 *m/m* (Gamann). Grunta pod



drenowanie wypadają najczęściej w pagórkach i powyższe dane są dla drenowania ważne.

Z powyższego zestawienia widać gwałtowną różnicę w opadach — przyjęcie pewnego opadu jako podstawę do obliczenia rozmiarów drenu jest więc trudne i wymaga znajomości stosunków miejscowych.

Wszelkie opady silne w krótkim czasie padające mogą być zupełnie z obliczeń usunięte, gdyż opady te dają wiele wody spływającej powierzchni a mało wsiąkającej — czas krótki opadu nie wpływa na przyspieszenie wsiąkania i przesiąkania wody przez grunt do drenów, zatem różnica czasu i ilości opadu zmniejsza się znacznie i ujednostajnia w różnicy ilości i czasu osączania się wody przesiąkającej do drenów. Na to spóźnienie i ujednostajnienie wpływa gatunek gruntu przedewszystkiem.

Pamiętać jednak należy, że gatunek gruntu przez działanie drenów zmienia się z czasem.

Średnicę drenów należy obliczać na próbę także na silne opady krótkotrwałe, uwzględnić jednak potrzeba w obliczeniu tem różnicę wsiąkania w grunt wody silnego i drobniejszego opadu. Różnica ta, uwzględniona w obliczeniach średnicy drenów na różne opady, wykaże potrzebę zwiększenia lub zmniejszenia średnicy w danych warunkach.

Pamiętać również należy, że odstęp drenów w pewnym gruncie, zależnie od jego własności wyznaczony, jest niezależnym od średnicy — a średnica zależy od powierzchni drenem osuszonej czyli przy pewnym odstępnie od długości drenu — od jego spadku, a przedewszystkiem od przyjętego opadu.

Rozdziały opadów rocznych na rozmaite pory roku są różne i wyraża się je w procentach śre-

dniego opadu rocznego — tak samo oblicza się opad miesięczny.

Rozkład procentowy w miesiącach z opadu średniego rocznego w Krakowie 630 *m/m*, obserwowany przez lat 29, wypada na styczeń 6%, na luty 4%, na marzec 5%, na kwiecień 6%, na maj 7%, na czerwiec 10%, na lipiec 13%, na sierpień 14%, na wrzesień 13%, na październik 9%, na listopad 7% a na grudzień 12%.

Ten sam średni opad 630 *m/m* dzieli się na pory roku w następujący sposób: na zimę 15%, na wiosnę 22%, na lato 41%, a na jesień 22% (Friedrich).

Podług obserwacji opadu w Niemczech wynosi średni opad roczny 660 *m/m*, z tego opadu wypada podział w procentach na pory roku następujący: na wiosnę 22·4%, na lato 36%, na jesień 23·5%, na zimę 18%.

Roczny opad deszczu rozdzielony na miesiące w procentach wypada w Czechach, na Ślązku w Galicyi i na Bukowinie: na grudzień 7—6%, na styczeń 6—4%, na luty 6—5%, na marzec 7%, na kwiecień 7%, na maj 10—12%, na czerwiec 13—15%, na lipiec 12—14%, na sierpień 12—11%, na wrzesień 8—7%, na październik 6%, na listopad 7—6%. (Haun, str. 29).

Średni opad w miesiącach w milimetrach w Galicyi wykazuje poniższa tablica. Średni opad roczny w Zachodniej Galicyi wynosi 721 *m/m*, we Wschodniej 699 *m/m*, w całej 710 *m/m*.

Największe średnie miesięczne opady przypadają u nas w lipcu — ale też i parowanie jest największe i wskutek tego dla roślinności są mniej szkodliwe, niż opady majowe lub wrzesniowe.

Między wysokością terenu nad p. m. a opadami średnimi rocznymi istnieje pewien stosunek, jak wykazują obserwacje (Better), i tak na wysokości 100 do 200 *m* opad wynosi 583 *m/m*, do



300 m — 650 m/m, do 400 m — 696 m/m, do 500 m — 782 m/m, do 700 m — 825 m/m, do 1000 m — 995 m/m, do 1200 m — 1380 m/m.

Tablica 1.

Zachodnia	Galicya	35	27	42	46	72	102
Wschodnia		27	28	40	39	73	97
Cała		31	25·5	41	42·5	72·5	99·5
Miesiące		I	II	III	IV	V	VI

Zachodnia	Galicya	97	86	70	59	43	42
Wschodnia		112	92	57	59	41	34
Cała		104·5	89	63·5	59	42	38
Miesiące		VII	VIII	IX	X	XI	XII

Woda opadowa rozdziela się na powierzchni ziemi na wodę spływającą, wsiąkającą i parującą.

Woda spływająca ma ruch swobodny tem więcej, im większą tworzy strugę, w której tarcie między cząstkami jest minimalne, a tylko tarcie skrajnych cząstek strugi o cząstki ziemi jest większe. Stąd pochodzi większa swoboda ruchu, widoczny i stalszy bieg, chyżość, rozmiar strugi i jednostajność w czasie ruchu wody na powierzchni gruntu, niż wody w gruncie.

Woda spływająca zbiera się w najniższych miejscach gruntu w kierunku największego spadu i tworzy ścieki czasowe lub stałe. Woda z biegiem narasta pod względem ilości i rozmiarów strugi. W ściekach czasowych woda spływająca ku dołowi po gruncie znajduje się na niem nieraz dłużej niż trwał opad, a często spływa po gruncie, na którym nie było wcale opadu. Im niżej, tem więcej wody i dłużej spływającej przebywa na



gruncie i tem też więcej jej wsiąka i paruje przy przepływach czasowych, które tworzą się zawsze na całej powierzchni gruntu po opadzie.

Na czas i na ilość wody, spływającej z powierzchni gruntu, wpływa bardzo wiele czynników i ich kombinacyj równoczesnego działania.

Ilość wody, spływającej z kwadratowego  $km$  dorzecza w  $m^3$ , zależy przedewszystkiem od geograficznego położenia, od opadów, ich rodzaju, pory roku, od kształtu, pokrycia i rodzaju gruntu w dorzeczu.

W silnych pagórkach odpływa z  $km^2$  na sekundę wielkiej wody  $0.15-0.17 m^3$ , małej wody  $0.002 m^3$  — w płaskich gruntach zaś wielkiej wody  $0.10-0.12 m^3$  — a małej  $0.002 m^3$ .

Laisole podaje opad z  $km^2$  z dorzeczy od  $1-5 km^2$  obszaru w płaskich  $0.5 m^3$ , pagórkach  $1.5 m^3$ , w górach  $2.0 m^3$ , zaś w dorzeczach od  $5-10 km^2$ , kolejno,  $0.3 m^3$ ,  $1.0 m^3$  i  $1.5 m^3$  na sekundę.

Odpływ wody z powierzchni gruntu jest równym różnicy opadu i parowania; gdy parowanie równa się opadowi, wtedy niema odpływu. W każdym razie odpływ jest tylko częścią opadu.

Woda, wsiąkająca w grunt, wypełnia przedewszystkiem przestwory międzycząstkowe warstwy ziemi na jej powierzchni. Jeżeli opad trwa krótko, a wsiąkanie wody w grunt jest powolnem, to wsiąka z opadu bardzo mało wody. Jeżeli opad jest dłuższym, a wsiąkanie łatwe, to może cały opad wsiąknąć w grunt, prócz części wody parującej i wtedy niema wody spływającej wcale. Po nasyceniu wierzchniej warstwy ziemi ustaje wsiąkanie i może po gruncie spływać cały opad prócz straty przez parowanie wywołanej.

Ilość wody, którą pochłania ziemia, jest różną, i zależy od porowatości ziemi. Wollny podaje następujący stosunek pochłaniania wody przez rozmaite grunta w procentach wagi i objętości. Ilość

Tablica 2.

Gatunek gruntu	Pochłania w %	
	wagi	objętości
Suchy piasek . . . . .	26.5	39.0
Piasek humusowy . . . . .	43.9	55.0
„ mniej urodzajny . . . . .	41.4	52.6
Piaszczysta glina . . . . .	43.3	55.4
Wapnista „ : . . . .	38.3	48.6
Torf . . . . .	274.0	1260.0
	42.7 średnio	50.2 średnio

wody wsiąkającej w procentach opadu po odtrąceniu ilości wody parującej, jest zależną od gruntu. Stosunek ten podaje Nielsen z 4-rech zimowych miesięcy jako ilość wody do odprowadzania drenażami.

Tablica 3.

Przy spadzie . . .	do 0.02	0.03	0.14	0.20	nad 0.20
Ilość wody w %	50	45	40	35	30—20

Z tabeli Nielsena wypada, że im mniejszy spadek gruntu, tem więcej wody wsiąka z opadu i to należy przy obliczaniu średnicy drenów w różnych gruntach uwzględnić.

Następująca tabela daje zestawienie ilości procentowej wody opadowej i wsiąkającej w trzech

Tablica 4.

Ziemia	XII	I	II	Średnio zima	III	IV	V	Średnio wiosna
Glina ciężka . . . . .	41.0	0.90	41.4	19.0	88.6	34.9	16.2	36.1
„ zwykła . . . . .	35.9	0.90	40.9	29.9	90.5	17.1	51.3	52.4
Ziemia piaszcz.	16.5	1.80	75.4	37.7	111.4	37.1	30.6	59.7



Ziemia	VI	VII	VIII	Średnio lato	IX	X	XI	Średnio jesień
Gлина ciężka .	35·6	26·3	24·9	29·3	32·7	50·0	9·0	26·5
„ zwykła	51·1	53·6	33·7	43·6	35·9	45·8	12·4	28·6
Ziemia piaszcz.	47·5	53·3	27·2	42·4	33·3	53·3	101	27·9

charakterystycznych gatunkach ziemi 1. ciężkiej gliny, 2. lżejszej zwykłej gliny i 3. lekkiej ziemi piaszczystej — w różnych porach roku i miesiącach. Różnica wody opadowej a spływającej z potraceniem parującej dałaby ilość wody wsiąkającej w różnym czasie i w różnych warunkach i ta ilość byłaby decydującą o wymiarach średnicy drenów. Z powyższej tabeli okazuje się, że najkrytyczniejszym czasem jest miesiąc marzec, następnie październik.

Czas przeciekania wody, wsiąkającej w grunt do drenu, jest w rozmaitych gruntach różna, a nawet w tym samym gruncie w różnych porach roku. Chyżość wsiąkania wody w grunt wynosi średnio na godzinę od 0·1—1·0 *m* i zależy głównie od porowatości gruntu. Zawartość powietrza w gruncie koniecznie potrzebna do życia roślinom wpływa na przesiąkanie wody.

W drobno ziarnistych ziemiach jest objętość por większa niż w gruboziarnistych. Ruch wody i powietrza zależy od wielkości porów, od różnicy przyczepności tychże do siebie wzajem i do cząstek ziemi.

