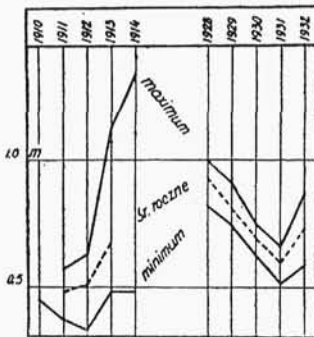


tworząc średnie, trzeba początek okresu obliczenia średniego rocznego stanu wody gruntowej przesunąć o odpowiednią ilość miesięcy, biorąc za podstawę średnie przesunięcie maximów i minimów w szeregu lat.

Zmiany stanów wody gruntowej, w ciągu większej ilości lat, w niewielu miejscach były notowane. Soldan podaje przykład miejscowości Krossen nad Odrą, gdzie w ciągu 110 lat wody gruntowe wahają się około tej samej średniej, podobnie wahają się też odpływy najniższe Odry około wartości 2 l/sek i km^2 .



Rys. 70.

Wpływ lat suchych i mokrych na poziom wód gruntowych na terenie wodociągu lwowskiego.

i mokrych lat. Podobny rezultat dają długoletnie obserwacje na terenie wodociągu lwowskiego, zamieszczone na rys. 70, w postaci przebiegu wartości średnich, maksymalnych i minimalnych.

I tu jednak znać duże opóźnienie. Najwyższy poziom wód gruntowych w r. 1914 jest następstwem bardzo mokrego r. 1913, zaś minimum w r. 1931 jest w związku z małymi opadami kilku ostatnich lat.

4. Obserwacje stanów wody.

Obserwacje stanu wód gruntowych mogą być potrzebne, albo dla sporządzenia projektów z dziedziny budownictwa wodnego, albo też dla ogólnego zbadania stosunków wodnych danej części kraju. Stosownie do tego zakłada się, albo gęstą sieć obserwa-

Natomiast w Hoya nad Wezerą minimalne odpływy również wahają się około stałej średniej wartości $2,58 \text{ l/sek}$ i km^2 chociaż poziom tych wód obniżył się znacznie, zdaje się skutkiem przyczyn drugorzędnych. W nowszych czasach mamy szczegółowe badania poziomu wód gruntowych, z których możemy śledzić zmiany z roku na rok. Przykłady z okresu 1914 — 1926 przytacza Köhne. Nie można z nich wnioskować o jakiejś tendencji wzrostu lub opadania, raczej wahają się one około jednego poziomu. Natomiast wyraźnie zaznacza się wpływ suchych

cyjną, obserwowaną przez stosunkowo krótki przeciąg czasu, np. w ciągu kilku lat, albo też sieć ta jest rzadką, ale za to obserwowaną stale, podobnie jak obserwujemy opady, lub odpływy na powierzchni.

Tak np. we Włoszech, oprócz sond dla specjalnych celów, obserwuje się około 500 studzien gminnych, mierząc w nich stan wody co 3 dni, zaczynając jednak zawsze od 1-go każdego miesiąca.

Bawaria wprowadziła stałe obserwacje w r. 1913. Prusy w r. 1914, Badenia i Saksonja w r. 1923. W tych krajach obserwuje się co 7 dni stan wody w 1320 punktach, z czego około 900 przypada na istniejące studnie. Rok hydrologiczny rozpoczyna się 1 listopada. We Francji, w nizinie Crau, poddano obserwacjom 225 studzien. W Polsce rozpoczęto systematyczne badania wód gruntowych przy projekcie meljoracji Polesia, gdzie w sieć obserwacyjną wciągnięto 110 studzien użytkowych. Poza tem przeprowadzono studja dla poszczególnych projektów wodociągowych, dla projektu kanalizacji w obrębie Krakowa itp.

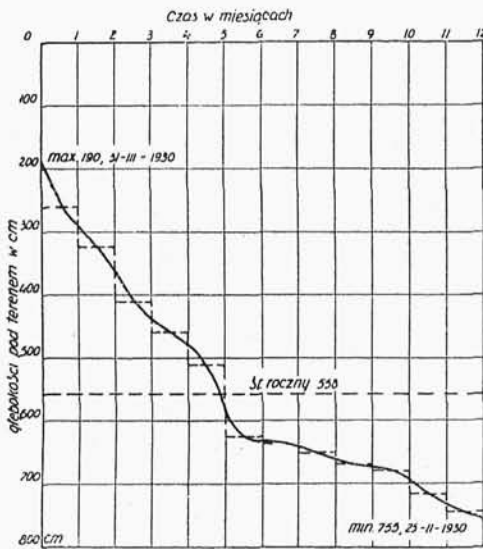
Rezultatem obserwacji jest związek pomiędzy czasem, a stanem wody gruntowej, uzyskany dla każdego poszczególnego punktu obserwacyjnego. Związek ten możemy przedstawić zapomocą linii krzywej, której rzędnymi są wysokości poziomu wody gruntowej, odciętymi zaś czas od początku obserwacji, lub też w ciągu pewnego okresu, roku kalendarzowego lub hydrologicznego (rys. 67, lub 73). Przy rzadszych obserwacjach kreślimy wartości miesięczne (rys. 68 i 69).

W tej samej podziałce czasu wyznacza się na wykresie opady atmosferyczne, temperaturę i względną wilgotność (lepiej niedosyt pary wodnej), dla zbadania, które z powyższych czynników mają wpływ na zmianę stanu wody gruntowej, oraz z jakim opóźnieniem wpływ ten daje się zauważyć. Tak np. obserwacje sond na terenie wodociągowym Lwowa (rys. 67) wykazują wpływ topnienia śniegu na wzrost stanów wody z wiosną, a w r. 1913 także wpływ bardzo silnych opadów letnich przy małym niedosycie pary wodnej, przyczem opóźnienie wyniosło średnio 2 miesiące.

Duży wpływ opadów na stan wód wglębnych, zwłaszcza w klimacie kontynentalnym, skłonił niektórych hydrologów do szukania związku pomiędzy stanami wód gruntowych w poszczególnych miesiącach lub latach, a wysokością opadów. W tym celu trzeba zbadać wielkość opóźnienia i wykreślać wartości

stanów wody, ze stosownem przesunięciem w czasie. Próby kreślenia tego związku nie dały dobrych rezultatów. Lepiej da się przedstawić związek pomiędzy wysokością opadu w pewnym okresie czasu, a zmianą w położeniu poziomu wody gruntowej, w czasie odpowiadającym powyższemu okresowi, chociaż i tu inne czynniki jak temperatura i niedosyt pary wodnej, psują linię związku.

