

4.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschiffahrt
1. Frage

Verbesserung der Mündung der Flüsse, welche sich in Meere
OHNE EBBE UND FLUT ERGIESSEN

BERICHT

VON

A. BARCELLONI

Ingenieur des Genio Civile

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

—
1905



11-354206

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316795

300-3-14/2013

Die Schutzwerke an der Mündung des Po di Levante.

BERICHT

VON

A. BARCELLONI

Ingenieur des Genio Civile

1. Historisch-hydrographische Erläuterung : Der Po di Levante und das Po-Delta.

An der nördlichen Grenze des ausgedehnten Anschwemmungsgebiets, welches das heutige Po-Delta bildet, etwa 12 Kilometer südlich von der Mündung der Etsch, mündet an der westlichen Küste des Adriatischen Meers der Fluss Canalbianco-Po di Levante.

Dieser Wasserlauf, heutzutage die stille Rolle eines Sammlers spielend, und zwar für die Abflüsse in der Ebene, die sich zwischen dem Po im Süden und der Etsch im Norden vom Minicio bis zum Meere erstreckt, war lange Zeit hindurch ein bedeutender Arm der Etsch, und dies infolge eines Dammbrochs, der sich im Jahre 1438 ereignet hatte.

Die Wasser der Etsch ergossen sich damals bei Canda in das Flussbett des Tartaro, der nachher von diesem Punkte an abwärts den Namen Canalbianco erhielt, und darin strömten sie genau 4 Jahrhunderte hindurch dahin und mündeten bis gegen 1620 in einen der lebenden Nebenarme des Po, der « di Levante » genannt wurde. Als in jener Zeit durch die Republik Venedig die Absperrung des genannten Po-Arms erfolgte, drang der Canalbianco in das frei gewordene breite Bett ein und mündete nun direkt ins Meer durch die von ihm heute noch beibehaltene Mündung; unterhalb der alten Mündung erhielt er den Namen « Po di Levante ». Als nachher 1838 der Ausläufer der Etsch verschlossen, und so jede Verbindung mit diesem Flusse unterbrochen wurde, nahm der Canalbianco-Po di Levante die bescheidene Rolle eines Sammelbeckens an, die er, wie gesagt, bis heute beibehalten hat.

Die Schifffahrt in diesem Kanale war von jeher recht bedeutend, gleichviel, ob sie nun vom Meere ausging oder durch die Binnenkanäle ihren Weg bis Chioggia oder Venedig nahm, oder Verbindung mit dem Po schaffte. Dazu trug ausser dem geringen Gefälle und der Breite, beides notwendige Erfordernisse für eine bequeme Schifffahrt, auch der Umstand bei, dass dieser Wasserlauf unmittelbar an den Po angrenzt und daher die günstigsten Bedingungen für die Durchfahrt der Schiffe von diesem Strome zum Meer bietet, eine Durchfahrt, die auf dem anderen Wege schwierig und unsicher ist. Sind doch die untersten Arme des Po, abgesehen davon, dass sie der Einfahrt der Schiffe fast unüberwindliche Schwierigkeiten bieten, wie sie in der Natur aller bei sehr geringem Flutwechsel ins Meer sich ergießenden trüben Wasserläufe begründet sind, — sind doch diese untersten Arme infolge natürlicher Vorgänge, sowie auch menschlicher Eingriffe, ganz bedeutenden Veränderungen unterworfen.

Seit Mitte vorigen Jahrhunderts wurden, wie man aus dem Bericht ersehen wird, an der Mündung des Po di Levante kostspielige Schutz- und Meliorationsarbeiten vorgenommen, ebensowichtig waren jedoch die Vorkehrungen, die schon früher längs der nächsten Poarme getroffen wurden, alles mit dem Ziel, die Verlandung und den Verlust dieser Mündung zu verhindern. Denn diese Mündung durfte nicht verschwinden, einerseits, weil die Schifffahrt ihrer dringend bedurfte, und ferner noch ganz besonders deswegen, weil sie eine zuverlässige Ableitung für die Abflüsse bildete.

Besagte Vorkehrungen aus früherer Zeit hatten ihren bestimmenden Grund hauptsächlich in den bedeutenden Veränderungen, denen die äusserste Verzweigung des Po durch das rapide Wachsen der Anschwemmungen unterworfen wurde, zu deren besseren Erkenntnis wir die wechselnden Schicksale des Po-Deltas in der letzten Zeitepoche kurz zusammenfassen wollen. (Siehe Tafel I [a].)

Infolge des Dammbrochs von Ficarolo gegen Mitte des 12. Jahrhunderts wandte sich ein bedeutender Teil der Wasser des Po nach Osten dem Meere zu, und verursachte damit die Entstehung des Flussarmes, der später « Po von Venedig » genannt wurde. Man unterschied ihn damit von dem bestehenden « Po von Ferrara » oder « Lombardischer Po », der durch Ferrara hindurch und dann durch die beiden Hauptarme « Primaro » oder « Argenta » und « Volano » dem Meere zuströmte.

Diese letzteren, durch die Ableitung grosser Wassermengen

infolge des Ereignisses von Ficarolo stark verkleinert, verloren nach und nach an Bedeutung, bewahrten sich jedoch nichtsdestoweniger bis zum Ende des 16. Jahrhunderts noch erhebliche Wassertiefen (1); das allmähliche Eingehen dieser Mündungen wurde jedoch in der Zeit von 1460 bis 1826 noch befördert durch den Einlass einiger reissender Gebirgsbäche des Apennin in den Primaro und in den Po von Ferrara. Die Versandung machte nunmehr derartig reissende Fortschritte (2), dass nach 1638 die gesammten Wasser des Po ihren Lauf ausschliesslich durch den Po-Arm von Venedig nahmen (3).

Dieser nahm währenddessen in der Zeit nach dem Dambruch an Bedeutung zu und teilte sich in zwei Arme, von denen der linke am Gestade von Fornaci unweit Loreo mündete, während der rechte sich mit dem Goro, einem alten Ausläufer des Volano vereinigte.

Der erstere von diesen beiden Armen, der Po von Fornaci, unterteilte sich in drei Nebenarme, als Po di Tramontana, Po di Levante, und Po di Scirocco (nordöstlicher, östlicher und südöstlicher Po) bezeichnet; der andere, nämlich der rechte, teilte sich desgleichen in zwei Nebenarme, deren nördlicher den Namen « Po di Goro » erhielt, während der südliche, der später abgesperrt wurde, « Arm von Abate » hiess (4).

In den vier Jahrhunderten nach dem Dambruch flossen die drei Ausläufer des Po von Fornaci, besonders der Po di Tramontana, soweit vorgeschoben in das Meer, dass die von ihnen verursachten Anschwemmungen die Mündung der Etsch und der Brenta in Unordnung zu bringen und zu versperren begannen und die Lagune von Chioggia bedrohten.

Nunmehr dachte die Republik Venedig daran, die Wasser aus ihrer bisherigen Richtung, die sie als gefährlich für die eigenen Lagunen erkannte, nach der entgegengesetzten Richtung hin abzulenken. Sie führte sie also in den weiten sacco di Goro,

(1) « Seit Kurzem sehen wir sie schiffbar, derart, dass wir die sehr grosse Menge der Galeeren bewundert haben, die von England und von Flandern kommend, in Ferrara wie in einem sichern Hafen auszuladen pflegen, und deren viele Ware Venedig heute an die ganze Lombardei verteilt. » (ALEOTTI. *Rede gehalten vor Papst Clemens VIII*, im Jahre 1598.)

(2) Am Ende des 16. Jahrhunderts war, wie Aleotti bezeugt, der Grund des Po bei Ferrara bis zu der bei den grössten Hochwassern erreichten Tiefe gestiegen. (*Rede gehalten vor Papst Clemens VIII*, 1598.)

(3) LOMBARDINI. *Hydrologische Studien über das grosse Adriatische Meer*. Mailand 1868, Tipografia degli Ingegneri.

(4) Dito.

mittelst des berühmten « Durchstichs von Porto-Vero », der in den ersten Jahren des 17. Jahrhunderts vollendet wurde. Es wurden dann der Po di Tramontana und der Po di Fornaci zusammengeführt und nunmehr flossen alle Wasser des Po durch den neuen Durchstich, während das Bett des Po di Levante freibleib und nach dem besprochenen Eindringen des Canalbianco eine bequeme Abführung der Abwasser dieses Flusses ermöglichte.

Diese Verlegung des Po-Bettes wurde ein Segen für das Land und der Canalbianco floss jetzt direkt ins Meer, was offenbar auch für die Schifffahrt einen Vorteil bedeutete.

2. Massregeln zur Förderung der Schifffahrt und zum Schutz der Mündung des Po di Levante aus der Zeit vor 1852.

Die Republik Venedig, der viel daran lag, sich den einmal in die Wege geleiteten Handelsverkehr mit Mittel-Italien und der Lombardei zu erhalten, erkannte unverzüglich, welchen Nutzen und welche Sicherheit bei Verbindung mit der Po-Linie der neue Kanal di Levante bieten konnte.

Es wurde daher als Durchfahrt vom Po zum Kanal di Levante der Schifffahrtskanal von Cavanella mit Stan für den Po erbaut und der Lagunenkanal von Chioggia nach Brondolo reguliert. Die Schiffe durchliefen also jetzt von Venedig nach Brondolo die Lagunenkanäle, fuhren dann in die Brenta ein und kamen durch den Kanal di Valle zur Etsch; diesen Fluss fuhren sie dann eine kurze Strecke hinauf und gelangten durch den Kanal di Loreo zum Po di Levante und schliesslich durch den Schifffahrtskanal von Cavanella zum Po.

