

2i

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
4. Mitteilung

~~~~~

## BERICHT

ÜBER DIE

neuesten Arbeiten, die in den hauptsächlichsten Seehäfen ausgeführt sind

—————

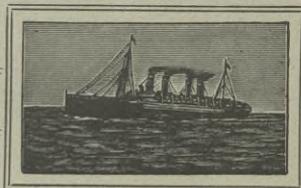
## BERICHT

VON

**A. ROJDESTVENSKY**

Ingenieur der Verkehrswege

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

—  
1905



II - 354133

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000318965

3pu-3-81 2019

# Ueber neuere Arbeiten am Seekanal von St-Petersburg.

---

## BERICHT

VON

**A. ROJDESTVENSKY,**

Ingenieur der Verkehrswege.

---

Im Jahre 1901 begann man in Petersburg dem Seekanal eine grössere Tiefe zu geben. Dieselbe betrug bis dahin 22 Fuss = 6,70 m, und sie wurde auf 28 Fuss = 8,53 m gebracht. Die Länge dieses auf beigefügter Zeichnung dargestellten Kanals beträgt 32 km. Nach Süden zu richtet er sich in schräger Richtung gegen das Hauptbett der Newa; auf einer Länge von 9,6 km. ist er von zwei Dämmen eingeschlossen; dann bildet er sich auf einer Länge von 22,4 km. zum vollen Meerbusen aus. Die Gesamtmenge der für die Vertiefung erforderlichen Ausbaggerungen beträgt 87,400,000 cbm. Von 1901 bis 1904 (1) wurden die Arbeiten vom Staat ausgeführt. Während dieser 4 Jahre wurden 2 157 100 cbm ausgebaggert, von denen 205 300 auf der Böschung abgelagert und 679 200 mittels Elevatoren auf kleinen Wagen befördert wurden, um die Ufer der Newa an ihrer Mündung zu erhöhen. Die übrigen 1 272 600 wurden mittels Prahme in einer Entfernung von 4 bis 10 km ins Meer versenkt. Die Kosten dieser Arbeiten ausschliesslich Tilgung des Anlagekapitals für den Ankauf der Betriebsmittel: Bagger, Prahme, Dampfer, Elevatoren, u. s. w., sind in Tabelle I zusammengestellt.

Die im Hafen von St. Petersburg befindlichen Baggereinrichtungen sind: 5 Bagger, 5 Dampfprahme, 30 gewöhnliche Prahme und 5 Schlepper; um das Baggergut an den Ufern ablagern zu können, sind auf einem der 5 Bagger 1 Druckpumpe und 4 Elevatoren vorgesehen.

---

(1) Seit 1904 werden die Arbeiten von Unternehmern zum Preise von 8 fr. 70 c. für den cbm. ausgeführt.

TABELLE I.

| BEZEICHNUNG DER ARBEITEN                                                                                                          | JAHRGANG |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|
|                                                                                                                                   | 1901     | 1902      | 1903      |
| Menge der Ausbaggerungen in cbm. . . . .                                                                                          | 734 600  | 734 200   | 688 300   |
| Menge des vermittels Prahme ins Meer versenkten Baggerguts, cbm . . . . .                                                         | 473 300  | 438 000   | 361 300   |
| Menge des vermittels Elevatorenentfernten Baggergutes, cbm . . . . .                                                              | 177 300  | 241 000   | 260 900   |
| Menge des an den Ufern abgelagerten Baggergutes, cbm. . . . .                                                                     | 84 000   | 55 200    | 66 100    |
| Kosten für das Ausbaggern eines cbm. und Transport desselben ins Meer oder auf Elevatoren bei Entfernung von 3 bis 10 km. . . . . | 7.00 Fr. | 6,30 Frk. | 3,92 Frk. |

Im Jahre 1905 wird die Zahl der Betriebsmittel um einen Bagger und 4 Dampfprahme vermehrt, die sich zur Zeit im Bau befinden. Mit diesen Mitteln hat man sowohl im Kanal als im Flussgebiet gebaggert.

Für Ausbesserungen an genannten Fahrzeugen wurde 1902 ein Schwimmdock bestellt.

Ich erhielt den Auftrag, für die Bestellung die technischen Bedingungen auszuarbeiten, welche die Zustimmung des technischen Rats der Abteilung für Handelshäfen fanden.

Nach dem Studium der verschiedenen Arten von Schwimmdocks hielt ich mich an die Type, die aus 4 Bodenpontons und 2 Seitenpontons besteht; vier getrennte Pontons erleichtern deren Reparatur, und zwei Seitenpontons versteifen das Ganze in der Längsrichtung. Jeder Seitenponton besteht aus zwei vermittels Bolzen verbundener Teile, um die Trennung des Docks in zwei Abschnitten zu ermöglichen. Ausserdem wurde von der Werft verlangt, dass das genannte Dock eine Tragkraft von 1 400 t und dass seine Länge 44 m bei einer inneren Breite von 15 m haben sollte. Es wurde unter meiner Aufsicht gebaut.

