

WODOCIĄG I KANALIZACYA

W WARSZAWIE.

II. Projekt Lindley'a.

b) Kanalizacja.

Wadliwość istniejących urządzeń, od zaznaczenia której rozpoczyna *Lindley* rzecz swoją o kanalizacji Warszawy, nie została przezeń przedstawioną wyczerpująco. Obok danych wiarygodnych, jak koszt wywózki nieczystości, wynoszący rs. 220 000 rocznie, spotykamy tu także nieprawdopodobną liczbę. „Samo wyrąbywanie lodów, mówi *Lindley*, z rynsztoków i ulic, podczas 5 lub 6 zimowych miesięcy, kosztuje dziennie około 4000 rs.“ Zarówno z celu przytoczenia tego kosztu, pomiędzy motywami projektu kanalizacji, jak i z jego wielkości, trudno zdać sobie sprawę, co zresztą zauważono już przed nami ¹⁾.

W ogóle, w obec uznanej dziś powszechnie potrzeby kanalizacji, ścisłość wymotywowania użyteczności projektowanych urządzeń mniej przedstawia znaczenia. Widzimy wszakże z samego już początku pracy *Lindley'a*, jak trudnem jest dla cudzoziemca, w ciągu krótkiego pobytu na miejscu, sprawdzenie, wszystkich danych. To też zebranie tych ostatnich przez służbę techniczną miejską i ogłoszenie ich drukiem po starannem sprawdzeniu winno było właściwie stanowić wstęp do ścisłego opracowania kwestyi kanalizacji Warszawy.

Wspominając o starych kanałach, *Lindley* pomija w zupełności kanały zbudowane w ciągu kilku ostatnich dziesiątków lat; a jednak wszystkie te kanały są całkowicie murowane, mają przekroje jajkowe — i jak należałoby przypuszczać, kierunki ich wyznaczone już były z uwzględnieniem pewnego ogólnego projektu

¹⁾ W sprawozdaniu o projekcie *Lindley'a* kanalizacji Warszawy, uprzedzeń; zostaliśmy przez inż. *Hipolita Cieszkowskiego*, którego artykuł w tym przedmiocie, obejmujący wiele nader trafnych uwag, podany był w Nrze 24 „*Ekonomisty*“.

kanalizacji miasta. Objaśnienia te byłyby na miejscu we wstępie do opisu projektu i żałować wypada, że pominiętemi zostały w pracy *Lindley'a*

Przedstawiwszy w ogólnych zarysach potrzebę poprawienia warunków sanitarnych miasta, stawia *Lindley* to poprawienie jako cel projektowanych urządzeń i tak mówi dalej:

„Żadna obawa o zanieczyszczanie gruntu skutkiem przesiąkania nieczystości z kanałów, miejsca mieć nie może, albowiem przedsięwzięte będą środki ostrożności i zastosowane wszelkie sposoby, aby zrobić dno kanałów nieprzeziąkliwym. Przyletem, z powodu znacznej głębokości w jakiej kanały zbudowane być winny, znajdować się one będą pośród wód gruntowych. W skutek tego woda gruntowa wsiąkać będzie w kanały, nie zaś naodwrot”.

Że kanały winny mieć nie tylko dno ale i ściany nieprzeziąkliwe, to jest oczywiste i ogólnie wiadome. Że ta nieprzeziąkliwość niezbędniejszą jest jeszcze dla dolnych części przekrojów kanałowych niż dla górnych, to także jasne. Ale o kanałach ze ścianami nieprzeziąkliwymi, urządzonej jednocześnie w ten sposób, aby woda gruntowa wsiąkała w nie bezpośrednio, trudno wyrobić sobie pojęcie. Zwykle wody gruntowe ściągane są do kanałów przez pośrednictwo rur drenowych. Kwestya wszakże owej jednocześniej przeziąkliwości i nieprzeziąkliwości ścian kanałów, nie przestaje i w dalszym ciągu niepokoić *Lindley'a* i wywoływać coraz to sprzeczniejszych ze sobą określeń. I tak na str. 43 mówi on, że „wody gruntowe dostawać się będą „przez pory ścian kanałów i dreny”, — na str. 44. że woda zaskórna „wciskać się będzie przez pory ścian na znacznych przestrzeniach, a w wyjątkowych okolicznościach jeżeli znajdzie się w obfitej ilości i wypływać będzie pod postacią źródeł, wtedy w ściany kanałowe wmurowane będą puste cegły, przez otwory których woda gruntowa płynąć będzie do kanałów.” Zaznaczyć tu wypada, że przez podobne otwory naodwrot ścieki przedostawać się mogą także na zewnątrz, przy zbyt ciasnych zwłaszcza kanałach, mogących często być przepelnianymi — i grunt będzie zanieczyszczany, o co się właśnie *Lindley* tak obawia we wstępie. Wreszcie na str. 48 mówi znów, że przy budowie kanałów zwracać trzeba będzie „pilną uwagę na to, aby dno i ściany przedstawiały nieprzeziąkliwe powierzchnie”. Sprzeczności te i wynikająca z nich niejasność czynią niemożliwym szczegółowy rozbiór poglądu *Lindley'a* na kwestyę ściągania do kanałów wód zaskórnych.

W obec często dających się słyszeć głosów, przeciwnych wpuszczaniu odchodów ludzkich do kanałów, zasługuje na uwagę oświadczenie tak biegłego i doświadczonego inżyniera jak *Lindley*: że usunięcie z miejsc zamieszkałych odchodów ludzkich w sposób najtańszy i najprostszy, jak tego dowodzi wieloletnie doświadczenie, osiągnąć można tylko przez zaprowadzenie waterklozetów i systemu zupełnej kanalizacji. Warunkom sanitarnym, wygodzie i zadowoleniu mieszkańców, nie odpowiadają w takim stopniu żadne inne

urządzenia i systemy. *Lindley* słusznie nadmienia, że wielkość i wymiary kanałów będą też same bez względu na to, czy będą one odprowadzać ludzkie odchody, jak równie i potrzebną masę wody w celu ich uniesienia i ułatwienia odpływu, lub też czy odprowadzać będą tylko ścieki podwórzowe, wody gruntowe i atmosferyczne. W pierwszym przypadku kanały musiałby otrzymywać wodę oddzielnie, — w drugim zaś otrzymywać ją będą przez pośrednictwo waterklozetów, przez co dopływ wód przemylających będzie regularniejszy i równomiernie rozłożony.

Podzielając także zdanie *Lindley'a*, że każdy system zupełnej kanalizacji, to jest przyjmującej wszelkie nieczystości i ścieki, wymaga odpowiedniej ilości wody do spłókiwania kanałów, — nie sądzimy jednak ażeby dostarczanie w tym celu 8 st. sz. (227 l.) lwa dobę i mieszkańca, było koniecznem. Jak to już zaznaczyliśmy mówiąc o wodociągu, ilość ta wydaje się nam za wielką.

Zgodnie z nowszymi wynikami nauki, za najkorzystniejszy sposób usuwania ścieków miejskich i uczynienia ich nieszkodliwymi, uważa *Lindley* nawodnianie nimi pól i proponuje urządzenie za rog tką Powązkowską zbiornika, z którego ścieki przepompowywanymi byłyby na pola. Ze względu wszakże na niezbędną konieczność wprowadzenia jak najprędzej w działanie sieci kanalizacyjnej, projektuje urządzenie zbiorowego wypustowego kanału wprost do Wisły, któryby odprowadzał ścieki miejskie do rzeki, aż do epoki przygotowania pól irygacyjnych, a w następstwie służył za kanał burzowy. Rzeczywiście, jak na teraz, głównym celem jest usunięcie ścieków z miasta, a dopiero później, w skutku rozwoju systemu waterklozetów, gdy kanalizacja będzie już ukończoną, kwestya oczyszczania ścieków przed ich wpuszczaniem do rzeki przyjdzie na porządek dzienny. Być może, że wtedy Warszawa zdoła urządzić się mniej więcej w ten sam sposób jak Gdańsk, gdzie prywatny przedsiębiorca, *p. Aird*, mając sobie oddane na lat 30 grunty okoliczne miejskie, urządzi własnym kosztem cały zakład irygacyjny, rozprowadza ścieki i utrzymuje bezpłatnie całą sieć kanałów (a sam ten koszt utrzymania obliczony jest rocznie na 9 000 tal.), po upływie zaś koncesyi cały zakład wraz z użyzionemi polami przechodzi na własność miasta.

Przystępując do podania zasad, na jakich oparł obliczenie wymiarów kanałowych, wzmiankuje *Lindley*, że sieć kanalizacyjną zaprojektował w takich granicach: „aby możebnem było odprowadzić kanałami wody domowe zużyte przez ludność 500 000 osób, jak równie odprowadzić odpowiednią ilość wód deszczowych, spadających na przestrzeń zajętą przez powyższą ilość mieszkańców.“ Nadmienia dalej, że zwykłą normę ścieków miejskich stanowić ma 8 st. sz. na dobę i mieszkańca, to jest ilość wody dostarczana przez nowy wodociąg, oraz że do rachunku przyjęto odprowadzanie połowy tej ilości ścieków w przeciągu ośmiu godzin, t. j. 0,5 st. sz. na godzinę i mieszkańca.

Oprócz tej ilości, zamierza on odprowadzać kanałami w zwykłych warunkach, warstwę nie przenoszącą $\frac{1}{4}$ cala wody deszczowej spadłej w przeciągu 24 godzin na przestrzeń miasta, dla której proponowaniem jest urządzenie kanalizacji. Co do wód burzowych, to na podstawie spostrzeżeń z lat dziesięciu (1865 — 1875) i „na zasadzie doświadczenia” przyjmuje *Lindley*, że w Warszawie mając na względzie położenie klimatyczne miasta, kanały odprowadzać winny następujące masy wody burzowej: $\frac{3}{16}$ cala grubą warstwę wody deszczowej, spadłej w przeciągu jednej godziny na część miasta środkową, ciasno zabudowaną i wybrukowaną — i $\frac{2}{16}$ cala grubą takąż warstwę wody, spadłej w ciągu godziny na zewnętrzzną część miasta.

Kanały więc burzowe, które odprowadzać mają wyżej oznaczone masy wody i jednocześnie pomieścić zwyczajną ilość wód domowych i zużytych, winny mieć wymiary zastosowane do ilości tych wód wyżej wymienionych.

Na zasadzie tych uwag i danych, dzieli *Lindley* kanały na trzy kategorie, mianowicie: *boczne* obliczone dla wód zużytych i wody z deszczów tak zwyczajnych jak i burzowych, spływających z przyległych niewielkich przestrzeni, — *główne* z wymiarami obliczonymi odpowiednio do wód zużytych i wody z deszczów przyjętych za normalne (kanały te winny nadto pomieścić wody z deszczów burzowych, jakie przypływać będą kanałami bocznymi a następnie wody te odprowadzić do najbliższych burzowych), — *burzowe*, mające odprowadzać bezpośrednio do rzeki najkrótszą drogą wodę z burz i deszczów ulewnych.

Oprócz wyżej wyszczególnionych nie przytacza *Lindley* żadnych innych danych i nie podaje wcale rachunków, które go doprowadziły do przyjętych w projekcie powierzchni przekrojów kanałowych. Zasiągnięta znów z niewątpliwego źródła wiadomość przekonała nas, że wszystko co *Lindley* nadesłał zostało przetłómaczone i wydrukowane, a żadnych innych jego obliczeń Magistrat nie posiada. Postawieni tym sposobem w niemożności sprawdzenia projektowanych wymiarów, przy użyciu tychże samych danych, na jakich *Lindley* opierał swoje rachunki, zmuszeni jesteśmy uskutecznić to sprawdzenie inną drogą. Wymiarów bowiem przekrojów kanałowych, stanowiących o istotnej użyteczności tak wielkiego przedsięwzięcia, jak urządzenie systematycznej kanalizacji, którego koszt ma wynosić kilka milionów rubli, nie można przyjmować „na wiarę” nawet od tak biegłego i doświadczonego inżyniera jak *Lindley*.

