

Om

Lovene for Vandets Bevægelse i lukkede Ledninger,

med speciel Anvendelse paa

de saltglasserede Leerrørs Vandføringsevne.

Af

A. Colding.

Lovene for Vandets Bevægelse i lukkede Ledninger, naar disse ere heelt fyldte og Vandet bevæger sig under et Tryk, ere indtil en vis Grad vel bekendte, og derom hersker der neppe nogen væsentlig Meningsforskjel, da enhver Tvivl desangaaende forlængst er fjernet ved den store Mængde af Erfaringer, som blandt Andet ere vundne ved de i den nyere Tid anlagte Værker til større Byers Forsyning med Drikkevand.

Noget anderledes forholder det sig derimod med Lovene for Vandets Bevægelse i saadanne Ledninger, som kun tildeels ere fyldte og da navnlig med den Slags Vandledninger, der ere bestemte til at aflede Spildevand, altsaa med Cloakledninger; thi derom har der indtil den senere Tid reist sig forskjellige Tvivl og Meninger med Hensyn til Vandføringsevnen m. v. Denne Uvished hidrører vel først og fremmest derfra, at det er forbundet med meget større Vanskelighed at bestemme Lovene for Vandets Bevægelse i Ledninger, der kun tildeels ere fyldte, end at bestemme disse Love for Bevægelsen af Vandet i heelt fyldte Ledninger, og at som Følge deraf langt færre Observationer ere udførte med de deelviis end med de heelt fyldte Ledninger, ihvorvel det er indlysende, at langt flere Observationer i Virkeligheden udkræves for at erholde en nøiagtig Kundskab til Cloakledningernes Vandføringsevne end for at erholde den fornødne Indsigt i Lovene for Vandets Bevægelse i heelt fyldte Ledninger, da det at bestemme Lovene for Vandets Bevægelse i Ledninger, som kun tildeels ere fyldte, er det almindeligere Problem, hvorunder det Specielle om Lovene for Vandets Bevægelse i heelt fyldte Ledninger er indbefattet. Vandledningerne ere i Reglen enten Cylindre eller Prismer og de Ledninger som benyttes til Forsyning med Drikkevand og hvorved Lovene for Vandets Bevægelse i heelt fyldte Ledninger væsentligt ere stadfæstede, ere saa at sige udelukkende kun cylindriske Rør med et cirkelformigt Tversnit. De nu brugelige Cloakledninger have derimod næsten alle mulige Tversnitsformer, deels forskjellige Polygoner, deels krumlinede Figurer, som Cirklen, Ovalen, Ægvalen etc., deels ogsaa blandetlinede Figurer, sammensatte af rette Linier og Cirkelbuer for ikke at tale om de uregelmæssige Gjennemsnit af Floder og Canaler, hvorved endeel af de anstillede Observationer over Lovene for Vandets Bevægelse netop ere udførte.

Ved de heelt fyldte Ledninger bevæger Vandet sig, formodet Ledningens constante Gjennemsnit, stedse fra den ene Ende til den anden med en uforandret Hastighed; ved Cloakledninger kan derimod Fyldningsgraden variere fra Punkt til Punkt igjennem Ledningens hele Længde, og som en Følge deraf vil da ogsaa Hastigheden af Vandstrømmen variere fra Punkt til Punkt af Ledningen, der igjen vil medføre en tilsvarende Variation af Ledningsmodstanden. Ved Cloakledninger har Ledningens Fald tilmed en betydelig Indflydelse paa Vandføringen, hvorimod denne ingen saadan Indflydelse udøver paa de heelt fyldte Ledningers Vandføring. Hvad der endelig har bidraget til at vanskeliggjøre den Opgave at bestemme Cloakledningernes Vandføringsevne, er den Omstændighed, at Vandet som oftest ikke alene kommer ind i Ledningen fra den øverste Ende, men meget mere kommer til paa mangfoldige Punkter langs hele Ledningens Længde, i ulige Mængde, med ulige Hastighed og ulige blandet med Ureenlighed. Om Cloakernes hensigtsmæssige Construction har man havt meget forskjellige Anskuelse, ja Meningen have endog været saa forskellige, at man hverken har været enig om, hvilken Form der var den hensigtsmæssigste, hvilket Fald der var det rette eller om hvilken Størrelse man skulde give Cloakkerne; man har været uenig om Alt, og ikke saa Faa ere maaskee endnu tildeels uenige om flere af de væsentligste Punkter. — Min Hensigt med denne Afhandling er nu, om muligt, at belyse nogle af de omtvistede Forhold og ved Hjælp af Erfaring at godtgjøre Rigtigheden af nogle af de vigtigste Grundsætninger for Vandets Bevægelse i Ledninger, som kun tildeels ere fyldte, alt med specielt Hensyn paa Cloakledningers Construction.