Jeder Ponton ist durch zwei abgedichtete Wände in drei Abteilungen geteilt. Unter den Kielstapeln befindet sich ein

wasserlässiges Langschott, das den vom Schiff ausgeübten Druck auf die Querträger übertragen soll.

Jeder Ponton hat vier in einem Abstände von 2,20 m von Mitte zu Mitte gelagerte Querträger aus Fachwerk. Die Pontons sind mit den Seitenpontons durch Bolzen verbunden. Da die Fabrik dieses Dock gewohnheitsmässig nach im Betriebe befindlichen Vorbildern gebaut hatte, beschloss ich, die Abmessungen der einzelnen Teile theoretisch zu prüfen.

Die Beanspruchungen der einzelnen Teile des Querträgers wurden graphisch ermittelt; die Cremonapläne 1, 2, 3, 4 (Tafel I) ergeben die normalen Spannungen in den Teilen bei Beanspruchung durch das Eigengewicht des Docks, den Druck einer Wasserschicht von einem Meter Stärke auf den Boden und die Decke und das Gewicht des Schiffes. Die Auflagerpunkte der Träger sind in der Ebene der Aussenwand der Pontons gedacht. Das Eigengewicht der Pontons ist auf alle Knotenpunkte des Trägers verteilt, und das Gewicht der Seitenpontons an die oberen Knotenpunkte der beiden Enden angehängt. Die aus diesen Kräfteplänen ermittelten Spannungen sind in den Spalten 1, 7, 11, 12 der Tabelle 2 aufgeführt. Hieraus hat man die entsprechenden Spannungen für die verschiedenen Stellungen des Docks berechnet (Spalte 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Die Spannungen in allen Teilen des Docks wurden für die folgenden Stellungen (Tafel II) ermittelt:

- a) Das Dock ist gesenkt um das Schiff aufnehmen zu können.
- b) Stellung bei der grössten Wasserbelastung.
- c) Unstabilste Stellung des Docks.
- d) Das belastete Dock ist gehoben.
- e) Das Dock ist leer.

In den Spalten 19 und 20 findet man die Maxima und Minima der normalen Spannungen in den Teilen des Querträgers. Alle Spannungen der Spalten 1 bis 20 der Tabelle 2 sind unter der Annahme ermittelt, dass das Dock nur einen Querträger hat; man muss daher, um die wirklichen Spannungen zu bestimmen, die Zahlen der Spalte 20 dividieren durch das Produkt aus Anzahl der Träger — 20 (16 Träger und 8 Halb-Träger — die Querwände der Pontons) und reine Querschnittsfläche der Teile. In Spalte 23 findet man die Werte für die wirklichen normalen Spannungen der Gurte des Querträgers, die durch die infolge Wasserlast auftretenden Biegemomente hervorgerufen werden.

TABLE II.

| BEZEICHNUNG DER STÄBE | SPANNUNGEN IN DEN STÄBEN DES TRÄGERS<br>(in Tonnen)                                                  |       |        |        |        |        |                                                                                            |       |        |        | SPANNUNG<br>IN DEN<br>STÄBEN<br>(in Tonnen) |                                |                                | SPANNUNGEN<br>IN<br>DEN STÄBEN<br>(Tonnen)   |                                              | ÜBERSCHNITT-<br>FLÄCHE | SPANNUNGEN<br>(kg/mm <sup>2</sup> )    |        |     |                                                                |             |     |       |      |            |           |           |           |  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|--------|-----|----------------------------------------------------------------|-------------|-----|-------|------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
|                       | Infolge des auf den Boden<br>des Ponton lastenden Drucks<br>einer Wasserschicht von einer Stärke von |       |        |        |        |        | Infolge des auf der Decke lastenden<br>Druckes einer Wasserschicht<br>von einer Stärke von |       |        |        | Infolge<br>Eigengewichts<br>des Dockes      | durch das Schiff<br>(Var. 2-d) | durch das Schiff<br>(Var. 2-b) | Maximum<br><i>S<sub>maximum</sub></i><br>(t) | Minimum<br><i>S<sub>minimum</sub></i><br>(t) |                        | Q mit Niet<br>abzug (ct <sup>2</sup> ) | R      | t   | R <sub>0</sub> R <sub>2</sub><br>R <sub>0</sub> R <sub>2</sub> |             |     |       |      |            |           |           |           |  |
|                       | 1m000                                                                                                | 2m950 | 4m420  | 3m070  | 2m390  | 0m795  | 1m000                                                                                      | 2m950 | 4m420  | 0m910  |                                             |                                |                                |                                              |                                              |                        |                                        |        |     |                                                                |             |     |       |      |            |           |           |           |  |
|                       | 1                                                                                                    | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7                                                                                          | 8     | 9      | 10     | 11                                          | 12                             | 13                             | 14                                           | 15                                           |                        | 16                                     | 17     | 18  | 19                                                             | 20          | 21  | 22    | 23   | 24         |           |           |           |  |
| OBERGURT              | 2-13                                                                                                 | 333   | 982    | 1.472  | 1.022  | 796    | 265                                                                                        | -285  | -841   | -1.260 | 259                                         | -217                           | -620                           | -133                                         | -76                                          | -138                   | -74                                    | -41    | 48  | -                                                              | 138         | 48  | 44    | -    | 1,6        | 0         | -         | 6,9       |  |
|                       | 3-15                                                                                                 | 520   | 1.534  | 2.298  | 1.596  | 1.243  | 413                                                                                        | -479  | -1.413 | -2.117 | -436                                        | -310                           | -1.080                         | -231                                         | -189                                         | -360                   | -230                                   | -147   | 103 | -                                                              | 360         | 103 | -     | -    | 4,1        | 8,3       | -         | 1,2       |  |