So wurde die grosse Schifffahrtsstrasse der Lombardei vollendet, die noch heute den Hafen von Venedig durch-Binnenkanäle mit dem Po-Fluss verbindet.

Unterdessen hatte der durch den Kanal von Porto Vero geschaffene neue Fluslauf sein Bett reissend ausgedehnt, und sich genau wie der frühere Fluss in drei Hauptarme, Maistra im Nordosten, Tolle im Osten und Gnocca im Südosten, geteilt. Die beiden Ausläufer rechts, die das ganze gewaltige Anschwemmungsgebiet durchströmen mussten, begannen nachzulassen, und der Flusslauf beschränkte sich nach und nach immer mehr auf den einen Flussarm links, der bei Maistra ins Meer mündete.

Als man die Gefahr erkannte, die von dieser Seite her dem abgesperrten Po di Levante drohte, indem die Maistra das linke

Ufer durchbrochen hatte, in diesen Flussarm eindrang und seine Mündung versandete, da bemühte sich Venedig, durch systematische Vorkehrungen Abhilfe zu schaffen. Die Wasser des Po sollten verhindert werden, beinahe ausschliesslich durch den Arm von Maistra zu fliessen und in grösserer Menge den beiden anderen Ausläufern zur Rechten zugeführt werden.

Nach Paleocapa (1) wurden « die Venezianer zu dieser Entscheidung durch die Beobachtung veranlasst, dass die zahlreichen Mündungsarme des Po alle in verschiedenen Windrichtungen fliessen. Sie folgerten daraus, wenn bei einer Hochflut eine der Mündungen eine dem herrschenden Winde entgegengesetzte Richtung habe, dass dann wenigstens die anderen von diesem hindernden Einfluss frei bleiben und weniger benachteiligt werden, daher also dem Strom leichter Abfluss gewähren. Das entspricht der Idee der alten Venezianischen Wasserbaumeister, die bei grossen Strömen die Vielteiligkeit der Mündungen und der äussersten Verzweigungen des Unterlaufs (nicht der oberen Unterteilungen) als vorteilhaft für die rasche Abführung der Wassermengen bei Hochwasser betrachteten » (2).

Um das Jahr 1770 wurden daher auf Anraten des berühmten Lorigna am Ufer des «grössen Po» zwei Molen-Paare aufgeführt, das eine, zwecks Sammlung grösserer Wassermengen im Bette des Po della Gnocca, das andere an der Abzweigung des Po di Maistra, zwecks Wiederbelebung des Po delle Tolle.

Im Jahre 1823 bahnte sich jedoch der Po-Arm von Maistra, der infolge mangelhafter Instandhaltung dieser Molen wieder wasserreich geworden war, eine neue Mündung an der Flusskrümmung « del Sette », die der Po-Mündung von Levante sehr viel näher lag, als die frühere, und daher die Besorgnisse um Erhaltung dieses Hafens noch vermehrte.

Es erwies sich daher die Ausführung bedeutender Schutz- und Regulierungswerke längs jenes Arms als notwendig und wurde durchgeführt.

Späterhin verursachte ein neues Hochwasser derartige Verheerungen, dass man nur mit knapper Not die befürchtete

(1) Schreiben vom 23. Februar 1843 (*Giornale del Genio Civile*, Jahrg. 1869, nicht offizieller Teil.)

(2) Ueber diesen Gegenstand hatte Possenti die Anschauung, « dass bei Strömen mit grossem Delta niemals eine grössere Anzahl Mündungsarme vorhanden ist, als es die ordnungsmässige Haltung der Wasser des Flusses erfordert, und dass sie sich grösstenteils solche Arme halten, oder, wenn noch nicht vorhanden, schaffen, deren Mündungsrichtung mit der während Hochflutperioden herrschenden Windrichtung übereinstimmt ». (PALEOCAPIA AN POSSENTI.)

Ablenkung in den Po di Levante verhindern konnte; es wurden daher die beiden Molen an der Mündung der Gnocca (1836-37) und später ebenso die von Cá-Pasta und von Cá-Venier an der Abzweigung der Maistra (1839-1844) wieder hergestellt, wobei man für diese letzteren mehr als 200 000 Lire ausgab.

Unterdessen vollendeten die Venezianer andere Werke zur Erhaltung des Po di Levante, welche die Ableitung des Castagnaro einschränken sollten, durch den die Wasser der Etsch in den Canalbianco flossen. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurde auf den Vorschlag von Paleocapa an der Mündung dieses Ableiters eine gewaltige Sperre aufgeführt, jedoch nach 20 Jahre währenden Erörterungen wurde der Flussarm schliesslich im Jahre 1838 endgültig coupiert.

3. Arbeiten zum Schutze der Mündung aus der Zeit nach 1852. Ergebnisse. — Kosten.

Die bis dahin ausgeführten Arbeiten trugen zwar indirekt zur Erhaltung der Mündung des Po di Levante bei, eigentliche Schutzvorkehrungen waren jedoch bislang nicht getroffen worden, ungeachtet der begründeten Beschwerden, die seitens der Seeschiffahrt über den traurigen Zustand dieser Mündung erhoben wurden (1), insbesondere nachdem der Po di Levante der trüben Wasser der Etsch entledigt und ein schöner klarer Wasserlauf mit mässigen Hochwassern geworden war.

(1) Paleocapa, der bis 1848 in Venedig Direktor der öffentlichen Bauten war, erklärt in einem an Possenti gerichteten Schreiben (im Jahrgang 1869 der *Zeitschrift des Genio Civile* veröffentlicht) er habe stets die dringlichen Ansuchen und Aufträge der damaligen Regierung abzuweisen und hinzuhalten gesucht, in denen er aufgefordert wurde, Vorschläge zu ins Meer vorgeschobenen Werken zu machen, die dem Po di Levante eine freie, tiefe Mündung sichern sollten; denn augenscheinlich hätten diese Ansuchen und Aufträge die Förderung des Handels von Triest zum Schaden dessen von Venedig zum Ziel gehabt. Jener berühmte Wasserbaumeister sah seinerseits das am meisten erschwerende Hindernis für die Po-Schiffahrt in der unvermeidlichen Durchfahrt durch die Schleuse von Cavanella, welche die Schifffahrtslinie des Po di Levante genau wie die lombardische Linie nehmen musste; was die Misstände betrifft, die mit den anderen drei Schleusen von Tornova, Cavanella, (Etsch) und Brondolo verbunden waren, welche die Schiffe auf dieser letzteren Linie zu durchlaufen hatten, so wurden diese nach seiner Meinung durch den Vorteil ausgeglichen, dass die betreffenden Flussarme in die grossen Häfen von Chioggia und Venedig münden, ein Vorteil, der um so erheblicher sei, als die Po-Schiffahrt hauptsächlich mit Kähnen besonderer Bauart betrieben werde, die nicht seetüchtig seien.

Im Jahre 1847 richtete die Firma Perelli-Paradisi eine neue Schiffahrtslinie auf dem Po ein. Die Waren wurden auf Barken und Flößen von den Häfen von Venedig, Chioggia und Levante nach Cavanella di Po transportiert und hier in grosse Kähne umgeladen, die von Schleppdampfern den Po hinaufgeschleppt wurden.

Um diese Zeit richtete die Stadt Triest, um in Besitz der Po-Schiffahrtslinie zu kommen, mit Lloydampfern eine öftere Verbindung zwischen Triest und Chioggia ein, und trat 1850 an Stelle der Firma Perelli-Paradisi (1).

Um nun den Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, die mit den Binnenkanälen von Chioggia zum Po verbunden waren, schlug der Lloyd der Regierung vor, die Meermündung des Canal di Levante in einen Handelshafen umzuwandeln, dessen Wassertiefe auch die Aufnahme ihrer eigenen Dampfer gestatten sollte. Währenddessen hatte sich infolge der zwischen den Staaten Oesterreich, Herzogtum Parma und Modena, und Kirchenstaat geschlossenen Uebereinkunft die « *Internationale Kommission für die freie Po-Schiffahrt* » gebildet, mit dem ausdrücklichen Ziel, die Entwicklung und Ausübung der Schiffahrt auf dem Po zu fördern und zu schützen.

In der Ueberlegung, dass der Po, die einzige Wasserstrasse zur Verbindung der Lombardei und der Herzogtümer mit dem Meere, einer für Schiffe bequemen fahrbaren Mündung ermangelte, « *indem die im Delta einbegriffenen Mündungsarme unüberwindliche Schwierigkeiten boten* », liess die Kommission dem Vorschlage des Lloyd ihren tatkräftigen Beistand, sodass die Regierung diesen Vorschlag genehmigte und die Ausarbeitung eines Entwurfs anordnete.

Der Zustand der Fahrstrasse war folgender :

« Schiffahrtskanal von Cavanella Po » : Wassertiefen und Breite ungenügend ;

« Kanal di Levante » : Tiefen genügend, ausser auf kurzen Abschnitten, jedoch Treidelwege nicht vorhanden oder verfallen ; Einfahrt vom Meere her durch die Sandbank an der Mündung behindert.

An dieser Stelle waren bis 200 m von der Küste (2) die Tiefen für grosse Barken ausreichend, aber weiter nach dem Meere hin in der Richtung nach Osten wurden sie nach und nach

(1) C. BULLO. *Denkschrift über die Häfen Levante, Çaleri und Boglioni*. Adria 1883.