Af den Uklarhed i Anskuelse og Ulighed i Betragtningensmaade, som bestandigt har viist sig med Hensyn paa denne Sag, kan det forklares, at enhver Ingenieur saa at sige har havt sin egen Anskuelse, som han har gjort gjældende under Bygningen af de af ham udførte Cloaker, og deraf kan det igjen forståes, at de Cloaker, som nu forefindes i forskjellige Byer, sjældent ere construerede paa samme Maade, men tvertimod næsten altid ere forskjelligt indrettede; deraf lader det sig forklare, at endog forskjellige Dele af et og samme System ikke saa sjelden ere udførte efter næsten modsatte Principer.

I ældre Tider byggede man i Reglen alle Cloaker med rectangulairt Tversnit med en i Forhold til Vandføringen betydelig stor Lysning, sandsynligviis fordi Erfaringen havde lært, at Ureenlighederne som oftest bundfældte sig i Ledningerne, hvilke da ved Haandmagt maatte udrenses. Det Hensigtsmæssige i underjordisk at kunne aflede alle Ureenligheder fra Stæderne ved Hjælp af Cloaker blev bestandigt mere og mere indlysende, og dette fremkaldte stedse flere og flere nye Cloakanlæg; men paa den anden Side maatte Ulemperne ved disse Anlæg, i Særdeleshed de fra samme opstigende Dunster, der særdeles viste sig, hvor Cloakerne havde et mindre stærkt Fald, samt Bekostningerne ved deres Rensning, optræde hemmende derimod, og heri laae altsaa en meget naturlig Grund til

paa det Omhyggeligste at overveie, hvorledes Ulemperne kunde undgaaes. At den fladbundede Form var en meget uhensigtsmæssig Form, var let at indsee; thi det var af sig selv indlysende, at jo større den Overflade er, hvormed Vandet af en given Strøm kommer i Berøring, desto større bliver Modstanden af Ledningen imod Vandets Bevægelse, desto mindre bliver Hastigheden af Strømmen i Cloaken — naar alt Andet forøvrigt forudsættes at være lige — og desto større bliver følgelig Bundfældningen i Cloaken. Spørgsmaalet blev derfor først, hvilken Form man skulde vælge, og Tanken maatte da ganske naturligt føres over paa Cirkelformen, som har den mindste Overflade for et givet Gjennemsnitsareal; men da Vandføringen af Cloakerne i Reglen er meget foranderlig, saa valgte man ofte Cloaker med lodrette Sider og udhulet Bund, eller overhovedet ovale Cloaker fremfor de cirkelformede Cloaker. Opmærksomheden blev derefter henvendt paa de ægformede Cloaker med nedadvendt Spids, og temmelig snart blev det ogsaa almindeligt anerkjendt, at denne Form, behørigt construeret, i mangfoldige Tilfælde besidder store Fordele fremfor andre Tversnitsformer af Cloaker, idet man ved disse Cloaker selv for smaa Vandstrømme kan reducere Ledningsmodstanden noget nær til Minimum og dog være i Stand til at give Ledningerne en saadan Størrelse, at de ikke alene kunne aflede den største Regnmængde, men desuden kunne befærdes af Mennesker, hvilket stedse er af Vigtighed for Cloaker.

Om den hensigtsmæssigste Form for Cloakerne ere de Fleste altsaa nu for Tiden enige; men samtidigt dermed er man ogsaa bleven enig om at stille den bestemte Fordring til et vel indrettet Cloaksystem, at det selv bør holde sig reent uden store Rensninger ved Haandmagt. Denne sidste Fordring har givet Anledning til en stor Meningsforskjel angaaende det Fald og den Størrelse, man skal give Cloakledningerne for at tilveiebringe den til Reenholdelsen fornødne Strømningshastighed og for samtidigt dermed at reducere Udgifterne ved Cloakanlægget saameget som muligt. Nogle Ingenieurer have nemlig paa-staaet, at den bekjendte *Eytelweinske* Formel for Vandets Bevægelse er aldeles ubrugelig, da Erfaringen har viist, at Vandet erhoder en større Hastighed og i det Hele følger en anden Lov end den, som ligger til Grund for hiin Formel. Andre Ingenieurer have derimod vedblivende anseet det for afgjort, at den *Eytelweinske* Formel er rigtig, naar den kun rigtig benyttes; men fra ingen af Siderne er det blevet beviist, hvad der er det Rette, og Cloakspørgsmaalet, som allerede i mange Aar har været et staaende Spørgsmaal i England, har derfor lige indtil den sidste Tid givet Anledning til mangfoldige og vidtløftige Debatter, baade skriftlige og mundtlige. Mange vigtige Oplysninger med Hensyn til Cloakconstructionene ere derved erholdte; men nogen endelig Afgjørelse med Hensyn til Faldet og Størrelsen har Sagen endnu ikke faaet, skjøndt man dog nu i Almindelighed synes at antage, at den *Eytelweinske* Formel er rigtig. En stor Deel af de Ingenieurer, som beregne Cloakerne efter *Eytelwein*, gaae nemlig, ligesom Modstanderne af den *Eytel-*

