

NATIONAL
GEOGRAPHIC

gazeta

Jak budowano świat



2. Kanaty

TECHWEX

KANAŁY

Kanał Langwedocki we Francji, otwarty w 1681 roku, ma 240 kilometrów i łączy Tuluzę z Morzem Śródziemnym.



WIELOPOZIOMOWE AKWEDUKTY RZYMSKIE, KTÓRYMI WODA PŁYNĘŁA DO STOLICY IMPERIUM.

JUŻ OD TYSIĘCY lat ludzie borykają się z problemem, jak dostarczyć wodę tam, gdzie jest ona potrzebna – np. do nawadniania pól czy otwarcia dróg dla żeglugi. W Europie w epoce renesansu, a znacznie wcześniej w Chinach, Mezopotamii i w Egipcie, budowniczowie tworzyli sieć kanałów i tamy, by zatrzymać wodę.

Rzymianie budowali wysokie, podobne do mostów akwedukty, którymi sprowadzali wodę z odległych Apeninów.

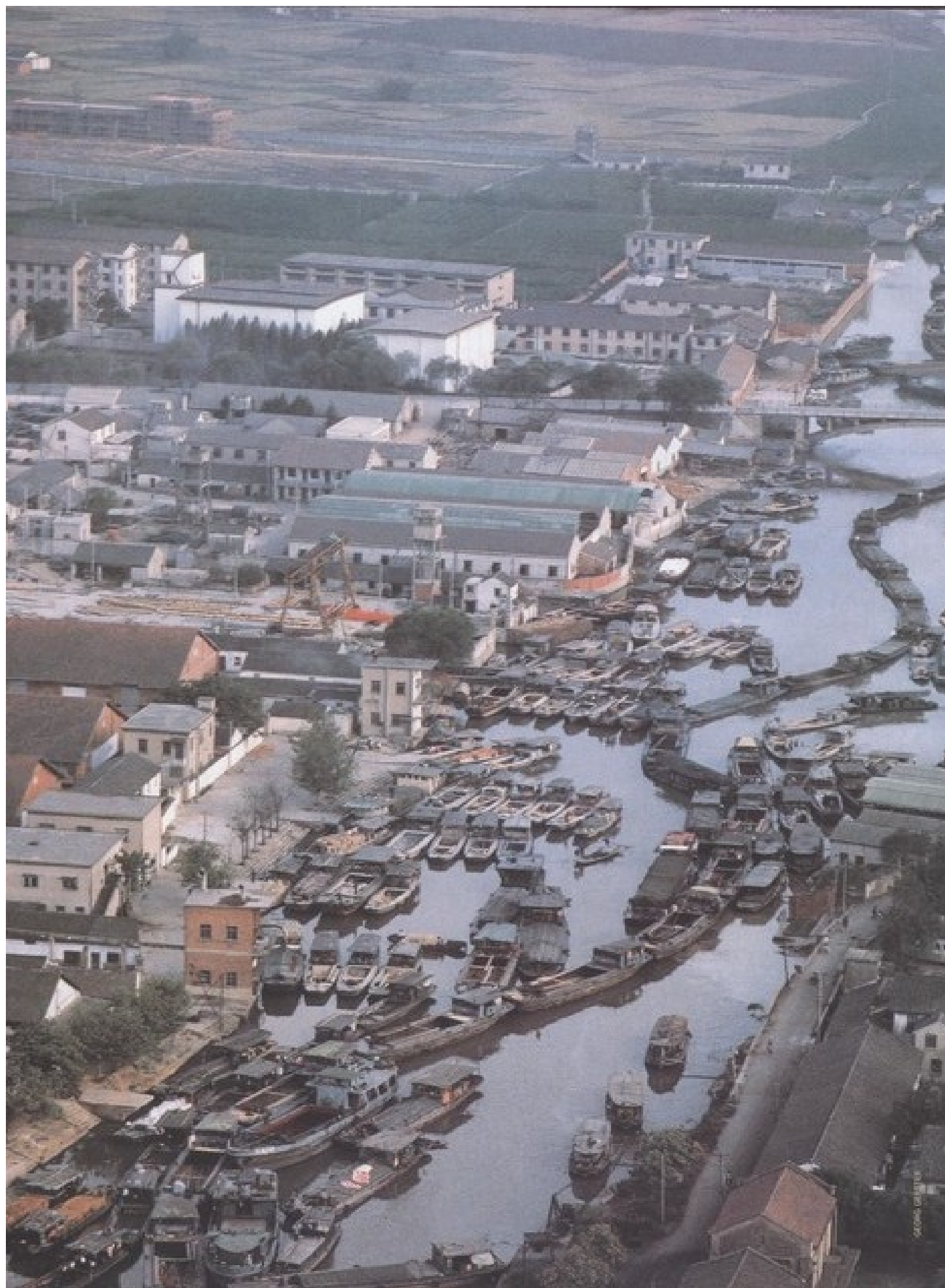
Śluzy na kanałach, dzięki którym łądzie mogły pokonywać wzgórza i omijać wodospady, wymyślili prawdopodobnie Holendrzy w XIV wieku.