Przyjętą do redakcyi projektu ludność Warszawy 500 000, gdy była mowa o wodociągu uważaliśmy za dostateczną, zaznaczając nawet, że napewno wnosić nie można, iż wzrost ludności w Warszawie utrzyma się i nadal w dotychczasowym stosunku; sądzymy wszakże że liczba ta, jako podstawa przy układaniu projektu kanalizacji, jest zbyt małą. Wspominaliśmy już bowiem, że wodociąg nie stanowi tak jak kanalizacja systemu, który wtedy

tylko rozwijanym być może racjonalnie, w obec zwiększających się potrzeb, jeżeli jest od razu zaprojektowanym w całości. Zakłady wodociągowe przybawać mogą niezależnie jeden od drugiego, a odpowiednia wzrastającym potrzebom przeróbka sieci rur, ułożonych na 6' pod powierzchnią ulic, nie pociąga za sobą zbyt wielkich trudności i kosztów. Inaczej zupełnie rzecz się ma z kanałami, mурowanymi na głębokości 25' i więcej, których budowa jest kosztowną i trudną i które z tego powodu projektowanymi być winny w przewidywaniu kilkowiekowego działania. Powiększenie bowiem a raczej przebudowywanie kanałów wymaga takiegoż nakładn jak i budowa i też same pociąga za sobą trudności. Dla tego też, jeżeli przy obliczaniu przekrojów kanałowych brana jest za podstawę liczba mieszkańców miasta, wtedy przewidywać wypada co najmniej kilkakrotne jej powiększenie w przyszłości, tembardziej że wynikające stąd poszerzenie kanałów nie może być znacznem, w tych zwłaszcza warunkach jak w Warszawie, gdzie w obec wielkiej ilości wód deszczowych, jaką kanały normalnie winny odprowadzać, właściwe ścieki miejskie nader mało znaczącą przedstawiają ilość.

Ściek normalny na godzinę, jak mówiliśmy, wynosi według *Lindley'a*:

$$\frac{1}{2} \times 500\,000 = 250\,000 \text{ st. sz.,}$$

a do tego przychodzi jeszcze $\frac{1}{4}$ calowa warstwa wody deszczowej, spadłej w przeciągu 24 godzin na powierzchnię kanalizowaną. Rozległości tej powierzchni nie podaje *Lindley*, możemy ją wszakże oznaczyć w przybliżeniu, porównyując plany kanalizacji *Lindley'a* i inżynierów *Majewskiego*, *Sporago* i *Surzyckiego* i dodając do obliczonej przez tych ostatnich powierzchni wynoszącej 114 537 010 st. kw.—powierzchnie, których oni nie kanalizowali a z których *Lindley* sprowadza ścieki. Otrzymany tym sposobem rozległość powierzchni kanalizowanej przez *Lindley'a* równą okragło 140 milionom st. kw., a liczba ta nie o wiele zapewne różnić się będzie od przyjętej przez *Lindley'a* za zasadę obliczeń. Przy tej powierzchni ściek deszczowy normalny *Lindley'a* wynosi na godzinę:

$$\frac{140\,000\,000 \times \frac{1}{4}}{24 \times 12} = 121\,528 \text{ st. sz.}$$

Całkowity zatem normalny ściek *Lindley'a*, wypełniający projektowane kanały główne po pachy sklepień, wynosi na godzinę 371 528 stóp sz., a wszelki nadmiar ścieków wchodzić już musi do kanałów burzowych.

Przy oznaczaniu tej ilości autorowie dawnych projektów opierali się na innej zasadzie, która, przyznać wypada, dla Warszawy więcej przedstawia pewności. Nie brali oni wcale pod uwagę właściwych ścieków miejskich, których ilość, zależna od liczby mieszkańców, jest zawsze mało znaczącą w porównaniu z wodą z deszczów ulewnych, jakie kanały w stanie normalnym (nie mówiąc

oczywiście o burzach wyjątkowych) regularnie winny odprowadzać; ale właśnie, przyjmując zasadę stosowaną z powodzeniem przy projektowaniu kanalizacji w Londynie, Paryżu i Berlinie, obliczali dla kanałów takie przekroje i spadki, aby kanały przepuścić mogły w stanie normalnym średni z pomiędzy największych deszczów.

Ratyński przyjmował za podstawę obliczenia przekrojów kanalowych, ilość spadłego deszczu w czasie wielkich ulew, wynoszącą średnio, według danych Obserwatorium Warszawskiego z owego czasu (1857 r.), — 0,4" wysokości na godzinę. Przypuszczał że z tej ilości wody, powierzchnie zabudowane i zabrukowane oddają kanałom $\frac{3}{4}$, a niezabrukowane $\frac{1}{4}$ ¹⁾. Stosując tę zasadę do powierzchni 140 000 000 st. kw. i przyjmując 80% powierzchni zabudowanych i zabrukowanych, otrzymamy ściek normalny na godzinę:

$$\frac{140\,000\,000 \times 0,4}{12} \left(0,80 \times \frac{3}{4} + 0,20 \times \frac{1}{4} \right) = 3\,033\,333 \text{ st. sz.}$$

Hawsek przyjmował ściek normalny większy jeszcze, bo obliczony na zasadzie deszczów wynoszących 0,5" na godzinę. Tę samą zasadę przyjęli inż. *Majewski*, *Sporny* i *Suczyński*, motywując ją ściśle wykazem 35 większych deszczów, spadłych między 1837 a 1861 r., który to wykaz przytoczyliśmy w pierwszej części naszej pracy ¹⁾. Według tego wykazu, w przeciągu 25 lat było zaledwie 16 deszczów większych od 0,5" na godzinę i dla takowych tylko wzmiankowani inżynierowie projektowali kanały burzowe. Ściek zaś normalny, obliczony według zasad jakie oni przyjmowali, wynosi dla powierzchni obecnie kanalizowanej przez *Lindley'a* na godzinę:

$$\frac{140\,000\,000 \times 0,5}{12} \left(0,80 \times \frac{3}{4} + 0,20 \times \frac{1}{4} \right) = 3\,791\,667 \text{ st. sz.}$$

Widzimy przeto że zasady przyjmowane przez autorów dawnych projektów doprowadzają do ścieku normalnego *osiem do dziesięciu razy większego*, niż obliczony przez *Lindley'a*.

¹⁾ Zasadę tę motywują w swym projekcie inż. *Majewski*, *Sporny* i *Suczyński* doświadczeniami skutecznionemi w Londynie, które okazały, że nigdy całkowita ilość deszczów nie dostaje się do kanałów miejskich, albowiem część jej bardzo prędko paruje, mianowicie w letnich miesiącach, w których właśnie zdarzają się ulewy, część męsza się z prochami i ziemią, tworząc błoto, część wypełnia nierówności na powierzchni gruntu i wsiąka w ziemię, część wreszcie wyzbieraną zostaje przez mieszkańców. Stosunki tych części znaleziono następujące: Z deszczu spadłego na wysokość $\frac{1}{4}$ " na powierzchni zabrukowanej, spłynęło do kanałów w stosunku wysokości $\frac{1}{4}$ ", to jest połowa wysokości całkowitej; z deszczu $\frac{1}{10}$ " spłynęło $\frac{1}{4}$ ", t. j. 0,61. Według dwóch innych doświadczeń, z powierzchni zabudowanych i zabrukowanych spłynęło do kanałów z całej ilości spadłego deszczu 0,52 i 0,645. Stosunek $\frac{1}{4}$ części z powierzchni niezabrukowanych, zwykle bywa przyjmowanym.

²⁾ Zeszyt Lipcowy, str 54.

Odnosząc otrzymane ilości ścieków do kanalizowanej powierzchni Warszawy, wynoszącej 140 000 000 st. kw., mieć będziemy ściek z jednego miliona stóp kwadratowych na sekundę:

według zasady *Lindley'a* 0,737 st. sz.

„ „ *Ratynskiego* 6,018 „

„ „ inż. *M. S. i S.* 7,523 „

W innych miastach przyjmowano przy sporządzaniu projektów kanalizacji rozmaite ścieki normalne, zależnie od miejscowości. Z jednego miliona stóp kwadratowych na sekundę przyjmował:

Bazalgette dla Londynu 0,345 st. sz. ¹⁾

Lindley dla Hamburga 6,150 „ ²⁾

Belgrand dla Paryża 12,510 „ ³⁾

Widzimy więc, że w każdym mieście przyjmowano inaczej ściek normalny, stosując się do miejscowych warunków. Wszystko tu polega zatem na dokładnem uwzględnieniu tych ostatnich.

Co do czasu potrzebnego dla spłynięcia deszczu do kanałów, to *Ratynski* przyjmował, iż obliczony przezeń ściek normalny, na podstawie średniego z ulewnych deszczów, spływa do kanałów w przeciągu $1\frac{1}{2}$ godziny, a inż. *Majewski*, *Sporny* i *Surzycki* czas ten przyjmowali równy $1\frac{1}{2}$ godz. w części górnej miasta, a 6 godzin w części dolnej ⁴⁾. Przepływ więc normalny w kanałach na godzinę wynosiłby według *Ratynskiego*:

$$\frac{2}{3} 3\,033\,333 = 2\,022\,222 \text{ st. sz.}$$

a według inżynierów *Majewskiego*, *Spornego* i *Surzyckiego*, przyjmując powierzchnię górnej i dolnej części miasta równą $\frac{3}{4}$ i $\frac{1}{4}$ powierzchni całkowitej:

$$(\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{6}) 3\,791\,667 = 2\,053\,820 \text{ st. sz.}$$

U *Lindley'a* zaś, w obec przyjętej za podstawę obliczeń warstwy nieprzenoszącej $\frac{1}{4}$ " wody deszczowej, spadłej w przeciągu 24 godzin na kanalizowaną powierzchnią, przepływ normalny

¹⁾ Na wodę wodociagową przyjął 5 st. sz. na mieszkańca, której połowa odpływa w 6 godz., to jest na godzinę 0,416 st. sz. Co do wód deszczowych, przyjął warstwę $\frac{1}{4}$ " spadłego deszczu w samym mieście a $\frac{1}{8}$ " na przedmieściach z odprowadzeniem w ciągu 24 godz.

²⁾ Z powierzchni 14 milionów st. kw. przyjął spływu na sekundę 86,22 st. sz. (*An eine Hochlöbliche Rath und Bürger Deputation, Erleuterungen „Zu seinem Berichte über die Anlage eines neuen Sick-Systemes, zur Entwässerung der Stadt Hamburg. — März 1843“ von William Lindley. Hamburg 5 Juli 1843*).

³⁾ Z kilometra kwadratowego na sekundę 4,17 m.

⁴⁾ Czas ten zależy głównie od większych lub mniejszych pochyłości zlewów oraz odległości odpływów i dla tego rozmaicie był określany w projektach kanalizacji różnych miast. I tak np. w Londynie i Berlinie przyjmowano zwykle 24 godz. w Paryżu 8, w Hamburgu $3\frac{1}{4}$ godz. Inżynierowie *M. S. i S.* przyjmując $1\frac{1}{2}$ godz. w górnej części miasta a 6 godz. w dolnej, mieli na uwadze znaczną różnicę spadków w obu tych częściach, oraz ograniczenie przekroju kanału dolnego, jak to już wzmiankowaliśmy.

w kanałach na godzinę, przyjęty został równy ściekowi normalnemu, to jest: 371 528 st. sz. Przepływ ten jest więc przeszło pięć razy mniejszy od przepływu normalnego przyjętego przez autorów dawnych projektów.

Wyniki zbudowania kanałów głównych z przekrojami i spadkami obliczonymi dla tak małej ilości ścieków, łatwe są do przewidzenia. Przy każdym ulewnym deszczu, przewyższającym $\frac{1}{4}$ " na 24 godzin czyli 0,0104" na godzinę, a takie deszcze nie są wcale rzadkie w Warszawie¹⁾, kanały główne szybko zostaną przepełnione, a znajdujące się w nich nieczystości, wejdą do kanałów burzowych w niedostatecznym stanie rozwodnienia i wpadną będą do Wisty pięciu wylotami tych kanałów, z których najwyżej położony ma swe ujście nawprost alei Jerozolimskiej. Rzeka więc zanieczyszczaną będzie często podczas większych deszczów, począwszy od tego punktu, na całym swym przebiegu pod miastem i pod Cytadelą.