Mając przebieg stanów wody w ciągu pewnego okresu można obliczyć częstość powtarzania się pewnych stanów, grupując je nie w kolejnym następstwie, ale podług wysokości. Otrzyma się wówczas związek stanów z czasem, który okazuje jak długo pewne warstwy gleby i podglebia są pozbawione wody. Na rys. 71 przedstawiono taki związek z wartości średnich miesięcznych według obserwacji w Jarzewiczach na Polesiu.



Rys. 71.

Krzywa związku między czasem a stanem wody gruntowej.

W razie niezupełnych obserwacji, można się posługiwać krzywą związku między obserwacjami w dwóch sondach, należących do tego samego obszaru wody gruntowej. Do zestawienia związku używamy wartości średnich miesięcznych.

Przy obserwacjach prowadzonych stale oblicza się średnie wartości miesięczne i roczne. Obliczenia średnich wartości rocznych powinny obejmować okres, rozpoczynający się od względnie niskich stanów wody gruntowej, ażeby objąć całą falę wzniesienia zimowego

i wiosennego. To też rok hydrologiczny powinien się zaczynać w miesiącach jesiennych.

Prócz wartości średnich miesięcznych i rocznych podaje się najwyższe i najniższe stany wód gruntowych w poszczególnych latach, z których znów można obliczyć wartości przeciętne, jak też ustalić absolutnie najwyższy i najniższy stan w danym okresie.

Pruski urząd „für Gewässerkunde“, publikuje średnie miesięczne, zimowe, letnie, roczne, oraz maxima i minima roczne. Prócz tego średnie wartości tych stanów charakterystycznych z poprzednich lat 5 i 10-ciu.

Państwowa służba hydrograficzna w Polsce przystępując w r. 1929 do obserwacji stanu wód gruntowych, narazie na Polesiu, wydała „Tymczasową instrukcję dla obserwatorów stacyj wód gruntowych“ zatwierdzoną reskryptem Ministerstwa Robót Publicznych z d. 1 grudnia 1928 r., z której podajemy najważniejsze przepisy:

„Do zakresu spostrzeżeń stacyj wód gruntowych należy przede wszystkim prowadzenie systematycznych spostrzeżeń nad stanem tych wód, zarówno w istniejących studniach użytkowanych, jak i w specjalnie w tym celu wierconych otworach, następnie zaobserwowanie tych czynników, które wywierają lub wywierać mogą wpływ na stan wód gruntowych, to jest opadów, stanu barometru, ciepłoty, zamarzania i zmian stanu wód powierzchniowych.

Systematyczne obserwacje ważniejszych z pośród tych zjawisk będą prowadzone w miarę potrzeby według specjalnych instrukcyj.

Przy wyborze miejsca na stację wód gruntowych należy zwrócić uwagę na to, aby studnia była zabezpieczona od napływu wody powierzchniowej, aby była dostatecznie zasobną w wodę gruntową, oraz aby dawała możliwość prowadzenia pewnych i nieprzerwanych obserwacyj.

Do stałych urządzeń studzien należą nadto znaki miernicze, umieszczone na samych studniach, oraz kontrolne znaki wysokościowe poza niemi.

Znakami mierniczemi, umieszczanemi z reguły w pobliżu górnej krawędzi studni w sposób zapobiegający osiadaniu, są kreski trwale oznaczone, kłamy itp. W pewnem oddaleniu od studni ustawia się stały reper kontrolny, odpowiednio zabezpieczony, związany niwelacyjnie ze znakiem mierniczym na studni, oraz — w miarę możliwości — z innemi znakami kontrolnemi, znajdującemi się obok studni.

Miarę względnie taśmę z zawieszonym u końca ciężarkiem (wałkiem żelaznym), przyrządem czarkowym itp. opuszcza się do studni (otworu) tak, aby dolny koniec miary, względnie przyrządu zanurzył się w wodę.

Nie podnosząc miary, względnie taśmy do góry, przykładą się upatrzonej na jej górnym końcu znak podziałkowy do znaku mierniczego (odniesienia) na krawędzi rury (studni), a po wyciągnięciu miary (taśmy) odczytuje się w centymetrach odstęp między znakiem zanurzenia, a górnym znakiem miary, który został przytknięty do znaku mierniczego (odniesienia) i otrzymuje się tym sposobem głębokość zwierciadła wody pod znakiem mierniczym (odniesienia).

Pomiar uskutecznia się z reguły codziennie o tej samej godzinie w czasie od 6 do 8 rano, zależnie od miejscowych warunków ewentualnie pory roku. Zmiana stałej godziny obserwacji w studniach wiertniczych, nie służących do użytkowego poboru wody, winna być uzasadnioną i może nastąpić tylko z początkiem miesiąca. Zmiana ta powinna być wyraźnie zaznaczona w dzienniku i w raporcie miesięcznym.

W studniach użytkowych obserwacje uskutecznia się o ile możliwości przed pierwszym porannym poborem wody, nie wcześniej jednak niż po upływie kilku godzin od poboru poprzedniego, tak, aby w czasie pomiaru

woda, znajdująca się w studni była w równowadze z wodą otoczenia oraz również o ile możliwości o tej samej godzinie codziennie. Godzina ta winna być wyraźnie zaznaczona w raporcie.

Wyniki spostrzeżeń zapisuje się do dziennika spostrzeżeń stanu wód gruntowych w ciągu całego roku kalendarzowego, wypełniając w miarę możliwości jak najdokładniej wszystkie wskazane tam pozycje cyfrowe i opisowe.

Z końcem każdego miesiąca obserwator przepisuje wyniki spostrzeżeń z dziennika do raportu spostrzeżeń oraz odsyła go niezwłocznie do Biura Hydrograficznego.

Schemat raportu wodowskazowego podaje tabela 3.

TABELA 3.