Już w pierwszej połowie XIX wieku europejscy budowniczowie kanałów pokonywali bariery lądowe i skracali trasy statków. Jedną z takich morskich dróg na skróty jest Kanał Sueski, łączący Ocean Indyjski poprzez Morze Śródziemne z Oceanem Atlantyckim. Zaś Drogą Wodną Świętego Waw-

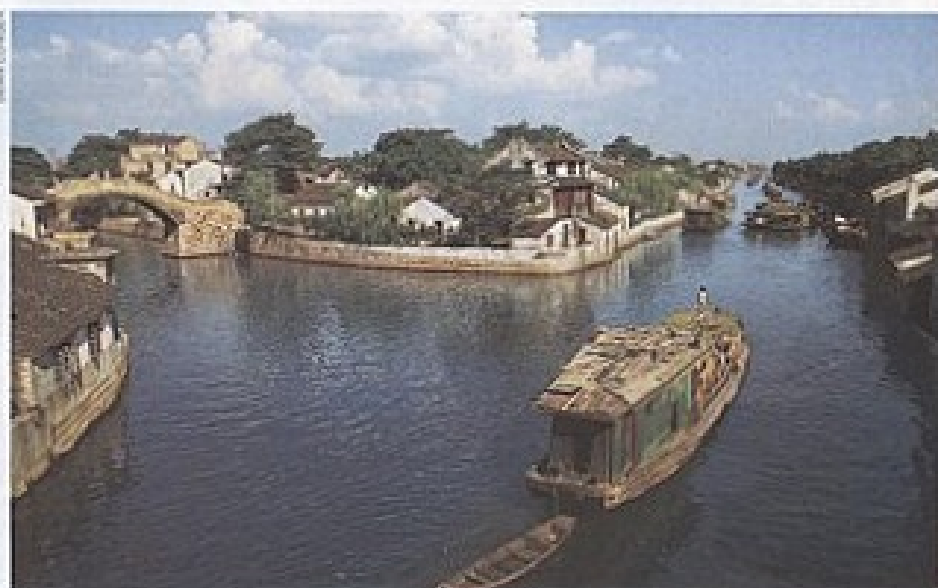
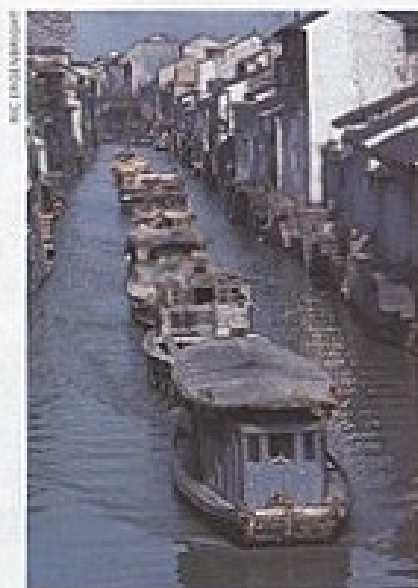
rzyńca, obejmującą Rzekę Świętego Wawrzyńca oraz Wielkie Jeziora, statki oceaniczne mogą docierać do serca Ameryki Północnej, tanio przewożąc towary.

Z czasem ludzie nauczyli się wykorzystywać siłę ciężkości do przemieszczania wody i transportu towarów. Nauczyli się budować różne urządzenia, które im w tym pomagały: od starożytnych kół wodnych po współczesne pompy hydrauliczne o wydajności tysięcy litrów wody na minutę.