King starał się oznaczyć porowatość ziemi przez przeciskanie powietrza i pomiar ilości jego i czasu trwania doświadczenia. Pewna ilość większych cząstek dodawana do pewnej drobności cząstek zmniejsza dopóty przepuszczalność, dopóki większe cząstki nie przeważą w masie i wtedy za-



cznie się przepuszczalność zwiększać — ponieważ zwiększa się ilość większych porów.

Wollny twierdzi, że o przepuszczalności gruntu stanowi ze wszystkich warstw go składających warstwa najzwięźlejsza.

Że pewien układ i stosunek cząstek miałkich do grubszych wpływa na przepuszczalność, dowodzi zjawisko zwane w rolnictwie zlewaniem się gruntu. Woda płynąca lub deszcz dłużej padający na powierzchnię gruntu rozmaka go tak, że grubsze cząstki opadają na spód a miałkie tworzą powłokę na powierzchni zbitą, wilgotną i nieprzepuszczalną do tego stopnia, że woda na niej utrzymuje się dłuższy czas, mimo że grunt jest drenowanym; tego przykład można było obserwować na piaszczysto-glinkowatych gruntach w Czerlanach na starem drenowaniu i w Bartatowie na kilkuletniem. Chemiczny proces rozkładu cząstek — działanie kainitu wpływa także na tworzenie się zlewania gruntu na powierzchni.

Ruch wody zaskórnej trudno śledzić, a należałoby więcej robić doświadczeń, bo ruch ten jest mało znanym. Do śledzenia jego używa się soli kuchennej i różnych barwników. Ślady przejścia wody ze solą kuchenną dadzą się odkryć elektryzowaniem.

Na ruch wody w gruntach zwięzłych wpływa przemienne działanie suszy i wilgoci, tworząc szeregi szparek, przez które woda przesączać się może. Ruch wody silny mniej działa na grunt roztwarzająco niż ruch powolny a trwały.

Parowanie wody jest ważnym czynnikiem, mało jeszcze określonym i za mało uwzględnianym w teorii drenowania.

Parowanie opadu zależy od ciepłoty wilgotności, od ruchu powietrza i od gęstości opadu — a parowanie wody z powierzchni gruntu zależy jeszcze od rodzaju, kształtu nachylenia ku stro-

nom świata i od pokrycia roślinnością, w końcu od pory roku.

Stosunek temperatury do parowania wykazuje Nasmann w następujący sposób:

Jeżeli parowanie przy  $25^{\circ} \text{C}$  przyjmie się za jednostkę, to w innych temperaturach będzie następujący stosunek. Przy ciepłocie  $+25^{\circ} \text{C}$  następnie  $+20^{\circ}$ ,  $+15^{\circ}$ ,  $+10^{\circ} \pm 0^{\circ}$ ,  $-15^{\circ}$ ,  $-10^{\circ}$ ,  $-15^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}$  będą liczby porównawcze, 1, 0.14 0.54, 0.39, 0.28, 0.19, 0.13, 0.09, 0.06, 0.04.

Jak silny wpływ ma parowanie na ilość wody odpływającej z opadu, dowodzą doświadczenia wykonane na czeskiem dorzeczu Łaby; przy średniej temperaturze znaleziono następujące stosunki.

Tablica 5.

Opad w <i>m/m</i> . . .	550	600	650	700	750	800	850
Parowanie „ . . .	432	448	470	510	550	575	590
Odpływ „ . . .	118	152	180	190	200	225	260

Przy uwzględnianiu porównania w obliczeniu ilości wody odprowadzanej drenami głównym czynnikiem jest temperatura, dlatego na zmniejszenie parowania, a powiększenie ilości wody przesiąkającej w miesiącach marcu i październiku ma wpływ obniżenie temperatury w tym czasie.

Gatunek gruntu wpływa na parowanie wody z jego powierzchni. Z gruntu włoskowatego od spodu, od wody zaskórnej wilgotnego paruje woda silnie, najmniej paruje z gruntu suchego niepokrytego roślinnością. Z gruntów, na których zbiera się woda wskutek trudnego wsiąkania lub spływania paruje jej wiele. Parowanie z powierzchni wody jest mniejszem niż ze ziemi pokrytej roślinnością.

Z powierzchni wody paruje maximum dziennie 10 *m/m*. Dienne parowanie średnio wynosi



z łąk 3·1—1·3 *m/m*, z pszenicy 2·7—2·8 *m/m*, z żyta 2·26 *m/m*, z kartofli 0·74—1·4, z lasu szpilkowego 0·5—1·1 *m/m*.

Podług doświadczeń w Augsburgu wynosi parowanie z powierzchni wody średnio miesięcznie w marcu 113 *m/m*, w kwietniu 174, w maju 200, w czerwcu 205, w lipcu 221, w sierpniu 223, we wrześniu 1908, w październiku 115, w listopadzie 76 *m/m*. Obserwacje te prowadzono przez lat 14. Okazuje się z nich, że marzec jest stosunkowo najgorszym miesiącem, bo najmniej w nim wody paruje. Z bagien zarosniętych paruje cały prawie opad.

Doświadczenia Woldricha w Ober-Döbling wykazały stosunek ilości wody opadowej do wsiąkającej i parującej z gruntu odkrytego.

Tablica 6.

Grubość warstwy wody	Strata wsiąkania w %				Strata parowania w %			
	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
0·16 <i>m</i>	37	21	16	42	63	28	34	58
0·32 „	57	45	17	42	43	55	83	58
0·63 „	62	51	21	45	43	49	79	55
1·26 „	43	41	24	32	57	59	76	68

Jakiś czas zajmowano się sprawą skraplania się pary powietrza w gruncie i zasilania korzeni roślin wilgocią, tej jednak teorii sprzeciwił się Wollny stanowczo i zbił ją dowodami zupełnie. (*Agrikulturphysik*, II. B. S. 51).

Wollny oblicza ilość rosy na 3·5% całorocznego opadu. W gorących krajach tworzenie się rosy ma dla roślinności wielkie znaczenie.

Friedrich podaje, że parowanie wody jest różnem w różnych porach roku i wynosi różną



część procentową opadu w każdej porze; tak paruje w procentach w kwartałach roku i z opadu rocznego: w zimie z opadu rocznego 35% z kwartału zimowego 6%, na wiosnę 81%—21%, w lecie 95%—34%, a w jesieni 68% i 15%.

Ważną własnością gruntu jest kapilarność czyli włoskowatość przewodów międzycząstkowych. Włoskowatość gruntu wpływa znacznie na ruch wody pod powierzchnią ziemi. Woda w włoskowatych przewodach w gruncie może się usunąć tylko parowaniem, zatrzymuje się najdłużej i jest dla życia roślin najkorzystniejszą, woda kapilarna chroni roślinność od posuchy i ustala jednostajność wilgotności gruntu. Własność pochłaniania wody przez grunt daje pojęcie o ilości i wielkości przestworów międzycząstkowych — a tem samem o stopniu wilgotności gruntu.

Przewody włoskowate w gruncie mają własność podnoszenia wody z głębszych warstw i zasilania wilgocią korzeni roślin.

Doświadczenia Meistra wykazały, że wysokość wody podnoszącej się w przewodach kapilarnych przez 21.5 sekundy wynosiła w glinie 2.0 m, w humusie 1.77 m, w ogrodowej ziemi 1.61 m, w torfie 1.14 m, w ziemi piaszczystej 0.9 m, w gliniastej 0.63 m, w ilastej 0.47 m — a w czystym piasku 0.21 m.

Woda w gruncie może podnosić się z głębi ze zbiorników wody lub z warstwy wodonośnej i zasilać grunt nieraz wilgocią do zbytku, woda ta jest w ruchu, w ilości i czasie niezależną bezpośrednio od opadów na danym gruncie, ale może dochodzić z oddalonych gruntów i w nich powstawać z opadów. Wody tej nie usuwa drenowanie, tylko parowanie lub czerpanie jej przez włoski korzeniowe roślin. Woda kapilarna znajduje się w gruncie równocześnie z powietrzem wypełniającem niekapilarne przestwory międzycząstkowe,

jestto nadzwyczaj korzystny stan dla roślinności.

Belgrand twierdzi, że piasek z Fontainebleau na jeden dzień jest w stanie nasiąknąć wodą na 279 *cm*. Silny deszcz 40 *m/m* na godzinę daje w 24 godzinach warstwę wody zaskórnej 96 *cm* wysoką, jeżeli spad gruntu nie przekracza 5%. Woda kapilarna dłużej stojąca w gruncie nasyca się roztworem pokarmów roślinnych.

Najszybciej podchodzi woda kapilarna w glinie nadreńskiej.

Woda kapilarna podchodząca powstrzymuje wsiąkanie wody powierzchniowej. Zbytek wody kapilarnej znajduje się w bardzo zwięzłych gruntach i jest szkodliwym.

King robił doświadczenia, że z rur napełnionych piaskiem i wodą kapilarnie jeszcze po 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> latach woda nie odciekła zupełnie i zależnie od wielkości por znajdowała się niżej lub wyżej nad dnem. Zależnie od kapilarności masa wody zawartej w piasku ku górze malała mniej lub więcej. Miałkie piaski tworzą wiele przewodów kapilarnych stale się utrzymujących.

Ruch wody kapilarnej badał Prof. Dr. Diro Kitao w Tokio.

Podnoszenie się wody kapilarnie jest wyższe w tym samym gruncie w stanie wilgotnym niż w stanie suchym — jak wykazał Wollny — co się tłumaczy zwiększeniem ilości przewodów włoskowatych przez zwiększenie się rozmiarów cząstek ziemi wodą nasyconych a tem samem zmniejszeniem się przestworów międzycząstkowych — szczególnie w gruntach zwięzłych.

Steward w Michigan znalazł kapilarną wysokość w 3 ziemiach piaszczystych suchych i mokrych następującą: I. ziemia sucha 32 *cm*, mokra 112 *cm*, II. ziemia sucha 58 — mokra 142 *cm*, III. ziemia sucha 87 *cm*, mokra 187 *cm*.



Jeżeli podchodzenie wody kapilarnej jest stałsze lub w większej ilości może się z niej tworzyć woda o wolnym przepływie w większych przestworach międzycząstkowych i ta woda może już odpływać do drenów. Woda podchodząca w górę z głębi gruntu na mocy włoskowatości nie jest dla roślinności szkodliwą, bo obok niej może się znajdować powietrze, woda podchodząca zaś w gruncie w wielkiej ilości pod ciśnieniem z głębi lub z bocznych zbiorników, z warstw wodonośnych jest szkodliwą, bo wyciska wszelkie gazy z gruntu — sama nieposiada tlenu i kwasu węglowego, a najczęściej jest nasyconą szkodliwymi kwasami i kwaśnymi związkami humusowemi.