weinske Formel, ud fra den Anskuelse, at denne Formel vilde give langt større Cloaker end fornødent, om man vilde antage, at de skulde aflede den hele Regnmængde saa hurtigt som den falder. Nogle Ingenieurer, og deriblandt kan jeg nævne *Wicksteed*¹⁾, antage, at kun de to Trediedele af den i Timen faldende Vandmængde løber til Cloaken, og det ikke i een, men derimod i mange Timer, forskjelligt i Forhold til Jordsmonnets Natur og Heldning. *Wicksteed* betragter derfor alene den største aarlige Regnmængde og antager, at $\frac{1}{3}$ af denne falder i en Maaned, at $\frac{2}{3}$ af denne Regnmængde eller $\frac{2}{9}$ af den hele aarlige Regnmængde skal i 4 Dögn kunne løbe af til Cloakerne, eller at Cloakerne i Dögnet skulle kunne aflede $\frac{1}{4} \times \frac{2}{9} = \frac{1}{18}$ af den største aarlige Regnmængde, altsaa $\frac{1}{4 \cdot \frac{1}{18}}$ af denne Vandmængde i Timen, og paa denne Basis beregner han Ledningernes Diametre ifølge *Eytelweins* Formel.

Andre Ingenieurer, og deriblandt maa jeg nævne Mr. *Phillips*²⁾, ere af den Mening, at man for London bör antage den Vandmængde, som strömmen til Cloaken under de stærke Regnskyl, i Forbindelse med den Vandmængde, som tilføres Systemet i Form af Spildevand, liig een Tomme Vandhöide eller een Cubikfod pr. Acre pr. Secund. De antage derimod, at „*Hawksleys* Formel“, der er afledet af den bekjendte *Eytelweinske* Formel, er urigtig, naar den anvendes paa Cloaker, hvori Vandet ikke strömmen ind fra Enden alene, men derimod meget mere strömmen til fra Siderne langs hele Ledningen, og helde navnlig til den Mening, at den Forudsætning, hvorpaa Formlen er grundet, nemlig at Strömmen lider en Modstand, der er proportional med den af Strömmen beskyllede Contour, er urigtig, ligesom ogsaa, at det er urigtigt at antage, at Strömmen i Cloakledningerne er constant og ene beroer paa Ledningens Fald; thi de anföre at have fundet, at Strömmens Hastighed igjennem en Cloakledning bestandig tiltager fra den överste Ende nedimod Mundingen af Cloaken.

Hermed stemmer ogsaa Mr. *Cowie*³⁾ for en Deel overeens, endskjönt han paa den anden Side söger at paavise, at *Eytelweins* Formel, og altsaa ogsaa *Hawksleys* Formel, er fuldkommen rigtig, naar den anvendes rigtig. — *Cowie* söger fremdeles sammesteds at vise, at Mr. *Phillips* Paastand, nemlig: „hvor absurd store end de nærværende Cloaker ere, saa forlanger Theorien dog, at de endnu skulde være større“, ikkun beroer paa en Misforstaaelse; thi, siger han, Formlerne forudsætte, at Vandet ledes ind i Ledningen fra Enden, og dette finder som bekjendt ingenlunde Sted ved Cloakledningerne, der modtage Vandet langs deres hele Længde. Der er derfor efter hans Mening en stor Forskjel imellem de Ledninger, for hvilke Formlerne ere dannede, og de Ledninger, hvorpaa Formlerne

1) Report to the Town Counsel of Leeds on the sewerage. 1848. S. 7.

2) Minutes of evidence to the Metropolitan Sanitary Commission. 1847. S. 54.

3) See samme Report, Side 156.

anvendes, og heri søger han Grunden til Uoverensstemmelsen imellem Theorien og Mr. *Phillips* Erfaringer. *Cowie* gaaer derpaa over til at forklare Betydningen af den paa-pegede Forskjellighed, og mener, at Aarsagen til, at Cloakerne kunne aflede Vandet fra et langt større Areal, end *Hawksleys* Tabeller angive, har sin Grund deri, at Vandet, naar det træder ind fra Enden af Cloaken, skal gennemløbe hele Cloaken, hvori det taber den ved Faldet erholdte levende Kraft; hvorimod Vandet, som tilstrømmer Cloaken langs hele Længden, stedse træder ind i denne med en betydelig levende Kraft, som bestandig forøger Strømmens Hastighed i Hovedcloaken.

Endeel Ingenieurer mene derimod, at man bør gaae ud fra den Vandmængde, som falder i en stærk Regn, og forudsætte, at denne skal afledes, samt at man derefter bør beregne Cloakledningernes Størrelse ifølge *Eytelweins* Formel.