Stacja.....			Dorzecze.....			Rok.....		Miesiąc.....	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Dzień	Godzina	Stan wody w cm	Temperat. powietrza w st. Cels.	Stan pogody (pochmurno, słonecznie, wiatr, mgła, odwilż, mróz) Odczyt barom.	Opady atmosfe- ryczne (deszcz, ulewa, śnieg)	Stan zamarznię- cia gruntu	Stan okolicznych wód powierzchniowych (rzek, stawów, błot) (wysychają, zamarz., pokryte lodem, odmarz. wzbierają, wylewają)	UWAGI	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Wyniki obserwacji ogłaszane są w rocznikach hydrograficznych *) (narażenie tylko z dorzecza Dniepru). W tabeli V rocznika, obejmującej zestawienie charakterystycznych stanów wód gruntowych, podaje się w centymetrach, odległość poziomu zwierciadła wody gruntowej od znaku stałego, dla średnich stanów w poszczególnych miesiącach, średniej rocznej, oraz najwyższego i najniższego stanu wody wraz z datą.

Prócz tego na wykresie 4 podane jest położenie stacji wód gruntowych, zaś na wykresie 3 średnie miesięczne stany wód gruntowych w porównaniu z analogicznymi wartościami stanów wody w rzekach.

5. Związek między zmianami stanów wód na powierzchni i w głębi ziemi.

Dla wielu projektów wodnych może zająć potrzeba ściślejszego określenia wpływu wahań wód powierzchniowych (rzek, jezior), na stan wód wglębnych.

*) Rocznik Hydrograficzny dorzecza Dniepru: 1929, 1930 i 1931.

Badania takie przeprowadzamy, zakładając w profilu poprzecznym rzeki kilka sond (o ile nie mamy w pobliżu do dyspozycji większej ilości studzien), w samym zaś korycie rzeki umieszczamy podziałkę, na której w każdej chwili można odczytać stan wody.

Rysując na tych samych odciętych, przyjętych jako czas, rzędne, odpowiadające stanom wody w rzece i w sondach, otrzymamy przebieg zmian w położeniu zwierciadła wody. O ile istnienie związku skonstatujemy, należy z kolei zbadać przesunięcie w czasie zachodzących zmian. Przesunięcie to znajdziemy, porównując czas, odpowiadający szczytowym położeniom, a więc najwyższym i najniższym położeniom zwierciadła w każdej fali. Wartości otrzymane nie będą jednakie, z powodu różnej prędkości poruszania się wody wgłębnej w zależności od temperatury i spadu.

Jeżeli różnice są duże, należy wyznaczyć przesunięcie w postaci związku zależnego od różnicy stanów wody wgłębnej i powierzchniowej, rysując na odciętych czas przesunięcia, zaś na rzędnych różnice poziomów. Mając ten związek możemy oznaczyć, dla danej różnicy stanów wody powierzchniowej i wgłębnej, czas, po którym ustali się poziom wody gruntowej, związany z obserwowanym poziomem wody powierzchniowej. Uwzględniając powyższe różnice w czasie, możemy przystąpić do narysowania krzywej związku między stanami na powierzchni i w badanej sondzie, przyczem otrzymamy w rezultacie dwie krzywe, z których jedna będzie związkiem w czasie infiltracji, druga zaś w czasie spływu wód gruntowych do rzeki.

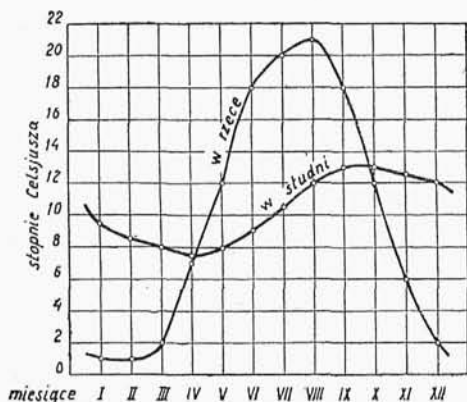
Jeżeli istnieje silny prąd wody gruntowej wzdłuż rzeki, wówczas dla określenia wzajemnego związku, jeden profil poprzeczny nie wystarczy, raczej wówczas należy założyć sieć sond i wykreślać zmieniające się położenia warstwic wody gruntowej (patrz rys. 7).

Objętościowy wpływ wody powierzchniowej na wodę gruntową można ocenić ze zmian temperatury wody gruntowej. Jeśli temperatura wody gruntowej, zdala od rzeki, wynosi t_2^0 , w rzece t_1^0 , a wody pompowanej z sondy w pobliżu rzeki t^0 , to przy ilości wody pompowanej $Q = Q_1 + Q_2$ i na podstawie związku $Qt = Q_1 t_1 + Q_2 t_2$ przypada na wodę rzeczną:

$$Q_1 = Q \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \quad (4a)$$

$$\text{na wodę gruntową zaś} \quad Q_2 = Q \frac{t_1 - t}{t_1 - t_2} \quad (4b)$$

Na bieg wahań temperatury wody w głębszej ma wpływ czas przeziębienia, zmiany stanów wody, a przy studniach wodociągowych ilość pompowanej wody. W przykładzie wahań temperatury, wziętym z wodociągów poznańskich (rys. 72), maximum temperatury



Rys. 72.

Wahania temperatury wody w głębszej i powierzchniowej w okresie rocznym.