|                       | 4-17                                                                                                 | 654   | 1.929  | 2.891  | 2.008  | 1.563  | 520                                                                                        | -615  | -1.814 | -2.718 | -560                                        | -374                           | -1.540                         | -330                                         | -259                                         | -532                   | -466                                   | -351   | 146 | -                                                              | 532         | 146 | -     | -    | 6,0        | 8,3       | -         | 1,2       |  |
|                       | 5-19                                                                                                 | 735   | 2.168  | 3.249  | 2.256  | 1.757  | 584                                                                                        | -697  | -2.056 | -3.081 | -634                                        | -410                           | -2.000                         | -429                                         | -298                                         | -671                   | -788                                   | -653   | 174 | -                                                              | 788 (671)   | 174 | -     | -    | 9,0 (7,6)  | 1,7 (8,3) | -         | 6,1 (1,2) |  |
|                       | 6-21                                                                                                 | 762   | 2.248  | 3.368  | 2.339  | 1.821  | 606                                                                                        | -725  | -2.135 | -3.205 | -660                                        | -423                           | -2.460                         | -527                                         | -314                                         | -787                   | -1.204                                 | -1.062 | 183 | -                                                              | 1.204 (787) | 183 | -     | -    | 13,7 (8,9) | 1,7 (8,3) | -         | 6,3 (1,2) |  |
| UNTERGURT             | 7-(12)                                                                                               | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                                                                                          | 0     | 0      | 0      | 0                                           | 0                              | 0                              | 0                                            | 0                                            | 0                      | 0                                      | 0      | 0   | 0                                                              | 0           | 44  | 0     | 8,3  | 1,4        |           |           |           |  |
|                       | 8-14                                                                                                 | -333  | -982   | -1.479 | -1.022 | -796   | -265                                                                                       | 285   | 841    | 1.260  | 259                                         | 217                            | 620                            | 133                                          | 76                                           | 138                    | 74                                     | 41     | 48  | -                                                              | 138         | 41  | -     | -    | 1,6        | 8,3       | 1,4       |           |  |
|                       | 9-16                                                                                                 | -520  | -1.531 | -2.298 | -1.596 | -1.243 | -413                                                                                       | 479   | 1.413  | 2.117  | 436                                         | 310                            | 1.080                          | 231                                          | 189                                          | 360                    | 230                                    | 147    | 103 | -                                                              | 360         | 103 | -     | -    | 4,1        | 8,3       | 1,4       |           |  |
|                       | 10-18                                                                                                | -654  | -1.929 | -2.890 | -2.008 | -1.563 | -520                                                                                       | 615   | 1.814  | 2.718  | 560                                         | 374                            | 1.540                          | 330                                          | 259                                          | 532                    | 466                                    | 351    | 146 | -                                                              | 532         | 146 | -     | -    | 6,0        | 8,3       | 1,4       |           |  |
|                       | 11-20                                                                                                | -735  | -2.168 | -3.249 | -2.256 | -1.757 | -584                                                                                       | 697   | 2.056  | 3.081  | 634                                         | 410                            | 2.000                          | 429                                          | 298                                          | 671                    | 788                                    | 653    | 174 | -                                                              | 788 (671)   | 174 | -     | -    | 9,0 (7,6)  | 1,7 (8,3) | 6,9 (1,4) |           |  |
| VERTIKALEN            | 1-(12)                                                                                               | -55   | -16    | -243   | -169   | -131   | -44                                                                                        | 0     | 0      | 0      | 0                                           | 13                             | 0                              | 0                                            | -149                                         | -230                   | -156                                   | -118   | -31 | -                                                              | 230         | -31 | 37,44 | 3,1  | -          | -         | 5,9       |           |  |
|                       | 13-14                                                                                                | 287   | 847    | 1.269  | 881    | 686    | 228                                                                                        | -331  | -976   | -1.463 | -301                                        | -234                           | -700                           | -150                                         | -363                                         | -578                   | -354                                   | -248   | -6  | -                                                              | 578         | -6  | -     | -    | 7,7        | -         | 5,9       |           |  |