O ile na ilość wody dostającej się do drenów wpływać może woda podnosząca się w gruncie, czyto włoskowata czy przestworami o wolnym przepływie, należy zbadać w każdym przypadku, gdyż ilość jej wpływa na średnicę drenów, mianowicie na jej zwiększenie.

W działaniu drenów ruch wody w naturze ma znaczenie najważniejsze, dlatego ruch ten należy dokładnie poznać.

Ruch wody w gruncie zależy od porowatości gruntu, a porowatość jest różna. Następujące zestawienie daje objętość por w procentach objętości masy rozmaitych gatunków ziemi: 1. Gruz ma objętości por 38·4 do 40·1%. 2. Piasek 35·6—40·8%. 3. Gлина z gruzem 23·1—28·9%. 4. Czarna ziemia humusowa, wapnista, gliniasta około 56·8%. 5. Bardzo miętka piaszczysto-gliniasta ziemia 55·3%. 6. Ciężka gliniasta 46·1%.

Należałoby przy badaniach rozróżnić objętość porów kapilarnych i przestworów o wolnym przepływie — bo różnica tychże ma wpływ największy na pojemność wody i ruch jej w gruncie.

Od ilości porów zależy nasycenie gruntu wodą i to jest różne pod względem wagi i objętości.

Schübler dał następujące zestawienie na podstawie doświadczeń.

Tablica 7.

Piasek podług wagi nasycy się 25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> , podług objętości 50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> wody.						
" wapienny	"	29	"	"	58	"
Gлина czysta	"	70	"	"	87	"
" z 45 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> piasku	"	46	"	"	68	"
" 24	"	50	"	"	73	"
" 10	"	61	"	"	82	"
Wapniowa	"	85	"	"	81	"
Ziemia ogrodowa	"	89	"	"	82	"
" orna	"	52	"	"	74	"

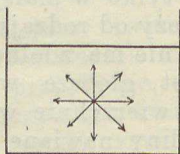
Oprócz powyższych ma znaczenie w ruchu ziemi stosunek cząstek ziemi do wody, mianowicie przyczepność i wzajemne działanie chemiczne i fizyczne obu czynników na siebie. Cząstki wody, mające większą lub mniejszą własność przyczepności do cząstek ziemi, będą w gruncie mniej lub więcej powstrzymywane w ruchu. Działanie przyczepności cząstek wody wzajemnie na siebie znosi się i dlatego we większych przestworach ruch wody jest w masie większej swobodniejszym. Jeżeli cząstka wody znajduje się obok cząstki ziemi i między nimi jest działanie przyczepności, to w miarę jej wielkości pewna ilość cząstek wody po przepływie masy wody zatrzymuje się w przestworach międzycząstkowych w gruncie jako zapasowa wilgoć. Działanie przyczepności objaśnia Gamann następującem przedstawieniem.

W przypadku pierwszym (rys. 1) cząstka płynu wśród innych cząstek tego samego płynu podpada ich działaniu przyczepności i te wzajemnie się znoszą, dlatego jest równowaga.

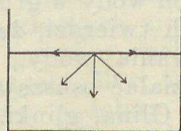
Gdy działanie przyczepności jest tylko od strony wody, to daje wypadkową i jest wskutek tego napięcia płynu na powierzchni — to napięcie daje kropli kształt kulisty. Igła nasmarowana tłuszczem będzie leżeć na powierzchni wody (rys. 2).



Siła  $P$  (rys. 3) jest wypadkową przyczepności cząstek do siebie,  $Q$  wypadkową przyczepności do naczynia,  $S$  wypadkową siły ciężkości.

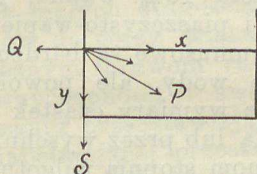


Rys. 1.

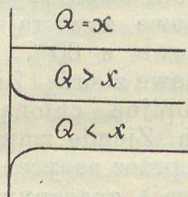


Rys. 2.

Rozłożywszy  $P$  na siły  $x$  i  $y$ , to siły  $S$  i  $y$  sumują się. Siła  $x=Q$ , to znoszą się i działa  $y+S=T$ . jest  $Q < x$ , to się cząstki płynu przy naczyniu obniżają, gdy  $Q > x$  to się podnoszą (rys. 4).



Rys. 3.



Rys. 4.

To zjawisko powtarza się w rurach kapilarnych — w tychże podnoszenie się lub obniżanie płynu jest proporcjonalnem do średnicy rur.

Zachowanie się kropli wody na ciałach różnych zależy od przyczepności.

Zasady te dotyczą znajdowania się kropli wody w przestworach między cząstkami ziemi.

To samo odnosi się do przewodów włoskowatych międzycząstkowych ziemi, gdzie woda mając większą przyczepność do cząstek ziemi, wypełnia przestwory włoskowate wyżej i w większej masie

po przepływie wody przez grunt i tworzy większy zapas wilgoci w gruncie niż w ziemi o małej przyczepności, do której przewodów kapilarnych albo woda wcale nie wchodzi lub tylko w małej ilości.

Ruch wody w gruncie zależy od rodzaju ziemi. Friedrich twierdzi, że piasek nie ma zdolności zatrzymywania wody, a nawet głębsze warstwy mogą działać osuszająco na wierzchnie warstwy gruntu. Gлина, glinki, łąy, gliny nawiane są ziemiami łatwo nasycajacemi si wod i długo ją zatrzymuj, wskutek tego są gruntami zimnymi — woda w nich podchodząca kapilarnie do powierzchni paruje i zabiera ciepło z gruntu. Wapienne ziemie zawilgacaj i ogrzewają się szybko i odwrotnie osychaj i oziębiają si rownie szybko, należą do cieplejszych grunt — zawierają one 50—80% wapniowych połączeń. Podobne są ziemie marglowe zawierające około 10% wapna, glina marglowa z 60% gliny i piaszczysto-wapienno-marglowe ziemie. Ziemie humusowe są bardzo hygroskopijne, chon wiele wody, ale powoli ją oddaj. Ziemie zmieniające wymiary cząstek znacznie przez nasycenie wod lub przez wyschnięcie podlegają znacznym zmianom stopnia wilgotności.

Woda w gruncie porusza się między cząstkami ziemi o rozmaitym ksztalcie i zbliżeniu, tworzy więc strug o zmieniających się wymiarach.

Cząstki wody w różnej ilości i w różnym stosunku do całej masy tr się o ściany przewodów midyczstkwowych. Zetknięcie się cząstek wody w tych przewodach z rznymi ciałami, do ktorych woda ma rozmait przyczepnocie, wywoduje ruch rozmaity — podlegający rozmaitym prawom fizycznym i chemicznym.

Napotykanie przez wodę naprzemian przewodów rozmaitych wymiarów od dużych o wolnym przepływie do włoskowatych wplywa na ruch wody, i na przerwy w ruchu si powtarzające czesto.



Jest wiele czynników jeszcze nieznanymi i nieokreślonych ani teoretycznie ani praktycznie — dlatego ruch wody w gruncie jest jeszcze nieznanym i prawo ruchu nieokreślone.

Detmer twierdzi, że woda poruszająca się w przestworach międzycząstkowych ziemi o wolnym przepływie, podlega prawom ruchu płynów w naczyniach komunikujących. Merl twierdzi, że ruch wody zaskórnej jest podobny do ruchu wody powierzchniowej, jakoteż że woda w gruncie podpada prawom ruchu w wązkich rurach.

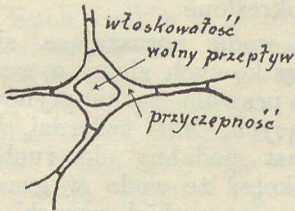
Twierdzenia powyższe mogą mieć rację przy skomplikowaniu warunków ruchu w gruncie, ale tak różne twierdzenia dowodzą, że ruch ten nie jest jeszcze dokładnie znany.

Przy zetknięciu się cząstek ziemi tworzą się wolne przestrzenie, które mają zmienne wymiary na małych długościach, od włoskowatych przewodów do coraz większych, woda w nich podlega różnym prawom ruchu działania włoskowatości, przyczepności i swobodnego ruchu. W powiększeniu przedstawiają rys. 5, 6 i 7 rozkład wody napełniającej przestwory międzycząstkowe gruntu w miarę rozmiarów tychże i działania siły przyczepności.

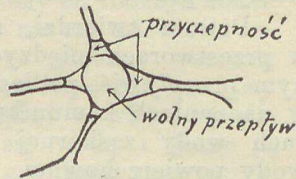
W miarę mniejszej przyczepności materiału do wody i w miarę zwiększenia otworów międzycząstkowych wzrasta ilość tychże w wolnym przepływie, a maleje ze wzrostem przyczepności i włoskowatości zatrzymującej wodę w gruncie.

Woda w gruncie ma własność roztwarzania gruntu przez rozpuszczenie niektórych cząstek. Rozpuszczone cząstki wpływają na gęstość wody — jak również cząstki luźne przez wodę unoszone, co także stanowi przeszkodę w ruchu. Każda zmiana chyżości w ruchu wody spowoduje bądź unoszenie, bądź osadzanie cząstek unoszonych.

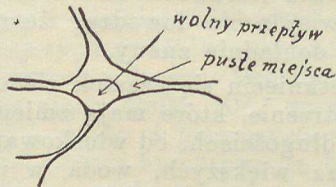
Ścisłego podziału wody w gruncie nie ma do-  
tychczas; niektórzy autorowie dzielią podług głę-



Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.

bokości znajdowania się pod terenem w różnych  
warstwach, inni podług ruchu. Woda znajdująca  
się w gruncie w głębokości do 2 m, nazywa się  
zaskórną, głębsza do 5 m gruntową — niżej po-  
łożona wgłębną, bez względu, czy wody te pocho-  
dzą z przesiąkania z powierzchni gruntu, czy nad-  
pływają w gruncie z boku czy podchodzą ze spodu.

Woda spiętrzona w gruncie (Stauwasser) jest  
to woda podnosząca się przez nagromadzenie się  
w zagłębieniach warstwy nieprzepuszczalnej lub  
mniej przepuszczalnej niż wierzchnie. Woda po-  
zioma (Horizontalwasser) jest to woda przesiąka-  
jąca ze zbiorników wody w gruncie lub na po-  
wierzchni np, stawów, jezior lub rzek w warstwach  
przepuszczalnych ustalona do poziomu, jeżeli zaś



jest w ruchu o nachylenem zwierciadle wody nazywa się wodą warstwową (Schichtenwasser). Woda wydobywająca się żyłami na powierzchnię nazywa się źródlaną (Quellwasser) — zaś wypływająca po warstwie nieprzepuszczalnej na znacznej przestrzeni, oparzeliskową.