Det skulde nu synes, at den bedste og rigtigste Maade at komme til en nøiagtig Kundskab om, hvorledes en Cloak bør construeres for at kunne bortføre Spildevandet og Regnvandet fra et givet District af London, hvor Spørgsmaalet, som sagt, især er blevet behandlet, vilde have været, deels at undersøge de Vandmængder, som under forskellige Regnskyl, hvis Størrelse er bleven maalt, strømme igjennem de alt forhaandenværende Cloaker, og deels at undersøge de Strømningshastigheder, som finde Sted paa forskellige Punkter i Cloakerne i Forhold til Oplandets Størrelse. Endeel saadanne Maalninger ere ogsaa i de senere Aar foretagne; men de lide alle af forskellige Mangler, idet Beskrivelsen af Forholdene som oftest er saa kort og ubestemt, at den ikke tillader Andre at uddrage noget Resultat af disse Observationer, og selv paa de Steder, hvor Iagttagelserne ere foretagne, synes man ikke at have kunnet gjøre væsentlig Brug af disse Observationer. Dette kan imidlertid forklares af andre Omstændigheder, idet de ældre Cloaker ikke sjældent ere af en slet Form, der tilmed ofte er foranderlig paa en og samme Ledning, hvortil kommer, at Faldet undertiden er høist forskjelligt, snart stort, snart lille med større eller mindre Forsænkninger paa Ledningen. Større eller mindre Dele af Cloaken ere ikke sjældent tilstoppede, og de Vandledninger, som føre til en saadan Cloak, støde snart til Hovedcloaken under rette Vinkler, snart under spidse og snart endog under stumpe Vinkler, snart ved Bunden og snart ved Overkanten, og det kan altsaa ikke nægtes, at Forholdene idetmindste tilsyneladende ere saa forviklede, at man let maatte kunne fristes til at antage, at de Regler, som man af saadanne Forhold maatte udlede, ikke kunne ventes at ville passe i andre Tilfælde. Men hertil kom endnu den Omstændighed, at man havde bemærket, at paa flere Steder, paa større eller mindre Strækninger, hvor smaa Cloaker vare blevene anlagte af brændte og glasserede Leerrør for enkelte Huse eller Gaarde, og hvor Terrainet i Tidens Løb var blevet saaledes hebygget, at man efter den almindelige Antagelse skulde have anvendt temmelig store Cloaker, der viste de alt forhaandenværende smaa Cloaker sig endnu at være fuldkommen tilstrækkelige, ja det viste

sig, at der, hvor man efter den almindelige Praxis vilde have nedlagt de større Cloaker og hvor man tillige efter de forhaandenværende Kjendsgjæringer vilde have været nødt til at foretage jevnlige Udrensninger af Cloakerne, der vare disse smaa Leerrørsledninger aldeles rene. — Til de anførte Tvivl om Brugbarheden af de Resultater, som kunde udledes af de gamle Cloaker, kom altsaa endnu den, at Vandføringsevnen for Cloaker af glasserede Leerrør, som mere og mere vare komne i Brug, syntes at være forskjellig fra den, som fandt Sted i de murede Cloaker.

Saadanne Betragtningmaader, som de af *Wicksteed* anførte, ifølge hvilke Cloakerne ikke behøvede at være større end hvad der behøvedes til at aflede omtrent $\frac{1}{5}$ af den største Regnmængde, som falder (den største Regnmængde i Timen er for London = 2 Tom.), kunde umuligt vinde synderlig Tiltro, da de ifølge Sagens Natur maatte være urigtige, og de bestyrkede derfor kun yderligere den alt forhaandenværende Tanke, at enten maatte Cloakernes Vandføringsevne følge en anden Lov end den, som er udtrykt ved *Eytelweins* Formel, hvilket som sagt Mr. *Phillips* antog, eller ogsaa maatte noget Lignende finde Sted, som det, Mr. *Cowie* har antydnet.

Som Følge heraf besluttede Cloakcommissionen i London at lade foretage Forsøg med glasserede Leerrør for directe at komme til Kundskab om disse Rørs Vandførings-evne, og Ledelsen heraf blev overdraget en særegen Comitee, kaldet: „Trial Works Comitee“.

Resultaterne af disse Forsøg ere ikkun bekjendte af en Rapport af Mr. *Medworth* til *General Board of Health*¹⁾, da „Trial Works Report“ aldrig er udkommen. Men Mr. *Medworth*, som af Comiteen var antaget til at lede Forsøgene, giver uheldigviis ikke nogen nærmere Beskrivelse af Maaden, paa hvilken Ledningerne vare anbragte; han anfører blot Resultaterne af Forsøgene. Han siger Side 193, at udtømmende Forsøg ere foretagne med Rør af en Diameter op til 12 Tommer, og Side 192, at han ved omhyggelige Forsøg har overbevist sig om, at naar man ved samme Fald betegner Vandføringen ved Q og q for tvende Rør, hvis Diametre ere D og d , saa er:

$$Q = q \left(\frac{D}{d} \right)^{\frac{5}{2}}, \dots \dots \dots (1)$$

hvilket som bekjendt er overensstemmende med hvad der finder Sted ved andre Ledninger.

Hvad dernæst Vandføringen af en og samme Rørledning under forskjellige Fald angaaer, da anføres Side 185 og 186, at Forsøgene have viist, at ved et Fald af 1 : 100 giver en 6 Tommers Ledning 63,5 Cbf. Vand i Minutet, og ved et Fald af 1 : 800 giver samme Ledning 47,2 Cbf. i Minutet.