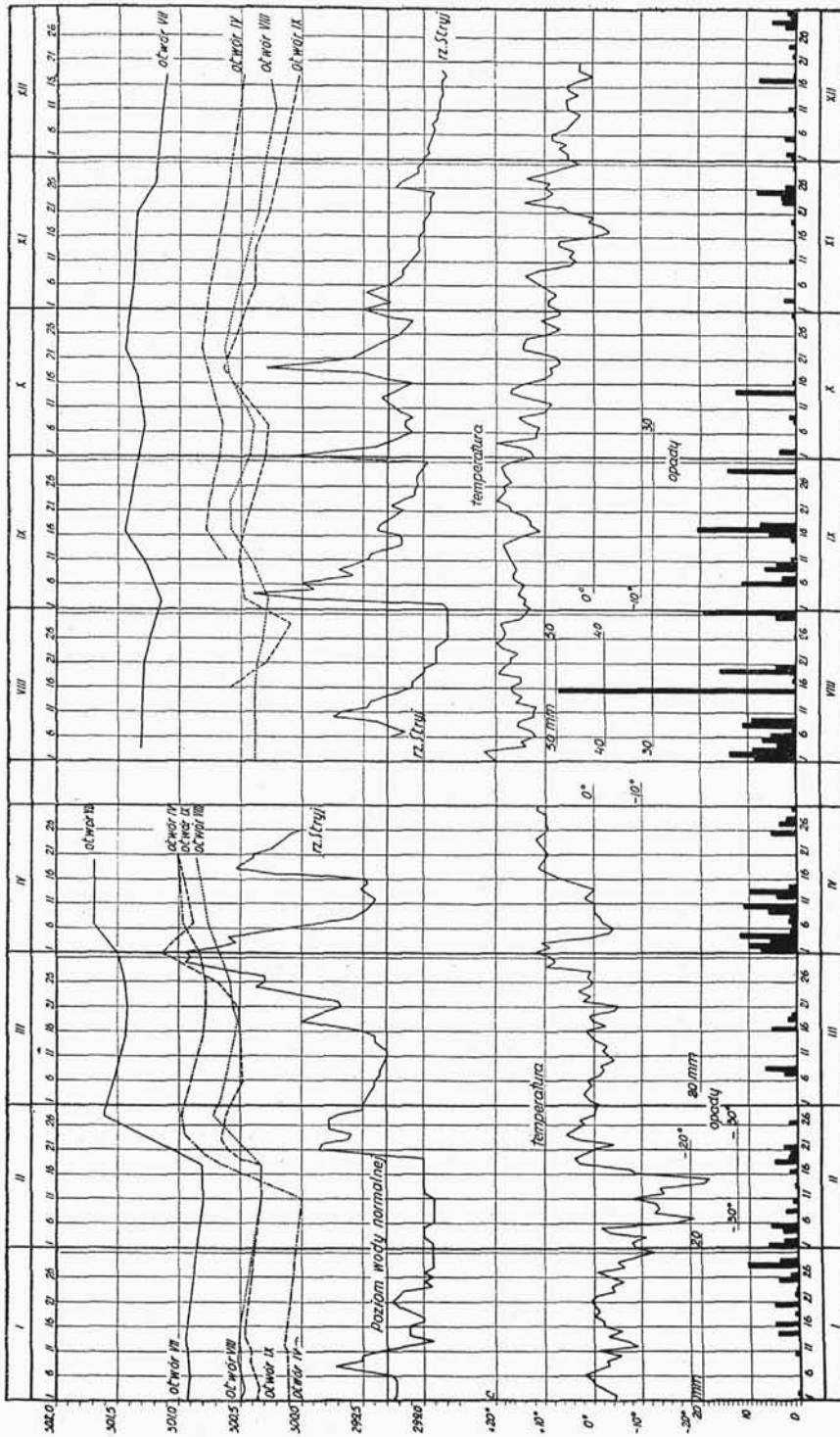
na rzece przypada na sierpień, gdy w studni dopiero na wrzesień i październik. Podobnie minimum przesuwa się z lutego na kwiecień. Wahania w rzece wynoszą 20° , gdy w studni tylko $5\frac{1}{2}^{\circ}$. Krótszy czas przesunięcia maximum można wyjaśnić większym ciśnieniem wyższych stanów wód i szybszą infiltracją.

Czas potrzebny do przebycia drogi między rzeką a sondą powoduje, że tylko dłużej trwające

podniesienia się lub obniżenia wód na powierzchni mogą zmienić poziom wód gruntowych. Na wspomnianym kilkakrotnie przykładzie z okolic Stryja (rys. 73), mimo bardzo silnie przepuszczalnych gruntów, nie wszystkie wezbrania rzeki powodowały zmiany poziomu wody w sondach.

W sondzie IV oddalonej o 1848 m od brzegu Stryja stan wody zaczyna się podnosić między 11 a 18 lutego, zatem wcześniej, niż stan wody w rzece, ale równocześnie z nagłym skokiem temperatury. W sondzie IX i VIII oddalonej o 770 m względnie 1498 m od brzegów rzeki, zaczyna woda wzrastać dopiero 19 lutego, razem ze wzrostem wody w rzece, przyczem maximum wezbrania, zresztą niewielkiego, bo niespełna 1 m przypada na dzień 21 lutego, maximum stanu wody w sondzie IV na dzień 24 lutego, w sondzie VIII—27 lutego, równocześnie z maximum sond dalej położonych. Maximum tych ostatnich sond przypisać należy raczej działalności wspólnej przyczyny tj. temperatury i topnienia śniegu, zaś podnoszenie się wody w Stryju wytworzyło tylko cofkę w linii depresyjnej wody gruntowej. Następne z kolei wezbranie Stryja z dnia 29 marca do 1 kwietnia, stosunkowo bardzo wysokie, powoduje szybki wzrost stanu wody w sondzie IX, dochodzący do maximum 31 marca, natomiast powolny wzrost wody w sondach VIII i IV w pierwszej połowie kwietnia przypisać należy deszczom, które padały bez przerwy od 1-go do 9 kwietnia.

W lipcu wysoka temperatura i niedosyt pary wodnej powodują



Rys. 73.

Wahania poziomu wód gruntowych w dolinie Stryja pod Stryjem w związku ze zmianami stanów wód w rzece i warunków klimatycznych.

powolny spadek stanu wody gruntowej, którego nie wstrzymują deszcze z 20 lipca, natomiast gwałtowny spadek wykazuje sonda IX pod wpływem silnego spadku stanu wody w rzece, i powstałej stąd różnicy ciśnień około 1,40 m. Skupione opady z początkiem sierpnia wywołują powolne wzniesienie się poziomu wód gruntowych z maximum 17 sierpnia, tymczasem wielka woda na Stryju 2 sierpnia, wyższa o 0,3 m od poziomu wody w studni IX, powoduje infiltrację i podniesienie się zwierciadła wody prawie o 0,5 m, w dniu 2 sierpnia. Do osiągnięcia maximum poziomu we wszystkich sondach przyczynił się gwałtowny deszcz w Stryju 15 sierpnia (prawie 50 mm), który na zmianę stanu wody w rzece prawie nie wpłynął.