Że zanieczyszczanie rzeki przez pośrednictwo kanałów burzowych będzie nieuniknionym wynikiem projektowanych przez *Lindley'a* przekrojów i spadków kanałów głównych, o tem przekonać się można obliczając prędkości biegu ścieków w tych kanałach. Weźmy np. pod uwagę trzy pierwsze sekcye kanału głównego C, pomiędzy rogatkami Mokotowskimi, przecięciem alei Szucha z Ujazdowską, przecięciem Ujazdowskiej z Wilczą i przecięciem Nowego Świata z Chmielną, projektowane na długościach: 2 304' (702, 2 m.) 2 611' (795,8 m.) 2 688' (819,3 m.) ze spadkami:

$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{1000}$
z przekrojami o powierzchniach użytecznych, obliczonych z rysunków <i>Lindley'a</i> :		

6,7	8,3	8,3 st. kw.,
i o obwodach zwilżonych:		
7,3	8,2	8,2 st.

Promienie średnie dla tych przekrojów będą:
0,918' (0,2798 m.) 1,012' (0,3085 m) 1,012' (0,3085 m.)
a znany wzór *Bazin'a*:

$$U = \sqrt{\frac{RI}{A}},$$

w którym U oznacza prędkość średnią w metrach na sekundę, R — promień średni, I — spadek na metr długości, A — współczynnik dla ścian gładkich jak kamień obciosany i cegła równy:

$$0,00019 \left(1 + \frac{0,07}{R} \right)^2,$$

¹⁾ Najmniejszy z 35 deszczów ulewnych podanych w wykazie str. 54, wynosi 0,03" na godzinę. Mniejszych deszczów inżynierowie *M.*, *S.* i *S.* nie uważali już za stosowne brać pod uwagę.

²⁾ Przyjęliśmy tu ściany gładkie, chcąc wykazać, że w najlepszym nawet razie prędkości nie będą większemi. Właściwie wszakże, mając wzgląd na to, że

daje następujące prędkości na powyższych trzech sekcjach:

3,97' (1,21 m) 4,23' (1,29 m) 3,77' (1,15 m)

Czas więc przepływu nieczystości przez każdą z powyższych trzech sekcji kanału C będzie:

5½ min. 10 min. 12 min.

Nieczystości zatem potrzebują na przepłynięcie od rogatki Mokotowskiej do rogu Chmielnej 31 min. a przeszło 25 min. do rogu alei Jerozolimskiej, gdzie projektuje *Lindley* wejście do kanału burzowego. Skoro w chwili ich wejścia do kanału C, koło rogatki Mokotowskiej spadać zaczyna deszcz ulowny, najczęściej w Warszawie krótko trwający a obfity, to nieczystości przed dojściem jeszcze do alei Jerozolimskiej, schwytane zostaną w zwykłym stanie rozwodnienia przez dopływ z ulewy, który je wepchnie do kanału burzowego. Tym sposobem w 25 minut po swem wejściu do kanału głównego znajdą się one już w Wiśle, na wprost alei Jerozolimskiej a unieszone przez rzekę wzdłuż całego miasta osiadać będą na odsepiskach Wisły, zatruwając powietrze. Cel więc asenizacyjny projektu *Lindley'a* nie będzie tu osiągniętym.

materye gryzące ścianek mniejszych niższą, szybko ściany kanałów i czynią je chropowatymi a nadto że doświadczenia *Darry'ego* i *Bazis'a*, na zasadzie których *Bazis* obliczał swe wzory, miały za przedmiot ruch czystej wody a nie ciecz tak gęstą jak ścieki i unoszącej w zawieszeniu tyle części stałych, która przy tym samym spadku i przekroju kanału będzie musiała wolniej, — wypadłoby obliczać prędkości przyjmując współczynnik *Bazis'a* dla ścian chropowatych:

$$A = 0,00024 \left(1 + \frac{0,25}{R} \right),$$

przy którym prędkości dla wzmiarkowanych trzech sekcji kanału C wypadną następujące:

2,88' (0,877 m) 3,09' (0,942 m) 2,76' (0,842 m)

Czas więc przepływu nieczystości będzie właściwie;

13 min. 14 min. 16 min.

czyli razem 43 min., a przeszło 38 min. do rogu alei Jerozolimskiej.

Jakiego wzoru używał *Lindley* — tego nie wiemy. przypuszczamy wszakże, że jeżeli posługiwał się wzorami *Bazis'a*, to jako doświadczony inżynier stosował raczej współczynnik dla ścian chropowatych niż dla ścian gładkich. W obce bowiem wątpliwości, czy ściany kanałów będą zawsze równie gładkimi jak z początku, oraz różnicy, jaka zachodzi między ruchem czystej wody a ruchem ścieków, współczynnik dla ścian chropowatych jest pewnością, dając większe przekroje. Zresztą wót *Bazis'a* z tym współczynnikiem daje prędkości nie o wiele mniejsze od tych, jakie otrzymana można za pomocą starego a w powszechnem jeszcze będącego użyciu wzoru *Eltzelewin'a*:

$$U = 92,23 \sqrt{RI}$$

w stopach angielskich, według którego dla powyższych trzech sekcji kanału C wypadają prędkości:

3,12' 3,28' 2,94'

Podobnie jak ściek normalny, tak samo i ściek burzowy obliczony został zbyt skąpo w projekcie *Lindley'a*. Według przyjętych przezeń a wyżej przytoczonych zasad, ściek ten wynosi na godzinę:

$$140\ 000\ 000 \left(\frac{0,80 \times \frac{3}{16} + 0,20 \times \frac{3}{16}}{12} \right) = 2\ 041\ 667$$

plus zwykle ścieki miejskie: $500\ 000 \times 0,5 = 250\ 000$

Razem 2 291 667 st. sz.

Inżynierowie *Majewski*, *Sporny* i *Surzycki* projektowali kanały burzowe do odprowadzania jak największych ulew. Ściek burzowy, obliczony na zasadzie największego z pomiędzy przytoczonych 35 deszczów, spadłego w dniu 7 Lipca 1861 r. a wynoszącego 2,52'' na godzinę, przyjmując jak poprzednio, że powierzchnie zabudowane i zabrukowane oddadzą kanałom $\frac{3}{4}$ a niezabudowane $\frac{1}{4}$ całkowitej ilości spadłego deszczu, będzie na godzinę:

$$\frac{140\ 000\ 000 \times 2,52}{12} \left(0,80 \times \frac{3}{4} + 0,20 \times \frac{1}{4} \right) = 19\ 110\ 000 \text{ st. sz.}$$

Ściek więc burzowy *Lindley'a* jest prawie *dziesięć razy mniej* sz. od rzeczywistego największego ścieku burzowego.

Dowodzi to, że obserwacye meteorologiczne z lat 10 tylko, które służyły *Lindley'owi* za podstawę obliczeń, są niewystarczające nie tylko przy obliczaniu ścieku normalnego, jak przekonał się o tem poprzednio, ale i przy oznaczeniu ścieku burzowego.

Przepływ godzinny w kanałach bocznych i burzowych, u *Lindley'a* równy ściekowi burzowemu na godzinę, wynosi jak wyżej 2 291 667 st. sz. Przyjmując zaś, że istotny największy ściek burzowy spływa do kanałów w górnej części miasta w przeciągu $1\frac{1}{2}$ godziny, a w dolnej w przeciągu 6 godzin, mieć będziemy konieczny dla odprowadzenia największej burzy przepływ w kanałach bocznych i burzowych na godzinę:

$$19\ 110\ 000 \left(\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{6} \right) = 10\ 351\ 250 \text{ st. sz.}$$

Zatem kanały boczne i burzowe, projektowane przez *Lindley'a*, przepuszczać będą mogły *mniej jak czwartą część* przepływu burzowego obliczonego na zasadzie największego deszczu. Największy deszcz, jaki te kanały będą w stanie przepuścić w ciągu $1\frac{1}{2}$ godz. w górnej części miasta a sześciu godzin w dolnej, wynosi:

$$\frac{2\ 291\ 667 \times 2,52}{10\ 351\ 250} = 0,56 \text{ cala,}$$

gdy tymczasem od roku 1837 do 1861 było trzynaście deszczów od takowego większych. Przy każdym podobnym deszczu, kanały boczne i burzowe zaprojektowane przez *Lindley'a* okazały się niedostatecznymi i woda z ulew spływać będzie tak samo jak dotąd z górnej części miasta na dolną, zalewając piwnice i powodując znaczne szkody — i to wbrew twierdzeniu *Lindley'a*, który na str. 6 swej pracy utrzymuje, że woda deszczowa „przy nowym systemie kanalizacji odprowadzoną będzie oddzielnie z części górnej, oddzielnie zaś z części niższej miasta, tak że na przyszłość podobne zalewy nadbrzeżnych ulic miejsca mieć nie będą“. Rzeczywiście,

rezultat ten nader pożądaný, zapewniłby winna nowa kanalizacya, — widzimy wszakże o ile projekt *Lindley'a* jest od tego dalekim.

Zestawiając razem wyżej otrzymane liczby, mamy według zasady przyjętej w projekcie:

	<i>Lindley'a</i>	inż. M. S. i S.
Kanały główne obliczone dla przepływu normalnego wynoszącego na godzinę st. sz.	371 528	2 053 820
albo na dobę i mieszkańca (przy ludności 500 000) st. sz.	17,83	98,58
t. j. mogące przepuszczać w jednakowym czasie ilości wody w stosunku liczb:	1	5,53
kanaly zaś boczne i burzowe obliczone dla przepływu burzowego wynoszącego na godzinę st. sz.	2 291 667	10 351 250
albo na dobę i mieszkańca st. sz.	110,00	496,86
t. j. mogące przepuszczać w jednakowym czasie ilości wody (przyjmując i tu za jedność ściek normalny <i>Lindley'a</i>) w stosunku liczb:	6,17	27,59

Liczby te same przez się są dość wymownemi, tem więcej skoro poprzedziliśmy je wywodem racjonalności zasad przyjętych przy redakcyi projektu inżynierów *Majewskiego*, *Spornego* i *Szurzyckiego* i wykazaliśmy, że przyjęte przez *Lindley'a* zasady dla Warszawy nie są dostateczne. W streszczeniu widzimy, że inżynierowie M. S. i S. projektowali kanały główne przepuszczać mogące w tym samym przeciągu czasu 5,53 razy więcej ścieków, niż kanały główne *Lindley'a*, a kanały boczne i burzowe 27,59 $\frac{27,59}{6,17} = 4.47$ razy więcej, niż także kanały inżyniera angielskiego. Kiedy w projekcie *Lindley'a*, przy ulewnym deszczu, nieczystości niedostatecznie rozwodnione, bo rozpuszczone tylko w 17,83 stopach sz. wody na dobę i mieszkańca, spływać zaczynają do rzeki przez kanały burzowe, to w projekcie naszych inżynierów rozpuszczenie nieczystości w 98,58 stopach sz. na dobę i mieszkańca nie przedstawiałoby nigdy podobnych niedogodności. Nie o wiele zresztą byłoby ono mniejszem od rozwodniania nieczystości w pełnym ścieku burzowym *Lindley'a*, to jest w 110 stopach na dobę i mieszkańca, którą to ilość uważa *Lindley* za zupełnie dostateczną, aby ścieki mogły być wpuszczane do rzeki bez obawy jej zanieczyszczenia. W skutku tego projekt inżynierów M. S. i S. podczas wielkiej ulewy pozwala wcześniej podnosić stawidla i równać dna kanałów głównych i burzowych, nie czekając aż w kanałach głównych poziom ścieków podniesie się do samych pach sklepienia. Tym sposobem zapobiedz tu można łatwiej przepelnieniu kanałów i zalewowi ulic, — obu nieuniknionym wynikiem niedostateczności przekrojów i spadków kanałowych w projekcie *Lindley'a*. Co do tej niedostateczności nadmienimy jeszcze, że

jeżeli by za lat sto ludność Warszawy wzrosła do miliona, co przecież nie jest stanowczo nieprzypuszczalnem, wtedy ściek normalny, obliczony według zasady *Lindley'a*, wynosilby:

$$121\,528 + \frac{1}{2} \times 1\,000\,000 = 621\,528. \text{ st. sz.}$$

Wynikłaby więc wtedy potrzeba przebudowywania kanałów projektowanych przez *Lindley'a* i zamiany ich na mogące przepuszczać prawie dwa razy większe ilości wody, gdy tymczasem kanały obliczone według zasad projektu inżynierów *M. S.* i *S.* służyłyby mogły w razie potrzeby i dla większej jeszcze ludności.