(2) Nach dem Entwurfsbericht.

immer geringer bis an die Sandbank, auf der bei Ebbezeit kaum 1/2 m tief Wasser blieb. 100 m weiter, denn eine derartige Breite hatte die Sandbank, nahmen die Tiefen wiederum zu, bis sie etwa 1 Kilometer von der Küste den für Schiffe notwendigen Stand erreichten.

Der 1851 von dem öffentlichen Bauamt zu Rovigo vorgelegte Entwurf umfasste drei Teile :

I. Verbreiterung und Vertiefung des Schiffahrtskanals von Cavanella Po, und absatzweise Austiefungen im Canal di Levante 185 000 Lire

II. Treidelweg zur Rechten und Linken des Canal di Levante 103 000 »

III. Einschränkungsarbeiten am Porto 798 000 »

Sa : 1 086 000 Lire

Dieser letztere dritte Teil umfasste die Herstellung eines Ausenkanals vermitteltst zweier ca. 1 Kilometer langer Leitdämme, die quer durch die Sandbank gezogen werden sollten, um eine Tiefe von 2,60 m unter mittlerem Ebbe-Wasserstand zu erzielen.

Hinsichtlich der den Dämmen anzuweisenden Richtung war zu berücksichtigen, dass Ost- und Nordost-Winde nicht nachteilig wirken durften, ja sogar der Einfahrt der Schiffe noch förderlich sein mussten, und dass die Oertlichkeit gegen Südost-Winde durch das vorgelagerte Delta des Po di Maistra geschützt war. Man beschloss daher, den äusseren Kanal normal zum Ufer beginnen und dann mit leichter Krümmung in die Richtung des « scheinbaren » d. h. von der Kompassnadel angezeigten Ostens (missweisend) übergehen zu lassen, d. h. 16° nordöstlich vom « wahren » Osten (rechtweisend). Der nördliche Damm sollte 80 m länger gehalten werden als der südliche, um der Mündung einen wirksameren Schutz gegen Nord- und Nordost-Winde zu gewähren.

Auf der Anfangsstrecke von 240 m von der Küste an gerechnet, sollten die Dämme gleichsam einen Trichter von zuerst 86 dann 40 m lichter Oeffnungsweite bilden, und diese letztere Entfernung auf die ganze übrige Länge beibehalten. Bis 150 m von der Küste sollten es steinerne Molen sein mit einem Kern von künstlich hergestelltem, aus Holz und Erde bestehendem Stoff (Volparoni), daran anschliessend auf 925 m bei dem nörd-

lichen und 820 m bei dem südlichen Damm zwei Pfahlwände mit einer Ausfüllung von Beton und Stein (1).

Der Entwurf wurde angenommen, doch wurde, anscheinend auf die Ratschläge der Internationalen Kommission hin (2), von der Füllung zwischen den Pfahlwänden abgesehen und das System der Pfahlwände « à jour » (Lückenpfähle) gewählt ; die Erfahrung hat später hier wie anderwärts die Untauglichkeit dieses Systems erwiesen. Die Anlage des Leinpfades auf der linken Seite des Kanals liess man fallen, und bezüglich des Schifffahrtskanals von Cavanella wurden die vorgeschlagenen Arbeiten als nicht ausreichend angesehen und neue Entwürfe verlangt, die dem Programm des inzwischen von der Regierung mit der Lloyd-Gesellschaft abgeschlossenen Vertrages entsprechen sollten.

Die Arbeitsausführung wurde für 608,000 Lire an einen Unternehmer vergeben und im November 1852 begonnen, indem man sogleich so manche andere Aenderung einführte. Bei Festlegung der Fluchtlinie der Pfahlwände, die im Beisein eines Vertreters des Lloyd geschah, wurde die Breite des Kanals auf 60 m vergrössert, und die Kronenbreite der Steinmolen verkleinert ; die südliche Mole fiel zum grössten Teil weg und beschränkte sich auf einen einfachen Molenkopf zum Schutze der entsprechenden Pfahlwand, der an die vorhandenen Dämme angeschlossen wurde.

Im Mai des folgenden Jahres 1853 wurden die Arbeiten von der Internationalen Kommission besichtigt, und bei dieser Gelegenheit wurde die Ausbaggerung des Kanals zwischen den Dämmen ins Werk gesetzt, die im Entwurf nicht vorgesehen war.

Diese Baggerung wurde hauptsächlich von Hand mit Hilfe von Baggerflüssen ausgeführt, da man, wahrscheinlich wegen Unzu-

(1) Bauliche Einrichtung der Dämme :

Kronenbreite der Steinmolen, 5 m ; Höhe über gewöhnlichem Flutwasserstand, 2,00 m ; Dicke des äusseren Steinmantels, 1,00 m. Jede Pfahlwand gebildet von drei Reihen Pfählen, (7 bis 9 m lang), durch aufgesetzte Quer- und Längsholme verbunden ; Abstand von Reihe zu Reihe 2,00 m und von Pfahl zu Pfahl jeder Reihe 0,80 m. Die Pfähle der beiden inneren Reihen jeder Pfahlwand, nach dem Kanal zu, 2,00 m über gewöhnlichem Tiefwasserstand aus dem Wasser ragend und mit einer begehbaren Bedienungsbrücke versehen ; die Pfähle der dritten Reihe, nach dem Meere zu, 0,60 m über Flutwasserstand. Am äussersten Ende der Pfahlwände eine halbkreisförmige Pfahlgruppe mit einer Signalstange in der Mitte ; Füllung zwischen den Pfahlreihen (entsprechend dem Entwurf) Beton bis zur Höhe des Ebbe-Wasserstandes, und darüber bis oben hin aus Stein.

(2) Aus dem oben angeführten Schreiben von Paleocapa.

länglichkeit der maschinellen Einrichtung, mit dem Dampfbagger die erhofften Resultate nicht erhielt.

Im Verlaufe der Arbeiten verursachten zwei heftige Stürme schwere Beschädigungen der Dämme; mehr als 400 Pfähle, fast alle aus der nördlichen Pfahlwand, wurden herausgerissen, längs der Pfahlwand Vertiefungen von 6 m Tiefe ausgehöhlt, und der Grundsand in den Kanal zwischen den Dämmen geschwemmt.

Man kam also wieder auf die Anfüllung mit Füllmaterial zurück, beschränkte sich jedoch auf die Höhe von 2,00 m unter Flutwasserstand.

Jedoch auch diese Massregel erwies sich als unwirksam, der Kanal fuhr fort zu versanden, und ausserdem fand eine starke Zuströmung quer über den Süddamm statt, an der Stelle, wo sich die alte Mündung befand, sodass man die Auffüllung bis auf das gewöhnliche Flutniveau hochbringen musste.

Da indessen diese ganze Ausführung ebensowenig wie die Baggerungsarbeiten in die Vergebung mit inbegriffen war, während die im Vertrage angegebenen Arbeiten bereits beendet waren, und Mai 1854 schon 900 000 Lire überstiegen, so wurde, obschon zur Fortsetzung alles bestimmt war, Auszahlung und Abnahme angeordnet.

Ausgangs dieses Jahres inspizierte eine von der Regierung ernannte besondere Kommission, bei der auch einige Mitglieder der Internationalen Kommission beteiligt waren, die Arbeiten und stellte fest, dass der Kanal auf seiner ganzen Länge Tiefen von mindestens 3 m unter Flutwasserstand aufwies, dass jedoch am äussersten Ende der Dämme eine Sandbank in Bildung begriffen war, die aber in südöstlicher Richtung eine Passage von genügender Weite und Tiefe zur Durchfahrt der Dampfer frei liess (1). Die Kommission riet daher, es sollte behufs Sicherung des Erfolges der Arbeiten mit der Versenkung von Stein zur Verstärkung der Pfahlwände, sowie mit der Flossbaggerung im Kanal innerhalb wie ausserhalb des Bereichs der Dämme fortgeführt werden, und so geschah es, jedoch ohne Innehaltung einer festen Ordnung.

Der Lloyd hatte ferner vorgeschlagen, den Norddamm um weitere 400 m zu verlängern, in der Meinung, dass dadurch ein sicheres und dauerndes Ergebnis erzielt werden liess; dieser Vorschlag drang jedoch nicht durch, weil nach 1857 die Dampf-

(1) Die Ergebnisse dieser Inspektionsreise wurden niedergelegt in den Akten, Adria, 7. Oktober 1854.

schiffahrt, die sich bis dahin recht erfreulich entwickelt hatte, rapide zurückging und im Jahre 1859 gänzlich aufhörte.

Die Gründe dafür waren nach Lombardini (1) in den Bedingungen zu suchen, unter denen sich der Betrieb vollzog, vor allem jedoch darin, dass die Gesellschaft das Unternehmen auch auf Personenbeförderung ausdehnen wollte und Schleppdampfer von übermässiger Länge gebrauchte.

Während dieses Zeitraumes waren weitere Studien und Vorschläge zur Verbesserung des Schiffahrtsweges gemacht worden. In Hinblick auf die Schwierigkeit, die es bot, den Schiffahrtskanal von Cavanella di Po durch zwei Hebeschleusen richtig zu regulieren, wurde seit 1853 folgender Entwurf ausgearbeitet : In einem grossen Becken bei Articioco (an der Mündung des Schiffahrtskanals in den Canalbianco Po di Levante) sollten die vom Meere herkommenden Dampfer entladen, und ihre Waren in die zu weiterer Beförderung den Po hinauf bestimmten Kähne umgeladen werden. Die Kosten wurden auf 360,000 Lire veranschlagt.