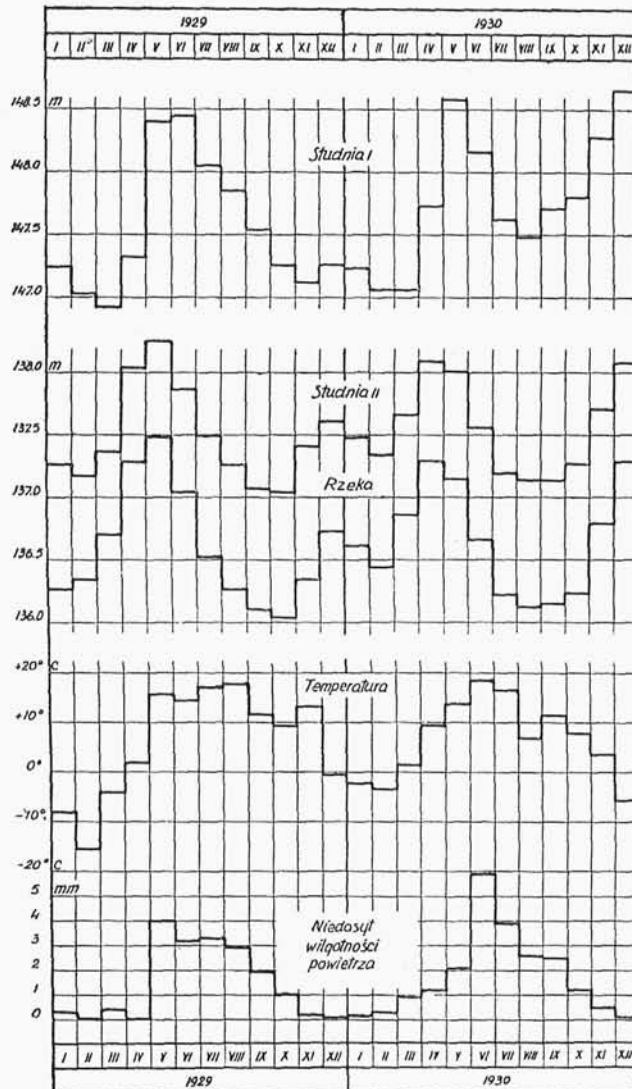
Odtąd zaczyna się powolny spadek poziomu wody gruntowej przerywany tylko skupionymi deszczami w pierwszej połowie września, które wywołały podniesienie się stanów wód gruntowych z maximum 23 września, z wyjątkiem studni IX, w której pod wpływem wezbrania Stryja z 18 września, w tym samym dniu podnosi się zwierciadło wody, aby już 22 września spaść do naturalnego swego poziomu. Odtąd sonda IX bierze udział w spadku poziomu zwierciadła wody, na równi z innymi sondami. Dopiero w listopadzie spadek zw. w. w Stryju o 0,4 m poniżej normalnej powoduje szybsze opadanie poziomu wody w najbliższej sondzie.

Śledzenie wpływu wahań stanu wody w rzece, na stan wód gruntowych na Polesiu, przedstawia większe trudności z powodu operowania obserwacjami miesięcznymi, mimo to, wykresy spadów średnich miesięcznych w poszczególnych miesiącach uwiadcniają wzajemną zależność stanów wody w studni bliższej rzece. Na rys. 74 i 75 przedstawiono zmiany stanu wód w Jasiołdzie i dwu sondach na terenie wsi Porzecza.

Od stycznia do kwietnia wznosi się poziom wody w Jasiołdzie o 1,04 m i z początkiem marca sięga ponad poziom wody w sondzie pierwszej. W ślad zatem podnosi się poziom wody w bliższej sondzie o 0,87 m w porównaniu do lutego. W sondzie dalszej, nagły wzrost następuje dopiero w maju (o 1,29 m w porównaniu z marcem, a 1,08 m z kwietniem) i wzrasta dalej w czerwcu (o 0,05 m), kiedy woda w sondzie bliższej opada równolegle z rzeką o 0,38 m (rzeka o 0,45 m). Dzięki tym samym przyczynom (malejące opady), stany wód opadają równolegle do listopada, kiedy podniesienie się stanu wody w rzece o 0,3 m wywołuje wzrost poziomu w bliższej sondzie o 0,26 m. Podobne zjawisko obserwować można w latach następnych. Zmiany stanów wody, w rzece i w sondzie bliższej, idą zupełnie równolegle, wykazując np. maximum wiosenne 1920 r. w kwietniu, gdy studnia dalsza ma go dopiero w maju. W dalszych miesiącach zjawiska występują bardziej równolegle, ponieważ silne opady późnego lata 1930 i 1931 i malejący ku zimie niedosyt wywołują wzrost stanów wód zarówno w rzece, jak i w sondach, w tych ostatnich z pewnym opóźnieniem, bo dopiero od października.

Poziomy wód w rzekach ulegają nie tylko periodycznym wahaniom w zależności od opadów, ale także zmianom bardziej stałym, będącym w związku ze zmianą kształtu koryta. Działalność erozyjna wody w wielu wypadkach przejawia się w postaci pogłębiania się dna rzeki, a przez to i obniżania się przeciętnego poziomu zwierciadła wody. Ruch ten może spowodować obniżenie

się średniego poziomu wód wglębnych w dolinie alluwjalnej i co zatem idzie zmniejszenie ilości wód, płynących w tych pokładach.

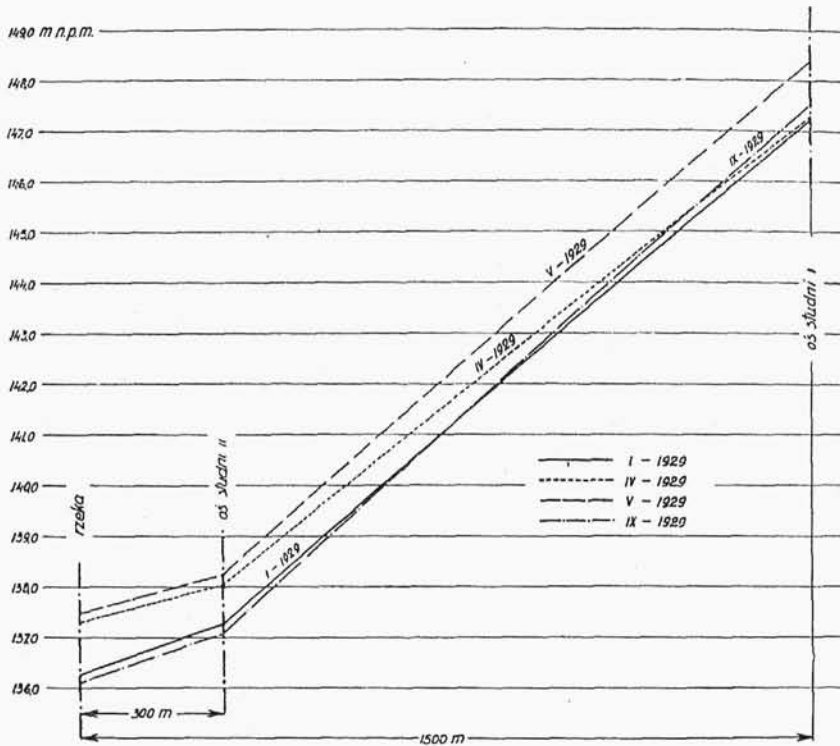


Rys. 74.