Powyższe liczby i wnioski przekonywają dostatecznie, że przepływy, dla których zaprojektowane zostały przez *Lindley'a* przekroje i spadki wszystkich kanałów, są zbyt małe i nie zapewniają skutecznego odwodnienia miasta. Szczegółowe sprawdzenie, czy wszystkie te przekroje i spadki obliczonymi zostały ściśle według założonych przepływów, nie jest możebnem, bo jak już wspominaliśmy *Lindley* przedstawienie swoich rachunków uważał za zbyteczne. Sprawdzenie to zresztą w obec niedostateczności samego założenia mniej przedstawia interesu. W każdym razie na wszystkie te szczegóły władza miejska zwrócić by winna baczną uwagę; przystąpienie bowiem do wykonywania projektu, nieuwzględniającego istotnych potrzeb miasta, bez gruntownego rozpatrzenia i przerobienia tegoż projektu, byłoby marnowaniem grosza publicznego.

Przechodzimy do rozpatrzenia sieci kanalizacyjnej w projekcie *Lindley'a*, zaznaczając dla ułatwienia porównań z projektem inż. *Majewskiego*, *Spornego* i *Surzyckiego*, że kanały główne górnej części miasta, które w opisie wzmiankowanego projektu oznaczyliśmy liczbami:

III II I,

odpowiadają co do ogólnego swego kierunku kanałom głównym *Lindley'a*:

A B C.

Pierwszy kanał główny *A*, który nazwalibyśmy zachodnim, projektuje *Lindley* zbudować w miejsce istniejącego rowu okopowego. Kanał ten ma być podwójnym. Budowę linii zewnętrznej, przyjmować mającej wodę z płaszczyzny pochyłej, położonej na zachód wału miejskiego — odkłada *Lindley* na później, a w kosztorysie zamieszcza tylko linią wewnętrzną, która ma brać swój początek w projektowanym zakładzie wodociagowym na Koszykach, ciągnąć się następnie wzdłuż wału miejskiego aż poza rogatkę Powązkowską. Kanał *A*, przed spotkaniem drogi żelaznej Obwodowej, łączy się z kanałem *B*, a poza tą drogą z kanałem *C*. W pobliżu tego połączenia, sto sażeńów przeszło za drogą Obwodową, projektuje *Lindley* zakład pomocniczy, w którym maszyny parowe pompować będą ścieki na pola przeznaczone dla irygacji.

Kanał *A* ma być nie tylko głównym ale i burzowym dla swej zlewni. W skutku tego postanowił *Lindley* powierzchnię tej ostat-

niej „o ile można ograniczyć“. Pojmujemy możliwość takiego ograniczenia dla ścieku normalnego, który do kanału głównego spływa wyłącznie kanałami bocznymi. Ale co do ścieku burzowego, to w czasie wielkich ulew, które w Warszawie są nagle, ściek ten spływać będzie ku linii talwegu w części kanałami bocznymi a w części powierzchniami ulic, co zresztą przy niedostatecznych przekrojach i spadkach kanałów bocznych nastąpić musi z konieczności. Ograniczenie więc zlewni dla ścieku burzowego nie da się ściśle przeprowadzić a zaprojektowany na zasadzie tego ograniczenia kanał *A* może w praktyce i z tej przyczyny jeszcze okazać się niedostatecznym. Zresztą przy znacznym spadku, możliwym dla tego kanału na całej jego długości, podobne ograniczenie zlewni nie wydaje się koniecznem. Kanał III w projekcie inż. *M. S. i S.*, zaczynający się w punkcie położonym o 300 saż. bliżej ku północy i przeprowadzony ze spadkami: $\frac{1}{315}$ i $\frac{1}{298}$ a przekrojami 8,11 — 14,06 — 20,21 — 22,75 — 24,21 st. kw. obliczony był dla przepływu normalnego z całej zlewni. Widzieliśmy zaś, że przepływ burzowy *Lindley'a* mało co jest większy od przepływu normalnego inżynierów *M. S. i S.*

Wzmiankowane ograniczenie projektuje *Lindley* urzeczywistnić przez zbudowanie wzdłuż ulicy Żelaznej, w kierunku ku północy, kanału pośredniego, który przyjmować będzie wody burzowe przyływające niektórymi kanałami bocznymi, zbudowanymi ze spadkiem ku zachodowi, na przestrzeni między linią grzbietu, ul. Żelazną i Nowolipiem. Tym kanałem pośrednim, przedłużonym przez Nowolipki, Smoczą i Gęsią, odprowadzane będą wody burzowe do kanału burzowego północnego, projektowanego pod ulicami Gęsią, Franciszkańską i Kościelną.

Po kierunku grzbietu, między zlewniami kanałów *A* i *B*, to jest pod ulicami Żelazną, Twardą, Ciepłą i Solną, projektuje *Lindley* kanał przemylający, który biorąc początek w zakładzie wodociagowym na Koszykach, przyjmować ma tam „zbytne przelewowe wody wypuszczane tak z filtrów, jak i wodę od kondensacji maszyn parowych odchodzącą“. Kanał ten, w swej całości bardzo dobrze obmyślany, w przejściu przez Koszary Mirowskie ma być zagłębiony na 20 do 21 stóp. Jakkolwiek więc można by uskutecznić budowę tego kanału pod prywatnemi posesyami sposobem tunelowym, to jednak *Lindley* proponuje otworzyć nową, istotnie nader pożyteczną ulicę, łączącą mającą Ciepłą z Solną i pod tą ulicą urządzić kanał sposobem zwyczajnym. Kanał przemylający, doszedłszy do ulicy Leszno, rozdziela się na dwa boczne, dochodzące pod tą ulicą do głównych *A* i *B*. Że zaś grzbiet ciągnie się dalej jeszcze, przeto wzdłuż ulicy Smoczej projektuje *Lindley* drugi kanał przemylający, od Nowolipek do Gęsiej, otrzymujący wodę do przemylania za pośrednictwem kanału ulicy Żelaznej.

W ogóle przemylanie kanałów obmyślane jest bardzo starannie w projekcie *Lindley'a*. Jedną tylko w tej kwestyi zrobilibyśmy uwagę. Przy równoczesnem projektowaniu wodociągu i ka-

nalizacji wypadaloby pomysleć o zastosowaniu do przemyswania kanalów wody spływającej z wodotrysków. Tym sposobem woda służąca do przemyswania kanalów, oddawaćby mogła po drodze ważną przysługę mieszkańcom miasta, oczyszczając powietrze przez pośrednictwo wodotrysków na placach publicznych.

Kanał główny środkowy *B*, biorący swój początek na rogu Mokotowskiej i Przyokopowej, przechodzić ma Mokotowską, Marszałkowską, ogrodem Saskim, Żabią, Rymarską, Przejazd, Nowolipki, Dziką, po zachodniej stronie placu Broni, aż do połączenia się z kanałem *A*. Kanał ten przepuszczać ma tylko ściek normalny z odpowiadającej mu zlewni. Wody burzowe spuszczanemi mają być z kanału *B* bezpośrednio do rzeki, trzema kanałami burzowymi, a mianowicie: w alei Jerozolimskiej, na ulicy Królewskiej i na Gęsiej.

Kanał *B Lindley'a* zaczyna się o 340 saż. dalej ku południowi, niż kanał II inż. *M. S. i S.* a zresztą kierunek obu tych kanalów jest jednakowy aż do ogrodu Saskiego. Dalej kierunki są odmienne, jak się o tem przekonać można porównując podane przez nas wyliczenia ulic, pod któremi oba te kanały mają przechodzić. Zaznaczyć tu wypada: że kanał II inż. *M. S. i S.* przechodzi pod Żelazną Bramą, co w przewidywaniu urządzania tamże targu rybnego ze zbiornikami wody bieżącej, lub innego potrzebnego zawsze dużo wody, wydaje się odpowiedniejszem, — a nadto, że w ogóle kanał ten przechodzi ulicami szerszemi, niż kanał *B Lindley'a*, co także stanowi ważny wzgląd przy budowie kanalów.

Początek kanału głównego wschodniego *C*, przy rogatce Mokotowskiej, proponuje *Lindley* takich wymiarów i głębokości, aby gdy z czasem miasto rozszerzy się i zabuduje wzdłuż szosy Mokotowskiej, kanał *C* był w stanie odprowadzać ścieki z mającej powstać nowej części miasta, na południowej stronie ulicy Przedokopowej. Uwzględnioną została przez to objawiająca się wybitnie dążność miasta do rozwoju w kierunku odwrotnym biegowi rzeki. Kanał *C* przechodzić ma od rogatki Mokotowskiej Aleją Szucha, Ujazdowską, Nowym Światem i Krakowskiem Przedmieściem do rogu Trębackiej. Tu *Lindley* postawił sobie do wyboru dwie alternatywy. Pierwsza ulicami: Kozią, Miodową, przez plac Krasiański i Nowiniarską, — druga: Krakowskiem Przedmieściem, Śto Jańską, Starem Miastem, Gołębią, Freta i Franciszkańską. Napotkawszy na tym drugim kierunku, na rogu Freta i Długiej, wzniesienie wynoszące zaledwie 73' nad zero, w skutku którego wypadaloby obniżać na 5' punkt spotkania kanalów *A* i *C*, kanalizując przy tem „niezupełnie“ Stare Miasto, — wybrał *Lindley* pierwszą alternatywę a Stare Miasto przyłączył do sieci dolnej. Rozwiązania tego nie można uważać za dobre, z uwagi na powiększającą się przez nie wieczystą służebność przepompowywania ścieków dolnej części miasta, — służebność tem cięższą dla miasta, że *Lindley* projektuje to przepompowywanie na znaczną wysokość 80'. Nadto przeprowadzanie kanału głównego przez ulicę tak wąską jak Kozia, nie może być zalecanem.

Po za Nowiniarską, przeprowadza *Lindley* kanał *C* pod ulicami Bonifraterską i Kłopot aż do spotkania się z kanałem *A*, przy zakładzie pomp irygacyjnych. Kanał *C*, oprócz ścieku normalnego swej zlewni, przepuszczać ma jeszcze ściek normalny dolnej części miasta, pompowany rurami przechodzącymi pod ulicą Karową. Ścieku burzowego ze swej zlewni pozbywać się będzie za pomocą kanałów burzowych pod aleją Jerozolimską, ulicą Karową i Franciszkańską.

Porównyując kanał *C Lindley'a* z kanałem *I* inż. *M. S.* i *S.* widzimy, że kanał ten stanowi w istocie najtrudniejsze zadanie kanalizacji górnej części miasta. Inżynierowie *M. S.* i *S.* obchodzą trudność oznaczając początek kanału *I* na rogu Chmielej a całą okolicę placu Trzech Krzyżów (zlewnię *IV*) przyłączając do systemu kanalizacji dolnej części miasta. Nie sądzimy aby to rozwiązanie, zresztą nader praktyczne, bo zmniejszające zlewnię i długość kanału *I*, który przechodzi przez zacieśnione ulice, — mogło być teraz przyjętem, w obec stałego rozwoju tej części miasta, jaki objawiać się zaczął w ostatnich latach. Ściek z niej przeciążałby coraz więcej kanał dolny, czyniąc służebność przepompowywania coraz przykrzejszą. *Lindley* uwzględniając w zupełności rozwój miasta we wzmiankowanym kierunku, trudności jednak nie rozwiązuje całkowicie, a tylko znów ją obchodzi i to jak nadmieniliśmy w sposób niekorzystny dla miasta. Zadanie więc pozostaje nierozwiązanem i przy sporządzaniu projektu wykonawczego, podjętem być winno na nowo. Wypadałoby może zbadać przy tej sposobności, czy korzystniejszego rozwiązania kwestyi nie da częściowe zastosowanie ogólnego pomysłu kanalizacji różnokierunkowej, inż. *Al. Sudkowskiego*, o którym wspominaliśmy przy opisie dawnych projektów. Odprowadzenie ścieku normalnego z okolicy Trzech Krzyżów w kierunku odwrotnym biegowi rzeki i nawodnianie tymi ściekami łąk i pól nisko położonych za rogatką Czerniakowską, w połączeniu z odpowiednimi kanałami burzowymi, zmniejszając zlewnię i długość kanału *C* a nadto odejmując pewną część ścieków zakładowi irygacyjnemu północnemu, który z czasem będzie ich mieć zawiele, okazałoby się może praktycznem, a w każdym razie winnoby być szczegółowo zbadanem.