|                       | 15-16                                                                                                | 204   | 602    | 902    | 626    | 488    | 162                                                                                        | -289  | -853   | -1.277 | -263                                        | -119                           | -700                           | -150                                         | -370                                         | -644                   | -456                                   | -331   | 43  | -                                                              | 644         | 43  | -     | -    | 8,6        | -         | 5,3       |           |  |
|                       | 17-18                                                                                                | 124   | 366    | 548    | 381    | 296    | 99                                                                                         | -207  | -611   | -915   | -188                                        | -77                            | -700                           | -150                                         | -322                                         | -594                   | -584                                   | -481   | 22  | -                                                              | 594         | 22  | 58,88 | 5,0  | -          | 4,7       |           |           |  |
|                       | 19-20                                                                                                | 40    | 118    | 177    | 123    | 96     | 32                                                                                         | -122  | -360   | -539   | -111                                        | -38                            | -700                           | -150                                         | -280                                         | -550                   | -726                                   | -642   | -6  | -                                                              | 726         | -6  | -     | -    | 6,2        | -         | 5,9       |           |  |
|                       | 21-22                                                                                                | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                                                                                          | -82   | -242   | -362   | -74                                         | -20                            | -1.400                         | -300                                         | -262                                         | -682                   | -1.494                                 | -1.420 | -20 | -                                                              | 1.494       | -20 | 58,88 | 12,7 | -          | -         | 4,8       |           |  |
| DIAGONALEN            | (12)-13                                                                                              | -507  | -1.496 | -2.241 | -1.556 | -1.212 | -403                                                                                       | 439   | 1.295  | 1.940  | 399                                         | 335                            | 940                            | 201                                          | 134                                          | 235                    | 118                                    | 63     | -68 | -                                                              | 235         | -68 | 18,72 | 6,3  | -          | -         | 8,6       |           |  |
|                       | 14-15                                                                                                | -342  | -1.009 | -1.512 | -1.050 | -817   | -272                                                                                       | 346   | 1.021  | 1.529  | 315                                         | 168                            | 838                            | 180                                          | 180                                          | 365                    | 271                                    | 189    | -4  | -                                                              | 365         | -4  | 18,72 | 9,7  | -          | -         | 10        |           |  |
|                       | 16-17                                                                                                | -243  | -717   | -1.074 | -746   | -581   | -193                                                                                       | 250   | 738    | 1.105  | 228                                         | 117                            | 838                            | 180                                          | 138                                          | 328                    | 437                                    | 374    | -76 | -                                                              | 437         | -76 | 25,02 | 8,7  | -          | -         | 9,1       |           |  |
|                       | 18-19                                                                                                | -146  | -431   | -645   | -448   | -349   | -116                                                                                       | 145   | 428    | 641    | 132                                         | 68                             | 838                            | 180                                          | 65                                           | 244                    | 590                                    | 557    | -48 | -                                                              | 590         | -48 | 31,06 | 9,5  | -          | -         | 9,6       |           |  |
|                       | 20-21                                                                                                | -46   | -136   | -203   | -141   | -110   | -37                                                                                        | 50    | 148    | 221    | 46                                          | 22                             | 838                            | 180                                          | 34                                           | 221                    | 765                                    | 750    | -15 | -                                                              | 765         | -15 | 34,44 | 11,2 | -          | -         | 9,9       |           |  |

Die zulässigen Spannungen infolge der an den Endpunkten der Stäbe angreifenden Längsbeanspruchungen sind in Spalte 24 aufgeführt.

Die zulässige Beanspruchung des Gusseisens ist  $R_0 = 10 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ , wenn man annimmt, dass der vom Schiff auf die Kielstapel ausgeübte Druck auf der ganzen Kiellänge der gleiche ist. (Diese für den Fall obiger Voraussetzung zulässige Grenze ist von Herrn Nobel, Ingenieur der Stadt Rotterdam, in seinem Bericht für den Düsseldorfer Schiffahrtskongress im Jahre 1902 vorgeschlagen worden.)

In Wirklichkeit übt ein Schiff auf ein Dock einen ungleichmässigen Druck aus und der grösste Druck auf die getrennten Kielstapel übersteigt, nach Beobachtung einiger Ingenieure, um 1,5-2,6 denjenigen, der bei Annahme gleichmässigen Druckes ausgeübt würde. Indessen überträgt sich infolge Vorhandenseins eines Längsträgers unter den Kielstapeln der auf diese ausgeübte Druck auf einige Querträger. Infolgedessen kann man annehmen, dass bei obiger Voraussetzung die wirkliche Beanspruchung des Metalls die zulässige Grenze nicht überschreitet.