Wahania poziomu wód gruntowych w dolinie rzeki Jasiołdy w Porzeczu w związku ze zmianami stanów wody w rzece i warunków klimatycznych.

W niekorzystnych warunkach (silnie przepuszczalnych żwirach) mogą się wytworzyć, wzdłuż zbyt głęboko wciętych koryt rzecz-

ných, pasma gruntów o bardzo słabej wegetacji. Natomiast w dolnym biegu rzeki, o zbyt małej energii płynącej wody, rumowisko



Rys. 75.

Zmiany w spadach wód gruntowych w dolinie Jasiołdy w Porzeczu.

erodowane u góry, osadza się, podnosząc dno koryta, nieraz nawet ponad przeciętny poziom doliny. Następstwem będzie stałe podnoszenie się stanów wód wgłębnych, aż do powierzchni terenu i tem samem powolna zamiana dużych połaci kraju w bagna i nieużytki.

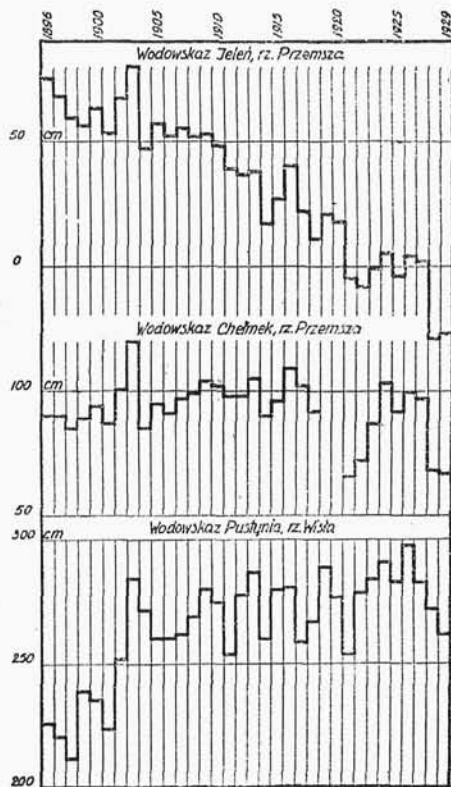
6. Wpływ robót regulacyjnych na zmianę stanów wód wgłębnych.

Przy wszystkich robotach hydrotechnicznych, powodujących zmiany poziomu wód na powierzchni, należy się liczyć z równoczesną zmianą zwierciadła wód gruntowych. Regulacja rzek, zabudowanie górskich potoków, budowa zbiorników retencyjnych, obwałowania, kanalizacja, lub budowa jazów dla wyzyskania siły wodnej,

zmieniają naturalne warunki przepływu, zmieniają lub dążą do zmiany istniejących poziomów zwierciadła wody na powierzchni, przedłużają, lub skracają czas różnych stanów wód, a wszystkie te zjawiska nie mogą pozostać bez wpływu na stan wód gruntowych. Niekiedy roboty regulacyjne są tylko środkiem wiodącym do zmiany poziomu wód gruntowych, jako do ostatecznego celu.

Regulacja rzek ułatwia przepływ i zwiększa przez to siłę erozyjną wody, przywrócenie więc stanu równowagi może nastąpić tylko kosztem zmniejszenia spadku. Wynikiem jest pogłębianie się rzeki w górnej części regulowanego odcinka, a podnoszenie się łóżyska w dolnej, lub poniżej przestrzeni objętej regulacją. Objaw ten występuje wyraźnie tam, gdzie trasa regulowanej rzeki jest krótszą od naturalnego biegu. Tak np. Przemsza, uregulowana w latach osiemdziesiątych zeszłego stulecia i nadmiernie sprostowana, wykazuje do dziś pogłębianie się dna pod Mysłowicami, a podnoszenie się koryta przy ujściu do Wisły. Przebieg stanu średniego rocznego od r. 1896 do 1929 na wodowskazach w Jeleniu i Chełmku na Przemszy i w Pustyni na Wiśle przedstawia rys. 76.

(Wodowskaz myśłowicki w Jęzorze nie posiada kompletnych obserwacji). Wartości średnie roczne w Jeleniu spadły z $+75\text{ cm}$ w r. 1896 na -27 cm w r. 1929, zatem o 102 cm , w Mysłowicach w tym samym okresie czasu obniżył się stan średni przeszło o 150 cm . Szczególnie silnie objawiło się działanie erozyjne w pierwszych latach po przeprowadzeniu regulacji. Dla ochrony mostu musiano wówczas założyć kilka progów gruntowych; drugą falę silnego obniżenia notują lata ostatnie, wskutek zniesienia progów. Są to tak



Rys. 76

Zmiany poziomu wód powierzchniowych skutkiem robót regulacyjnych.

duże różnice, że mogą wpłynąć poważnie na stan wegetacji nadbrzeżnej.

Przy ujściu Przemszy, wodowskaz w Chełmku wykazuje od r. 1896 do 1916 nieznaczne podniesienie się stanu średniego (o 20 *cm*), poczem zarysowała się tendencja ku ponownemu obniżeniu się koryta, jako następstwo ustalenia się poziomu średniej wody Wisły. W ostatnich latach zauważyć się daje silną erozję, w związku ze zniesieniem progów gruntowych w Mysłowicach.

Zupełnie wyraźne podniesienie się poziomu Wisły, poniżej ujścia Przemszy, znać w okresie 1896—1910, bo o 60 *cm*, a więc znów o wartość taką, która może wpłynąć na stan wegetacji, powodując bądź to zabagnienie nadbrzeżnych gruntów, bądź też konieczność zmiany uprawy. Późniejsze zmiany średniego stanu wody są już nieznaczne.