Wielki Kanat

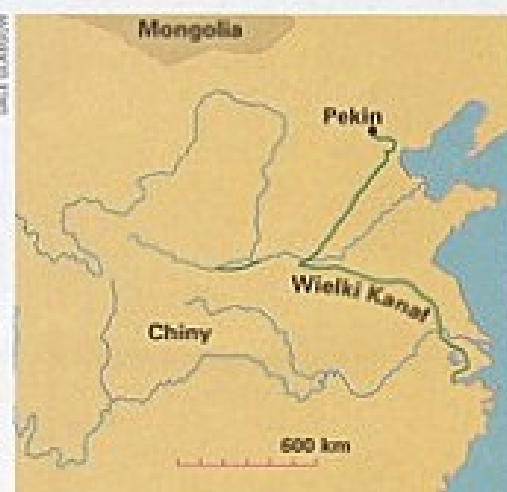


WIĘKSZOŚĆ GŁÓWNYCH chińskich rzek płynie z zachodu na wschód. Już w IV wieku p.n.e. chińscy cesarze uświadomili sobie, że jeśli z północy na południe połączą dorzecza rzek kanałami, łatwiej będzie im zjednoczyć państwo i zapewnić ciągłe dostawy zboża z rolniczego południa do położonych na północy stolic. Wielka, przecinająca Chiny droga wodna, budowana przez rzesze chłopów, powstawała etapami. W epoce „twardych rządów” cesarzy z dynastii Sui, na początku VII wieku n.e., podobno aż 5,5 miliona robotników przez sześć lat budowało ponad 1000 kilometrów kanału między portem Hangzhou a stolicą Luoyang. Pod koniec VII wieku z mierzącego już 1800 kilometrów Wielkiego Kanału, korzystały dynastia Tang i północna dynastia Song.

Rząd barek wije się jak chiński smok wzdłuż Wielkiego Kanału w pobliżu starożytnego miasta Suzhou. Nazywane ojczyzną wielu poetów, Suzhou wzbogaciło się na handlu.

Wielki Kanat, jeden z pierwszych kanałów śródlądowych, prowadzono zgodnie z ukształtowaniem terenu. Choć biegnie on głównie przez równiny, to na całej jego długości występują spadki terenu; by uniknąć niepożądanych prądów, co 5 kilometrów zbudowano z drewna i kamieni jazy (budowle spiętrzające wodę). Boczne kanały zasilające doprowadzały wodę z odległych rzek do zbiorników, a służy regulowały jej poziom. Na jednym, pagórkowatym odcinku zbudowano aż 60 śluz. Tam, gdzie różnica poziomów była wielka, łodzie wciągano po pochylniach.

Niektóre fragmenty Wielkiego Kanału są żeglowne od 2000 lat. Naprawiony i pogłębiony w XIII wieku przez chana Kubilaja, a następnie przez rząd Chin Ludowych pod koniec XX wieku, kanał wciąż służy lokalnemu handlowi. Niedawno dzięki zamontowaniu wysoko wydajnych pomp włączono go do systemu melioracyjnego i przeciwpożarowego.



Wielki Kanat, zbudowany do przewozu zboża i innych towarów z południa do stolicy północnych, wciąż służy jako droga transportu przez wschodnie Chiny.

Niektóre odcinki kanału mają 36,5 metra szerokości. Jednak duży ruch zmusza barki do ustawiania się jedna za drugą, a czasami burtą w burtę, jak na przykład w Suzhou (u góry po lewej).

Samotna barka płynie Wielkim Kanałem przez Wuxi (u góry po prawej), od VII wieku jeden z większych ośrodków handlu zbożem – wtedy na północ przewożono barkami ponad 300 tys. ton zboża rocznie.