¹⁾ Report on the Supply of Water to the Metropolis. Appendix II. 1850. S. 183.

Hvis disse Forsøg vare tilforladelige, saa kunde vi altsaa uden mærkelig Feil beregne Vandføringen pr. Minut for en 6 Tom. Ledning med et Fald af 1:l ifølge Formlen:

$$q = (65,83 - 0,0233 \cdot l) \text{ Cbf.} \dots \dots \dots (2)$$

og naar vi da indsatte denne Værdi for q i Formlen (1), og desuden satte $d = 6''$, saa maatte vi finde Vandføringen i Minutet (Q) for en hvilken som helst glasseret Leerrørs Ledning, hvis Diameter er D og hvis Fald er $= 1:l$. Foretage vi en saadan Substitution, da erholde vi:

$$Q = (65,83 - 0,0233 \cdot l) \left(\frac{D}{6} \right)^{\frac{5}{2}} \dots \dots \dots (3).$$

Det er denne Formel — skjönt den ikke findes opført i Mr. *Medworths* Rapport — som maa betragtes som Resultatet af de londonske Forsøg, hvorved det dog ikke maa oversees, at Mr. *Medworth* selv ytrer Side 193, at han vel anseer de erholdte Resultater som fuldkommen paalidelige for practisk Brug saa langt som de gaae, skjönt ingenlunde som mathematisk nøiagtige, men desuagtet holder det for særdeles ønskeligt, at Forsøg blive foretagne med Ledninger af en meget større Diameter end de, hvortil man hidindtil har maattet indskrænke sig.

I den omtalte Rapport¹⁾ af Mr. *Phillips*, Ingenieur ved Westminster Cloak-Commission, anføres eksempelvis, at han er aldeles vis paa, at en Cloak af 5 Fods Høide og 3 Fods Brede med et Fald af 1:100 vil fuldkommen kunne modtage Afløbsvandet fra 200 Acres bebygget Grund. Da nu en Cloak af 5 Fods Høide og 3 Fods Brede omtrent vil have samme Lysning som en cirkelrund Cloak af 4 Fods Diameter, og da Mr. *Phillips* regner Vandmængden pr. Acre til 60 Cbf. i Minutet, saa vilde altsaa efter hans Erfaring en Cloak af 4 Fods Diameter, med et Fald af 1:100 kunne føre 12000 Cbf. Vand i Minutet, hvilket paa det Nærmeste stemmer med Formlen (3), som i dette Tilfælde giver 11500 Cubikfod. — Ligeledes anfører *Phillips* sammesteds, at en Cloak med $11\frac{1}{4}$ Qvadratfods Gjennemsnit, hvis Diameter altsaa er $45\frac{1}{2}$ Tom., vil ved et Fald af 1:480 kunne modtage Afløbsvandet fra 130 Acres eller have en Vandføring af 7800 Cbf. i Minuttet, hvilket ligeledes stemmer godt med Formlen (3), som giver 8600 Cbf. i Minuttet. Endelig anføres, at en Cloak af $6\frac{1}{4}$ Fods Diameter med et Fald af 1:480 vil fuldstændigt aflede Vandet fra 500 Acres eller have en Vandføring af 30000 Cbf. pr. Minut, og Formlen (3) giver i dette Tilfælde 30190 Cbf. pr. Minut. Der synes saaledes at være særdeles god Overeensstemmelse mellem de practiske Erfaringer og Cloak-Commissionens Forsøg; men denne Overeensstemmelse kan endnu langt fra betragtes som noget Beviis for Rigtigheden af Formlen (3); tvertimod, der ere Omstændigheder, som give grundet Anledning

¹⁾ Minutes of evidence to the Metropolitan Sanitary Commission 1847. S. 57.

til at betvivle Forsögenes Rigtighed. Tænke vi os nemlig tvende aldeles eens Ledninger, beliggende ganske under de samme Omstændigheder, kun med den Forskjel, at den ene fører reent Vand og den anden fører Cloakvand, saa er det klart, at den første vil føre mere Vand end den anden. Men den Mængde Vand, som en 6 Tom. Jern-Vandledning fører, naar dens Vandspeil har et Fald af 1:100, er 43,5 Cbf. pr. Minut, og ved et Fald af 1:800 kun 14 Cbf. pr. Minut, hvilket stemmer med den *Eytelweinske* Formel; og naar altsaa Cloak-Commissionen i London ved Forsögene med Cloakvand vil have fundet Vandføringen at være respective 63,5 Cbf. pr. Minut

og 47,2 Cbf. - —

saa er der Grund til at tvivle om Forsögenes Rigtighed.

Var Formlen (3) rigtig, da skulde en 18 Tom Ledning med et Trykhöidetab af 1:1000 kunne føre en Vandmængde af 600 Cubikfod i Minutet; men Intet er sikkrere, end at, hvis man her vilde stole paa Formlen, saa vilde man blive i høi Grad skuffet i sine Forventninger; thi ved dette Fald maatte der, ifølge det, som er bekjendt fra almindelige Vandledninger, idetmindste anbringes tvende 18 Tom. Ledninger istedetfor een.