Brak ścisłych badań nie pozwala na bezpośrednie przedstawienie związku, jaki zachodzi między zmianami poziomów wody w rzece i stanami wód gruntowych, nie ulega jednak wątpliwości, że zwłaszcza stałe podnoszenie się zwierciadła wód powierzchniowych, musi doprowadzić w końcu do zabagnienia nadbrzeżnych gruntów, ponieważ średni stan wód gruntowych ułoży się w przybliżeniu w tym samym spadzie w stosunku do nowego średniego poziomu wody w rzece, w jakim dopływała ona przed regulacją.

Przy robotach regulacyjnych, prowadzonych na terenie Polski, nie zauważono dotąd znaczniejszych zabagnień, jako skutków regulacji, natomiast częściej mamy do czynienia ze zjawiskiem obniżenia się wód na powierzchni i tem samem osuszenia, gruntów przyległych.

Bardzo silne obniżenie poziomu zwierciadła wód średnich i niskich wykazuje Wisła w obrębie Krakowa (1,20 *m* w ciągu ostatnich lat 40). Działają tu i uboczne względy, jak zwężenie profilu przepływu wód wielkich i nadmierny pobór piasku z koryta. Znaczne obniżenia stanów wód notowano przy regulacji wielu rzek karpackich w biegu górnym, lub przy regulacjach miejscowych; wiele z tych obniżeń miało jednak charakter przejściowy i było następstwem wzmożenia ruchu rumowiska po rozpoczęciu robót regulacyjnych.

Naogół porównanie poziomu średnich stanów wód, przed i po regulacji, w okresie kilku dziesiątków lat, nie wykazuje zwykle różnicy większej ponad kilka decymetrów, z wyjątkiem tych odcinków rzek, gdzie znaczne pogłębienie koryta było z góry przewidziane i potrzebne. Tak nieznaczne zmiany, nie mogą mieć wpływu na stan wód gruntowych nieco dalej od rzeki położonych,

stąd też obawy przesuszenia lub zabagnienia gruntów, skutkiem robót regulacyjnych, są zwykle bezpodstawne.

Zmian w położeniu wody gruntowej, skutkiem obniżenia się poziomu wody w rzece niełatwo jest przewidzieć, ponieważ kształt krzywej depresyjnej zależy nie tylko od różnicy ciśnień, ale i od bardzo różnej przepuszczalności warstw. Przy warstwach o niewielkiej, lub bardzo niejednorodnej przepuszczalności, wpływ obniżenia ograniczy się na wąski pas terenu wzdłuż brzegu.

W pokładach silnie przepuszczalnych, linia depresji będzie słabo zakrzywiona i w przybliżeniu można ją zastąpić linią prostą. Nachylenie prostej będzie zależać od ilości dopływającej wody i współczynnika wydajności.

Spływ wody gruntowej na jednostkę długości biegu rzeki tuż przy brzegu oblicza się wzorem *):

$$q = hki \quad \text{zatem} \quad i = \frac{q}{kh} \quad (5)$$

gdzie h jest grubością warstwy wody gruntowej. Po obniżeniu się koryta rzeki zmniejszy się h , a stąd musi się spadek zwiększyć

$$i' = \frac{hi}{h'} \quad (6)$$

Stąd można dla obniżenia $z = h - h'$ oznaczyć w przybliżeniu i' , a zatem i poziomy wód w głębinach, w różnych odległościach od brzegu, albo też określić obniżenia poziomu wody w rzece, możliwe bez szkody dla gruntów.

W rzeczywistości obniżenie będzie większe ponieważ nachylenie stycznej zmniejsza się w miarę oddalania od brzegu. Lepiej zatem przyjąć spadek średni między brzegiem rzeki, a zasięgiem depresji L tj. depresją, w takiej odległości od rzeki, w której jej wielkość nie ma praktycznego znaczenia, i założyć, że po obniżeniu, zasięg depresji nie zmienia się. Wówczas dla grubości warstwy H poza zasięgiem depresji:

$$L = \frac{H - h}{i} = \frac{H - h'}{i'}$$

$$\left. \begin{array}{l} L i = H - h \\ L i' = H - h' \end{array} \right\} \Delta h = h - h' = L (i' - i)$$

$$\text{z poprzedniego } i' = \frac{h i}{h'} \quad \text{stąd } h - h' = L i \frac{h - h'}{h'}$$

*) Patrz rozdział VI.

$$\text{zaś } L = \frac{h'}{i} \quad (7)$$

$$i' = \frac{H - h'}{L} *) \quad (8)$$

Wobec wielkiej zmienności w wielkości i kształcie ziarn, z jaką mamy zazwyczaj do czynienia, w alluwjach rzecznych, obniżone obniżenia wód wgłębnych rzadko się sprawdzają. O wiele prostszym i pewniejszym sposobem jest wykorzystanie zmienności stanów wody w rzekach i badanie stanów wód wgłębnych przy długotrwałych posuchach, lub w czasie wiosennych wysokich stanów zwierciadła wody rzecznej, ażeby w ten sposób zorientować się, jaki wpływ może mieć podniesienie lub obniżenie stanu wody, na stan wód wgłębnych.

Ten sposób zastosowano przy pomiarach wód wgłębnych na terenie miasta Krakowa w związku z projektowaną kanalizacją Wisły. Pomierzono wówczas (1917) stan wody wgłębnej, w studniach w mieście w czasie ustalonego niskiego stanu wody, a następnie powtarzano pomiar w czasie wód wyższych. Określono w ten sposób zasięg wpływu wahań wody w Wiśle i zmiany w spadzie zwierciadła wody gruntowej ku rzece.