Im Jahre 1855 wurde ein neues Projekt geprüft, welches bezweckte, die ganze Strecke von Articioco bis zum Meer in einer Rinnenbreite von 30 m und einer Tiefe von 4 m durchzuführen, ferner auch die für bequeme Durchfahrt der Dampfer zu engen Kurven zu erweitern (2). Diese Ausführungen sollten etwa 3 Millionen kosten, einschliesslich 600 000 Lire allein für Steine zur Verstärkung der Dämme.

Schliesslich wurde im darauf folgenden Jahre 1856 der Vorschlag gemacht, von dem Schiffahrtskanal von Cavanella ganz abzugehen und vom Canal di Levante an der « Svolta Grimana » etwa 2,5 Kilometer abwärts von Cavanella zum Po durchzustecken. Zu diesem Zweck sollte an jener Stelle ein neuer Kanal mit einer auch grössere Schiffe fassenden Kammerschleuse gebaut werden.

(1) MATTEI. *Die Binnenschiffahrt in Italien.*

Quelle dafür : LOMBARDINI. *Die Projecte betreffend Bewässerung des Po-Tales*, 1862. Dort heisst es : « Die Gründe für den Misserfolg der Po-Schiffahrt des Triester Lloyd waren folgende : Der Lloyd wollte das Unternehmen auch auf die Personen-Beförderung ausdehnen, und musste sich dazu der Zustimmung der militärischen Behörden versichern, mit denen er jedoch oft in Conflict kam; ferner die Einstellung von Schleppdampfern übermässiger Länge, die daher ungenügende Manövrier-Fähigkeit besaßen; schliesslich die Vernachlässigung der Studien der Flusshaltung, die in bestmöglicher Weise hätte ausgenutzt werden müssen.

(2) Die längsten Dampfer hatten 165 engl. Fuss (50,32 m) Länge zwischen den Perpendikeln, und 7 Fuss (2,13 m) Einsenkung.

Dieser Vorschlag, dessen Ausführungskosten auf 900 000 Lire veranschlagt wurden, war der Gegenstand von Unterhandlungen zwischen der Regierung und dem Lloyd, welche zum Ziel hatten, die Gesellschaft zur Tragung eines Teils der Kosten zu veranlassen ; man liess jedoch die Idee plötzlich fallen, da die Gesellschaft, die Vorteile des Vorschlages wohl erkennend, erklärte, ihn nur in dem Falle annehmen zu können, dass ihr für die Einfahrt in den Porto di Levante eine Wassertiefe von 4,00 m unter mittlerem Flutwasserstand gesichert werde, da sie eine solche Tiefe für Schraubendampfer als unumgänglich notwendig erachte (1).

Nachdem der Lloyd den Betrieb auf der Strecke eingestellt hätte, verwandte die österreichische Regierung bis 1866 und die italienische in den folgenden Jahren bis 1871 jedes Jahr ganz beträchtliche Summen zur Instandhaltung der Mündung, indem längs der Dämme audauernd Steine versenkt wurden und der Kanal mit Baggerflüssen ausgetieft wurde.

Die folgende Uebersicht giebt eine Zusammenstellung der Kosten aus der Zeit vom ersten Anbeginn der Arbeiten bis damals :

1.) Kosten der Arbeiten vom Beginn bis zum Abnahmetermin (Mai 1854)	östr. L.	914 000
2.) Kosten der Arbeiten von Mai bis Dezember 1854		236 000
3.) Kosten der Arbeiten für Herstellung von Vertiefungen mit dem Dampfbagger, der Dezember 1854 zu arbeiten aufhörte		109 000
4.) Kosten der Arbeiten von 1855-1858 einschl.		839 000
5.) Kosten der Arbeiten von 1859-1866		658 000
	Summa östr. L. :	2 756 000
	in italienischen Lire etwa :	2 411 000
6.) Kosten von 1867 bis 1871		482 000

Gesamtsumme : Lire 2 893 000

von dieser Summe wurde etwa $\frac{1}{10}$ auf Ausbau und Instandhaltung des Treidelweges verwandt.

Nachdem von 1871 an der Hafen in die vierte Klasse eingeordnet worden war, will sagen unter diejenigen Häfen, deren Instandhaltung den Ortsbehörden obliegt, wurde keine systematische Arbeit zur Erhaltung der Mündung mehr ausgeführt. Da-

(1) Einsenkung der Schleppdampfer 7 engl. Fuss (2,13 m); Eindrückung des Fahrzeuges bei Sturm ca. 3 Fuss (0,90 m); Schwankung in den Syzygien 1,00 m, im Ganzen 4,03 m.

bei ist abgesehen von gelegentlichen Ausführungen, nämlich einer Versenkung von Steinen an den Dämmen und einer Auskalfaterung des Süddamms auf der Verbindungstrecke mit der Küste, Arbeiten, die 1891 mit 33.000 Lire Unkosten ausgeführt wurden.

Ausserdem war und ist noch heute für Instandhaltung des Treidelweges längs des Kanals dauernd zu sorgen, wofür jährlich ca. 6000 Lire Unkosten entstehen.

4. Weitere Massregeln und Vorschläge zur Beseitigung der Ursachen für die Versandung des Porto di Levante

Zu den Mitteilungen über die zur Verbesserung der Mündung von Levante getroffenen Massregeln möchte ich noch ergänzend hinzufügen, dass von Anbeginn der Arbeiten an die Bildung der Sandbank und die daraus sich ergebende Versandung des Hafens vor allem und fast ausschliesslich den von dem benachbarten Arm von Maistra mitgeführten Anschwemmungen zugeschrieben wurde. Es war sogar damals schon der Gedanke aufgetaucht (1), als radikale Abhilfe die vollständige Absperrung dieses Armes durchzuführen.

In Hinblick auf die, ungeachtet der hohen Aufwendungen, wenig erfreulichen Resultate, hielt es die Regierung für notwendig, diesen Gedanken zur Ausführung zu bringen und vergab 1863 die Ausführung der erforderlichen Arbeiten gemäss einem 1861 vom Genio Civile von Rovigo aufgestellten Plan für die Summe von 290.000 Lire.

Diese Arbeiten umfassten die Absperrung des Arms von Maistra an der Abzweigung mit einem kräftigen Sperrdamm nach vorgängiger Korrektion und Verlängerung der Dammanlagen des Po delle Tolle, wodurch dieser zur Aufnahme der grösseren Wassermengen, wie sie nach Absperrung der Maistra ihm zufließen würden, befähigt werden sollte.

Kaum schickte man sich jedoch an, nach Ausführung der Dammanlagen längs des Po di Tolle mit den Absperrungsarbeiten zu beginnen, als sich seitens der Besitzer des Ufergeländes am Tolle, die sich durch die Unterdrückung der Maistra geschädigt glaubten, energische Einsprüche erhoben. Sie forderten eine Verlängerung der projektierten Dammanlagen, sodass

(1) POSSENTI. Bericht an den Consiglio Superiore der öffentlichen Arbeiten. *Über die Absperrung des Po di Maistra*. — Giornale del Genio Civile. Jahrg. 1870, nicht offizieller Teil.

schliesslich die Regierung nach langwierigen Verhandlungen mit den interessierten Stellen zu dem Schlusse kam, die Arbeiten vollständig aufzugeben und die Vergebung rückgängig zu machen.

Die Gründe, welche die Regierung zu dieser Entschliessung veranlassten, waren vornehmlich folgende :

Erstens hatte sich dank der einige Jahre zuvor erfolgten Wiederherstellung der beiden Mündungsmolen die durch den Arm von Maistra abfliessende Wassermenge und damit zugleich die Gefahr für die Mündung von Levante beträchtlich verringert, und zweitens hatte Jemand die Notwendigkeit der Absperrung bestritten, mit der Behauptung, das Material der Sandbank im Hafen sei nicht Po-Kies, sondern Seesand, eine Meinung, die mit den bisherigen Ansichten in auffallendem Widerspruch stand. Da jedoch in der Folge die Ansprüche der Schifffahrt auf eine bessere Einfahrt vom Meere her immer dringender wurden, so legte der « Genio Civile von Rovigo » 1861 einen Entwurf vor, der im Grossen und Ganzen eine Verlängerung des Nord-Damms um 400 m enthielt, wie sie schon einmal der Lloyd vorgeschlagen hatte.

Nach Prüfung dieses Vorschlages wurde vor allem genaues Studium und präzise Bestimmung der Ursachen für die Versandung gefordert, insbesondere, nachdem Zweifel über die Herkunft des die Sandbank bildenden Materials aufgetaucht waren.

POSSENTI, damals Inspektor des Genio Civile, beschäftigte sich speziell mit dieser Frage und berichtet darüber (1) : « durch Vergleich mit den an der Küste, und zwar am Ausgang des Hafens und an der Mündung der Maistra 1856 sowie 1867 vorgenommenen Lotungen liess sich gegenüber der ersteren eine Versandung und gegenüber der letzteren eine Vertiefung feststellen ; ferner ergab sich aus der Prüfung einiger Grundproben, die vor jenen beiden Mündungen und der Etschmündung entnommen waren, sowie aus Baggerungen aus der Sandbank, dass diese hauptsächlich aus Sand von der Etsch, mit Spuren von Thon, bestand. Aus diesen beiden Tatsachen zieht Possenti die Folgerung, die Versandung des Hafens sei nicht den von der Maistra herangeführten Anschwemmungen zuzuschreiben, sondern der Wirkung der Küstenströmung, welche die Materie von der Mündung der Etsch hierherschleppt (2) und er schliesst : « es sei dies ein unumstösslicher Beweis

(1) Siehe vorerwähnter Bericht.

(2) Die Küstenströmung ist von links nach rechts gerichtet.