Kaste vi nu et Blik paa Forholdene, som de stode efter at den londonske Cloak-Commission havde udført sine Forsög, saa finde vi dem neppe lysere end for Forsögene udførtes. Commissionens Formel (3) var i Strid med den *Eytelweinske*, hvis Gyldighed dog ingenlunde var bleven modbeviist ved Forsögene; thi, som ovenfor anført, forekom der Tilfælde, hvori den *Eytelweinske* Formel stemte med Erfaring, medens derimod Formlen (3) stod i Strid med Erfaring, og vel at mærke, det var netop saadanne Tilfælde og under lignende Forhold som de, hvorunder Cloak-Commissionens Grundforsög med den 6 Tom. Ledning bleve udførte, nemlig hvor Vandstrømmen fyldte Ledningen aldeles. Der var altsaa stor Sandsynlighed for, at de nævnte Grundforsög vare upaalidelige. Men der syntes paa den anden Side heller ikke at mangle Exempler paa, at Formlen (3) førte til Resultater, som stemmede med practiske Ingenieurers Erfaring og det netop i de Tilfælde, hvor *Eytelweins* Formel vilde give altfor store Cloaker.

De Indvendinger, som Mr. *Phillips* har anført imod den *Eytelweinske* Formel, nemlig, at det ikke alene er urigtigt at antage Modstanden imod Vandets Bevægelse i en Ledning for proportional med den beskyllede Contour, men at det ogsaa er urigtigt at antage Strömningshastigheden for constant, beroe aabenbart, som Mr. *Cowie* har søgt at vise, paa en urigtig Opfattelse af Forholdene; thi begge disse Sætninger ere forlængst — idetmindste med en stor Grad af Tilnærmelse — befundne at holde Stand ved en Mængde af de meest forskjellige Ledninger, saavel ved Floder og Canaler som ved mangfoldige større og mindre lukkede Vandledninger, og selv ved de Londonske Cloakforsög angiver Mr. *Medworth* Side 190, at han ingen Forskjel kunde skjønne paa Hastigheden ved de første 50 Fod og ved de sidste 50 Fod af den 100 Fod lange Ledning, hvorved Forsögene bleve

anstillede. Den eneste tilsyneladende berettigede Tanke, som sandsynligviis har fore-
svævet Mr. *Phillips*, idet han saaledes har udtalt sig om den *Eytelweinske* Formel,
er den, som Mr. *Cowie* har fremsat, nemlig, at da Vandet, som strømmer igjennem Cloak-
ledninger, ikke kommer ind fra Enden alene, men derimod meget mere strømmer til
langs hele Ledningens Længde, saa vil Strømmen ogsaa paa hele sin Vei igjennem Led-
ningen bestandig erholde en ny Tilvæxt af „levende Kraft“ og Vandet [derved en større
Hastighed end den, som svarer til Ledningens Fald.

Denne Mening har imidlertid kun en tilsyneladende Berettigelse; thi det lader sig
bevise, at saasart Strømmen har gjennemløbet en Strækning af Ledningen, som blot er
henimod 200 Gange Ledningens Diameter, saa vil Strømmen aldeles have mistet den
levende Kraft, hvormed Vandet indkom i Ledningen, og fra dette Öieblik vil altsaa Vandet
alene bevæge sig formedelst Ledningens Fald. Antages nemlig Vandspeilet af Strømmen
at have et Fald h paa Længden l , da kan den accelererende Kraft, som virker paa Vandet
i Strømmens Retning, udtrykkes ved

$$g \cdot \frac{h}{l}.$$

Ledningens Modstand imod Vandets Bevægelse kan, ifølge *Eytelwein*, tilnærmelsesviis sættes

$$= k \cdot v^2 = \frac{0,007565}{2} \frac{c}{s} \cdot v^2,$$

naar v er Hastigheden, s er Strømmens Gjennemsnitsareal og c er den beskyllede Contour.
Sættes nu Længden af den Vei, som Strømmen gjennemløber i Tiden t , liig x , saa bliver
Differential-Ligningen for Vandets Bevægelse følgende:

$$v dv = (g \frac{h}{l} - k \cdot v^2) dx \dots \dots \dots (4),$$

og idet vi sætte den naturlige Logarithme = Log. og antage $v = v_0$ for $x = 0$,

saa erholdes altsaa $2 k x = \text{Log} \left(\frac{g \frac{h}{l} - k v_0^2}{g \frac{h}{l} - k v^2} \right)$, som giver

$$v^2 = \frac{1}{k} \left[g \frac{h}{l} - (g \frac{h}{l} - k v_0^2) e^{-2kx} \right] \dots \dots \dots (5).$$

I denne Formel vil det sidste Led blive saa lille, at det kan udelades, naar f. Ex.

$$e^{-2kx} = 0,005, \text{ hvortil svarer}$$

$$-2kx = \frac{\log. 0,005}{\log. e} = - \frac{2,30103}{0,43429} = - 5,300; \text{ i hvilket Tilfælde } \left(\frac{x}{\frac{s}{c}} \right) = 700.$$

Men jo mindre fyldt Ledningen er, desto mindre er ogsaa $\left(\frac{s}{c} \right)$, og desto mindre bliver
altsaa ogsaa den tilsvarende Værdi af x . Vi behöve derfor her blot at betegne det Til-

fælde, hvor Ledningen er heel fyldt, hvortil svarer $\frac{s}{c} = \frac{d}{4}$, idet d er Diametren af Ledningen, og vi erholde altsaa $\frac{x}{d} = 175$.