Ściek normalny z całego miasta, tak górnego jak i dolnego, doprowadzony więc będzie opisanymi trzema kanałami do zakładu z pompami irygacyjnymi. Tu także ma brać początek zbiorowy kanał wypustowy. O urządzeniu irygacyi ściekami kanałowymi mówi *Lindley* dość pobieżnie, obliczając kosztą na 817 000 rs., których wszakże w kosztorysie ogólnym nie pomieszcza. Co do pól mających być irygowanemi, to pola wzmiankowane przez *Lindley'a*, leżące wzdłuż szosy Powązkowskiej i szosy wiodącej do Burakowa, są w posiadaniu władzy wojskowej, zgodzenie się której na oddanie tych pól jest wątpliwem. Gdyby je nawet zdołano otrzymać, to pola te, położone blisko miasta, w stronie północno-zachodniej,

na kierunku panujących wiatrów, użyźniane ściekami, mogłyby jeszcze przyczyniać się do zanieczyszczania powietrza w mieście. Wypadałoby więc raczej zarezerwować dla irygacyi pola górne, położone dalej ku północy, oraz całą przestrzeń pól dolnych koło Rudy, Marymontu i Bielan.

W celu wyboru najwłaściwszego kierunku dla głównego wypustowego kanału, jak również miejsca najodpowiedniejszego dla urządzenia wypływu do rzeki, zbadał *Lindley* osobiście, dokładnie, brzeg Wisły poniżej miasta — i z uwagi że „kiedyś w tym kierunku miasto rozszerzyć się może” uznał jako najodpowiedniejsze miejsce dla urządzenia wypływu głównego kolektora do rzeki, położone po za klasztorem na Bielanach, w punkcie od miasta znacznie odległym. Skąd doszedł *Lindley* do wniosku że miasto rozszerzać się może w przyszłości w stronę, od której jest zupełnie zamkniętem cmentarzami, drogą obwodową i cytadelą. — z tego trudno jest zdać sobie sprawę. Nie przypuszczamy wszakże, ażeby sam ten взгляд skłonił *Lindley'a* do przedłużania kanału wypustowego aż poza klasztor Bielański. Prawdopodobnie miał on głównie na widoku jak największe oddalenie wylotu, z obawy zanieczyszczania koryta Wisły bliżej miasta. Obawa ta jednak wydaje się przesadzoną, w obec lekkiego traktowania przez *Lindley'a* działalności kanałów burzowych wewnątrz miasta, w skutku którego, jak to wykazaliśmy poprzednio, nieczystości gromadzić się mogą w rzece pod samem miastem.

Zarządzone przez *Lindley'a* poszukiwania na gruncie wykazały, że stosując się do kształtu powierzchni gruntu i projektowanego położenia wylotu, kanał wypustowy od zakładu z pompami irygacyjnymi do niziny pod Marymontem prowadzić wypada ze znacznym spadkiem $\frac{1}{135}$ a dalej od tej niziny aż do wylotu ze spadkiem $\frac{1}{450}$; nadanie zaś kanałowi na całej długości jednostajnego spadku pociągnęłoby za sobą wielkie koszty, połączone ze znacznymi trudnościami. Że znów z drugiej strony, chcąc odprowadzać ściek burzowy zlewni kanału A, kanałem wypustowym mającym spadek $\frac{1}{450}$, należałoby dać temu kanałowi znaczny przekrój, co pociągnęłoby za sobą wielkie koszty, — uznał przeto *Lindley* „za korzystniejsze, wypustowy kanał powyżej niziny Marymonckiej połączyć kanałem o raptownym spadku wprost z Wisłą i tym sposobem uwolnić z nadmiaru wód słabo pochyloną niższą część kanału Bielańskiego“. Projektuje przeto kanał wypustowy ze spadkiem $\frac{1}{135}$ do Marymontu. Na przecięciu z szosą Bielańską kanał ten rozdzielać się ma na dwie odnogi: jedna ze spadkiem $\frac{1}{135}$ schodząca wprost do Wisły i odprowadzająca ściek burzowy, a druga ze spadkiem $\frac{1}{450}$ prowadząca ściek normalny do wylotu poniżej klasztoru Bielańskiego. Tej odnogi wszakże *Lindley* do kosztorysu nie włącza a nawet nadając kanałowi burzowemu pod Marymontem wymiary odpowiednie (według zasad jakie przyjmuje) do odprowadzania wszystkich ścieków, — mówi, że tym sposobem „oszczędzi się wydatek obliczony na 300 000 rs. na budo-

wę Bielańskiego kolektora, lub przynajmniej odroczy się go na 10 lub 20 lat". Poniekąd więc sam przyznaje, że bez kanału Bielańskiego obejść się można, nadawszy odpowiednio wymiary kanałowi Marymonkiemu. Najwłaściwiej byłoby zatem, nie myśląc zupełnie o kanale Bielańskim, projektować wprost od zakładu z pompami irygacyjnymi do projektowanego wylotu kanału burzowego Marymonckiego, kanał wypustowy dla ścieku normalnego i burzowego. Kierunek tego kanału schodziłby się mógł mniej więcej z kierunkiem kanału Meclowskiego.

Lindley nadmienia, że wysokość na jakiej wylot kanału Bielańskiego ma być urządzony, oznaczoną została „na podstawie dokładnego rozważenia spostrzeżeń czynionych nad ruchem stanu wód na Wiśle pod Warszawą, w przeciągu czasu od r. 1831 do 1876". Dziwić się przeto wypada, że gdy do oznaczenia wysokości wylotu użył spostrzeżeń z lat 45-ciu, to przy oznaczaniu wymiarów całej sieci kanalizacyjnej poprzestał na obserwacjach meteorologicznych z lat 10-ciu.

Kanał burzowy Marymoncki odprowadzać ma wodę z ulew, spadłą na powierzchnię zlewni kanału głównego *A*; wody zaś z ulew spadłych na powierzchnię zlewni kanałów głównych *B* i *C* odprowadzane być mają bezpośrednio do rzeki za pomocą kanałów burzowych. Przelewy do tych ostatnich mają być samodzielną. *Lindley* utrzymuje, że zanim ściek burzowy odpływać zacznie do rzeki, „pierwsze ścieki, jako zawierające różne nieczystości, spłótkane wodą deszczową z ulic i podwórz, odprowadzone zostaną do rezerwoaru znajdującego się przy pompach kanałowych; późniejsze ścieki bardzo już rozcieńczone, jako woda deszczowa do rzeki wpuszczane będą". Widzieliśmy wyżej, że to rozcieńczenie nie będzie tak doskonałem, jak przypuszcza *Lindley* i że kanałami burzowymi będą mogły spływać, podczas deszczów nieczystości rozpuszczone tylko w 17,83 st. sz. wody na dobę i mieszkańca.

Ściek burzowy zlewni kanału *B* sprowadza *Lindley* trzema kanałami: pod aleją Jerozolimską (Nr. 1), ulicą Królewską (Nr. 3) ulicami Geśią i Franciszkańską (Nr. 5) do kanału *C*. Kanały te służą zarazem jak uliczne. Kanał Nr. 1 jest podwójny dla lepszego obsługiwanienia obu stron szerokiej alei. Kanał Nr. 3, jak mówiliśmy przyjmować ma ściek burzowy z pewnej części zlewni kanału *A*; pod kanałem *B* przechodzi syfonem i przyjmuje wody burzowe z tego ostatniego. W ten sam sposób krzyżuje się z kanałem ulicznym na Nalewkach i z kanałem głównym *C*.

Powyższe kanały burzowe ciągną się dalej ku rzece poza kanałem *C* i schodzą na skos (skarpe). Przez nizinę wody burzowe odprowadzane mają być pod ciśnieniem rurami z żelaza lanego 36" średn., mającemi dla powyższych trzech kanałów 2 000', 1 400' i 560' długości, odpowiednio do zwięzania się niziny z biegiem rzeki przez miasto.

Kanalizacją dolnej części miasta projektuje *Lindley* w sposób dosyć oryginalny, ale niezupełnie szczęśliwy. Twierdzi on, że

„z uwagi: na mały spadek dolnej części miasta w kierunku długości, na położenie *Cytadeli* i na konieczność budowy kanału głównego na *znacznej głębokości*, w celu zapewnienia swobodnego odpływu domowych ścieków i wód zaskórnych, — zbudowanie kanału z jednostajnym spadkiem w kierunku brzegu Wisły i urządzenie pomp dla przepompowywania ścieków bezpośrednio na pola dla irygacji, załedwie jest wykonalnem i zaleconem być nie może, tak ze względu przytoczonych trudności jak i wielkich kosztów jakieby podobna budowa za sobą pociągnęła“. Uważa przeto, że „urządzenie maszyn i pomp w punkcie bliskim środka dolnej części miasta, z którego zebrane ścieki mogłyby być przepompowywane do kanału głównego *C* górnego systemu, ile można w najkrótszym kierunku, będzie o wiele *korzystniejszym i stosowniejszym*“. Mówi dalej, że tym sposobem „nie potrzeba będzie *tak znacznie zagłębiać* tyle obszernej sieci kanałów dolnego systemu“, stając w sprzeczności z poprzednio przytoczonem zdaniem, według którego znaczne zagłębienie jest koniecznem, w celu zapewnienia swobodnego odpływu ścieków domowych i wód zaskórnych.

Przedewszystkiem zwrócić musimy uwagę, że przepompowywanie na północnym krańcu miasta, na wysokość znacznie mniejszą, redukując wielkość wieczystej służebności, byłoby oczywiście *korzystniejszym*, — nie narażając zaś środka miasta na nieodłączne od podobnej czynności wyziewy byłoby także i *stosowniejszym*. Ta okoliczność, że *Lindley* proponuje zastosować do tego pompowania istniejący zakład wodociągowy i rury ułożone pod ulicą Karową, — bynajmniej jeszcze nie przemawia za przepompowywaniem ścieków wewnątrz miasta. Zakład bowiem wodociągowy na rogu Dobrej i Karowej, jeżeli kiedyś stanie się zupełnie bezużytecznym, zawsze korzystnie będzie mógł być sprzedany przez miasto a rury zużyte do celów wodociagowych. Nie można więc podzielać zdania *Lindley'a*, że „tym sposobem małym kosztem osiągnie miasto znaczne korzyści“, bo służebności wiecznej przepompowywania ścieków z całej dolnej części miasta i dzielnicy Staromiejskiej na wysokość 80', — za korzystną uważać nie podobna.

Przepompowywanie to przedstawia zresztą inne jeszcze nader ważne niedogodności, wynikające z natury cieczy przepompowywanej i wysokości pompowania. Ścieki przepompowywane unosząc będą wiele części stałych, — te bowiem oddzielone przed dojściem do pomp, musiałyby być wywożonemi oddzielnie ze środka miasta, co nie byłoby w zgodzie z zadaniem zupełnej kanalizacji. W obec części stałych unoszonych przez ścieki, pompy tłokowe zastąpione być muszą odśrodkowemi, żeby działanie pomp było pewnem. W rurach prowadzących ścieki na wysokość 80' do kanału *C*, części stałe opadać będą wciąż na dół podczas ruchu cieczy pod górę, powodować mogąc częste zatkania, które nawet przy znaczniejszem nagromadzeniu się części stałych są w stanie wywołać pękania rur. Rur tych bowiem nie można czyścić ciśnieniem odwrotnem, jak to proponował *Lindley* w projekcie wodociągu, dla rury

łączącej zakład pomp rzecznych z filtrami na Koszykach, — chyba żeby je otwierano podczas burzy, przyczem jeszcze ciśnienie nie byłoby tak wielkie jak w rurze idącej na Koszyki a nadto każde takie otwarcie stawalo by się powodem wypuszczenia do rzeki, w środku miasta, nagromadzonych nieczystości. A jednak dla rur prowadzących ścieki, czyszczenie jest pewno niezbędniejszym, niż dla rury z wodą wiślaną. Wprawdzie ryzyko pęknięcia nie jest tu tak wielkiem, jak przy rurze prowadzącej wodę na Koszyki, bo rur jest cztery a nie jedna, zawsze jednak przy niemożności czyszczenia, przygotowanym być wypadła na częste pęknięcia, uniemożliwiające lub utrudniające chwilowo normalne odprowadzanie ścieków z kanału dolnego i zatruwające przy reparacyach powietrze w środku miasta.