Zwierciadło wody w gruncie nie zawsze jest poziome i często tworzy konfigurację niezgodną ani z terenem, ani z kształtem podłoża nieprzepuszczalnego; jego konfiguracja podlega prawom ruchu wody, zależnym od jej napływu i ilości, oraz od układu i rodzaju warstw grunt tworzących i od innych czynników jeszcze bliżej nieokreślonych.

Woda w gruncie nie powinna się znajdować z reguły pod powierzchnią wysoko — na łąkach najbliżej terenu 0·5—0·75 *m*, na polach 0·75—1·25 *m*, w ogrodach 1·0—1·30 *m*. Krótko trwające podniesienie się wody nie jest szkodliwe na łąkach do 0·2 *m*, na roli 0·5 *m*, w ogrodach do 0·7 *m* głębokości pod terenem. Z tych powodów przyjmuje się normalny stan wody w polach ornych między drenami na 0·70 *m* głębokości przeważnie w roku.

Najkorzystniejszym jest ruch wody powolny, od powierzchni w głąb gruntu, ciągły i w niewielkiej masie, a niezalewający wszystkich przestworów międzycząstkowych ziemi.

Woda utrzymująca się tak wysoko w gruncie, że zatapia stale najmłodsze pędy korzeniowe roślin, przyczynia się do ich gnicia lub obumarcia wskutek zupełnego braku tlenu do oddechania lub przez zatrucie połączeniami szkodliwymi.

Zmienianie się częste stanu podnoszącej się wody w gruncie jest mniej szkodliwe, bo dozwala od czasu do czasu odżycie korzeni i wytwarzanie nowych pędów.

Sztuczne podnoszenie wody zaskórnej przez wstrzymywanie osuszenia, w miarę posuchy czę-

ściej wywoływane pomaga roślinności przez dostarczanie wilgoci — ale podniesiona woda, w której rozpuszczają się pokarmy roślinne opadając w głąb gruntu, sprowadza je do głębokości nieraz, do której już rośliny nie sięgają korzeniami i części rozpuszczone są dla rośliny stracone. Woda taka odbiera więc gruntowi żywność i z czasem wylugowuje go z zapasów żywności. Tylko w gruntach bogatych w pokarmy roślinne, a cierpiących jedynie na brak wilgoci, jako głównego pokarmu, podobny ruch wody zaskórnej w górę i w głąb może być użyteczny, tworząc i odnawiając zapasy wilgoci, jako wodę kapilarną.

Wogóle podtapianie gruntu jest tylko w wyjątkowych przypadkach użytecznem. Grunta wymagające drenowania muszą być raz na zawsze od podtapiania uwolnione.

Pytanie, czy woda w gruncie znajdująca się jest pod ciśnieniem, nie jest rozstrzygnięte. Zasadniczo do przenoszenia ciśnienia musi być masa wody bez przerwy w połączeniu — to połączenie w gruncie jest przerywane — a jeżeli ziemia jest zupełnie wodą nasycona, to jeszcze często między częściami wody w większych przestworach międzycząstkowych są przewody kapilarne tak wypełnione wodą z przyczepności, iż działanie ciężaru słupa wody większej ilości przenieść w całości nie mogą.

Woda zgromadzona na powierzchni gruntu może ciśnieniem rozluźnić cząstki ziemi tak, że ciśnienie to przenosi się na wodę w przestworach między cząstkami zupełnie wodą zalanych i może tworzyć do pewnej głębokości przepływ wody pod ciśnieniem. Grunta wodą tak nasycone nie są już przydatne pod jakąkolwiek kulturę i nie można jej brać w rachubę. Łatwość przepływania wody przez grunt pod ciśnieniem wody stojącej na powierzchni gruntu na 10—30 cm, wykazuje



doświadczalnie jedynie porównawczy stopień przepuszczalności gruntu.

Woda w gruncie z jednego przestworu większego przelewa się w sąsiedni szparkami, przestwory międzycząstkowe łączącemi jak w naczyniach komunikujących, i w ten sposób rozplýwa się w gruncie.

Do zbadania ruchu w gruncie należałoby stworzyć grunt idealny i wprowadzać do niego różne pewnie działające zmiany jednostajnie stwarzających czynniki.

Nawet matematycznie regularne budowy cząstek ziemi nie zapobiegna ruchowi wody podlegającemu najróżnorodniejszym prawom.

W naturze sam przepływ wody w gruncie wywołuje zmiany w tymże wpływające na zmiany ruchu wody. Rozpuszczanie niektórych cząstek ziemi, ich opłukiwanie, rozluźnianie budowy, osadzanie nowych cząstek, przenoszenie tychże, strącanie rozpuszczonych, utlenieniem, działaniem kwasów, korzeni roślin, stwarza komplikacje warunków ruchu — ciągłą przemianę wielkości przestworów międzycząstkowych o wolnym przepływie w kapilarne i odwrotnie.

Nasylenie wody roztworami cząstek mineralnych ziemi rozpuszczonemi lub drobnemi nierozpuszczonemi w zawieszeniu — albo ciepłota wody zmieniająca się, wpływają na większy lub mniejszy stopień wypełnienia przestworów wodą na wzór powyższych rysunków. W miarę zmienności przeszkód ruchu wody w gruncie zmienia się zwierciadło wody w otworach w ziemi kopanych. Reich wykazuje, że przy badaniach stanu wody zaskórnej zapomocą zapuszczania pionowo rur żelaznych otwartych na dolnym końcu w miarę ich zagłębienia okazuje się różnica wysokości wody zaskórnej i w rurze. Różnice te są zmienne w miarę zagłębienia rury, w tym samym gruncie—

a nawet zmienne w różnym czasie w tem samym zagłębieniu rury, tembardziej zmienne w różnych gruntach i w różnych porach.

Te drobne powyżej opisane zjawiska w masie ogromnej nie dadzą się zaobserwować w ziemi w naturze, a wywołane nad ziemią sztucznie dają tylko przybliżone zjawiska. Zjawiska ruchu wody na powierzchni ziemi, gdzie w stosunku do masy największa ilość cząstek woda trze się tylko o siebie, dadzą się obserwować i badać w naturze lub też ujednostajnione w sztucznych przyrządach. Dlatego też ujęcie ruchu wody pod powierzchnią ziemi w formuły matematyczne nie doprowadziło do żadnych użytecznych rezultatów.

Zjawiska ruchu wody w atmosferze badane ściśle i ujęte w formuły matematyczne kończą się na powierzchni gruntu i przez przejście wody w głąb zupełnie ustaje bezpośredni wpływ atmosfery na ruch wody w ziemi.

Od ruchu wody pod powierzchnią ziemi zależy jej ruch w drenach, dlatego też opisano ten ruch w powyższej części obszerniej.

Teorye, dorabiane do ruchu wody w ziemi, nie są wszystkie doświadczeniami potwierdzone, ale najczęściej na domysł tworzone.

Zbiorniki wody zaskórnej lub wgłębnej — jakoteż w zagłębieniach gruntu zbiorniki wody stojącej lub przepływającej mają wpływ na stany wody zaskórnej w sąsiednich lub dalszych gruntach lub na jej ruch wogóle — na masę wody w ruch wprawionej i zmienną ruchu z czasem działania wody na cząstki ziemi.

Lüdecke twierdzi dosłownie „die Textur und Struktur des Bodens in natürlicher Lagerung sind sehr kompliziert und können künstlich überhaupt nicht nachgeahmt werden, so dass auch das Verfahren in dieser Hinsicht bis jetzt sehr unvollkommen ist“.



Lüdecke ma słusność, że doświadczenia Kinga o działaniu ciśnienia wody w ruchu w ziemi sztucznie utworzonej niewiele wskazują, bo z nadto odbiegają od naturalnych warunków; doświadczenia te były robione w zamkniętych rurach.

Doświadczenia w ziemi naturalnej z ruchem wody muszą dawać inne rezultaty niż w sztucznej ziemi w pracowni, bo woda w naturze zawiera różne i w różnej masie i czasie w rozpuszczeniu i zawieszeniu cząstki, a w sztucznej ma ich ślady ledwie i stalsze. To samo dotyczy się rozkładu i wielkości porów, rodzajów cząstek itp. Również stosunek wielkości porów, ich długości i położenia zmienia się ze stosunkiem wielkości cząstek i ich wzajemnego ułożenia — w naturze a w pracowni.

W ostatnich czasach wielu autorów zajęło się przedstawieniem matematycznym ruchu wody w gruncie, szczególnie zaś ruchem wody spływającej do drenów. Powstały stąd różne teorie, nie raz o bardzo zasadniczych różnicach.

Starano się wyjaśnić teoretycznie dopływ wody do drenów a tem samem działanie osuszające drenów w ziemi.

Dawna teoria, przypisująca drenom działanie ssące na wodę w gruncie, upadła zupełnie, stąd też pochodzi nazwa niemiecka Saugdrain a polska ssączek. Dzisiaj wszyscy autorowie przyjmują, że woda ocieka do drenu z gruntu, sączy się do drenu i polska nazwa ssączek powinna być usuniętą a zastąpioną słowem: sączek.

Zasadą osuszenia gruntów jest obniżenie zwierciadła wody zaskórnej do głębokości w danych warunkach nieszkodliwej — to samo mają zadanie i dreny — mają one odprowadzać zasadniczo wodę wsiąkającą w grunt, pochodzącą bezpośrednio z opadu na tym samym gruncie — jeżeli jednak woda zaskórna pochodzi z innych źródeł jak

z dopływu bocznego z warstw wodonośnych ze zbiorników obok położonych lub z podchodzącej wody z głębi gruntu, to dreny muszą i te dopływy odprowadzać i stosownie do tego muszą mieć wymiary średnicy.

Dostawanie się wody z gruntu do szparek drenowych następuje przez ściekanie tejże z przestworów międzycząstkowych w miejsca wolne od wody, położone tuż obok szparki. — To ściekanie ułatwione i powtarzające się ciągle po napełnieniu się przestworu międzycząstkowego wodą przesiąkającą z góry wyrabia szereg wolnych przestworów komunikujących ze sobą i tworzących w gruncie szpary i żyły sięgające od drenu w znacznie oddalone miejsca w ziemi. W ten sposób od szparki drenowej tworzą się z powiększonych i stykających się bezpośrednio przestworów wolnych kanałiki, któremi odpływa woda swobodnie i to tem szybciej, im więcej te kanałiki są zbliżone do pionu, a tem powolniej i trudniej, im więcej są zbliżone do poziomu. Woda więc z gruntu sączy się do szparki drenowej, w miarę tworzących się w gruncie przez zwietrzenie, roztworzenie i wypłukanie zmian coraz silniejszych. Z powierzchni gruntu ścieka woda łatwiej w głąb gruntu na wyrobione szpary w gruncie, a za nią wchodzi powietrze.

To ułatwienie osączania się gruntu i postępującego zwietrzenia, wywołane przystępem powietrza, czyni grunt coraz przepuszczalniejszym i dostępniejszym korzeniom roślin, w coraz głębsze warstwy gruntu.