Kanały brytyjskie

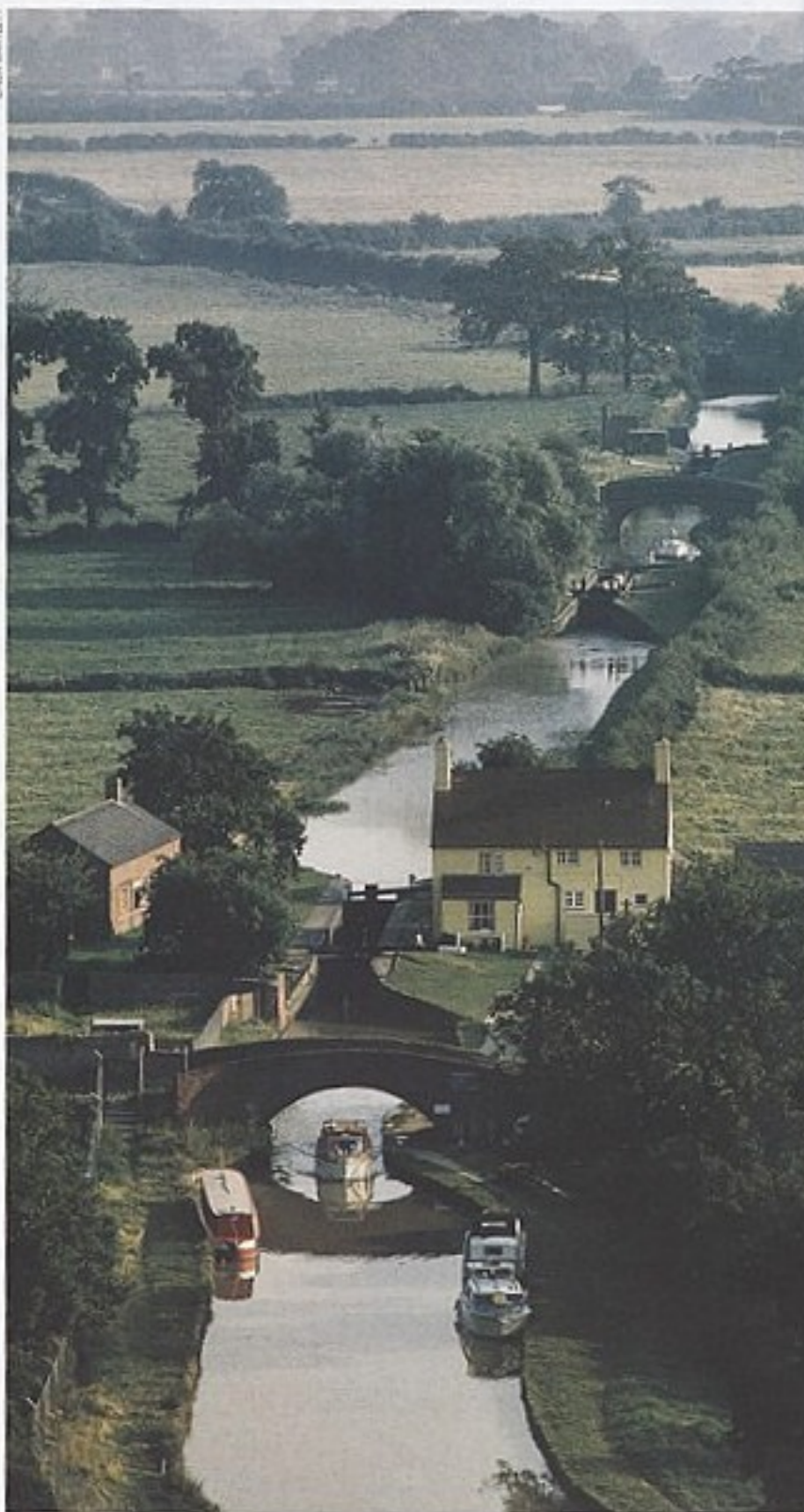
ANN ROYMAN AT MUSEI SELECT



Gdy Jamesa Brindleya (1716-1772) zapytano w Parlamencie, do czego jego zdaniem służą rzeki, odpowiedział: „Żeby zasilać żeglowne kanały”. Brindley całe życie poświęcił budowie kanałów, zmieniając tym oblicze Anglii. W 1761 roku zbudował pierwszy duży kanał i zaplanował ich sieć, o łącznej długości 380 kilometrów. Nie miał wykształcenia; gdy musiał przemyśleć jakiś problem, kładł się do łóżka, a potem budował – bez narysowanych planów. Jego rozwiązania techniczne były niezwykle proste. Gdy w końcu z przepracowania zachorował i był bliski śmierci, inni budowniczości kanałów stali przy jego łóżku, prosząc o ostatnie rady.