Heraf sees, at naar Forholdet imellem den Længde, som Vandet har passeret i Ledningen, og dennes Diameter er lig 175, saa kan Vandets Hastighed udtrykkes ifølge Formlen (5) ved

$$v^2 = 8267 (1 - 0,005) \frac{h s}{l c} + 0,005 \cdot v_0^2,$$

som med tilstrækkelig Tilnærmelse kan skrives

$$v^2 = 8267 \frac{h s}{l c},$$

der netop er den *Eytelweinske* Formel, og Vandet har altsaa indtil dette Punkt omtrent tabt den hele levende Kraft, hvormed det indtraadte i Cloaken. Fra dette Öieblik af bevæger det sig altsaa ene formedelst Ledningens Fald, hvilket var det, som skulde bevises.

Den Uovereensstemmelse, som man har fundet imellem Erfaringen over Cloakledningernes Vandføringsevne og Theorien efter *Eytelwein*, antager jeg, stammer derfra, at man ikke har taget tilbørligt Hensyn til Cloakernes Rumfang; thi naar et Cloak-System bestaaer af et enkelt Sæt af Ledninger, da ere disse næsten ganske tomme i tört Veir. Ved indtrædende stærke Regnskyl skulde altsaa alle disse Ledninger fyldes, og hertil medgaaer en stor Deel af den hele faldende Regnmængde, og det er saaledes kun Overskuddet, som Cloakerne skulde aflede.

Da den Vandmængde, som et Cloaksystem kan rumme, i Almindelighed er meget betydelig og i mange Tilfælde ikke saa lidet overskrider Halvdelen af den hele Regnmængde, som falder i den stærkeste Regnskyl, saa vil det være let forstaaeligt, at de Cloaker kunne blive for store, som construeres efter den *Eytelweinske* Formel, under den Forudsætning, at de skulde bortføre den hele Regnmængde saa hurtigt som den falder.

For at komme til Vished om de glasserede Leerrørs Vandføringsevne, besluttede den combinerede Comite for Vand-, Gas- og Cloakvæsenet her i Kjöbenhavn at foretage selvstændige Forsög over denne Gjenstand, og jeg havde den Ære at blive overdraget det Hverv at føre Tilsyn med Anlægget og Forsögene under Comiteens Ledning. Med Hensyn til den Omhu og Nöiagtighed, hvormed Forsögene bleve udförte, da maa jeg bemærke, at jeg anseer disse i flere Henseender interessante Forsög over Vandets Bevægelse i Rörledninger for at være nogle af de meest paalidelige, som hidtil ere udförte i denne Retning, og jeg troer derfor tillige, at de have baade videnskabelig ög praktik Værdi.

Forsögene bleve udförte med tvende Ledninger af glasserede Leerrör, den ene af

4 Tom. og den anden af 12 Tom. Rör, hver Ledning af omtrent 300 Fods Længde. — Saasnart Rörene vare ankomne hertil fra England i Eftersommeren 1852 bleve de fornødne Forarbejder til Forsøgene foretagne i det saakaldte „Peymannslöb“ imellem Sortesö og Stadsgraven. Rörene bleve anbragte paa et Underlag af Tömmer og Planker, og saaledes forsynede med Kiler, at man kunde indstille dem i den rigtige Höide. De bleve afstivede ved Siderne mellem lodret nedrammede Pæle, og der blev anvendt megen Omhyggelighed paa at gjøre Ledningernes Beliggenhed rellinet. Rörene, som vare forsynede med Muffer, bleve tætnede i Forbindelserne ved Hampefletninger og en passende Kit. Det var først bestemt, at Ledningen skulde indmunde i Bassiner saavel foroven som forneden; der blev derfor anlagt de fornødne Tverdæmninger og Bassinerne udgravede til de fornødne Dybder og behörigt regulerede. Igjennem den saakaldte „Peymanns Sluse“ kunde Indlöbsbassinet paa passende Maade forsynes med Vand fra Sortesö, og fra Aflöbsbassinet, som forsynedes med 4 Aflöbsrender af Træ, kunde den igjennem Rörledningerne tilstrømmende Vandmængde afledes og bestemmes ved Hjælp af et Maalekar og et Secunduhr. Saavel i Indlöbs- som i Aflöbsbassinet bleve nöiagtige Vandmaalsstokke anbragte til Bestemmelsen af Vandhöiderne. Hensigten med dette Arrangement var:

- 1) at have et Bassin foroven, hvori man kunde udröre Jord, Leer o. s. v., naar det önskedes, og hvori Vandet var i Stilstand ved dets Indtræden i Rörledningerne;
- 2) at have et Bassin forneden, hvori Vandet ligeledes vilde komme i Ro efterat have passeret Ledningerne; thi da behövede man blot at tage Differentsten imellem Vandhöiderne paa de to Maalestokke i Bassinerne for at faae Trykhöidetabet.