Rozpostarcie korzeni roślin w większej masie ziemi i głębiej przyczynia się do ich rozwoju i do gęstości porostu.

To działanie osączania jest powolne i stopniowe i daje się spostrzegać na gruntach świeżo drenowanych szczególnie w zbożu, kiedy w pierw-



szym roku zboże silniejsze i dojrzalsze nad rowkami drenowymi, rysuje cały plan drenowania, zaś w późniejszych latach pasy lepszego porostu rozszerzają się i łączą ze sąsiednimi tak, że ślady rozkładu drenów zacierają się zupełnie. To dowodzi stopniowego zwiększania się sieci szparek osączających i dopuszczających powietrze w głąb ziemi. Silniejszy rozwój roślin na świeżo zasypanych rowkach drenowych pochodzi ze skruszenia, osuszenia i zwietrzenia wzruszonej ziemi, która później osiada się i twardnieje — a rozszerzanie się silniejszego porostu po obu brzegach rowków dowodzi, że dalszy grunt staje się strukturą podobną do ziemi w rowek nasypanej.

Przypuszczać należy, że kropla wody, znajdująca się na powierzchni ziemi, dąży na mocy ciężkości pionowo w głąb gruntu, jeżeli znajdzie przestwór międzycząstkowy o dostatecznym wymiarze, to wpływa do niego pionowo — jeżeli zaś ten przestwór znajduje się obok, to przelewa się do niego.

Jeżeli w pewnym kierunku jest stale ułatwionym dalszy odpływ wody, to zwierciadło wody w tym kierunku nachyla się przez odpływanie do wolnych sąsiednich przestworów. Ułatwienie odpływu wody do pewnego miejsca powoduje nachylenie się zwierciadła wody stalsze ku temu miejscu — takim miejscem ułatwionego odpływu jest wolna szparka drenowa. Częsty odpływ w jej kierunku wyrabia regularniejsze nachylenie zwierciadła wody.

Przepływ wody w gruncie jest bardzo niejednostajny, bo przepływ ten ciągle doznaje najrozmaitszych przeszkód wywołanych samą już różnicą budowy warstw głównych, jakoto: gleby, podglebia i podłoża, oprócz tego korzenie, układ warstw różnego rodzaju ziemi — różny stopień zwietrzenia tej samej warstwy itp. wpływają na przepływ wody.

Ruch ściekania wody do wolnego odpływu do szparki drenowej nie da się ująć w matematyczne wzory.

Najnowszą teorię ruchu wody ociekającej z gruntu dowolnego odpływu w szparze drenowej ogłosił Spötte (*Handbuch d. Ing. Wissenschaften. Wasserbau* 1908).

Jeżeli na powierzchni ziemi znajduje się kropla wody, to powinna ona dążyć do punktu w gruncie, gdzie jest wolny dla niej odpływ np. do głęboko położonej szparki drenowej, w najlepszym przypadku w linii prostej ukośnej — łączącej kroplę wody na ziemi ze szparką drenową. — Krople wody rozłożone nad szparką na powierzchni ziemi, powinny dążyć w prostych liniach ku szparze drenowej, linie te będą miały rozmaite nachylenia.

Spötte przyznaje, że ruch wody w gruncie wywołuje jedynie siła ciężkości — rozkłada ją jednak na dwie składowe, z których pozioma składowa jest zniszczona oporem cząstek, a druga ukośna zdąża w kierunku prostym do miejsca wolnego odpływu.

Ale należy zauważyć, że wszelkie siły przenoszą się tylko w masach materii bez przerwy, siła składowa działająca na ruch wody może się więc przenosić w strudze lub masie wody bez przerwy, czego w gruncie niezatopionym zupełnie nie ma, a więc przenoszenie się siły jakiejś może odbywać się w masie wody wypełniającej jeden tylko przestwór międzycząstkowy.

O ziemiach wypełnionych zupełnie wodą komunikującą ze sobą we wszystkich przestworach międzycząstkowych nie ma mowy w melioracjach, gdyż ziemie takie dla rolnika są nieużytecznymi.

Na ruch cząstki wody w gruncie działa oprócz siły ciężkości — wywołującej dążenie cząstki wody do środka ziemi — także siłą ciężkości wywołany



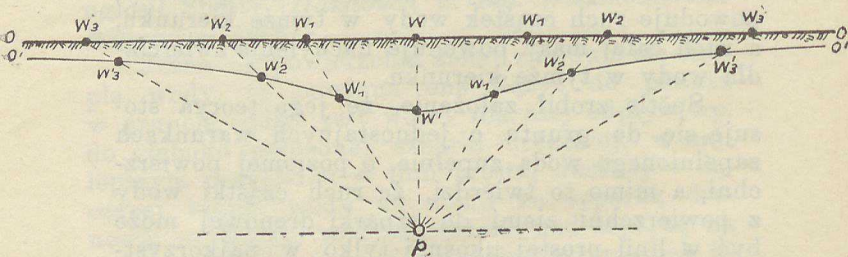
ruch cząstek w innych kierunkach, czyli własność rozlewania się płynów. Cząstki wody w ruchu doznając oporu w kierunku pionowym rozlewając się, układają się do poziomu, a gromadząc się, podnoszą zwierciadło wody. Możliwość odpływania cząstek wody w innym kierunku niż pionowy, powoduje ruch cząstek wody w tymże kierunku, a ruch całej masy powoduje nachylenie zwierciadła wody w tymże kierunku.

Spötle zrobił założenie, że jego teoria stosuje się do gruntu o jednostajnych warunkach zapełnionego wodą zupełnie, o poziomej powierzchni, a mimo to twierdzi, że ruch cząstki wody z powierzchni ziemi do szparki drenowej może być w linii prostej ukośnej tylko w najkorzystniejszych warunkach (günstingstenfalles).

Spötle ruch wody ociekającej do drenu tłumaczy w następujący sposób: Cząstki wody znajdujące się na powierzchni gruntu  $w_0, w_1, w_2, w_3$  itd. znajdują się przez wsiąkanie po pewnym czasie w położeniu  $w_0', w_1', w_2', w_3'$  itd. — jak autor przypuszcza tem głębiej, im więcej kierunek prostych łączących cząstki wody z punktem wolnego odpływu jest zbliżonym do pionowej na tej zapewne podstawie, że więcej ukośny kierunek utrudnia ruch cząstek — lub może, że długość przepływu drogi cząstek jest we wszystkich kierunkach równą czyli  $w_0w_0' = w_1w_1' = w_2w_2'$  itd.

Powiada dalej, że jeżeli się pomyśli (denkt man sich), że grunt od powierzchni jest wypełniony wodą zupełnie, to gdy nagle zacznie funkcjonować odpływ wolny w  $p$ , to cząstki wody opadając ku niemu, będą tworzyły zwierciadło wody wklęsłością w środku najwięcej zbliżone ku punktowi  $p$ . To są jednak całym szeregiem przypuszczenia, bo nigdy nie są wszystkie przestwory wypełnione wodą, następnie dreny funkcjonują stale — a nigdy nagle ich funkcyja się nie rozpoczyna, ale stopniowo wzrasta.

Autor wykreśla linię spływu cząstek wody w różnym czasie do punktu wolnego odpływu, dające linie opadania zwierciadła wody i kreśli w ten sposób stopniowe osuszenie w coraz większej głębokości i szerokości.



Rys. 8.

Wykreślenie to, gdyby było wzięte z natury, miałoby znaczenie i możnaby wymiary głębokości linii opadania zwierciadła wody uzyskać przez badanie stanu wody w sondach w pewnych odstępach w poprzek drenów wykonanych.

Chyżość wody w gruncie obliczają rozmaici autorowie licząc czas od znajdowania się wody na powierzchni gruntu do chwili ukazania się jej w odpływie do drenu — mierząc drogę między temi dwoma punktami na linii prostej — jestto jednak średnia chyżość — bo chyżość przepływu wody w gruncie wskutek przeszkód licznych jest bardzo rozmaita w różnych miejscach.

Spötle objaśnia ruch wody w gruncie, przypuszczając, że ona porusza się pod działaniem składowej siły ciężkości — działanie sił jednak wskutek przerw ciągłych strugi wody w gruncie nie da się przenosić na znaczne oddalenia.

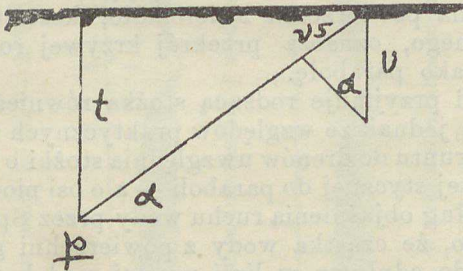
Powiada autor, że chyżość  $v_s$  wody, zdążającej do punktu odpływu  $p$ , może być w najlepszym przypadku (günstigsten Falles) równą  $v \sin \alpha$ ,



gdzie  $v$  jest chyżością wody zdrażającej pionowo do punktu  $p$  — czyli chyżością wsiąkania, a  $\alpha$  jest kątem nachylenia ukośnego spływu do poziomu. Chyżość  $v$  ma zależeć od gatunku gruntu i możnaby ją oznaczyć doświadczalnie, jak jednak, tego autor nie podaje. Powiada dalej dosłownie, że jest możebnem (möglich) oznaczenie czasu ruchu cząstki wody do punktu osuszenia, jeżeli się przyjmie, że chyżość przepływu jest jednostajna i twierdzi, że ponieważ chyżość w ogólności jest bardzo mała, więc można ją uważać za jednostajną.

Pozioma powierzchni gruntu.

$t$  = głębokość odpływu.



Rys. 9.

$v$  = chyżość wsiąkania.

$v_s$  = chyżość odpływu do punktu odpływu  $p$ .

$\alpha$  = kąt nachylenia kierunku wpływu do punktu  $p$ .

Spötle podaje chyżość  $v = 0.006 m$  w gruncie humusowo-wapiennym, piasku, zawierającym 43.1% objętości wody w zupełnem nasyceniu wodą, a po osuszeniu do głębokości 1.3 m przy nasyceniu jeszcze sięgającym 31.1% objętości.

Merl podaje chyżość średnią ściekającej wody z gruntu do drenów na  $\frac{1}{200} \frac{m}{m}$  na sekundę wychodząc z założenia, że woda z powierzchni ziemi

dostaje się do drenu z miejsca najdalszego leżącego w połowie odstępu między drenami w 14 dniach.

Przyjawszy zupełnie jednostajną budowę gruntu i jednakowe wszędzie warunki, to miejsce wolnego odpływu wywołuje ruch cząstek wody wkoło siebie jednakowy w każdej głębokości gruntu osobno. Jeżeli więc ruch ten odbywa się w liniach prostych lub krzywych, to one tworzą nad punktem odpływu stożki spływu. Najprawdopodobniej tworzą się stożki o osi pionowej do punktu odpływu wody zdrażającej — rodzająca powierzchnię stożka może być prostą lub krzywą.