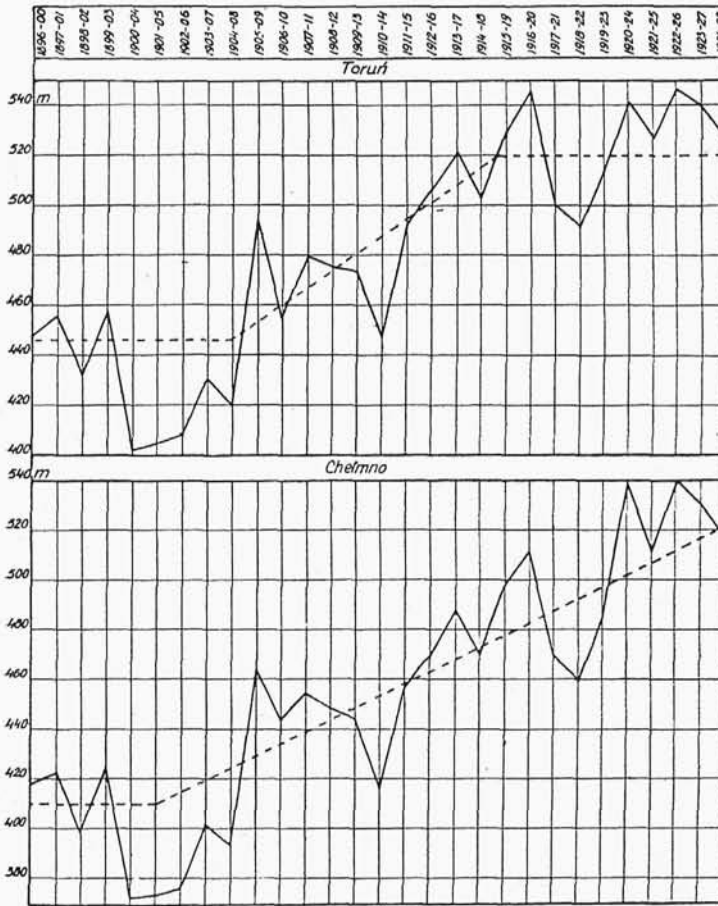
Podniesienie się poziomu wysokich wód może być następstwem obwałowania. Zmniejszenie retencji i nieodpowiednia kultura roślin na terenie między wałami może być powodem stałego podnoszenia się tego terenu, a w związku z tem i poziomu wód wysokich. Badania przeprowadzone na dawno obwałowanych odcinkach Wisły i Warty, okazały, że i u nas należy się liczyć z tego rodzaju tendencją **). Na Wiśle górnej tendencja wzrostu stanów wody nie przejawia się zupełnie, występuje natomiast zupełnie wyraźnie na Wiśle dolnej. Najdłuższy okres podnoszenia się średniego poziomu wód wysokich można zaobserwować na wodowskazie w Chełmnie (bez przerwy od r. 1901). Podniesienie się przeciętnego poziomu wysokich wód (średnia z 5 lat) osiągnęło tam już wartość 1 m. Podobnie, acz w nieco mniejszych rozmiarach przedstawia się rzecz i na innych wodowskazach dolnej Wisły (rys. 77). Na Warcie od Poznania w dół, podniesienie się średniego poziomu wysokich wód osiągnęło 0,5 m.

Są to już wartości, które mogą spowodować czasowe podniesienie się stanu wód gruntowych na terenie poza wałami, a nawet

*) Koehne 4).

**) M. Rybczyński 23).

chwilowe wystąpienie tych wód na powierzchnię terenu. Ścisłej-
szych badań nad zmianami poziomu wód wgłębnych w związku
z obwałowaniem dotąd nie przeprowadzono.



Rys. 77.

Zmiany poziomu wysokich wód skutkiem obwałowania.

Znacznie mniejsze znaczenie dla zmian stanu wód grunto-
wych ma obudowa potoków górskich, mimo że obfituje ona w bu-
dowlę spiętrzającą, jak progi, zapory, a nawet przegrody dolin.
Wobec silnych spadków, wąskich dolin i zwykle nieprzepuszczal-
nego podłoża wpływ zmiany poziomu wód powierzchniowych ogra-
nicza się na najbliższe otoczenie, przy budowie zaś wysokich

zapór, przesiąkalność pokładów w obrębie spiętrzenia, musi być dokładnie zbadana.

Pewne znaczenie może mieć regulacja poziomu naturalnych zbiorników wody-jezior, i to nie tylko ze względu na ewentualne zmiany w poziomie wód wgłębnych, podobne zresztą jak przy wodach płynących, ale także ze względu na równowagę stoków. Jeżeli pokład jakiś, mający wychodnią poniżej zwierciadła wody, znajduje się w równowadze tylko dzięki pełnemu nasyceniu go wodą, to w razie obniżenia poziomu jeziora, zostanie on osuszony, a przez to może nastąpić zmiana ułożenia ziarn, zmniejszenie się objętości danego pokładu i co zatem idzie ruchy pokładów stropowych. Zjawisko tego rodzaju następuje często wówczas, kiedy na linii zwierciadła jezior, znajdują się pokłady namulów. Niebezpieczeństwo usunięcia się warstw górnych zachodzi wówczas, jeśli kierunek spadu warstw jest zgodny z kierunkiem nachylenia stoku.

7. Wpływ robót meljoracyjnych.

W klimacie wilgotnym roboty meljoracyjne mają często na celu obniżenie zwierciadła wód wgłębnych do poziomu najkorzystniejszego dla wzrostu roślin w porze wegetacji. Głębokość maximalna, z której roślina może czerpać wodę ze zbiorników podziemnych, zależy od gatunku roślin i od rodzaju podglebia, a w szczególności od miąższości strefy objętej działaniem włoskowatości. Głębokość minimalna, przy której obecność wody staje się dla roślin szkodliwą, zależy również od gatunku roślin i od stosunków klimatycznych, przedewszystkiem od rocznego biegu temperatury i od rozłożenia opadów, wywołujących zmiany w położeniu poziomu wody wgłębnej.

Między temi dwiema granicami, będzie leżał poziom optymalny wód wgłębnych, najkorzystniejszy dla wzrostu roślin. Pomijam tu działanie ważnej dla roślinności słabo przepuszczalnej warstwy iluwjalnej, która wpływa tylko na rozmieszczenie wilgotności w wierzchnich warstwach gleby, a może nie mieć związku z zwierciadłem wody gruntowej.

Rośliny posiadają zdolność przystosowania się do warunków istniejących. I tak zboża uprawne, dla których optymalne położenie zwierciadła wody gruntowej znajduje się na poziomie około 1,00 m poniżej terenu, czerpały (według badań Schultze'go, Boehme'go i Thiel'a *) zupełnie dobrze wodę z głębokości,

*) Dane cyfrowe według Koehne'go 4).