Obciążenie ściekami z dolnej części miasta i dzielnicy Staromiejskiej, kanału C przed jego wejściem w zacieśnione ulice, stanowi także ważną niedogodność. Jednocześnie zwraca tu uwagę droga, jaką będą zmuszone przebiegać ścieki dzielnicy Staromiejskiej, sprowadzane najprzód ku wschodowi do kanału dolnego, idące dalej ku południowi do rogu Dobrej i Karowej, następnie ku zachodowi rurami przez Karową, a wreszcie ku północy kanałem C. Ścieki te przebiegać więc będą cały okrąg kanałów w samym środku miasta, — jakby przedmiotem kanalizacji było odprowadzanie ścieków po mieście a nie odprowadzanie ich na zewnątrz. *Lindley* wszakże, nie poprzestając na tem, każe się spodziewać drugiego podobnego oprowadzenia ścieków, w znacznie szerszym jeszcze zakresie. Wspomina bowiem, że początek północnej gałęzi kanału dolnego „założony będzie tak głęboko, aby mógł przyjąć ścieki z urządzanej sieci kanałów w Cytadeli, z ogólnym spadkiem w kierunku ulicy Rybaki — w razie, gdyby inżyniera wojskowa nie uznała za stosowne i bardziej dogodne odprowadzić ścieki w kierunku ku północy i połączyć je z kolektorem Marymonckim“. Trudno przypuścić, żeby ta okoliczność skłoniła *Lindley'a* do przepompowywania ścieków w środku miasta. Jak równie żeby inżyniera wojskowa żądać miała, aby ścieki z Cytadeli, zamiast wpuszczania ich wprost do rzeki w pewnem oddaleniu poniżej twierdzy, sprowadzane były do środka miasta po to, żeby po przepompowaniu na wysokość 80' odprowadzać je znów w stronę Cytadeli kanałem C.

Wynikiem projektowanego przez *Lindley'a* przepompowywania ścieków z kanałów dolnych w samym środku miasta, jest zgromadzenie wszystkich nieczystości w jednym punkcie dość wysoko położonym, z którego rozprowadzanemi być mają na pola irygowane. Wspominaliśmy wszakże, mówiąc o irygacyi, że wyłączone użycie do niej pól górnych prawdopodobnie nie jest możliwem i że dla oczyszczenia wszystkich ścieków wypadnie nawodniać jednocześnie pola górne i pola niżej położone na północnej stronie miasta. Przy nawodnianiu tych ostatnich ściekami spływającymi ze wspólnego zbiornika, traconą byłaby bezpożytecznie wysokość

na jaką podniesione zostały w środku miasta ścieki kanałów dolnych. Praktyczniejsem więc i z tego względu byłoby przepompowywanie tych ostatnich poniżej miasta przed Cytadelą, na znacznie mniejszą wysokość dla irygowania pól dolnych. Inżynierowie *M. S. i S.*, projektując w tem miejscu przepompowywanie ścieków z dolnej części miasta do kanału I na wysokość 24' i prowadząc je następnie kanałem podgórnym pod wschodnim stokiem (na co zgadzała się wtedy inżynierka wojskowa, zamierzająca do tego kanału spuszczać ścieki z twierdzy) po za Cytadelę, — gdy tymczasem ścieki z górnej części miasta odprowadzane były wyżej inną drogą ¹⁾, — uwzględniłi przez to lepiej w swym projekcie konieczność rozdziału ścieków, odpowiednio do wzniesienia pól przeznaczonych dla irygacji. Jakkolwiek bowiem ta ostatnia stanie się możebną dopiero po przeprowadzeniu robót kanalizacyjnych, warunki jej jednak przewidziane być winny ściśle w projekcie kanalizacji.

Wobec ujemnych stron projektowanego przez *Lindley'a* przepompowywania ścieków przez ulicę Karową, uniemożliwiających przyjęcie jego projektu kanalizacji dolnej części miasta, rozbiór innych szczegółów tego projektu właściwie jest zbytecznym. Opiszemy je jednak pokrótce, dla uzupełnienia naszego sprawozdania, tym więcej, że staranne ich opracowanie przez *Lindley'a* zasługuje na uwagę.

Słusznie twierdzi *Lindley*, że skanalizowanie dolnej części miasta, położonej przeważnie poniżej poziomu wysokich wód na Wiśle, w całym projekcie stanowi najtrudniejsze zadanie — i że aby utrzymać w suchym stanie tę część miasta, nawet podczas wysokiego stanu wód na Wiśle, przede wszystkim należy nizinę tę zabezpieczyć od wdarcia się wody z rzeki.

Cały ściek normalny dolnej części miasta, ulic położonych na skarpie, dzielnicy Staromiejskiej a przypuszczalnie i Cytadeli, projektuje *Lindley* gromadzić, za pomocą dwóch kanałów głównych *D* i *D'*, w zbiorniku urządzonym przy pompach kanałowych, w obecnie istniejącym zakładzie wodociagowym. Kanał *D*, południowy, przechodzić ma od linii wału miejskiego, obok parku Łazienkowski, wzdłuż najbardziej na wschód wysuniętej drogi w tymże parku a następnie ulicami Rozbrat, Szarą, Okrag, Solec, Tamką i Dobrą. Kanał ten, z dnem wzniesionem na początku na 9,5' nad zero, ma mieć spadek $\frac{1}{2000}$. Wody do przemywania kanałów bocznych, położonych po stronie zachodniej kanału *D*, dostarczać ma kanał *C*. Dla przemywania zaś kanałów bocznych położonych po stronie wschodniej kanału *D*, urządzony ma być zbiornik między ulicami Huzarską i Agrykołą dolną, a zasilany wodą albo odpływającą z kondensacji przy maszynach wodociagowych, albo też niefiltrowaną, czerpaną przez pompy wodociagowe z Wisły.

Kanał *D'*, biorący swój początek na północnym krańcu miasta, z dnem wzniesionem na 7,09' nad zero, ma stały spadek $\frac{1}{1100}$ na

¹⁾ Por. tabl. III, dołączoną do zeszytu lipcowego.

całym przebiegu przez ulice Rybaki, Bugaj, Garbarską, Marynarską i Dobrą do zakładu mieszczącego pompy kanałowe. Na rogu Kościelnej kanał ten krzyżuje się z burzowym Nr. 5, doprowadzającym do niego podczas suszy ściek normalny ze skarpy. Na rogu Mostowej kanał *D'* przyjmować będzie ściek normalny z całej grupy kanałów dzielnicy Staromiejskiej czyli tak nazwanego przez *Lindley'a* „systemu pośredniego“, krzyżując się w tymże punkcie z kan. burzowym Nr. 4, który odprowadza ściek burzowy wzmiankowanej dzielnicy przez ulicę Bolesę wprost do Wisły. Przemycanie kanału *D'* i jego kanałów bocznych ma być zapewnione wodą otrzymywaną z kanału *C* i z „systemu pośredniego“.

Od punktu połączenia się kanałów *D* i *D'* schodzić będzie do rzeki ulicą Karową kanał wypustowy Nr. 2, który podczas działania pomp pozostawać będzie zamkniętym. W razie zwiększania się dopływu deszczowego i przekroczenia granicy zakreszonej przez *Lindley'a* ściekowi normalnemu, odłączaną będzie najprzód od systemu dolnego sieć kanałów „systemu pośredniego“, przez zamknięcie zasuwy na rogu ulic Mostowej i Bugaj; ściek z całej tej sieci kanałów spływać będzie wtedy kanałem burzowym Nr. 4 wprost do rzeki. Jeżeli w tym czasie stan wody na Wiśle będzie niższy od 8', wtedy kanał wypustowy Nr. 2 zostanie otworzonym a działanie pomp wstrzymanem. Przy wyższym stanie wody na Wiśle kanał wypustowy Nr. 2 i podczas burzy będzie zamkniętym a ścieki przepompowywane będą do kanału burzowego Nr. 3 odprowadzającego je górą wprost do rzeki.

I tu znów zwraca uwagę *Lindley*, „że znikają w tym przypadku, podobnie jak i przy skanalizowaniu górnego miasta, wszelkie obawy co do szkodliwego działania kanałów burzowych, wypuszczających ścieki wprost do rzeki; ścieki te bowiem zostaną tak rozcieńczzone, że zanieczyszczać wody nie będą“. Widzieliśmy już, o ile mniemanie to nie jest uzasadnionem.

Po opisanii projektu kanalizacji Warszawy, podaje *Lindley* pogląd ogólny na kanalizację Pragi, — kosztów jej wszakże w ogólnym kosztorysie nie pomieszcza, określając je tylko w przybliżeniu na 520 000 rubli. Dalej idą „różne szczegóły dotyczące się projektu kanalizacji“, w których spotykamy najprzód wymotywanie przyjętego w projekcie różnego zagłębienia dna kanałów pod powierzchniami ulic. Zagłębienia te zmieniają się średnio od 12' do 25', w niektórych wszakże miejscach dochodzą do granic 7' i 28'. Zauważyć tu wypada, że wierzch kanału mającego 3' wewnętrzej wysokości (kl. VIII), z dnem zagłębionem na 7', leżeć będzie pod powierzchnią ulicy na głębokości wynoszącej zaledwie 3½'. To też przyjęte przez *Lindley'a* minimum zagłębienia dna kanałowego nie wydaje się możliwem u nas i winno by być zmienionem w projekcie wykonawczym. Inżynierowie *M.*, *S.* i *S.*, jak widzieliśmy, projektowali zagłębienia zamykające w znacznie ciśniejszych granicach.

Wysokości i szerokości przekrojów kanałowych podane zostały dwukrotnie, w tekście i na rysunkach, ale za to nie wyszcze-

gólniono wcale powierzchni przekrojów, ani też nie podano na rysunkach promieni łuków, za pomocą których powierzchnie przekrojów mogłyby być ściśle obliczonemi.

Całkowite powierzchnie przekrojów wewnątrz kanałowych, obliczone z rysunków za pomocą planimetru, podajemy dalej, w wykazie porównawczym kosztów. Odejmując od tych powierzchni, powierzchnie czaszek przekrojów ponad linią wodną, otrzymujemy powierzchnie użyteczne następujące:

klasa	I	12,6 st. kw.	klasa	V	6,7 st. kw.
"	II	12,0 "	"	VI	5,4 "
"	III	10,0 "	"	VII	4,1 "
"	IV	8,3 "	"	VIII	3,2 "

Uderzającą jest tu nadzwyczaj mała różnica pomiędzy powierzchniami użytecznymi przekrojów klasy I i II, zestawiona zwłaszcza z różnicą objętości muru na 1 stopę bieżącą kanałów obu tych klas, która wynosi 9,1 st. sz.

Spadki kanałów bocznych górnej części miasta zmieniają się w granicach od $\frac{1}{50}$ do $\frac{1}{800}$, dla kanałów zaś głównych minimum spadku schodzi do $\frac{1}{1000}$. Widzieliśmy, że w projekcie inż. M. S. i S. spadki te były korzystniejsze. Dla kanałów dolnej części miasta, minimum spadku w projekcie *Lindley'a* wynosi $\frac{1}{2000}$. Inż. M. S. i S. przyjmowali tu spadki mniejsze: $\frac{1}{2400}$ i $\frac{1}{4000}$, ale za to projektowali przepompowywanie po za miastem. Sam *Lindley* zresztą powiada że w Hamburgu przed trzydziestu laty zbudowany został kolektor ze spadkiem $\frac{1}{1000}$ i dotąd oddaje należyte usługi bez przeszkód w odpływie.

Z innych „szczegółów“, jakie podaje *Lindley*, dowiadujemy się, że otwory wentylacyjne, otwory do wpuszczania lamp dla rewizyi kanałów rurowych i otwory wpustowe uliczne z osadnikami dla piasku, umieszczane będą w odległościach od 120' do 150', a szyby wchodowe co 600'. Wentylacyi kanałów dokonywać ma głównie ciąg powietrza w kominie zakładu wodociągowego na Koszykach. Spotykamy wreszcie wiele uwag ogólnych i zasad, znanych z podręczników i dzieł inżynierskich a powtórzonych zapewne dla uzupełnienia całości opisu. Do tej kategorii zaliczyć trzeba także podane na oddzielnych tablicach typowe rysunki niektórych urządzeń kanałowych.

W kosztorysie uznał *Lindley* „dla uproszczenia“ za najstosowniejsze podać koszt budowy jednej stopy bieżącej kanałów różnych klas, przy rozmaitych głębokościach, włącznie ze wszystkimi kosztami specjalnych urządzeń, dozorem, utrzymaniem biur itp. Tym sposobem utrudnił wszelkie sprawdzenia, niektóre z nich w zupełności uniemożliwiając. Przy długości 476 057 stóp ang. koszt ogólny wynosi 4 444 368 rubli metal., czyli jak oblicza *Lindley* 9,33 rs. na stopę bieżącą kanału a 14,09 rs. na mieszkańca, przy ludności 315 000. Koszt ten, według zapewnienia *Lindley'a* „w stosunku do wydatków na budowę kanałów poniesionych w innych wielkich miastach, okazuje się umiarkowanym“.

Porównanie z innemi miastami, z powodu różnic w warunkach miejscowych nie prowadzi wcale do uoczenia stopnia wielkości kosztów. Sprowadzenie tych ostatnich do jednej stopy bieżącej kanałów także nie nie uczy, bo obliczony w ten sposób koszt średni odnosi się zarówno do większych kanałów jak i do rur glinianych. Nierównie dokładniejszą miarę wielkości kosztów dać może sprowadzenie ich do jednej stopy szóstciowej wnętrza kanałowego. Suma bowiem objętości wnętrza kanałowych określa do pewnego stopnia pracę, jaką ma wykonywać projektowana sieć kanalizacyjna.

W tym celu podajemy obok (str. 181) zestawienie kosztów kanalizacji Warszawy według projektów *Lindley'a* i inż. *Majewskiego*, *Spornego* i *Surzyckiego*, obejmujące: wysokości, szerokości i powierzchnie przekrojów poprzecznych wnętrza kanałowych, długości kanałów, objętości murów i wnętrza oraz koszty, dla każdego rodzaju kanałów i rur. Zebrane liczby, które z projektu inż. *M. S. i S.* opracowanego szczegółowo, dość było po prostu wypisać, — z projektu *Lindley'a* wyciągane być musiały długimi rachunkami. Z zestawienia tego otrzymujemy następujące liczby porównawcze:

		W projekcie <i>Lindley'a</i> : <i>M. S. i S.</i>	
Średni otwór kanału murowanego ¹⁾	st. kw.	7,19	10,34
Średnia objętość muru na jedną stopę bieżącą kanału ²⁾	st. sz.	5,96	11,37
Średnia objętość muru na 1 st. sz. wnętrza kanałów ³⁾	st. sz.	0,83	1,09
Średni koszt 1 st. bież. kanału mur. ze wszystkiemi akcesoryami ⁴⁾	rs.	9,52	9,71
Średni koszt 1 st. sz. muru w kanałach ⁵⁾	rs.	1,59	0,86
Średni koszt 1 st. sz. wnętrza kanałów i rur ⁶⁾	rs.	1,36	0,94

Z porównania tego widzimy, że kanały *Lindley'a* są mniejsze, że ich mury są znacznie cieńsze i że tak mury jak i całe kanały kosztują drożej, niż w projekcie inż. *M. S. i S.*, pomimo że koszt 1 stopy bieżącej kanałów *Lindley'a* w skutku znaczniejszego procentu kanałów o najmniejszym przekroju, wypadła mniejszy.

¹⁾ Rury tu nie wchodzi. Dla projektu *Lindley'a* podzielono sumę ośmiu pierwszych liczb kolumny (5) przez taką sumę z kolumny (3); dla projektu inż. *M. S. i S.* wzięto iloraz z całkowitych sum wzniatankowanych kolumn.

²⁾ Rury tu nie wchodzi. Dla projektu *Lindley'a* podzielono sumę kolumny (4) przez sumę ośmiu pierwszych liczb kolumny (3); dla projektu inż. *M. S. i S.* wzięto iloraz z całkowitych sum wzniatankowanych kolumn.

³⁾ Ilorazy sum częściowych lub całkowitych jak poprzednio kolumn (4) i (5).

⁴⁾ Ilorazy takichże sum kolumn (6) i (3).

⁵⁾ Ilorazy takichże sum kolumn (6) i (4).

⁶⁾ Ilorazy sum całkowitych kolumn (8) i (5).

Odnosnie do kosztów zaznaczyć tu wypada, że takowe w projekcie *Lindley'a* obliczone są w rublach metalicznych, a w projekcie inż. *M., S. i S.* w kredytowych. Porównanie więc zrobione jest w warunkach korzystniejszych dla projektu *Lindley'a*. Jakkolwiek bowiem kosztu kanalizacji według projektu inż. *M., S. i S.* obliczone są według cen jednostkowych z r. 1863, to jednak wzrost tych cen do dziś dnia nie dorównywa obniżce kursu.

Koszta kanalizacji Warszawy									
według projektów: <i>Lindley'a</i> i inż. <i>Majewskiego, Spornego i Surzyckiego</i> .									
Projekt	Rodzaje kanałów i rur				Powierzchnie przekrojów poszczególnych	Objętości			Koszta
	(1)				(2)	Długości		wnętrz kanałowych	(6)
					st. kw.	st.	stóp sześciennych		Rs.
<i>Lindley'a</i>	Kl. I	mur.	jajk.	wys. 6' szer. 4'8"	21,14	14 913	337 034	315 260	375 501
	" II	"	"	6' " 4'	18,28	8 151	110 038	149 000	121 696
	" III	"	"	5'6" " 3'8"	15,28	22 562	293 306	344 747	321 210
	" IV	"	"	5' " 3'4"	12,66	18 581	217 397	235 235	266 849
	" V	"	"	4'6" " 3'	10,23	16 933	181 183	173 225	219 614
	" VI	"	"	4' " 2'8"	7,69	24 495	240 061	188 367	261 530
	" VII	"	"	3'6" " 2'4"	6,27	63 367	259 805	397 311	513 014
	" VIII	"	"	3' " 2'	4,77	242 895	825 843	1 158 609	1 883 634
	" IX	rura	gliniana	15" średn.	1,226	31 056	—	38 074	197 296
	" X	"	"	12" "	0,785	26 714	—	20 970	143 339
	Rury i syfony żelazne				7,06	6 390	—	45 114	140 685
	Wylot kanału do Wisły				—	—	—	—	40 000
	Ogółem				—	476 057	2 464 667	3 065 912	4 444 368
<i>Majewskiego, Spornego i Surzyckiego</i>	a	2 pierśc.	jajk.	wys. 4' szer. 2'8"	8,11	11 354	112 178	92 081	102 953
	b	"	"	4'6" " 3'	10,31	3 465	41 303	35 724	40 105
	c	"	"	4'10 1/2" " 3'3"	12,08	1 638	20 868	19 787	19 563
	d	"	"	5'3" " 3'6"	14,06	4 956	67 253	69 681	61 061
	e	3 pierśc.	kolow.	5'5 1/2" " 4'6"	20,21	1 855	38 454	37 490	27 521
	f	"	"	5'7 1/2" " 5'	22,76	2 590	55 504	58 948	39 574
	g	"	"	5'11" " 5'	24,21	4 319	95 623	104 563	68 192
	h	"	"	6'4" " 5'4"	25,00	5 761	135 384	144 025	98 327
	i	"	"	5'7 1/2" " 5'	25,26	2 457	58 084	62 063	40 536
	j	"	"	6'7" " 6'	31,77	1 085	26 561	34 470	18 754
	k	"	"	7' " 5'6"	32,01	1 953	49 196	62 515	35 577
	l	"	"	7' " 6'	34,27	9 758	248 829	334 406	175 962
	m	4 pierśc.	kolow.	7'5" " 6'6"	39,14	2 107	82 953	82 468	52 943
	n	"	"	7'7" " 7'	41,40	3 920	156 408	162 288	101 841
	o	2 pierśc.	jajkow.	3'3" " 2'2"	5,38	157 570	1 164 443	847 727	1 156 442
	p	3 pierśc.	kolow.	5' " 5'	19,62	10 395	206 861	203 550	148 409
	Kolektory zamiejskie				—	—	—	—	212 240
	Ogółem				—	225 183	2 559 902	2 352 186	2 400 000

Długość kanałów w projekcie inż. *M., S. i S.* wynosząca 225 183' rozkłada się jak następuje: kanałów głównych 25,40% bocznych 56,28%, bocznych działających jako burzowe 13,72%, burzowych 4,60%. Stosunkowo wielki procent kanałów głównych w porównaniu z bocznymi pochodzi stąd, że kanały główne w całości zostały zaprojektowane, boczne zaś na początek dano tylko w miejscach zabudowanych i zaludnionych, odkładając dalsze ich urządzenie na ogólnej długości 120 000' do czasu zabudowania się więcej oddalonych od środka dzielnic miasta. Stosując więc projekt inż. *M. S. i S.* do powierzchni kanalizowanej obecnie przez *Lindley'a*, to jest do 140 a nie 114 milionów st. kw., wypadłoby przyjąć długość ogólną kanałów: -

$$225183 + 120000 = 345183 \text{ st.}$$

Dodatkowe kanały mogłyby być typu z, o przekroju z powierzchni 5,38 st. kw.; kosztowałyby zatem, według wykazu:

$$\frac{1 \ 156 \ 442}{157570} = 5,50 \text{ rs. za 1 st. bież.}$$

czyli 660 000 rs. za 120 000'. Koszt przeto całkowity wynosiłby nie 2 400 000 ale 3 060 000 rs. Biorąc w tym przypadku stosunek długości różnych rodzajów kanałów i porównując z takimże stosunkiem w projekcie *Lindley'a*, otrzymamy:

	W projekcie	
	<i>Lindley'a</i>	inż. <i>M. S. i S.</i>
kanałów głównych	16,00%	16,6%
kanałów bocznych i burzowych	80,32%	80,4%
rur burzowych i kolektorów	3,68%	3,0%

Dla sprawdzenia chociażby w przybliżeniu cen kosztorysu *Lindley'a*, podajemy tu tablicę, obejmującą dla kanałów i rur

Rozbiór cen kosztorysu <i>Lindley'a</i>								
Kanały i rury	Stosunkowe długości	Średni koszt 1 stopy bież.	Tenże po strąceniu kosztu akcesoriów	Głębok. odpowiadająceśr. koszt	Koszt robót ziemnych na 1 st. bież.	Koszt 1 st. bież. samych kanałów	Objętość muru na 1 st. bież.	Koszt 1 st. sz. muru
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
	10 ⁰	Rs.	Rs.	st.	Rs.	Rs.	st. sz.	Rs.
Klasy I	3,13	22,50	20,30	24	3,94	16,36	22,6	0,724
" II	1,71	14,93	12,73	16	2,00	10,73	13,5	0,80
" III	4,74	14,23	12,03	17	2,10	9,93	13,0	0,764
" IV	3,90	14,26	12,16	19	2,20	9,96	11,7	0,85
" V	3,55	12,97	10,77	17	1,82	6,95	10,7	0,84
" VI	5,15	10,67	8,47	17,5	1,82	6,65	9,8	0,68
" VII	13,21	8,10	5,90	16	1,32	4,53	4,1	1,115
" VIII	51,01	7,75	5,55	17	1,25	4,30	3,4	1,265
" IX	6,52	6,35	4,15	13,3	1,10	3,05	"	"
" X	5,61	5,36	3,16	15,5	0,78	2,38	"	"
rury 36'	1,37	22,00	"	"	"	"	"	"

wyszczególnionych w kolumnie (a) następujące dane w dalszych kolumnach:

— (b), stosunkowe długości, t. j. liczby kolumny (3) poprzedniego wykazu, wyrażone w procentach długości całkowitej 476057',

— (c), średni koszt jednej stopy bieżącej kanałów i rur, t. j. ilorazy liczb podanych w kolumnach (6) i (3) poprzedniego wykazu,

— (d), tenże koszt po strąceniu kosztów akcesoriów kanałowych. Ponieważ przyrządy pomocnicze są mniej więcej jednakowe w projektach *Lindley'a* i inż. *M. S. i S.* a w tym ostatnim projekcie koszt ich wynosi 1,83 rs. na 1 stopę bieżącą, — przyjmujemy przeto dla projektu *Lindley'a*, z uwagi na wzrost cen od r. 1863, koszt o 20% większy, t. j. 2,20 rs. Po odjęciu 2,20 od liczb kolumny (c), otrzymujemy liczby kolumny (d),

— (e), średnie głębokości odpowiadające kosztom podanym w kolumnie (c) a wyjęte bezpośrednio z kosztorysu *Lindley'a*, który dla każdego kanału poszczegóło podaje zagłębienie dna i koszt ogólny 1 st. bież.,

— (f), koszt robót ziemnych na 1 st. bież. kanałów i rur, obliczony po cenie 2 kop. za 1 st. sz. Objętość robót ziemnych obliczoną została w przypuszczeniu wykopu mającego na dnie największą szerokość murów kanału a boki nachylone na $\frac{1}{20}$ z każdej strony. Tak więc np. dla klasy I, przy głębokości 24', i największej szerokości 7', średnia szerokość wykopu będzie:

$$\frac{7 + (7 + 2,4)}{2} = 8,2',$$

objętość zaś robót ziemnych na 1 st. bież. kanałów i rur:

$$8,2 \times 24 = 196,8 \text{ st. sz.}$$

— (g), koszt 1 st. bież. samych kanałów, otrzymany przez odjęcie od liczb kolumny (d) liczb kolumny (f),

— (h), objętość muru na 1 st. bież., wyciągnięta z poprzednio podanego wykazu przez podzielenie liczb kolumny (4) przez liczby kolumny (3),

— (i), koszt jednej stopy sześcienniej muru w kanałach, będący ilorazem liczb podanych w kolumnach (g) i (h).

Ta ostatnia kolumna naszej tablicy wykazuje pewną nieprawidłowość w obliczeniu robót mularskich ¹⁾ i to właśnie dla kanałów klas VII i VIII, których jest najwięcej w projekcie *Lindley'a* bo 64% całkowitej długości. Jeżeli bowiem w innych kanałach większych, dwupięściennego ustroju, liczono 1 st. sz. muru z cegły około 80 kop, — dla czegożby mur kanałowy o jednym pięścienniu miał kosztować od 1,12 do 1,27 rs. Sądzimy, że w tych warunkach dogodniej byłoby budować kanały tych klas również w dwa pięście, jeżeli cena jednopięściennych ma być tak wygórowana. Bezwarunkowo bowiem bezpieczniej będzie

¹⁾ Nieprawidłowość o której mowa zaznaczoną została już poprzednio we wzmiarkowanym przez nas artykule inż. *H. Cieszkowskiego*.

dać kanałom 9,5" zamiast 4,5" grubości, zwłaszcza budując je na głębokościach dochodzących do 17'. Grubość 4,5" wydaje także się zbyt małą z uwagi na gryzące działania ścieków i wynikającą stąd nietrwałość wewnętrznych powierzchni kanałów. Przez wzgląd przeto na przewidywaną killkowiekową działalność kanalizacji, wypadłoby unikać ścian podobnie cienkich, wymagających wyjątkowej staranności w robocie, na którą zbyt ciężko liczyć nigdy nie należy.

W ogóle, wypracowany przez *Lindley'a* projekt kanalizacji Warszawy, podobnie jak i projekt wodociągu, jest tylko projektem *przedwstępnym*, zredagowanym w nader ogólnych zarysach, niedopuszczającą ściślejszej technicznej rewizji. Z powodu przyjęcia niedostatecznej zasady przy obliczeniu ilości ścieków, jakie w Warszawie skuteczna kanalizacja koniecznie musi odprowadzać, projektowane kanały nie są w stanie zapewnić pożądanego odwodnienia miasta — a nadto podczas ulew zanieczyszczać mogą koryto rzeki pod miastem. Projekt sieci kanalizacyjnej, jakkolwiek w wielu szczegółach zdradzający biegłość i doświadczenie autora, przedstawia jednak równocześnie niektóre strony ujemne. Na te ostatnie władza miejska zwrócićby winna baczną uwagę. Zaznaczamy tu zwłaszcza projektowany system odprowadzania ścieków z dolnej części miasta i z dzielnicy Staromiejskiej, z przepompowywaniem przez ulicę Karową. Streszczając zaś wszystkie zarzuty przyznać wypada, że sporządzony przez *Lindley'a* przedwstępny projekt kanalizacji, w mniejszym stopniu jeszcze, niż przedwstępny projekt wodociągu, kwalifikuje się do przyjęcia za wyłączną podstawę przy układaniu projektu wykonawczego.

* * *

Ogłoszone drukiem projekty *Lindley'a* poprzedzone zostały odezwą p. Prezydenta miasta, wykazującą potrzebę spiesznego przystąpienia do robót, roztrząsającą warunki finansowe w jakich odnośnie do tej kwestyi znajduje się miasto i wreszcie zalecającą usilnie projekt inżyniera angielskiego.

P. Prezydent wyliczywszy niedogodności, wynikające z braku kanalizacji i odpowiedniego potrzebom miasta wodociągu, słusznie twierdzi, że wobec takowych: „nikt się nie znajdzie, ktoby wątpił o koniecznej i niezbędnej potrzebie przedsięwzięcia energicznych środków, celem ulepszenia miejscowych sanitarnych warunków”. Po przedstawieniu kwestyi finansowej oświadcza dalej, że urządzenie kanalizacji i wodociągu, w granicach na początek ścieśnionych, ale w zastosowaniu do rozległego planu zasadniczego: „nie tylko jest rzeczą gwałtowną ale nawet zupełnie możliwą”. Za podobne postawienie kwestyi, ocenienie jej doniosłości i energiczne podjęcie całej sprawy, — za poddanie projektu przedwstępnego ogólnej dyskusji i zabezpieczenie przez to interesów miasta co najmniej tak dobrze, jakby to uczyniła oczekiwana Rada Miejska, — a wreszcie za wyjednanie zezwolenia Rządu na urządzenie w War-

szawie systematycznej kanalizacji i wodociągu (co według doniesień pism codziennych jest już faktem spełnionym), — *Generalowi Starynkiewiczowi* wszyscy mieszkańcy Warszawy winni są szczerą wdzięczność.

Wobec zatwierdzenia w zasadzie budowy kanalizacji i wodociągu, staje na porządku dziennym kwestya opracowania projektu wykonawczego. Że to opracowanie nie może być bez uszczerbku dla miasta dokonaniem wyłącznie i ściśle na zasadzie przedwstępnych projektów *Lindley'a*, — staraliśmy się wykazać w niniejszej pracy. Przedwstępne te projekty służyć będą mogły tylko za wskazówkę, — ale same, bez innych lepiej uwzględniających miejscowe warunki i w ogóle ściślejszych, nie tworzą dostatecznej podstawy do opracowania zupełnego i stanowczego projektu.

Nie chcąc podnosić na nowo kwestyi poruszonej już dawniej w Przeglądzie Technicznym, zaznaczymy tu tylko nawiasowo, że przyjęcie poprzednio przy przedwstępnem opracowywaniu kwestyi systemu konkursowego, doprowadziłoby w każdym razie do lepszego położenia. Być może, że w szeregach konkurujących nie byłby stanął *Lindley*, — ostatecznie wszakże nieobecność tego inżyniera, jakkolwiek biegłego i doświadczonego w tych kwestyach, ale jak widzieliśmy, niedostatecznie uwzględniającego warunki i potrzeby miejscowe, nie stanowiłaby straty niepowetowanej. Mielibyśmy zato obecnie pewną liczbę projektów przedwstępnych, różnostronnie rozwiązujących kwestyę, — a więc i szerszą podstawę pracy będącej na porządku dziennym. Miasto wszakże na sporządzenie projektu wydało już znaczną sumę, a nadto w obec nagłości kwestyi cofać się teraz byłoby zapóźno, — tembardziej, że znanemu brakowi zaradzić można inną drogą, a mianowicie: uwzględniając przy sporządzaniu projektu wykonawczego, dawniejsze projekty wodociągu i kanalizacji.

Z pomiędzy dawnych projektów, o których wspominaliśmy, najnowsze i najlepiej opracowane projekty inżynierów: *Majewskiego*, *Spornego* i *Surzyckiego*, winnyby tu być najprzód uwzględnione. Wykazując ich różnice z projektami *Lindley'a*, mieliśmy sposobność podniesienia wielu szczegółów, które pracę naszych inżynierów zalecają do przyjęcia za drugą i to pewniejszą jeszcze od pierwszej podstawę przy układaniu projektu wykonawczego. Inne projekty, równocześnie ze wzmiankowanymi lub później w formie szkiców przedwstępnych sporządzane, — o których nie mówiliśmy, nie mając sposobności szczegółowego ich poznania, — przyczynićby się mogły także do rozszerzenia zakresu pojęć o urządzeniu wodociągu i kanalizacji w Warszawie.

Na tych podstawach mógłby się zająć szczegółowem opracowaniem projektu wykonawczego, albo przynajmniej opracowaniem tem kierować, miejscowy komitet, złożony z osób kompetentnych, a więc przeważnie z techników. W tym względzie mamy niepłonną nadzieję, że czasy owych komitetów rozpatrujących niegdyś w Warszawie projekty inżynierskie, a nie liczących w swym gronie za-

dnego inżyniera, minęły bezpowrotnie. Zanim wszakże kwestya projektu wykonawczego stanie się przedmiotem ustnej a tem samem niedostępnej dla ogółu dyskusyi w komitecie, który według doniesień pism codziennych niezadługo już ma być utworzonym i odbywać swe narady w obecności *Lindley'a*, niezbędnem jest ogłoszenie drukiem wyczerpujących odpowiedzi na zarzuty, postawione jego projektom przedwstępny przez różnych sprawozdawców. W obec bowiem ważności kwestyi, ustna w ścisłym gronie dyskusyi, opieraćby się winna na trwalszej podstawie ogłoszonych drukiem a tem samem poddanych pod sąd ogółu, nie tylko zarzutów ale i replik.

Sporządzenie projektu wykonawczego w ten sposób przeprowadzone dawaćby mogło rekoimie dostatecznego uwzględnienia potrzeb miasta i miejscowych warunków a więc i rzeczywistej pożyteczności wyników całego przedsięwzięcia. Co do samego jego wykonania, nie podnosząc jeszcze tej kwestyi, poprzestaniemy na wyrażeniu ogólnego życzenia, aby budowa wodociągu i kanalizacji w Warszawie uskuteczniłą była przez swojskie siły techniczne i z użyciem w granicach możebności materiałów krajowych.

Feliks Kucharczyński.

SPROSTOWANIE

pomyłek w rozdziałach artykułu „Wodociąg i kanalizacja w Warszawie”, podanych w poprzednich zeszytach (VII i VIII).

W zeszycie VII za Lipiec:

str.	41	wiersz	1	od góry	zamiast	30'	winno być	35'
„	41	„	2	„	„	30'	„	25'
„	55	„	8	„	„	13	„	16
„	55	„	9	„	„	21	„	19
„	55	„	11	„	„	trzynastu	„	szesnastu
„	58	„	10	„	„	4'	„	5'

W zeszycie VIII za Sierpień:

str. 108 wiersz 20 od góry *przed wyrazami*: Rura ta, oprócz swej długości . . .
opuszczono następujące: W górnym dzwonic powietrznym ma brać swój początek owa rura 12 000' długa, 30' średnicy, o której wspominaliśmy, przechodząca pod ulicami: Agrykola dolna, Nowowiejska i Przedokopowa do zakładu na Koszykach.