Lueger na podstawie twierdzenia wielu autorów, że woda zaskórna, ściekająca do drenów, tworzy na powierzchni zwierciadło, kształtu parabolicznego, oznacza przekrój krzywej rodzącej stożka jako parabolę.

Merl przyjmuje rodzącą stożka również jako parabolę, jednak ze względów praktycznych w osuszaniu gruntu do drenów uwzględnia stożki o rodzącej prostej stycznej do paraboli — a o osi pionowej.

Podług objaśnienia ruchu wody przez Spötlego podanego, że cząstka wody z powierzchni gruntu spływa do odpływu w linii prostej pod kątem  $\alpha$ , należałoby przyjąć jako rodzącą stożka spływu również linię prostą, a stożek o osi pionowej.

Oś pionową stożka przyjmuje wiele autorów bez względu na nachylenie powierzchni gruntu.

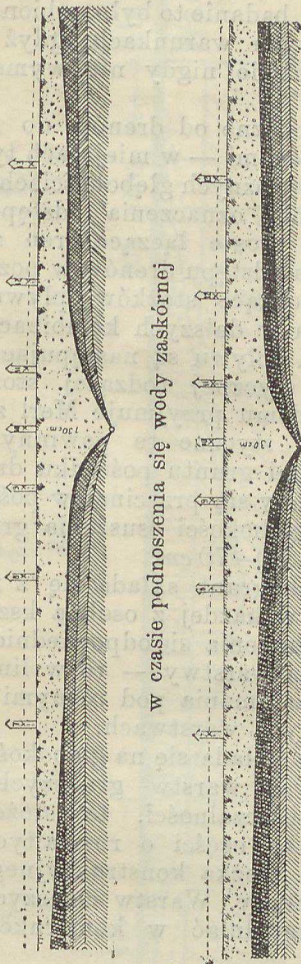
Spötle twierdzi jednak, że z badania stanów wody w gruncie drenowanym w różnych porach roku w pośrodku między drenami, wody ściekające do drenów muszą się układać w liniach parabolicznych jak pokazuje rysunek.

Badania stanów wody w drenowanych łąkach na wyżynnym torfie w Bernau nad Chiemsee w Bawaryi dały następujące rezultaty — jako przykład przytoczono badanie w czasie od



29/V—28/VII 1904. — We wszystkich są jednak

Stan wody od 29/V—28/VII 1904



w czasie podnoszenia się wody zaskórnej

w czasie opadania tejże.

Rys. 10.

linie splywu zakończone na drenie i ten ruch

wody należy przyjąć na drenowanych gruntach w ogóle.

Szczegółowo badanie to było robione na gruntach o wyjątkowych warunkach, gdyż łąki i to torfowe u nas prawie nigdy nie wymagają drenowania.

Linie paraboliczne od drenów do miejsc pośrodku między drenami — w miejscach tych przecinają się wzajem w różnych głębokościach osuszenia.

Do ułatwienia oznaczenia odstepu drenów naznaczono linie proste łączące dren z punktem na terenie środka odstepu drenów w poziomie jako konstrukcyjne rodzące stożków spływu i tychże stożków używam w dalszych kombinacjach.

Merla stożki spływu są następujące:

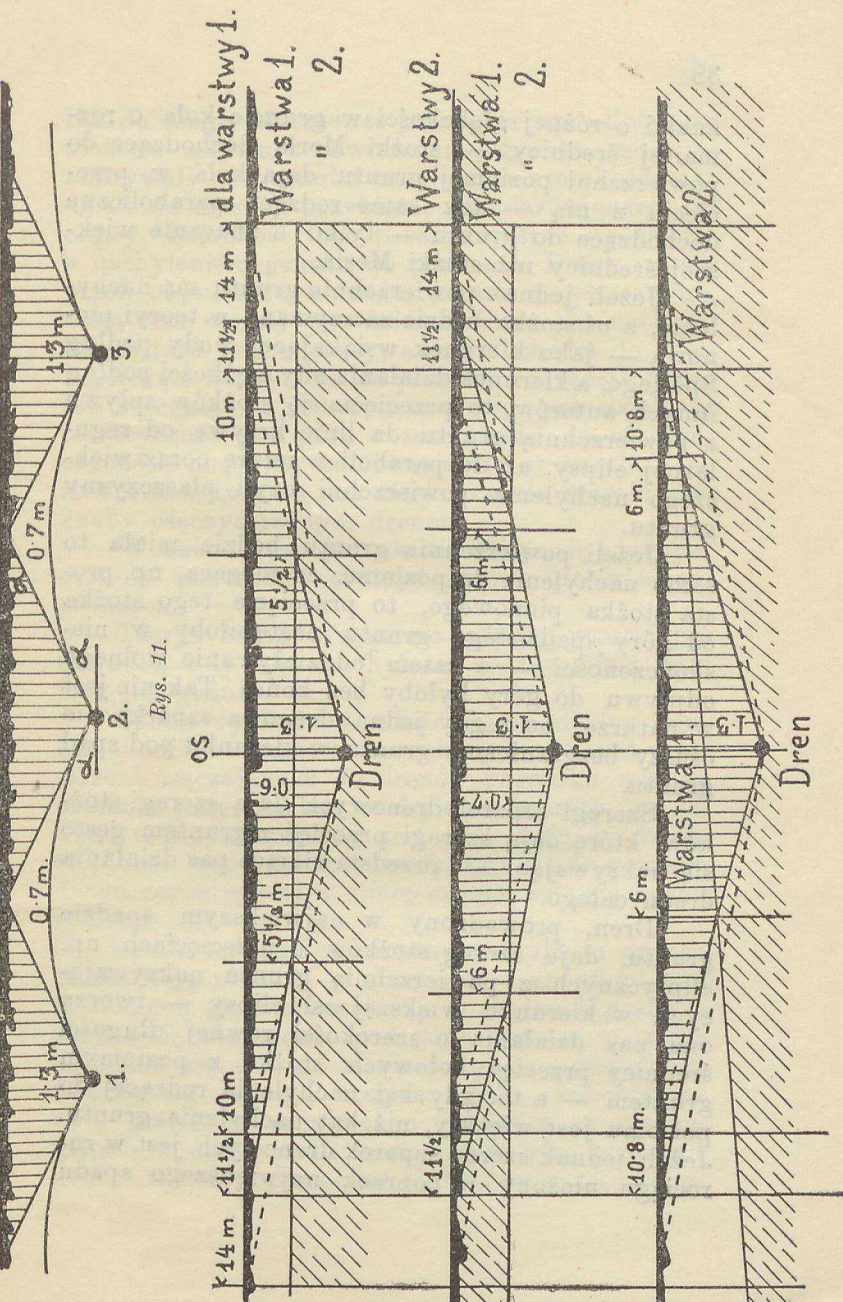
Nachylenie stycznej rodzącej stożka teoretycznego do poziomu przyjmuje Merl zależnie od gatunku gruntu, styczne te powinny przecinać się na powierzchni gruntu pośrodku drenów. Parabole zaś powinny się przecinać w pośrodku między drenami w głębokości osuszenia gruntu, ogólnie przyjętej na 60—70 cm.

Jeżeli jednak grunt składa się z rozmaitych warstw, a więc w każdej z osobna kształt skrzywienia paraboli zmienia się odpowiednio do stopnia przepuszczalności warstwy — to w liniach stycznych nastąpią załamania pod różnymi kątami do poziomu w różnych warstwach.

Jeżeli grunt składa się na głębokość drenowania z rozmaitych warstw grubszych od  $\frac{1}{2} m$  o różnej przepuszczalności, to stożek spływu składa się z kilku części o rozmaitych nachyleniach rodzących stożka konstrukcyjnego zależnie od gatunku warstwy. Warstw cieńszych niż  $\frac{1}{2} m$  nie warto uwzględniać w konstrukcyi odstepu drenów.

Przyjęcie osi pionowej stożków o różnych rodzących daje w przecięciu z poziomemi płaszczy-





Rys. 11.

Rys. 12.

znami o różnej głębokości w gruncie koła o rozmaitej średnicy — stożki Merla dochodzące do powierzchni poziomej gruntu dają koła w przecięciu z nią — tak samo rodzące paraboliczne dochodzące do gruntu — tylko o znacznie większej średnicy niż stożki Merla.

Jeżeli jednak powierzchnia gruntu ma nachylenie, a oś stożka będzie zatrzymana w teorii pionową — jako kierunek wsiąkającej wody podług Spötlego, a kierunek działania siły ciężkości podług innych autorów, to przecięcie się stożków spływu z powierzchnią gruntu da linie krzywe od regularnej elipsy, aż do paraboli w miarę coraz większego nachylenia powierzchni czyli płaszczyzny gruntu.

Jeżeli powierzchnia gruntu będzie miała to samo nachylenie do poziomu, co rodząca, np. prosta stożka pionowego, to przecięcie tego stożka od góry spadzistego gruntu nastąpiłoby w nieskończoności — a zatem oddziaływanie wolnego odpływu do góry byłoby bez końca. Tak nie jest w naturze, bo nigdy jedna drenowa szparka nie osuszy bezgranicznie gruntu w kierunku pod spad gruntu.

Szeregi szparek drenowych dają szeregi stożków, które dają szeregi przecięć z gruntem gęsto się nakrywając — i przedstawiające pas działania drenu całego.

Dren, prowadzony w największym spadzie gruntu, daje szereg stożków o przecięciach np. eliptycznych z powierzchnią gruntu nakrywających w kierunku większej osi elipsy — tworzą one pas działania o szerokości równej długości średnicy przecięć kołowych stożka z poziomym gruntem — a to, gdy kąt nachylenia rodzącej do poziomu jest większy, niż kąt nachylenia gruntu. Jeżeli jednak szereg szparek drenowych jest w rurociągu ułożony w poprzek największego spadu



lub do niego ukośnie, to przecięcia np. eliptyczne stożków spływu z powierzchnią gruntu będą się nakrywały w kierunku małej osi, a szerokość pasa działania drenów przybierze rozmiar większej osi elipsy. Szerokość tego pasa zwiększać się będzie z nachyleniem gruntu do poziomu. Dreny w poprzek największego spadu, zwane poprzecznymi, mają tem szerszy pas działania, im kąt nachylenia gruntu jest większy, a gdy dochodzi do wielkości kąta nachylenia do poziomu rodzącej prostej lub stycznej do rodzącej krzywej, pas działania teoretycznie pod górę rozszerza się do nieskończoności, bo elipsy zamieniają się w parabole — zatem teoretycznie pas nieskończenie szeroki można by osączyć jednym drenem.