» dafür, dass, entsprechend der Theorie von Motanari (1), zur
» Verstopfung der Häfen des Adriatischen Meeres die schwäch-
» ste Küstenströmung mehr beiträgt, als die Wirkung der tem-
» porären, wechselnden und oft entgegengesetzten Winde ;
» denn wenn die gegenteilige Meinung richtig wäre, so müsste
» durch die vom Po herbeigeführten Sinkstoffe kein Hafen
» leichter versanden, als der von Levante. »

Gegen diese Folgerungen wandte sich Professor Cialdi, und es entspann sich darüber zwischen den beiden Wasserbau-Technikern eine lebhaftete Polemik (2).

Cialdi streitet der Küstenströmung die ihr von Possenti zugeschriebene Wirksamkeit ab ; er hält die Behauptung aufrecht, dass die Versandung der Küsten hauptsächlich durch Stürme und Orkane und nur beiläufig durch die schiebende Bewegung hervorgerufen werde und beweist, dass die am Porto di Levante festgestellten Tatsachen diese Theorie bestätigen.

Der genannte Hafen, bemerkt Cialdi, ist vor Südwinden geschützt, dagegen für Nord- und Nordost-Winde offen, da nun diese der Küstenströmung nicht entgegenwirken, sondern vielmehr sie verstärken, so folgt daraus, dass sie unter Mitwirkung dieser Strömung die Sandmassen der Etsch auf die Sandbank befördern ; Cialdi hält es daher für richtig, und macht auch einen entsprechenden Vorschlag, den Nord-Deich zu verlängern, da die Etsch der grösste Feind sei, gegen den man Schutzmassregeln ergreifen müsse.

Abgesehen von der Frage, ob die Querbewegung durch Wind, oder laufende Wellenbewegung, im Verhältnis zu der schiebenden Bewegung in der Wirkung vorwiege, eine Frage, hinsichtlich deren die Richtigkeit der Cialdischen Ansicht späterhin von den Wasserbau-Ingenieuren anerkannt worden ist, steht doch die Tatsache fest, dass die beiden Wasserbauer sich über die Herkunft der Sandmassen in Uebereinstimmung befanden.

Zur Lösung der genannten Frage genügt übrigens die Betrachtung, dass zur Verschiebung von Sand auf dem Grunde eine Wassergeschwindigkeit von mindestens 0,30 pro Sekunde erforderlich ist, während die Küstenströmung im Maximum 0,09 m erreicht (3).

Bezüglich der Herkunft der Sandmassen ist noch ein weiterer

(1) Dr. *Geminiano Montanari*.

(2) *Il Politecnico* (Jahrg 1870), S. 276, 287, 554, Mailand, Tipografia degli Ingegneri.

(3) CORNAGLIA. *Ueber die Haltung der Küsten*, Turin, 1891, Seite 154.

Umstand zu erwägen, der in diesem speziellen Falle ziemlich von Bedeutung ist. Es flossen nämlich, wie auch bereits angeführt, vom Beginn des 17. Jahrhunderts an bis 1838 durch die Mündung von Levante in grosser Menge die trüben Wasser der Etsch, und das Bett des Canalbianco-Po di Levante geht fast auf seiner ganzen Länge quer durch grosse Anschwemmungen und wahre Berge von Sand, alles Ablagerungen der Etsch, die noch heute sichtbar sind.

Besonders also in den ersten beiden Jahrhunderten, aber auch später noch, wenn auch in geringerem Masse, führte und führt der Po di Levante bei Hochwasser Sinkstoffe zum Meere, die mit denen der Etsch identisch sind, und dies ist, wenn nicht der einzige, so doch sicherlich nicht der letzte Grund für die festgestellte Identität zwischen der Grundmaterie an der Etschmündung und der Sandbank im Hafen, noch dazu wurde, nachdem die Ableitung coupiert und jedwede Verbindung mit der Etsch abgeschnitten war, die Abflussmenge des Po di Levante stark verringert und die Tätigkeit der Grundströmung konnte sich kräftiger entfalten, mit der Wirkung, dass sie die Sandbank vergrösserte.

Wie dem auch sei, der Bericht von Possenti und noch mehr die schnell fortschreitende Verlandung des Po di Maistra liessen die Idee der Coupierung dieses Flussarmes endgültig verschwinden und ein gleiches Schicksal traf den Vorschlag zur Verlängerung des Nord-Dammes, sodass man sagen kann, von 1871 an wurden die Schutzwerke fast vollständig aufgegeben.

5. Gegenwärtiger Zustand der Mündung von Levante.

Wegezeichen für die Kanalstrecke. — Verbesserungsvorschläge.

Aus den auf Anordnung der Kommission für das Studium der Binnenschifffahrt im Po-Tale im Jahre 1902 ausgeführten Messungen (dargestellt auf Tafel II) ergibt sich, dass der Kanal gegenwärtig bis zum Ende der Dämme und unmittelbar jenseits ausreichende Tiefe hat, indem er daselbst einen Wasserstand von 9 m aufweist. Er biegt dann schroff nach Norden und hält sich auf etwa 1 1/2 Kilometer in dieser Richtung, eingeschlossen zwischen der Sandbank nach dem Meere zu und den Untiefen an der Küste, und mit allmählich abnehmenden Tiefen. Darauf wendet er sich nordöstlich und durchquert die Sandbank, deren Grat nur 1,70 m unter « gewöhnlichem Meeresspiegel » (Comune

Marino) (1) (Null des Hafen-Pegels) liegt, derart, dass bei mittlerem Ebbewasserstand, auf 0,68 m unter dem gewöhnlichen Meeresspiegel, « C. M. » zu rechnen, für die Durchfahrt der Schiffe kaum 1 m Wassertiefe verbleibt.

Die Leitdämme bestehen gegenwärtig in ihrer ganzen Länge aus Dämmen in Steinschüttung, welche die Pfähle der früheren Pfahlwände umschliesst, die hier und dort bei Ebbe aus dem Wasser ragen.

Ihre Krone hat im Mittel eine Breite von 2 m und erhebt sich bei dem Norddamm 0,30 — 0,50 m über «C. M.» während sie bei dem Süddamm fast in Niveauhöhe des «C. M.» liegt. Die Neigung der ebenso nach der Meerseite, wie gegen den Kanal hin abfallenden Böschungen beträgt zum grössten Teil 45°.

Auf der Strecke, wo nur geringe Wassertiefen vorhanden sind, wird der Verlauf des Kanals ausserhalb der Leitdämme durch hölzerne Stangen von 4 bis 5 m Länge bezeichnet, die von Hand in den Grund eingesetzt auf dem Uferrand des Kanal rechts vom Einfahrenden in Abständen von 50 bis 100 m stehen.

Diese Stangen, die « mede » oder « mee » genannt werden, ragen etwa 1 m über gewöhnlichen Flutwasserstand aus dem Meer und tragen, um besser sichtbar zu sein, ein an ihrem oberen Ende angebundenes Stroh Bündel. Die am weitesten nach dem Meere zu befindliche « mea », die jenseits der Sandbank steht, weist den Schiffern den Eingang zum Hafen und wird « mea foranea » (Aussen-Wegzeichen) genannt.

Mit der Aufstellung und Instandhaltung der Schiffahrtszeichen ist ein geeigneter Beamter betraut, als « meatore » oder Hafenwächter bezeichnet, der vom Staat besoldet wird und ausserdem das Amt hat, die täglichen Pegel-Beobachtungen der Tide zu registrieren.

Der Beamte, dem ein Boot zur Verfügung steht, peilt in regelmässigen Zeiträumen die Tiefen ab ; er versetzt die « mee » entsprechend den Veränderungen , denen die Kanalrinne, be-

(1) Der « gewöhnliche Meeresspiegel » *Comune Marino* ist die übliche Bezugsebene, die dem Null-Punkt des Pegels von Porto Levante entspricht.

Aus den an diesem Pegel in dem 14 jährigen Zeitraum von 1871-1884 gemachten Ablesungen (Projekt der Entwässerung des Po-Gebiets zwischen Canalbianco und Etsch) ergab sich der Flutwechsel im Mittel zu 0 m. 75 oder 0 m. 68 (mittlerer Ebbestand) unter C. M., bis 0 m. 07 (mittlerer Flutstand) über C. M., daraus ergibt sich die mittlere Tide zu 0 m. 30 unter C. M.

Man hatte ferner die folgenden Maxima : Maximale Ebbe, 1 m. 40 unter C. M. am 19 Februar 1863 ; maximale Flut : 1 m. 67 über C. M. am 6. Dezember 1839.

sonders auf der Durchquerungsstrecke der Sandbank, unterworfen ist, und stellt die Stangen wieder auf, welche in Verlust geraten oder von Stürmen fortgetragen werden.

Für einen Fahrkanal, der sich fortwährend ändert, ist ein solches System der Wegzeichen umso besser geeignet, je einfacher es ist. Es erweist sich als praktisch, prompt und sparsam, insofern es keiner Vorbereitung bedarf, sondern höchstens ein Arbeiter zur Unterstützung des « meatore » gebraucht wird, der das wenige erforderliche Material auf seinem Boot bereithält und von dort aus die Zeichen rasch einsetzt (1).

Der « meatore » hat ferner bei stürmischem Wetter den Dienst eines Lotsen an Bord der Schiffe zu versehen, um ihnen die Einfahrt in den Kanal zu erleichtern.

Dies ist also gegenwärtig der Zustand des Porto di Levante, ein Zustand, den man durchaus nicht als beneidenswert bezeichnen kann, wenn man an die enormen Summen denkt, die in dem 20 jährigen Zeitraum von 1852-1871 für die Regulierung aufgewandt worden sind. Es ist daher auch der Verkehr, der heute durch die Mündung geht, recht spärlich, da diese nur für kleine Schiffe beschränkter Eintauchtiefe fahrbar ist.