Fragment Kanału Oksfordzkiego, który wije się wśród pól koło Napton on the Hill, właściwie nie zmienił się od XVIII wieku. Tutaj James Brindley zbudował śluzy, ale wolał raczej prowadzić kanały na jednym poziomie. Nad rzekami i dolinami prowadził je po akweduktach, a przez zagłębienia i niecki terenu – po wysokich groblach z solidnymi nabrzeżami. Gdy wzgórz nie sposób było ominąć, przekopywał przez nie tunele. Pod koniec XVIII wieku, gdy budowano najwięcej kanałów, niewiele miejsc w Anglii leżało dalej niż 25 kilometrów od żeglownej drogi wodnej.

LINDA BARTLETT



BRYTYJSKA REWOLUCJA

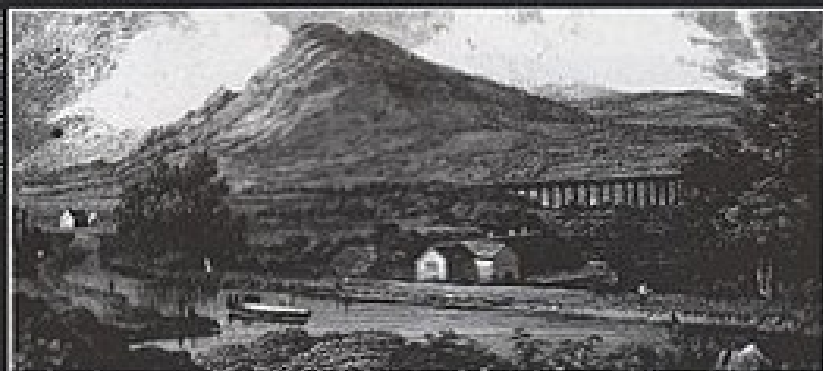
przemysłowa weszła w nową fazę w dniu, w którym Duke of Bridgewater zlecił Jamesowi Brindleyowi budowę kanału między należącymi do jego lordowskiej mości kopalniami węgla w Worsley a przemysłowym miastem Manchester. Kanał Bridgewater, otwarty w 1761 r., zapewnił miastu przewagę w wyścigu o tytuł najważniejszego ośrodka przemysłowego Anglii. Okres intensywnej budowy kanałów, który wówczas nastąpił, trwał aż do połowy XIX wieku.

Pagórkowaty krajobraz Anglii stwarzał budowniczym poważne problemy. Śluzy – zamykane wrotami z dwóch stron odcinki kanału, w których można podnosić lub opuszczać poziom wody – pozwalały pokonywać wzgórza stopniami, lecz unikano ich z powodu kosztów.

Na początku XIX wieku szkocki inżynier Thomas Telford ukończył 170-kilometrowy kanał Ellesmere, biegnący przez zachodnią Anglię i Walię. Grand Trunk – system kanałów, którego budowę popierał przemysłowiec Josiah Wedgwood – łączył Midlands z portami morskimi.

W miarę jak budowniczowie podwyższali swe umiejętności, kanały stawały się coraz szersze. Śluzy weszły do powszechnego użytku. Pod koniec XVIII wieku inżynierowie potrafili już prowadzić kanały prosto i poprzecinali nimi walijskie góry, w których znaleziono nowe złoża węgla. W latach 40. XIX wieku angielski system dróg wodnych obejmował około 8 tys. kilometrów kanałów i żeglownych rzek.

ALAN BOWMAN AT BRIDGE SELECT



Akwedukt Pontcysyllte (powyżej) biegnie 36,5 metra nad rzeką Dee w Walii i robi ogromne wrażenie. Jest świadectwem umiejętności i odwagi brytyjskich budowniczych kanałów z końca XVIII wieku. Thomas Telford, młody szkocki inżynier, oraz William Jessop, główny inżynier na budowie kanału Ellesmere, wykorzystali tu najnowsze zdobycze ówczesnej techniki – żeliwo. Właśnie z niego, a nie z kamienia, wykonano koryto akweduktu. Znacznie mniejszy ciężar żelaza pozwolił Telfordowi oprzeć akwedukt na 18 muryowanych filarach, smuklejszych, niż byłoby to możliwe przy stosowaniu dawnej technologii. Akwedukt Pontcysyllte, rozpięty między stromymi skarpami, odzwierciedla upodobanie Telforda do „awanturkicznych” budowli – i wciąż dostarcza użytkownikom kanału (poniżej) dreszczyku emocji, gdy przepływają nad doliną.