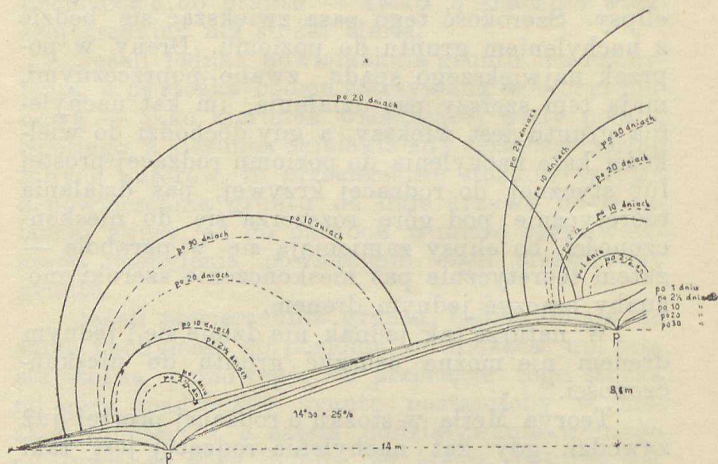
W naturze tak jednak nie dzieje się i jednym drenem nie można osuszyć gruntu do nieskończoności.

Teorya Merla w stożku o rodzącej prostej już zawodzi, gdy kąt nachylenia rodzącej jest taki sam jak gruntu.

Spötle wychodzi z założenia, że między punktami odciekowymi w drenach są działy wód przestrzeni osączających do drenów pośrodku między drenami przy każdym nachyleniu gruntu, co jednak u innych autorów jest odmiennie, bo działy ściekania wody do drenów zbliżają się do górnego drenu coraz więcej w miarę zwiększania się spadku gruntu.

Spötle twierdzi, że i przy nachyleniu gruntu stożki dają również w przecięciu z gruntem koła w różnych głębokościach, ale o środkach posuwających się stopniowo pod górę gruntu w miarę zbliżania się do jego powierzchni — przezco wytwarza się rodząca krzywa stożka, zmieniająca swój kształt od najniższego położenia ze spadem gruntu w miarę podsuwania się w górę pod spadek gruntu tak, że z przecięcia z płaszczyznami równo-

ległemi do powierzchni gruntu dają stożki koła. Rysunek 13, 14 i 15.

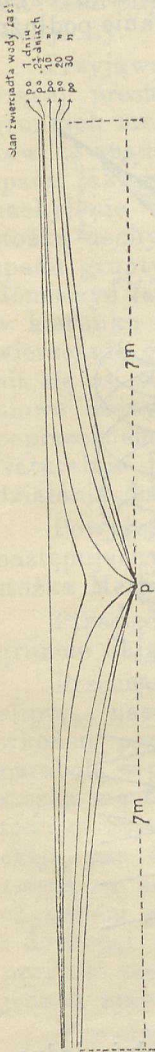


Rys. 13.

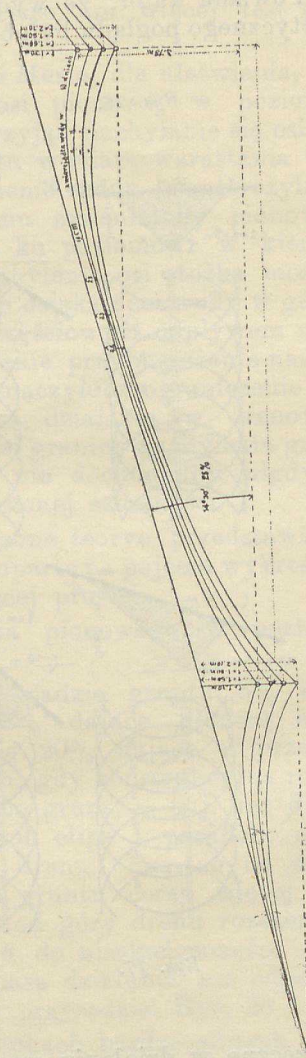
To jednak jest błędne, bo powierzchnia stożków spływu o przekroju kolistym z ukośnym terenem i osiach ukośnych ku górze nachylonych byłyby wicherwatami powierzchniami, uwydatniającymi zmienność warunków w naturze zmiennością nachylenia części rodzących linii — wbrew założeniu przy rozpoczęciu teoretycznego wywodu.

Drenowanie, w którymby linia zwierciadła wody, spływającej do drenu, była wzniesiona nad szparką, byłoby niedostatecznie osuszającym, czyli złem. Dlatego przyjmuję w każdym przypadku nasycenia gruntu drenowanego wodą linie spływu wody, sięgające do szparki — a nie jak Spöttele, tylko obniżające się nad szparką.





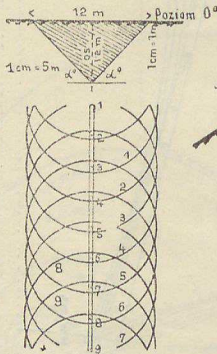
Rys. 14.



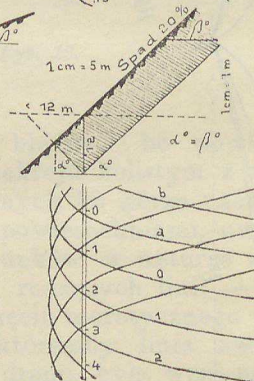
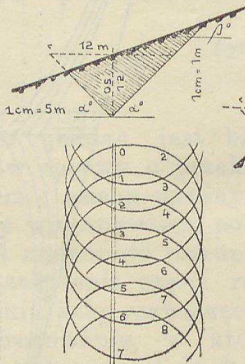
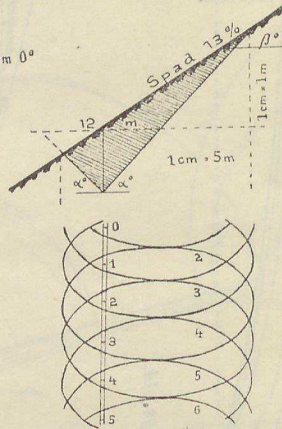
Rys. 15.

Powiada autor, że wychodząc z tego czysto teoretycznego poglądu byłoby drenowanie podłużne

Rys. 16.



Rys. 18.



Rys. 17.

Rys. 19.

i poprzeczne w działaniu swoim zupełnie jednako-  
we, ale sam przyznaje, że drenowanie poprzeczne



jest tem odpowiedniejsze, im więcej jest grunt nachylony.

Przyjąwszy stożki Merla, dla ułatwienia, o rodzącej prostej i o osi pionowej w poziomych gruntach możnaby przyjąć nachylanie się osi stożków za spadem gruntu w miarę wzrastania tegoż spadu tak, że zwiększenie spadu gruntu czyli jego nachylenie do poziomu zmieniałyby pionową oś stożka nachylając ją ku poziomowi w kierunku spadu gruntu. To nachylenie osi stożka możnaby tłómaczyć łatwiejszem ociekaniem wody w gruncie w kierunku spadu i częściowym odpływem na powierzchnię gruntu. Takie przypuszczenie nachylania się osi stożka tłómaczyłoby ograniczenie stopniowe szerokości pasa działania w drenowaniu poprzecznem do pewnej granicy nachylenia gruntu. Naturalnie przez to nie dochodziłby nigdy pas działania do nieskończonej szerokości.

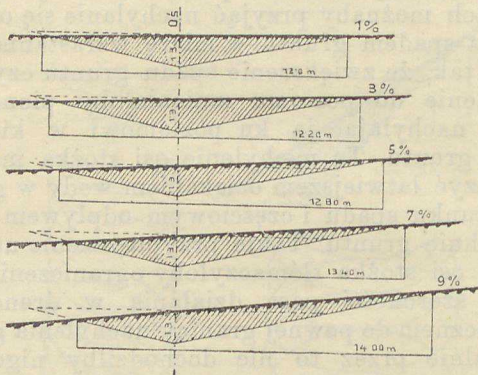
Powyżej przytoczone teorie przedstawiałyby następujące rysunki, oparte na pojęciu wykreślonego stożka Merla o rodzącej prostej.

Przecięcie stożka pionowego w poziomym gruncie dające koło.

Przecięcie przy spadzie gruntu 8% dające elipsę, następnie 13% dające dłuższą elipsę, wkońcu przy spadzie 20% dające w przecięciu parabolę w przypadku, gdy konstrukcyjna rodząca stożka ma ten spad co grunt — t. j. kąt  $\beta =$  kątowi  $\alpha$ . Styczne do kół, elips i paraboli, ograniczają pas działania drenu. Pas ten od drenów zwięża się ze spadem gruntu coraz więcej z nachyleniem gruntu, a od góry drenu rozszerza się i dochodzi przy  $\alpha = \beta$  do nieskończoności — ten przyrost szerokości pasa działania nie odpowiada jednak zjawiskom w przyrodzie. Rys. 20 i 21.

Przeciwnie na stokach bardzo silnych odstęp drenów poprzecznych mniejszy, jest korzystniej-

szym, niż na średnich stokach w tych samych warunkach.



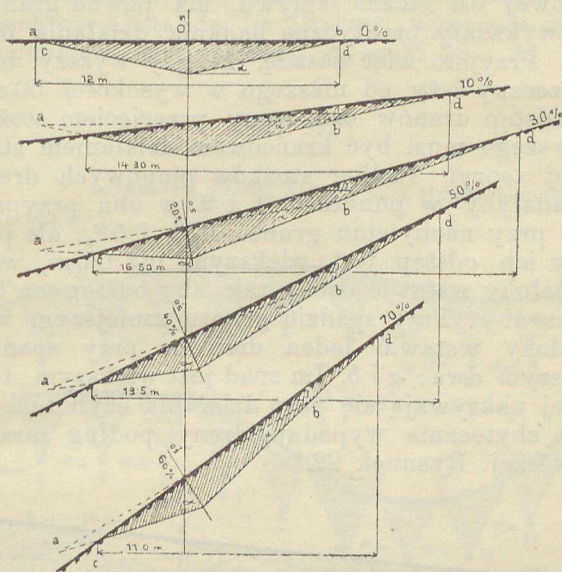
Rys. 20.

Na stokach silnych woda zaskórna występuje więcej na powierzchni gruntu przy tych samych innych warunkach niż na słabszych, widocznie więc wyrabia się łatwiejszy odpływ ku stokowi wskutek ułatwionego odpływu na stoku. To działanie może wpływać w teorii na pochylenie osi stożka spływu w miarę pochylenia gruntu. W teorii możnaby przyjąć odchylenia osi stożka o kącie  $\gamma$ . Kąt ten przyjąłem różny. Raz policzyłem  $\frac{2}{3}$  nachylenia gruntu do nachylenia osi stożka od pionu — drugi raz nachylenie o 10% mniejsze od nachylenia gruntu.

Zależnie od gatunku użyteczność gruntu maleje w miarę zwiększania się spadu — grunt o nachyleniu  $45^\circ$  czyli 100% jest już pod kulturę polną nieużyteczny i takiego się nie drenuje.