Es ist nicht erwiesen, ob in dem Zeitraum, als der Vorschlag betreffend Verlängerung des Norddamms zur Erörterung stand, vor den von der Kommission zum Studium der Binnenschifffahrt angeordneten Messungen bereits andere Messungen ausgeführt worden sind, derart, dass man die in diesem letzteren Zeitraum vor sich gegangenen Veränderungen der frontalen Sandbank Schritt für Schritt verfolgen könnte. Aus einem Vergleich der Lotungen von 1867 mit denen von 1902 ergibt sich jedoch, dass die Sandbank sich beträchtlich gegen Norden vorgeschoben hat; andererseits hat der Kanal ausserhalb der Dämme unmittelbar vor diesen an Tiefe zugenommen und befindet sich mit dieser Verlängerung an der Durchquerungsstelle der Sandbank jetzt nahezu in derselben Verfassung, wie vor 30 Jahren; in anderen Worten, die Mündung hat sich verscho-

(1) Ein gleiches System wird schon seit langer Zeit an den Mündungen des Po angewandt, die dem Verkehr wegen ihrer viel grösseren Veränderlichkeit weit bedeutendere Schwierigkeiten bieten als die Levante-Mündung; es könnte mit Erfolg auch auf die oberen Flussstrecken ausgedehnt werden, für solche Stellen, an denen es an genügenden Wassertiefen mangelt. Mit der Beaufsichtigung könnte man unter geringstem Kostenaufwand das zahlreiche Personal betrauen, das der Staat längs der ganzen Strecke zur Ueberwachung der Dämme unterhält.

ben, jedoch nicht verschlechtert, trotz der Verlängerung des Kanals, woraus man schliessen kann, dass die Wirkung der vertiefenden Tätigkeit zugenommen hat.

Diese Wirkung rührt her von den Abflusswassern, die in den Po di Levante fliessen und zu bestimmten Zeiten die ganz erhebliche Wassermenge von 150 cbm führen; ferner von dem Gezeitenwechsel, der sich im Flusstriche auf viele Kilometer hin mit einem mittleren Flutwechsel von 0,75 m (an der Mündung) fortpflanzt, hauptsächlich jedoch von der Ebbeströmung einer offenen Lagune, der Vallona, die sich vom Süddamm an zwischen der alten Küste und der frontalen Anschwemmung nach Süden erstreckt und eine Fläche von 5 qkm besitzt.

Die Erklärung für die vermehrte Vertiefung liegt darin, dass sich die niemals von der Flut ganz bedeckte Sandbank vorgestreckt hat. Sie bewirkte dadurch eine merklich vergrösserte Ausdehnung des Rückstossbeckens und gleichzeitig eine Verengerung des Querschnittes für den Ebbestrom, der zwischen Sandbank und Kopf der Dämme eingeschlossen ist.

Jedenfalls bleibt die Tätigkeit des Flusslaufes und die der Tide immer zu unserer Verfügung und das Problem der Verbesserung des Porto ist auf die Aufgabe zurückgeführt, die beste Art der Ausnutzung dieser Kräfte ausfindig zu machen, und ihr Zusammenwirken zur Erreichung des günstigsten Effekts zu veranlassen.

Der Ingenieur Montanari (1), der sich eifrig mit der Lösung der das Gebiet von Rovigo betreffenden wichtigen wasserbautechnischen Fragen befasste, riet die Herstellung zweier Abschluss-Molen an. Die eine sollte 500 m lang sein und, dem Ufer nahezu parallel verlaufend, eine Verlängerung der vor den Dämmen liegenden Sandbank bilden, die andere 1 Kilometer lang vom Ufer getrennt nördlich von der « Bocchetta Pozzàtini » in normaler Richtung zur Küste der ersten entgegenlaufen; am Ende dieser beiden Molen sollte eine gewöhnliche Doppelmole von ca. 100 m Länge mit nordöstlicher Richtung errichtet werden, um die neue Meermündung zu bilden.

Die Kosten wurden auf höchstens 600.000 Lire geschätzt.

Montanari rechnet aus, dass der Abfluss des Canal di Levante mit Hilfe der Ebbeströmung der Vallona, für die er die sehr glücklich gewählte Bezeichnung « Lebenslunge des Porto » hat,

(1) Ing. TOMMASO MONTANARI. *Ueber die Entwässerung der Po-Gegend von Rovigo*, Mantua, 1902. Tipografia.

sowie gefördert durch die Pozzadini-Strömung, die sich zweifellos wieder neu beleben würde, sicherlich ausreichend sein würde, der Mündung die erforderliche Wassertiefe zu wahren, während die zwischen den neuen Molen sich erschliessende weite Bucht den Schiffen einen geräumigen sicheren Zufluchts-hafen gewähren könnte.

In anderer Richtung würde sich auch eine Verlängerung des Norddamms um einige hundert Meter als wirksam erweisen, da so die Ebbeströmung der Vallona gezwungen werde, sich dem Damm anzuschmiegen und infolgedessen den Fahrkanal in dieser Richtung vertieft erhalten würde. Nach gründlichem Studium der örtlichen Verhältnisse und des Verhaltens der Meeresströmung werde sich ausserdem die Frage entscheiden lassen, ob es zwecks Erhaltung des Querschnittes der Ebbeströmung und zum Schutz gegen Versandung des Hafenausgangs notwendig sein werde, eine zweite Mole parallel zum Süddamm, aber in einem zur Erzeugung der Lagunenwirkung ausreichenden Abstand von diesem zu errichten; sowie die weitere Frage, ob und inwieweit eine der beiden neuen Molen mit Rücksicht auf die vorherrschende Wellenrichtung weiter vorgezogen werden müsste.

Wie indessen Cornaglia (1) richtig sagt, wird die Frage zu einem schwierigen Problem, wenn es sich um die Schaffung von Häfen an einer flachen, mehr oder weniger Verlandungen unterworfenen Küste handelt, und zur Vermeidung von Irrthümern muss man unbedingt über genaue Beobachtungen der örtlichen Verhältnisse verfügen können, wie sie jedoch für den Porto di Levante und die angrenzenden Küsten zur Zeit noch nicht vorliegen. Nun ist jedoch die zum Porto führende Linie früher schon einmal von zahlreichen Schiffen befahren worden und besitzt alle Eigenschaften, die für die sichere und bequeme Schifffahrt erforderlich sind; das Bestreben muss daher dahin gehen, die unumgänglich notwendigen Grundlagen zur Herstellung einer geeigneteren Anlage zu schaffen, und sogar, wenn es sich als richtig erweist, andere Wege einzuschlagen, wie sie sich gerade bieten.

(1) CORNAGLIA. *Ueber die Regulierung der Häfen*, Turin, 1891, S. 205.

6. Andere Wege für die Ausfahrt vom Po zum Adriatischen Meer. — Anlegung von Parallelkanälen unter Umgehung der Mündungen.

In der Tat giebt es ausser dem Schiffswege durch den Porto di Levante noch andere Mittel und Wege, auf denen man das Problem der Durchfahrt vom Po zum Adriatischen Meer lösen kann.

Zuerst entsteht natürlich der Gedanke, auf dem Wege zum Meere zu gelangen, dass man irgend einen der Po-Arme bis zu seiner Mündung verfolgt.

Nun liegen jedoch, wie bei allen Flüssen, die in Binnenmeere mit schwacher Tide münden, auch bei den verschiedenen Mündungen des Po die Verhältnisse sehr schwierig. Erstens sind sie je nach dem Wasserstande des Flusses und dem Einfluss der Winde sehr veränderlich, ferner rücken sie unaufhaltsam immer weiter ins Meer vor, wie die bis in die jüngste Zeit feststellbare Vorschübung positiv beweist, und schliesslich ist ihre Austrittsstelle durch stets veränderliche ausgedehnte Sandbänke verlagert. Diese Verhältnisse erwecken sehr ernste Zweifel an der Wirksamkeit eventuell auszuführender Werke, wie vor allem daran, ob solche Anlagen auch hinsichtlich der Flusshaltung (1) am Platze sind, und ob die Ausführung sich wirtschaftlich günstig stellt.

Man könnte sich bei diesem Gegenstand auf das Zeugnis hervorragender Techniker und Wasserbaumeister berufen, die sich mit dem Thema beschäftigt haben, indem sie entweder im allgemeinen das Problem der Flüsse behandelten, die sich an flacher Küste ins Meer ergiessen, oder im besonderen die Schiffbarkeit der Po-Mündungen studierten, sowie die Mittel und Wege, ihnen Wasserreichtum zu schaffen und zu erhalten.

Technisch ist das Problem, wie es bei der Donau gelöst wurde (aber mit welchem Kostenaufwand!), so auch beim Po sicherlich lösbar, denn es ist nicht unmöglich, durch entsprechende Arbeiten einen bestimmten Arm schiffbar zu erhalten und mit Hilfe ins Meer vorgeschobener und nach Erfordernis zu verlängernder Werke eine zweckentsprechende Mündung von ausreichender Tiefe zu schaffen. Eine ganz oberflächliche

(1) Siehe Anmerkung, 6.