LINDA BARTLETT



Kanał Erie



THE GRANGER COLLECTION, NEW YORK

W 1724 R. NOWOJORSKI geodeta Cadwallader Colden zaproponował połączenie rzeki Hudson z jeziorem Erie. Prawie sto lat później, na początku 1817 r., nowojorski polityk De Witt Clinton jednocześnie uzyskał zatwierdzenie uchwały o budowie kanału oraz zdobył stanowisko gubernatora stanu Nowy Jork. Latem rozpoczęła się budowa 590-kilometrowej drogi wodnej.

W USA kanały zaczęto budować dość późno, korzystając zresztą z technicznych rozwiązań holenderskich, francuskich i brytyjskich. Zwolennikiem budowy kanałów był George Washington, który przyczynił się do przekopania kanału Patowmack w Wirginii. Jednak tak olbrzymie przedsięwzięcie, jak kanał Erie było w Stanach Zjednoczonych nowością.

Osiem lat po rozpoczęciu prac kanał Erie otwarto dla żeglugi między Albany a Buffalo. Od razu zaczął wpływać na gospodarkę kraju. Osadnicy i handlarze wiozący towary z łatwością pokonywali łańcuch Appalałów. Docierali w rejon Wielkich Jezior na barkach, które

po flisackich drogach o szerokości 3 metrów były ciągnięte przez muły i konie. Nowy Jork stał się najważniejszym portem w kraju.

Budowniczości kanału, którzy w chwili rozpoczęcia prac byli w najlepszym razie geodetami, uczyli się na własnych błędach. Na zaplanowanej trasie czekały ich dwie główne przeszkody: w części wschodniej 128-metrowy spadek między miastem Utica a rzeką Hudson, a na zachodzie 18-metrowa wspinaczka ku brzegom Niagary. Budowniczowie zaczęli od zdobywania doświadczenia na stosunkowo płaskim odcinku środkowym, między rzeką Seneca a Utica.

Ta część trasy, prowadząca przez dziewiczy las, wymagała pomysłowości. Budowniczowie wynaleźli urządzenia do ścinania drzew i karczowania pni. Dzięki tej drugiej maszynie, ciągniętej przez konie lub woły, dziennie można było usunąć 30-40 pni z korzeniami. Żelaznymi plugami wyorywano kanał o szerokości 12 metrów i głębokości 1,2 metra. Łopaty i wiadra używano jedynie na podmokłych gruntach w pobliżu jeziora Erie.

Po 1820 r., gdy środkową część kanału otwarto już dla żeglugi, rozpoczęto prace przy jego końcowych odcinkach. Przy wschodnim problemem był stromy spadek terenu ku Albany, ponadto 138 kilometrów kanału trzeba było poprowadzić wąską i kamienistą doliną rzeki Mohawk. Wymagało to budowy śluz i akweduktów oraz murowanych nabrzeży na niektórych odcinkach rzeki. Jeden z akweduktów, w pobliżu miasta Schenectady, miał 228 metrów; inny, przy Cohoes Falls – 362 metry.

Na odcinku zachodnim, groblą Irondequoit koło Rochester, połączono serię grzbietów górskich, podnosząc koryto kanału o około 21 metrów, a nad rzeką Genesee poprowadzono kanał wysokim akweduktem.

Najtrudniejszą część odcinka zachodniego, stromy stok na zachód od Lockport, zachowano na koniec. By zbudować pięć progów wodnych z podwójnymi śluzami, robotnicy musieli z głębokiego wykopu o długości 3 kilometrów usunąć ponad milion metrów sześciennych litej skały, wysadzonej dynamitem.

Żeglugę po kanale na całej jego długości zainaugurował w 1825 r. gubernator De Witt Clinton, odbywając dziewięciodniową podróż statkiem z Buffalo do Nowego Jorku.

Turyści płyną po kanale Erie w pobliżu Middleport w stanie Nowy Jork (na sąsiedniej stronie). Tędy osadnicy ciągnęli na Dzikie Zachód.

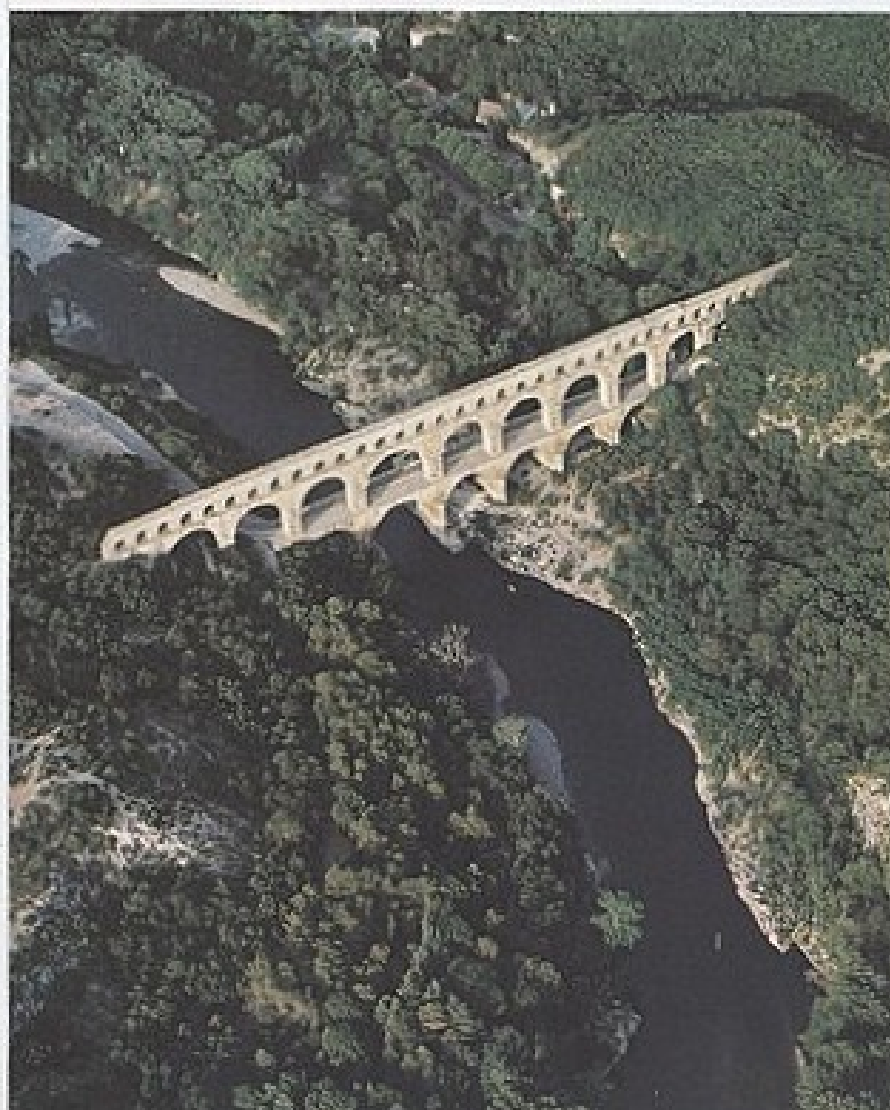
Lockport po otwarciu kanału w 1825 r. (powyżej) – gdzie śluzy podnosiły łodzie o 18,3 metra – stał się sławnym miejscem.



Akwedukty



SEPTIM FROST / LIBRARY MANCHESTER



BRUNO GÖTTSCHE LOWE

WZROST LICZBY mieszkańców w starożytnych miastach doprowadził do pierwszego kryzysu komunalnego: brakowało wody. Zapotrzebowanie na nią było większe niż możliwości lokalnych źródeł i strumieni, należało więc opracować metodę sprowadzania wody z większej odległości.

W hydraulice i technologii wodociągów aż do ostatniego stulecia niewiele się zmieniło od czasów budowniczych z Babilonii, Asyrii, Palestyny, Azji Mniejszej i Grecji. Przed 1000 r. p.n.e. wodę dla Jerozolimy gromadzono w zbiornikach poza miastem i rozprawdzano kanałami.

Mykeńczycy i Ateńczycy wodę z odległych źródeł prowadzili do miasta pod ziemią kamiennymi rurami lub wykutymi w skale kanałami, które uchodziły do zbiorników wewnątrz linii murów. W Pergamonie akwedukt – prawdopodobnie rura ceramiczna lub drewniana – przerzucony był nad dwiema dolinami; płynąca nim woda miała wystarczające ciśnienie, by dotrzeć do położonego na wzgórzu miasta. Przy obu skrzyżowaniach z dolinami zastosowano odwrócone syfony, dzięki którym woda mogła popłynąć w górę.

Rzymscy inżynierowie opracowali prawdziwą sieć wodociągów, tak dobrze zorganizowaną, że współczesne miasta wciąż się na niej wzorują.

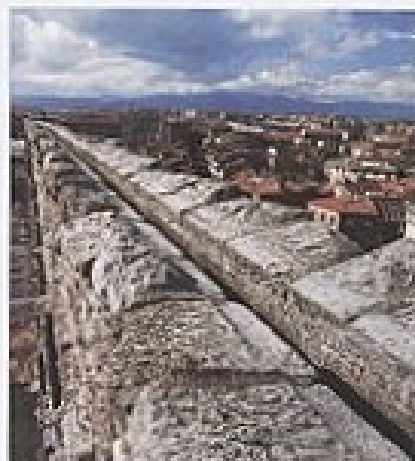
Akwedukty, syfony, kanały, tunele, zbiorniki i rury rozprawdzające tworzyły w Rzymie sieć o długości 1400 kilometrów. Stolicy dostarczano od 75 milionów do 1 miliarda 514 milionów litrów wody dziennie.



GEORGE GUNTER

Noria, czyli koło wodne w Syrii (obok), wzorowane na rozwiązaniach rzymskich, obraca się, skrzypiąc, a przymocowane do jego obrzeża wiadra czerpią wodę. Takie starożytne urządzenia, często stosowane przez Rzymian, wciąż zapewniają wodę do picia i nawadniania pól w wielu krajach rozwijających się. Urządzenia te nie zużywają ani paliwa, ani kosztownych, wymagających napraw mechanizmów.

Woda wciąż płynie korytem starożytnego akweduktu w Segowii (poniżej).



BLAKE HARRINGTON

Woda z Apeninów otwartymi korytami, przykrytymi dwuspadowym daszkiem, płynęła do miasta dzięki sile grawitacji – zachowywano spadek około pół metra na każdy kilometr. Przez większą część drogi koryta biegły grzbietami górskimi, a na równinie wokół Rzymu – po długich, wysokich mostach, zwanych akweduktami.

Akwedukty nabudowywano jeden na drugim, woda w nowych korytach obciążała istniejące arkady, dlatego wymagały one ciągłych napraw. Po 33 r. p.n.e. do budowy nowych koryt i uszczelniania starych zaczęto używać rodzaju betonu; z tego samego materiału budowano tamy, zatrzymujące wodę w zbiornikach.

Budowniczowie nie znali zasady kurczliwości i rozszerzalności cieplnej materiałów, więc ich

wodociągi przeciekały. Większość rur prowadzono pod ziemią, bo łatwiej się można było do nich dostać, gdy konieczna była naprawa.

Rury montowano z zachodzących na siebie, stożkowatych cylindrów z terakoty lub ołowiu. Rury ołowiane robiono z arkuszy blachy, którymi owijano drewniane trzony i lutowano miejsce połączenia.

Po dotarciu do miasta woda wpływała do zbiorników, w których osadzał się muł i inne zanieczyszczenia. Potem rurami płynęła do wieży, skąd przesyłano ją do mniejszych zbiorników, a z nich do fontann, łaźni i domów. Każdy miał więc dostęp do wody. Miasta europejskie i amerykańskie dopiero w XIX wieku były zaopatrywane w wodę na porównywalną skalę.

Wiele akweduktów współczesnych, na przykład ten XIX-wieczny koło Malagi w Hiszpanii (na poprzedniej stronie u góry), opiera się na rzymskich rozwiązaniach.

Starożytni Rzymianie uważali, że cywilizowane życie wymaga dostatku wody – do łaźni, fontann i ogrodów. Nikt przedtem nie zużywał jej w takich ilościach. Dbali więc, by miasto było stale zaopatrywane w wodę. Ich system akweduktów jest znaczącym osiągnięciem inżynierskim. Wysokie mosty akweduktów – takich jak Pont du Gard we Francji, wzniesiony w 19 r. p.n.e. (na poprzedniej stronie u dołu) – łączyły kilometry koryt, którymi płynęła woda.