Die Druckbeanspruchung in langen Stäben soll  $R_2 = \varphi R_0$  nicht übersteigen. In den Stäben, in denen die Beanspruchung die Richtung wechselt, soll die Zugspannung  $R'_0 = R_0 \left(1 - \frac{S_{\min}}{2 S_{\max}}\right)$  nicht übersteigen, und die Druckspannung  $R'_2 = \varphi R'_0$  nicht übersteigen;  $\varphi = \frac{\beta}{T}$  worin  $T = 35 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$  die Bruchspannung ist und  $\beta$ ,

wenn  $\frac{l}{r} > 105$  sich aus der Eulerschen Formel bestimmen lässt

$$\beta = \pi^2 E \left(\frac{r}{l}\right)^2. \text{ Bei } E = 2,150,000 \text{ kg wird } \beta = 212,200 \left(\frac{r}{l}\right)^2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

und bei  $10 < \frac{l}{r} < 105$  lässt sich  $\beta$  aus der Erfahrungsformel von

Tetmayer bestimmen  $\beta = 81 - 0,114 \frac{l}{r} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$ , worin  $l$  die Länge des Stabes und  $r$  der kleinste Trägheitshalbmesser der Querschnittsfläche ist.

In den Stäben, in denen die Biegungsspannung  $= t$  ist, sind die Belastungsgrenzen infolge Längsbeanspruchung :

$$R_0 = (10 - t) ; R_2 = \varphi (10 - t) R'_0 = (10 - t) \left(1 - \frac{S_{\min}}{2 S_{\max}}\right) ;$$

$$R'_2 = \varphi R'_0.$$