Det første Forsög blev udfört paa den Maade, at man regulerede Tillöbet til Indlöbsbassinet og Aflöbet fra Udlöbsbassinet saalænge, indtil Vandspeilene i de to Bassiner havde indtaget de attraaede Beliggenheder, og først derpaa maales Aflöbsvandet. Men denne Methode viste sig snart at have flere væsentlige Mangler. Den første var, at det var overmaade vanskeligt, for ikke at sige næsten umuligt, at være vis paa, at den Vandmængde, som strömmede igjennem Aflöbsrenderne i Secundet, virkelig var ligestor med den, som strömmede igjennem Ledningen i samme Tid; thi ved et saa stort Aflöbsbassin kunde man ikke see, om Bassinet enten fyldtes eller tömtes ganske lidt, og det var navnlig kun ved at lade Gjennemströmningen foregaae i en Tid af flere Timer förend Maalingerne foretoges, at man nogenlunde kunde forvisse sig om, at Vandmængderne vare ligestore, og hvert Forsög maatte fölgelig medtage meget lang Tid; men hertil kom, at skjönt det ikke faldt vanskeligt at regulere Tilströmningen til Indlöbsbassinet saaledes, at Vandspeilet fik den forönskede Beliggenhed, saa faldt det desto vanskeligere at stille Aflöbsstighbordene saaledes, at Vandet efter at have löbet flere Timer igjennem Ledningen nöiagtig havde den Höide i Aflöbsbassinet som man önskede, Endelig havde dette Arrangement den Feil, at Jorden indsugede en Deel af Vandet, som strömmede til Aflöbsbassi-

net, og denne Deel var større eller mindre eftersom Vandet stod høiere eller lavere i Bassinet. Sluttelig maa herved endnu bemærkes, at den Antagelse, at Forskjellen mellem Vandspeilenes Beliggenhed i de to Bassiner vilde være lig den i Rörledningen tabte Trykhøide, ikke er rigtig, da Vandet kommer ind i Ledningen fra et Bassin, hvori det er i Hvile, og strømmer ud af Ledningen med en Hastighed, som det taber ved Frictionen imod Vanddelene i Afløbsbassinet, uden at den dertil svarende Trykhøide kommer tilsyne.

Forsøgene bleve derfor afbrudte og det Hele arrangeret paa den paa medfølgende Tegning (Plan I) angivne Maade.

Istedetfor Afløbsbassinet blev der anbragt en lille Afløbskasse af Træ, som paa Siderne var forsynet med de fornødne Udløb og Skydere, hvorved Udløbsmængderne kunde reguleres, og den egentlige Leerrørs-Ledning blev ved et forholdsviis vidt krumt Blyrør forbunden med Kassens Bund, paa den i Tegningen angivne Maade. For yderligere at tvinge Vandstrømmen til at tabe den erholdte Hastighed ved en lodret Opadstigning, kunde forskjelligt høie Blyrør af en saadan Diameter, at de omgave Aabningen i Bunden af Afløbskassen, anbringes, og man kunde saaledes uden Vanskelighed aflæse Vandets Stigehøide. Ved Hjælp af Skyderne paa Afløbskassens Sider kunde man i en meget kort Tid regulere Afløbet saaledes, at Vandhøiden i Afløbskassen blev som man ønskede den.

Forsøgene med den 4 Tom. Ledning bleve først udførte, og efter at denne Ledning var borttagen, blev den 12 Tom. Ledning opstillet i dens Sted. Som det af Tegningen vil sees, var der under Forsøgene henlagt en firkantet Plankerende jevnside med Rörledningen, hvilken Rende forsynedes med Vand fra Peblingsöen. Fra denne Rende, som var noget høiere beliggende end Rörledningen, vare forskjellige Forbindelsrør af den i Tegningen angivne Form og Stilling anbragte ned til Rörledningen, hvorigjennem man kunde lade Vand fra Sortesöe indstrømme i Ledningen, hvor man vilde. Vandtilstrømningen til Plankerenden reguleredes ved et Skud ude ved Söen, og Vandtilstrømningen fra denne Rende til Rörledningen skete ligeledes ved Skud for de forskjellige Side- eller Forbindelsrør. Paa forskjellige Steder af Ledningerne foreslog jeg at lade bore cirkelformige Huller af 1 Tom. Diameter i Overkanten af Leerrørene, i hvilke Huller Korkpropper med Glasrør af $\frac{3}{8}$ Tom. