

# 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 <sup>1)</sup>.

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

<sup>1)</sup> 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*“.

kanalizacyi 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. Przytem, 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 oczywistem i ogólnie wiadomem. Że ta nieprzeziąkliwość niezbędniejszą jest jeszcze dla dolnych części przekrojów kanałowych niż dla górnych, to także jasne. Ale o kanałach ze ścianami nie przeziąkliwymi, urządzonych 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 ścianach kanałowych* 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 kanalizacyi. Warnunkom 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 umiesienia i ułatwienia odpływu, lub też czy odprowadzać będą tylko ścieki podwórzowe, wody gruntowe i atmosferyczne. W pierwszym przypadku kanały musiałyby 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 spłukiwania kanałów, — nie sądzimy jednak ażeby dostarczanie w tym celu 8 st. sz. (227 l.) lina 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 proponowanem 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:  $\frac{5}{16}$  cala grubą warstwę wody deszczowej, spadłej w przeciągu jednej godziny na część miasta środkową, ciasno zabudowaną i wybrukowaną — i  $\frac{2}{16}$  cala grubą także warstwę wody, spadłej w ciągu godziny na zewnętrzną 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 przyplwać 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 pożyteczności 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 kanalizacya systemu, który wtedy

tylko rozwijanym być może racjonalnie, w obec zwiększających się potrzeb, jeżeli jest od razu zaprojektowanym w całości. Zakłady wodociągowe przybierać 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, murowanymi 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 kanalizacyi *Lindley'a* i inżynierów *Majewskiego*, *Spornego* 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. Otrzymamy tym sposobem rozległość powierzchni kanalizowanej przez *Lindley'a* równą okragło 140 milionom st. kw., a liczba ta nie o wiele zapewne różni 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 kanałowych, 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  $\frac{1}{4}$  <sup>1)</sup>. Stosując tę zasadę do powierzchni 140 000 000 st. kw. i przyjmując 80% powierzchni zabudowanych i zabrukowanych, otrzymamy ściek normalny na godzinę:

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

*Hawskley* przyjmował ściek normalny większy jeszcze, bo obliczony na zasadzie deszczów wynoszących 0,5" na godzinę. Też samą zasadę przyjęli inż. *Majewski*, *Sporny* i *Szurzycki*, motywując ją ściśle wykazem 35 większych deszczów, spadłych między 1837 a 1861 r., który to wykaz przytoczyliśmy w pierwszej części naszej pracy <sup>1)</sup>. 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*.

<sup>1)</sup> Zasadę tę motywują w swym projekcie inż. *Majewski*, *Sporny* i *Szurzycki* 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 miecza 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 zabrukowane, spłynęło do kanałów w stosunku wysokości  $\frac{1}{8}$ ", 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.

<sup>2)</sup> 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.

„ „ *Ratyńskiego* 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. <sup>1)</sup>

*Lindley* dla Hamburga 6,150 „ <sup>2)</sup>

*Belgrand* dla Paryża 12,510 „ <sup>3)</sup>

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 *Ratyński* 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 <sup>4)</sup>. Przepływ więc normalny w kanałach na godzinę wynosiłby według *Ratyńskiego*:

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

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

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

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

<sup>1)</sup> Na wodę wodociągową 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.

<sup>2)</sup> Z powierzchni 14 milionów st. kw. przyjął spływu na sekundę 86,23 st. sz. (*An eine Hochlöbliche Rath und Bürger Deputation, Erleuterungen „Zu seinem Berichte über die Anlage eines neuen Siek-Systemes, zur Entwässerung der Stadt Hamburg. — März 1843“ von William Lindley. Hamburg 5 Juli 1843.*)

<sup>3)</sup> Z kilometra kwadratowego na sekundę 4,17 m.

<sup>4)</sup> 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  $3\frac{1}{2}$  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 Warszawie <sup>1)</sup>, kanały główne szybko zostaną przepełnione, a znajdujące się w nich nieczystości, wejdą do kanałów burzowych w niedostatecznym stanie rozwodnienia i wpadną będą do Wisły 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 Mokotowskiemi, 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:

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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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:

9 1/2 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 ulewny, najczęściej w Warszawie krótko trwający a obfity, to nieczystości przed dojściem jeszcze do alei Jerozolimskiej, schwyczone 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 unoszone przez rzekę wzdłuż całego miasta osiadać będą na odsepiskach Wisły, zatruwając powietrze. Cel więc asenizacyjny projektu *Lindley'a* nie będzie tu osiągniętym.

materye gryzące ścieków miejskich niszczą szybko ściany kanałów i czynią je chropowatemi a nadto ze doświadczenia *Darcy'ego* i *Bazin'a*, na zasadzie których *Bazin* obliczał swe wzory, miały za przedmiot ruch czystej wody a nie cieczy tak gęstej jak ścieki i unoszącej w zawieszeniu tyle części stałych, która przy tym samym spadku i przekroju kanału biedz musi wolniej, — wypadaloby obliczać prędkości przyjmując współczynnik *Bazin'a* dla ścian chropowatych:

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

przy którym prędkości dla wzmiankowanych 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 *Bazin'a*, to jako doświadczony inżynier stosował raczej współczynnik dla ścian chropowatych niż dla ścian gładkich. W obec 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 pewniejszym, dając większe przekroje. Zresztą wzór *Bazin'a* z tym współczynnikiem daje prędkości nie o wiele mniejsze od tych, jakie otrzymać można za pomocą starego a w powszechnem jeszcze będącego użyciu wzoru *Elteilewein'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:

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

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* szly 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 przekonaaliśmy 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:

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

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>	<i>inż. M. S. i S.</i>
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
kanały 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 Surzyckiego* 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  $\frac{27,59}{6,17} = 4.47$  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 nieprzypuszczalnym, wtedy ściek normalny, obliczony według zasady *Lindley'a*, wynosiłby:

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

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 przekonują 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 przekroje i spadki obliczonymi zostały ściśle według założonych przepływów, nie jest możebnym, 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 wodociągowym 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 nagłe, 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 przemywający, który biorąc początek w zakładzie wodociągowym 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 skutecznie budowę tego kanału pod prywatnemi posesyami sposobem tunelowym, to jednak *Lindley* proponuje otworzyć nową, istotnie nader pożyteczną ulicę, łączyć mającą Ciepłą z Solną i pod tą ulicą urządzić kanał sposobem zwyczajnym. Kanał przemywający, 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 Smoczkiej projektuje *Lindley* drugi kanał przemywający, od Nowolipek do Gęsiej, otrzymujący wodę do przemywania za pośrednictwem kanału ulicy Żelaznej.

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

nalizacyi wypadaloby pomysleć o zastosowaniu do przemysiania kanałów wody spływającej z wodotrysków. Tym sposobem woda służąca do przemysiania kanałów, 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 Jerolimskiej, 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 kanałów 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 urządzenia tamże targu rybnego ze zbiornikami wody bieżącej, lub innego potrzebnego zawsze dużo wody, wydaje się odpowiedniejszym, — a nadto, że w ogóle kanał ten przechodzi ulicami szerszemi, niż kanał *B Lindley'a*, co także stanowi ważny wzgląd przy budowie kanałów.

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 Aleję Szucha, Ujazdowską, Nowym Światem i Krakowskim Przedmieściem do rogu Trebackiej. Tu *Lindley* postawił sobie do wyboru dwie alternatywy. Pierwsza ulicami: Kozią, Miodową, przez plac Krasński i Nowiniarską, — druga: Krakowskim Przedmieściem, Sto 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 kanałów *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.