Wenn man die Zahlen der Spalten 22 und 24 vergleicht, sieht man dass die wirklichen Spannungen in den Gurten, den Vertikalen und Diagonalen der Mitte die zulässigen Grenzen überschreiten. Dasselbe ist der Fall bei den Verbindungsgängen und den Spant-Winkeleisen. Allerdings können Bauten, die in gewissen Grenzen ausserordentlichen Beanspruchungen ausgesetzt werden, dieselben aushalten, jedoch wird dadurch ihre Dauerhaftigkeit verkürzt und die Reparaturkosten erhöht.

Infolgedessen hat das Departement beschlossen, in Zukunft bei Bestellung von Docks die Abmessungen der Einzelteile zu berechnen und sie der Werft anzugeben. So habe ich die Abmessungen aller Teile des Docks von 2 000 t Tragkraft berechnet, welches für den Hafen von Kherson bestellt wurde. Der Nutzen solcher Berechnungen ist unbestreitbar, weil das Material dann in den Teilen entsprechend deren Belastung verteilt ist.

A. ROJDESTVENSKY.

BERICHT

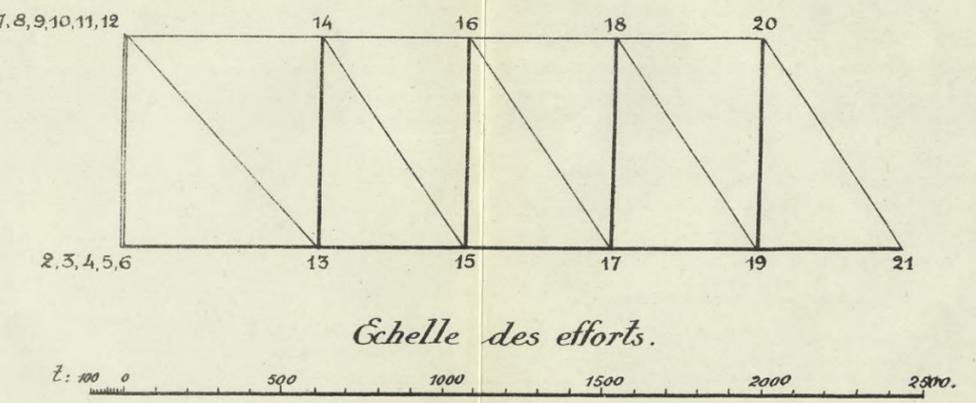
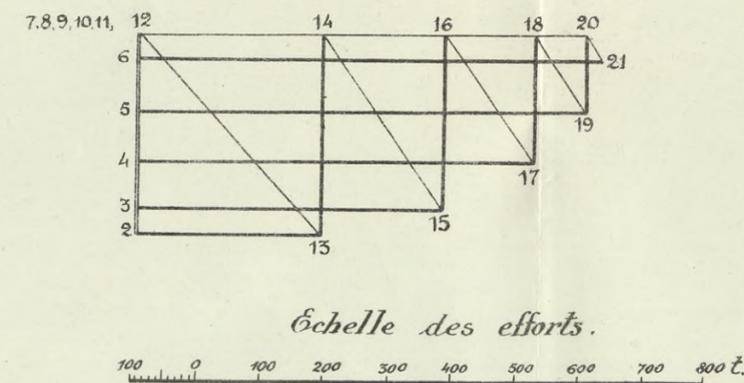
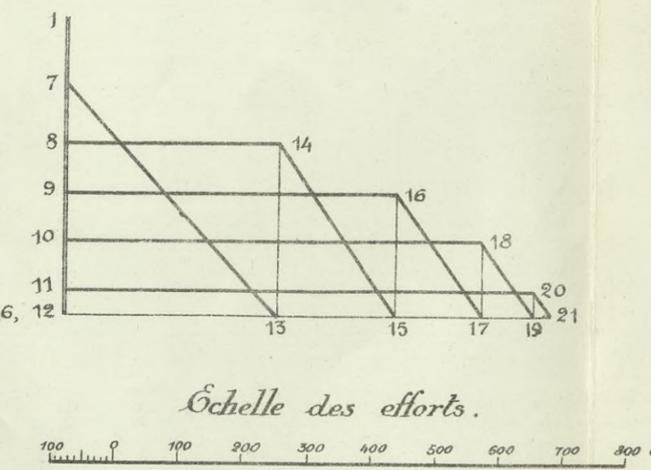
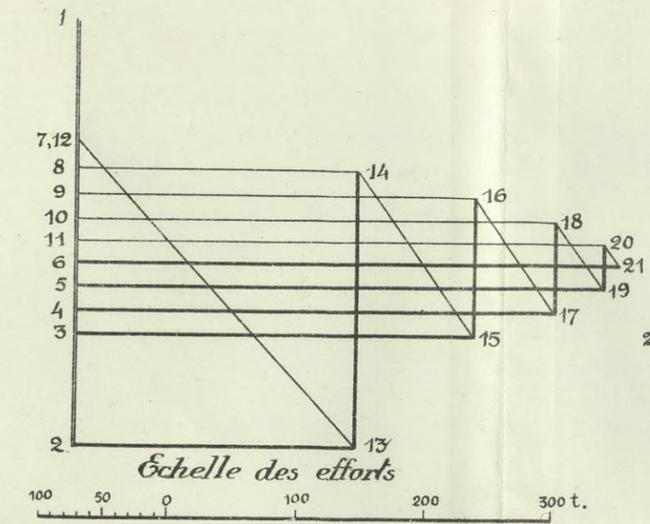
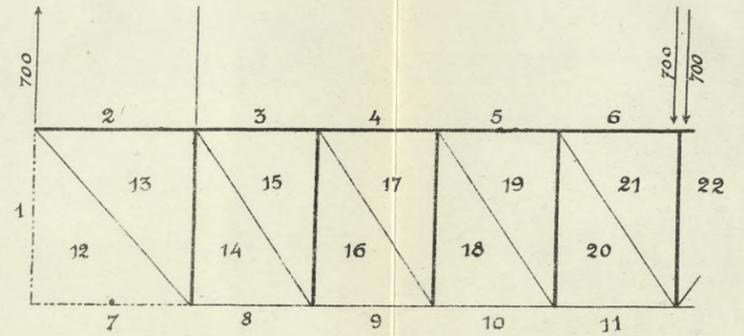
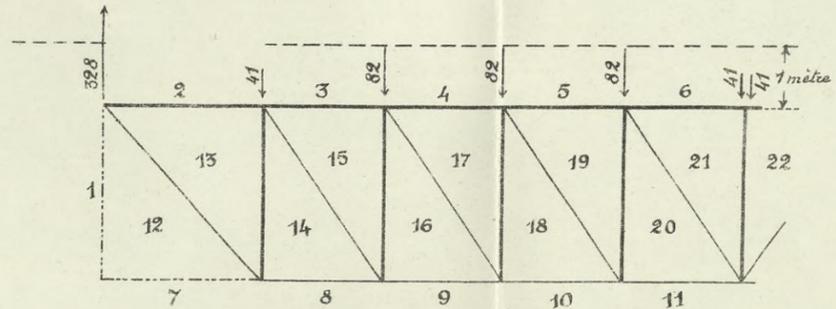
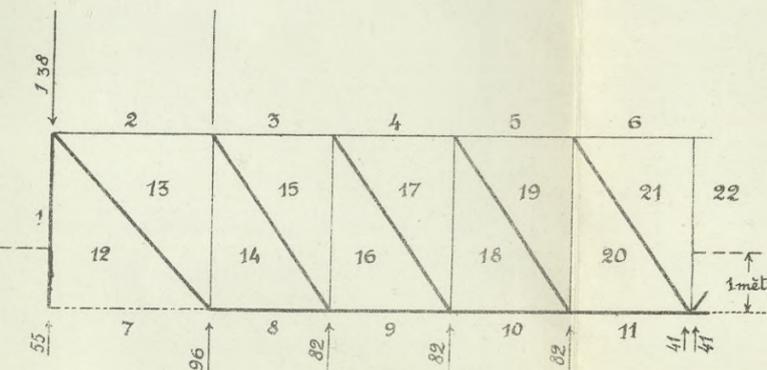
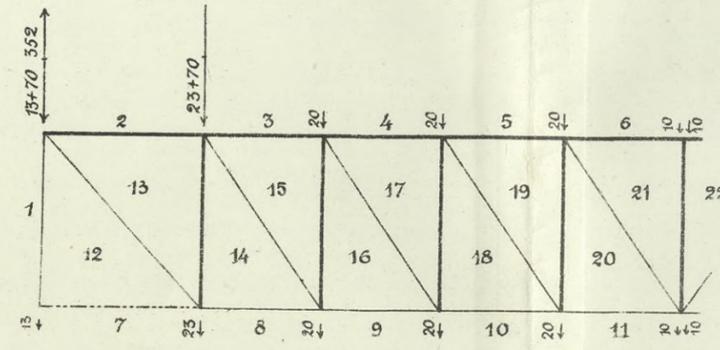
A. ROJDESTVENSKY

---



# Les efforts produits dans les pièces de la poutre transversale du dock:

1. Par le propre poids du dock.
2. Par la pression sur le fond d'une couche d'eau de 1 mètre d'épaisseur.
3. Par la pression sur le plafond d'une couche d'eau de 1 mètre d'épaisseur.
4. Par le poids du bateau.



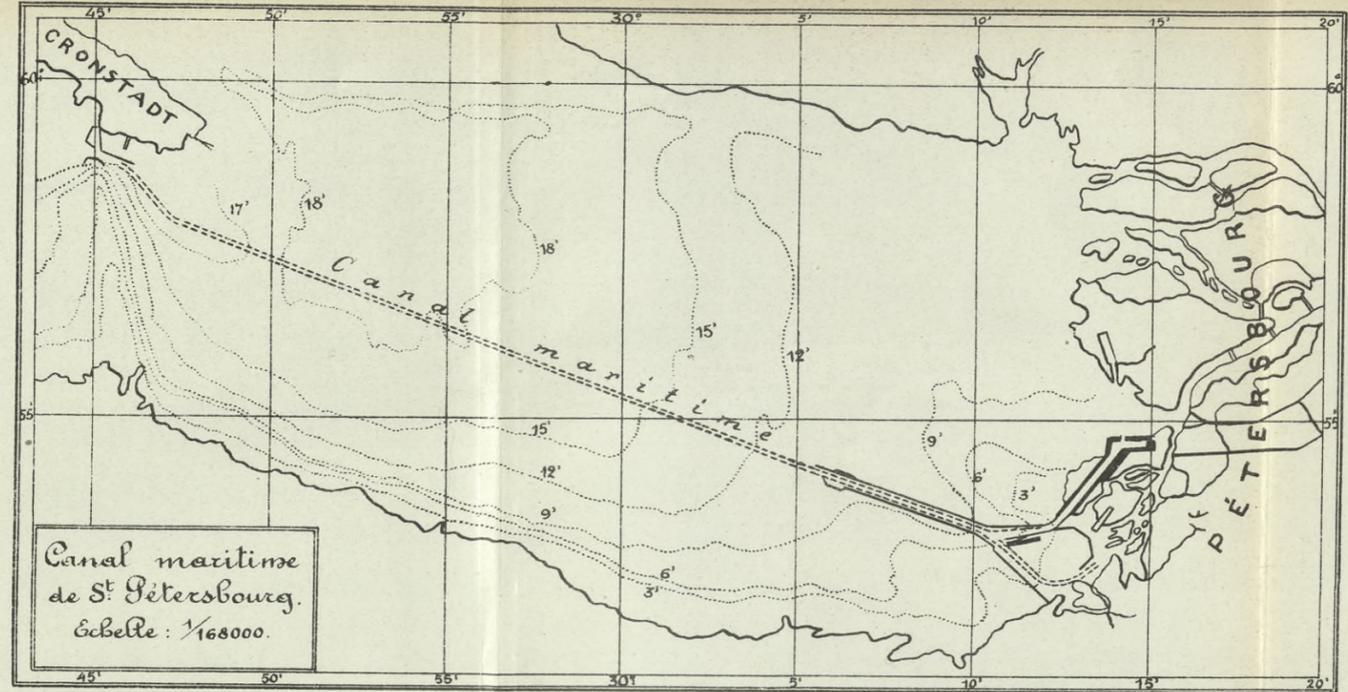


X. CONGRESS - MAILAND - 1903

II. Abteilung : Seeschifffahrt  
4. Mitteilung

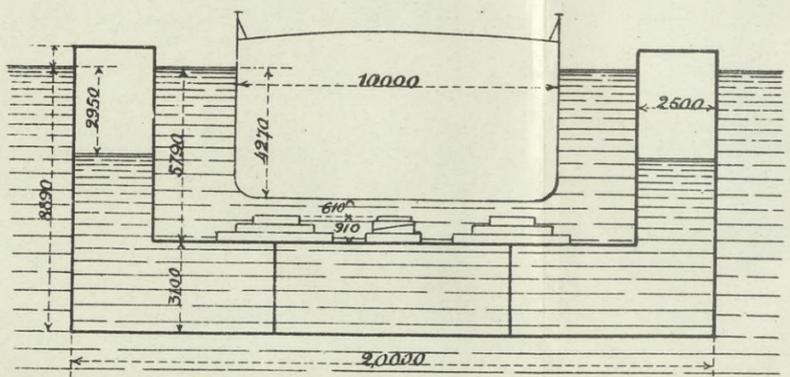
BERICHT  
VON  
A. ROJDESTVENSKY

BLATT II.

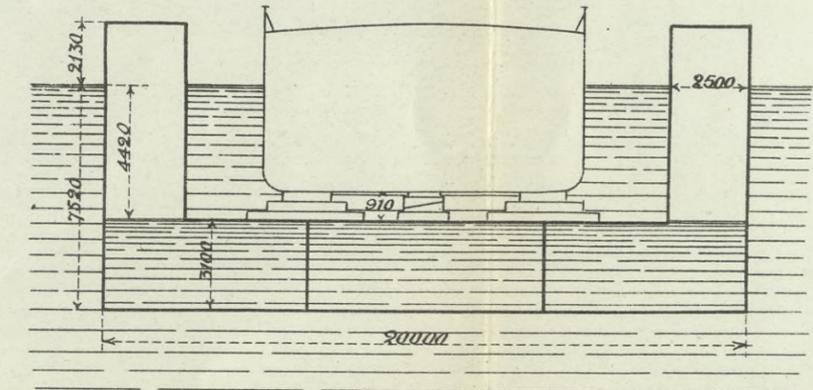


Les positions particulières du dock.

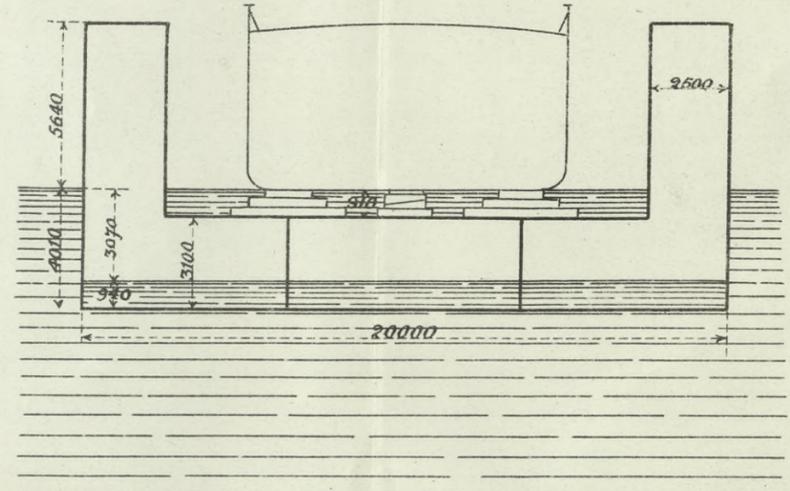
*a. Le dock est immergé afin de recevoir le bateau*



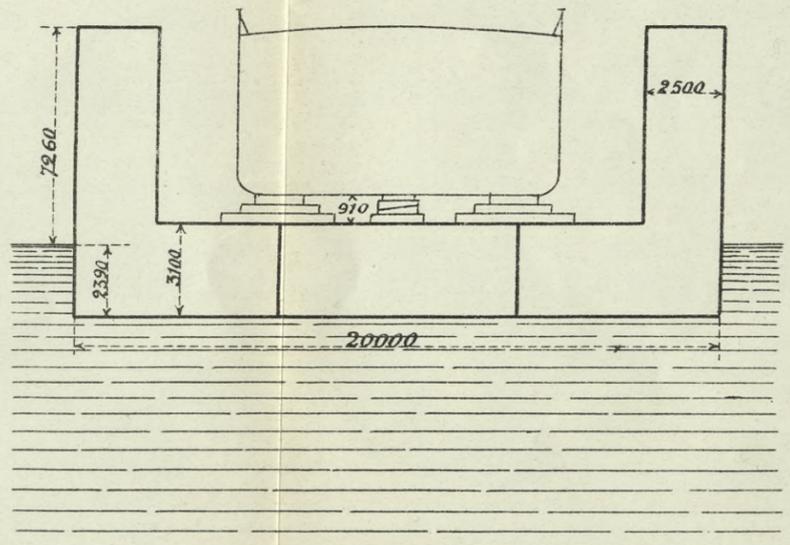
*b. Position où la charge d'eau atteint le maximum.*



*c. Position la plus instable du dock.*



*d. Le dock est relevé.*



Ingenieur A. Rojdestvensky.