Kenntnis der Oertlichkeit und der Natur des Flusslaufes, vereint mit den Erfahrungen aus ähnlichen Versuchen ist jedoch ausreichend, um jedermann davon zu überzeugen, dass ein solches Vorgehen nur unter Aufwendung ganz bedeutender Anlage- und Unterhaltungskosten möglich sein würde. Es erscheint somit ratsam, von der untersten Flusstrecke des Po gänzlich abzugehen und die Verbindung des Po mit dem Meere durch Parallelkanäle zu bewerkstelligen; die dabei unvermeidliche Hinderung der Passage durch Schleusen wird dann reichlich ausgeglichen durch die Sicherheit der Ausfahrt und die geringeren Kosten.

Die Kommission für das Studium der Binnenschifffahrt unter dem Vorsitz von Romanin Jacur hat kürzlich einen ausgezeichneten Bericht veröffentlicht (1), in dem sie anerkennt, dass eine grosse Verkehrslinie unbedingt in einen erstklassigen Hafen auslaufen muss, und schlägt daher vor, den Po mit dem Hafen von Venedig zu verbinden. Von Brondolo bis Cavanella di Po sollen die vorhandenen Kanäle der alten lombardischen Schifffahrtslinie, welche die Venezianer, wie schon erwähnt, in weisem Vorbedacht vor nunmehr 3 Jahrhunderten eröffnet hatten, reguliert werden, und hinsichtlich der direkten Verbindung zwischen Po und Adriatischem Meer schlägt die Kommission nach Prüfung und Erwägung der Verhältnisse bei den verschiedenen Mündungen und der Schwierigkeiten, die sie bieten, vor, zwei seitliche Wege zum Meer einzuschlagen, und zwar einen zur rechten, durch den alten gegenwärtig schiffbaren Arm des Volano, den andern zur linken durch die alte Mündung von Caleri (2).

7. Route von Caleri.

Diese letztere Linie ist unverhältnismässig kürzer und könnte wegen der Mündungsverhältnisse, sowie weil die erforderlichen Schutzwerke für die Mündung geringfügiger sein können, der des Porto Levante vorgezogen werden; sie würde daher eine bessere Lösung des Problems der Verbindung zwischen Po und Meer darstellen, als irgend eine andere Linie.

Einige Bemerkungen darüber scheinen daher hier angebracht. Die Mündung von Caleri oder « Porto di Caleri », eine der

(1) *Verhandl. der Kommission für das Studium der Binnenschifffahrt*. Rom 1903. Druckerei des Hauses der Abgeordneten.

(2) Desgl. Bericht III und Bericht V.

vor Herstellung des Durchstichs von Porto Vero vorhandenen alten Mündungen des Po, liegt zwischen der Etschmündung, von dieser etwa 7 km entfernt, und dem Porto Levante. Sie wird nicht durch fließendes Wasser gespeist, sondern allein durch eine offene Lagune von ca. 11 qkm Oberfläche, und hat sich bis heute noch in verhältnismässig gutem Zustand gehalten, da sie an der Sandbank eine Wassertiefe von über 2 m unter C. M. aufweist.

Der Gedanke, eine Schifffahrtsstrasse vom Po zur Mündung von Caleri zu bahnen, entstand im Beginn des verflossenen Jahrhunderts, zur Zeit der subalpinischen Republik.

Es ergibt sich tatsächlich aus einem Bericht vom Jahre 1802, dass damals der Vorschlag gemacht wurde, bei Caleri einen Kriegs- und Handelshafen zu bilden, in Anbetracht dass « die » Mündungsarme des Po trübe Wasser führen, und sich be- » ständig weiter ins Meer vorschieben, sodass ein tiefer Hafen » dort nicht bestehen kann; dass es andererseits im Interesse » der Haltung des Flusses nicht ratsam sei, die Wasser in » *einem* einzigen Arm zusammenzufassen ». Man schlug daher vor, auf Grund der alten Maxime der Venezianer « Grosse Lagune, guter Hafen » das Rückstossbecken durch Hinzufügung einiger Fischteiche zu der bestehenden Lagune zu erweitern, ferner die mit der genannten Lagune in Verbindung stehende Pozzatini-Mündung abzusperren, um eine Wiederbelebung dieser sekundären Mündung zu verhindern; ausserdem an der Mündung zwei mit Beton gestopfte ca. 800 m lange Pfahlwände zu errichten, und schliesslich den Kanal durch den verlassenen Flussarm des Po di Tramontana zur Vereinigung mit dem Canal di Loreo zu führen, der die Etsch mit dem Po di Levante verbindet.

Die Kosten wurden auf 500.000 Scudi geschätzt, ausserdem 250.000 für Gebäude und Kasernen.

Später, im Jahre 1871, beschäftigte sich auch die Abteilung des Genio Civile von Rovigo mit der Angelegenheit und machte gleichfalls den Vorschlag, zwei ins Meer vorgeschobene Dämme von ca. 1 Kilometer Länge zu konstruieren, und mit dem Kanal das Bett des Po di Tramontana zu verfolgen. Dann sollte der Kanal bei Ca Capello, wo, 10 Kilometer von der Mündung des Levante, dieser alte Ausläufer beginnt, sich in freier Mündung mit dem Po di Levante vereinigen. Die Ausführungskosten wurden auf zwei Millionen Lire geschätzt.

Die Idee einer solchen Verbindung wurde auch in der Folge

wieder aufgenommen (1), als davon die Rede war, die Abflüsse aus dem Gebiet zwischen Etsch und Canalbianco in das Bett des Tramontana zu leiten. Es wurde jedoch jetzt vorgeschlagen, dass die Vereinigung des Po di Levante mit dem Flussarm des Tramontana mit Hülfe eines Schleusenbeckens erfolgen sollte, anstatt mit freier Mündung, und zwar wegen der erforderlichen Wasserhaltung der beiden Kanäle.

Inzwischen waren Studien betreffend Entwässerung dieses Gebietes eingeleitet worden und vollendet, und da zur Ausführung des Entwässerungsprojektes die Herstellung eines grossen Sammlers in Vorschlag gebracht wurde, der das Bett des Tramontana einnehmen und bei Caleri münden sollte, so hielt es die Kommission für das Studium der Binnenschifffahrt für erspriesslich, sich diesem Vorgehen anzuschliessen, und machte ihrerseits den weiteren Vorschlag, nach Eröffnung des erwähnten Sammlers dann die Communication zu bewerkstelligen.

Für diesen Vorschlag entschied sich die Kommission deswegen, weil sie sich die Ueberzeugung verschafft hatte, dass die Mündung von Caleri annehmbare Verhältnisse zeigt und ohne übermässige Kosten zu regulieren und genügend tief zu halten ist. Die Kommission schätzt die erforderlichen Mittel auf 500.000 Lire, ausserdem schlägt sie den Bau einer Schleuse an der Einmündung des Po di Tramontana zur Einfahrt in den Po di Levante vor, wofür 300.000 Lire angesetzt sind.

Nun ist allerdings gewiss, dass die Verwirklichung des ganzen Planes bedeutend erleichtert wird, wenn man die beiden Zwecke Entwässerung und Schiffbarmachung verbindet; andererseits ist jedoch zu bedenken, dass die Kosten für den Kanal erheblich geringer sind, wenn man die Entwässerung *nicht* ausführt, denn für die Zwecke der Schifffahrt allein ist ja ein viel bescheidenerer Kanal, als der projektierte von 60 m Breite, völlig ausreichend. Ausserdem muss man auch darauf Gewicht legen, dass man sicher ist, eine gute Mündung zu bekommen und mit bescheidenen Mitteln in stand halten zu können, sowie dass es möglich ist, diese Mündung durch Erweiterung der rückwärtigen Lagune tiefer zu machen. Durch alle diese Ueberlegungen muss man zu dem Schlusse kommen, dass man den Gedanken, einen direkten Weg zum Meere zu eröffnen, nicht fallen lassen darf; und wenn man die Notwendigkeit

(1) BULLO, *Die Häfen Levante, Caleri und Bagliona*. Adria 1893. Tipografia Guernieri.

erkannt hat, dass dieser Gedanke verwirklicht werden *muss*, so darf man diese Verwirklichung nicht von der Ausführung der Entwässerung abhängig machen.

8. Route von Scardovari

Vor kurzem ist eine andere Lösung angegeben worden (1), die gleichfalls bezweckt, unter Umgehung der Mündungen die Po-Schiffahrtslinie mit dem Meere zu verbinden.

Diese Lösung würde darin bestehen, den Flussarm Po di Tolle durch einen ca. 2 km langen schiffbaren Kanal mit Schleuse mit dem weiten Meerbusen zu verbinden, der als « Sacco di Scardovari » bezeichnet wird.

Die Einfahrt vom Meere in diesen « Sacco » oder diese Lagune, die sich über eine Fläche von mehr als 15 qkm erstreckt, ist noch heute sehr bequem, indem die Tide bewirkt, dass überall Wassertiefen von mindestens 3 m unter C. M. vorhanden sind.

Allerdings haben die Mündungen der beiden benachbarten Arme des Tolle und der Gnocca, zwischen denen die Lagune liegt, die Neigung, sich vorzuschieben und die Lagune abzusperren; diese Neigung müsste jedoch einen ganz anderen als nachteiligen Einfluss haben, da eine derartige Verschiebung höchstens das Rückstossbecken vergrössern und den Querschnitt der Rückflusströmung einschnüren könnte, wodurch sich stärkere ausspülende Wirkung und somit grössere Tiefe ergeben würde.

Ausserdem ist zu beachten, dass der Unterlauf des Po di Tolle und in noch höherem Grade die untere Gnocca gegenwärtig in fortschreitender Abnahme begriffen sind, und sogar, ja sie im Vergleich zu den anderen Mündungsarmen die grösste Länge besitzen, immer weiter abnehmen, weil ja die Wasser des Flusses die Tendenz haben, durch die kürzeste Flusstrecke zum Meere zu strömen.

Der Bau eines Kanals mit Schleusen oberhalb von der Abzweigung der « Busa del Bastimento » kann sicherlich keine besonderen Schwierigkeiten bieten, auch können die Kosten nicht aussergewöhnlich hoch sein.

Uebrigens wird man daran denken müssen, mit Hilfe geeigneter Regulierungsarbeiten den Oberlauf des Tolle tätig zu

(1) Vorschlag des Ingenieurs Chiarelli von Genio Civile.

erhalten, indem man die Wassermenge des Arms della Pila verringert. Falls man jedoch befürchtet, es könnte eine Verlandung an der Mündung des Tolle die Folge sein, so wäre eine Wiederbelebung der untersten Strecke dieses Flussarms dadurch zu verhindern, dass man den Abfluss in die Busa del Bastimento, die unterhalb der Einmündung des neuen Kanals abzweigt, begünstigt.

Schliesslich verdient der neue Vorschlag auch wegen der Vorteile überlegt zu werden, die er vor anderen Linien bieten würde; ein solcher Vorteil wäre beispielsweise der geringere Zeitverlust für die Durchschleusung, da die Niveau-Unterschiede sehr klein sind, sodass bei jedem Wasserstand geschleust werden kann und Unterbrechungen vermieden werden.

Die vorgeschlagene Linie würde die Möglichkeit eröffnen, die Schifffahrt auf dem Flusse sozusagen bis an den Scheitelpunkt des grossen Po-Delta's heran zu betreiben und würde mit der Mündung von Caleri oder Levante das System der Verbindungen zwischen Po und Adriatischem Meer vervollständigen.

Die Hauptlebensader der Binnenschifffahrt im Po-Tale wird stets nur diejenige Verbindung sein, die im Hafen von Venedig endigt, die Zweige von Caleri und Scardovari werden ihre natürliche Ergänzung darstellen.

Mag man nun die eine oder die andere dieser beiden Linien wählen und annehmen, man wird jedenfalls grössere und sichrere Aussicht auf Erfolg und unvergleichlich geringere Ausgaben haben, als wenn man sich an das komplizierte und ungewisse Problem wagt, eine Ausfahrt zum Meere durch die Mündungen des Po zu eröffnen.

Rovigo, Dezember 1904.

A. BARCELLONI.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS - MAILAND - 1903

II. Abteilung : Seeschiffahrt
1. Frage

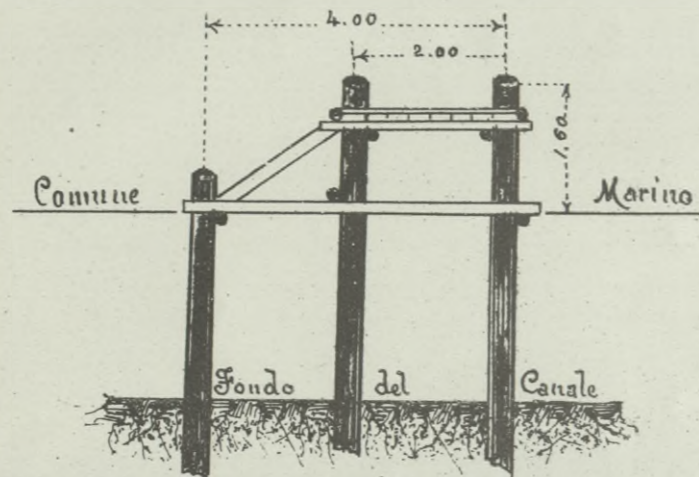
BERICHT
VON
A. BARCELLONI

BLATT II.

Tipo di esecuzione delle palafitte a giorno

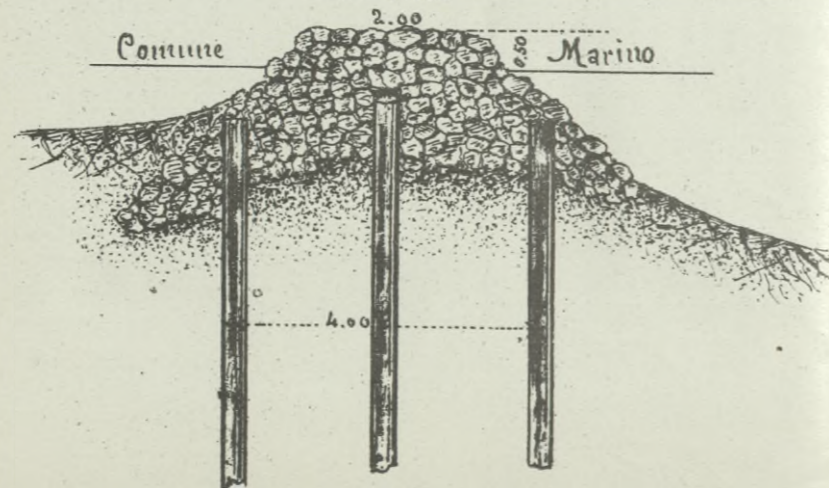
Scala 1:100

Sezione trasversale



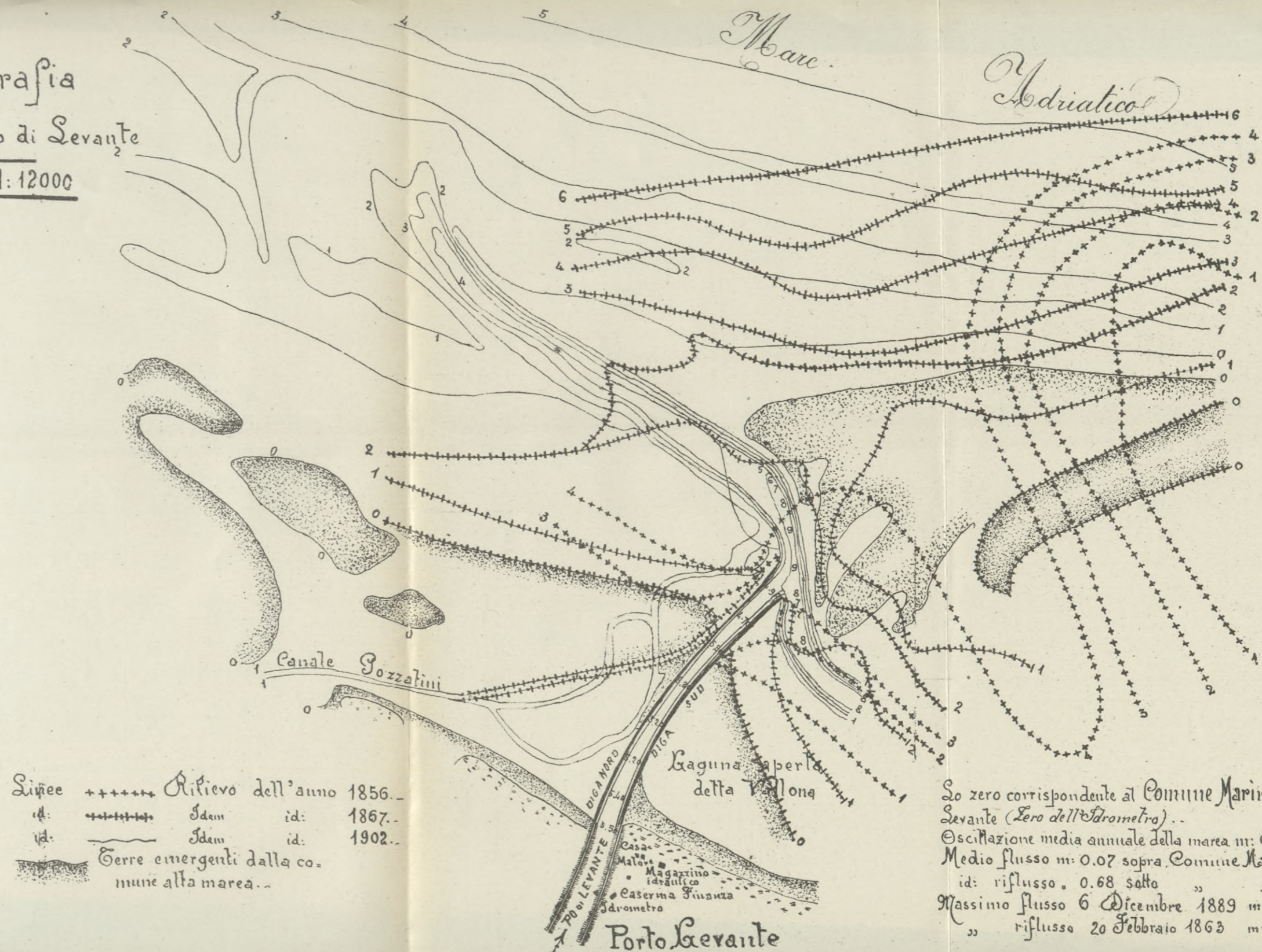
Sezione attuale delle dighe

Scala 1:100



Corografia
della foce del Po di Levante

Scala 1:12000



Linee +++++ Rilievo dell'anno 1856.
id. +++++ Idem id: 1867.
id. +++++ Idem id: 1902.
Terre emergenti dalla comune alta marea.

Lo zero corrispondente al Comune Marino convenzionale di Porto Levante (Zero dell'Idrometro).
Oscillazione media annuale della marea m: 0.75.
Medio flusso m: 0.07 sopra Comune Marino.
id: riflusso 0.68 sotto " "
Massimo flusso 6 Dicembre 1889 m: 1.67 sopra C.M.
" riflusso 20 Febbraio 1863 m: 1.40 sotto C.M.