W przyjęciu pochylenia osi stożka mniejszem o 10% od nachylenia gruntu nie otrzymuje się osuszenia w nieskończoność, ale od pewnego na-

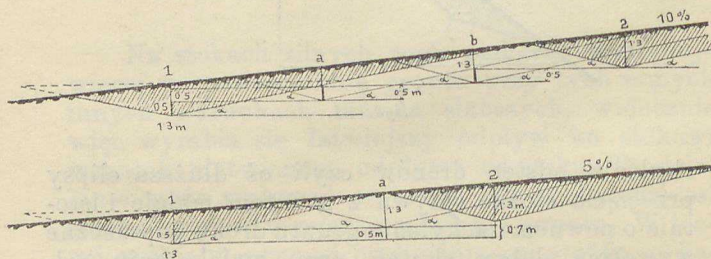


Rys. 21.

chylenia odstęp drenów czyli oś dłuższa elipsy przecięcia stożka splywu z gruntem maleje i istotnie o pewnym nachyleniu gruntu dreny poprzeczne wywołują dobry skutek przy zwiększeniu odstepu — przy większym nachyleniu należy już zmniejszać odstęp drenów, aby ten sam skutek wywołać. Rysunek 21.

W powyżej opisanem teoretycznem przypuszczeniu, że w drenowaniu poprzecznem na odstęp drenów oddziałuje nachylenie osi stożka splywu, jest wiele jeszcze ani teoretycznie ani praktycznie niedopowiedzianych rzeczy.

Faktem jest, że zwiększanie się szerokości pasu działania drenowania poprzecznego ze zwiększaniem się nachylenia gruntu przy zatrzymaniu pionowej osi stożka spływu, ma pewne granice i to wykazały praktyczne badania działania drenów. Przyjęto więc zasadę, że gdy wyższy dren poprzeczny leży od niższego w wysokości 50 cm, już odstęp drenów oznaczony przecięciem stożka pierwszego musi być końcowym działaniem stożkowej teorii. Podług stożków pionowych dreny wypadająby w punktach 1 i 2 w obu przypadkach przy nachyleniu gruntu 10‰ i 5‰, ale pionowy ich odstęp jest większym niż 0,5 m, więc należałoby wstawić dreny tak, aby odstęp ten był zachowany. Przy spadzie gruntu mniejszym wypadaloby wstawić jeden dren *a*, przy spadzie większym dwa: *a* i *b*. Im spadek jest większym, tem więcej nakrywają się pasy działania czyli tem za gęsto zbytęcznie wypadają dreny podług zasady powyższej. Rysunek 22.



Rys. 22.

Gdyby przyjąć nachylenie stożków odpowiednio do nachylenia gruntu wyjście byłoby ułatwione w oznaczeniu odstępów drenów malejącem od pewnej granicy, dostosowanej do nachylenia gruntu.

Przyjąwszy zasadę oznaczenia odstępów drenów poprzecznych podług zasady różnicy wyso-

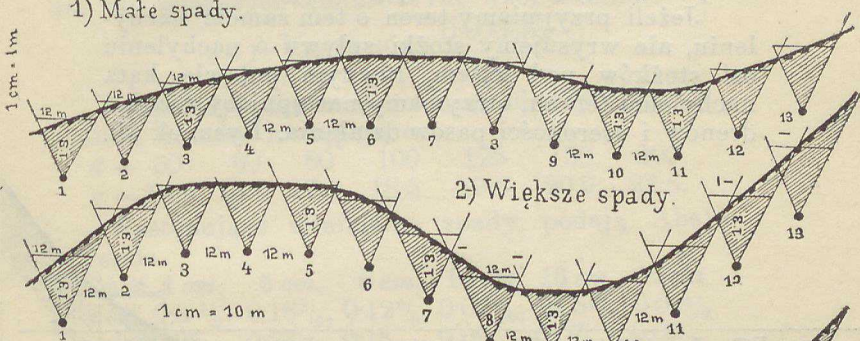


kości stałej np. 50 cm, jak tego żąda Wöldecke dosłownie „legt man die Drains als Querdrains an und bestimmt die Strängentfernung nicht nach dem horizontalen Abstände, sondern nach dem lotrechten Abstände der Drains“, wypadają dreny w oddaleniu  $\pm 5$  do 48 m. Rysunki 23 i 24.

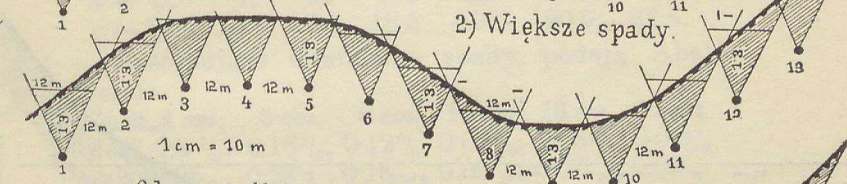
Rys. 23.

Jednakowy odstęp drenów 12 i stożki pionowe.

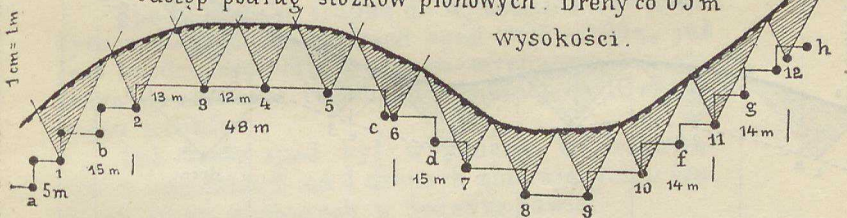
1) Małe spady.



2) Większe spady.



Odstęp podług stożków pionowych. Dreny co 0,5 m wysokości.



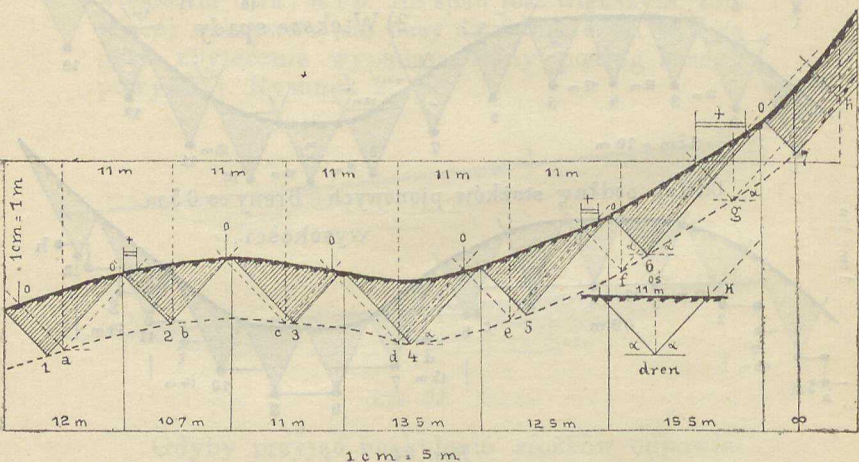
Rys. 24.

Użycie stożków pionowych o rodzącej prostej daje również nieodpowiednie wyniki w gruncie falistym. Odstępy w ten sposób oznaczone są bar-

dzo różne i czasem dochodzą nawet do nieskończoności.

Z powyższych rysunków wypada, że nie można wszelkich teoryj zastosowywać na małych przestrzeniach terenu o rozmaitem nachyleniu, ale należy przyjmować charakterystyczny spad główny i do tego stosować teorię stożków splywu, nie zmieniając odstepu drenów dla mniejszych przestrzeni o innym spadzie. Przy wyrównaniu spadu wypadają niektóre dreny głębiej niż normalnie, zwiększenie głębokości nigdy nie jest szkodliwe.

Jeżeli przyjmiemy teren o tem samym nachyleniu, ale wrysujemy stożki splywu o nachyleniu osi stożków pod kątem, równym połowie kąta nachylenia terenu, otrzymamy następujący rozkład drenów i szerokości pasów działania. Rysunek 25.



Rys. 25.

W oznaczeniu średnicy drenów ma wielkie znaczenie spad. Najmniejszy dopuszczalny spad



drenów rozmaitych średnio nie powinien przekraczać pewnej granicy.

Obszerniej jest ta kwestya omówioną w broszurze pod tytułem „*Spad drenów*“, tutaj przytoczę jedynie jeszcze wyjątek z pracy Spötla najnowszej.

Teoretycznie dopuszczalny najmniejszy *spad drenów* podług Spötla z użyciem wzorów  $v = c \sqrt{d \varphi}$ ,

$d =$  od 5 do 15 *cm*,  $c = (\text{Kutter}) = \frac{1}{2} \frac{100\sqrt{r}}{m + \sqrt{r}}$ ,  $m = 0.27$ ,

zaś dla większych kalibrów rur wzór Franka:

$$c = 1 : \sqrt{0.000495 + \frac{0.000652}{\sqrt{d}}}$$

Współczynniki  $c$  wypadają odpowiednio do kalibru drenów następujące:

$d =$	50	60	80	100	125	150	200
$c =$	14.6	15.6	17.2	18.5	19.6	20.9	22.6.

Następujące minimalne spadły podają Abel i Perels

$d =$	4 <i>cm</i> ,	5 <i>cm</i> ,	8 <i>cm</i> ,	10 <i>cm</i> ,	13 <i>cm</i> ,	15 <i>cm</i>
Merl	0.2 ‰,	0.16 ‰,	0.12 ‰,	0.07 ‰,	0.05 ‰,	0.04 ‰
Perels	0.25 „,	0.23 „,	0.13 „,	0.09 „,	0.07 „,	0.06 „

Spadły małe są trudne do wykonania i w praktyce w naszych stosunkach *spad 0.07—0.09 ‰* już jest bardzo małym i wymaga wyznaczenia niwelacją do ułożenia rurociągu najmniej co 10 *m* odstępu palików.

Tak mały *spad* był wykonany w drenowaniu w Czerlanach na 4 drenach zbierających o średnicy 16 *cm* ułożonych w jednym rowie.

Im mniejszy kaliber, tem większego potrzebuje *spadu* do przeprowadzenia wody i uniesienia namulków lub strąceń.

*Spad drenów* ma wpływ na ich średnicę.

*Spad minimalny* jest ważny, bo za mały *spad* powoduje zamulenie drenów bądź unoszonemi cząstkami ziemi, bądź strąceniami chemicznymi.

Starano się spad minimalny oznaczyć teoretycznie i praktycznie. Spad maksymalny ma znaczenie małe, bo dreny znoszą większy spad, niż przeważnie mają nawet strome uprawne grunta.

Powyższe wywody powinny służyć za podstawę obliczeń rachunkowych i tabelarycznych rysunkowych średnicy drenów. Następną pracą wykaże je na rozmaitych podstawach i w rozmaitych warunkach w naturze — szczególnie tych, które powodują zmianę ilości i czasu dopływu wody do drenów, podług których obliczać należy średnicę drenów.





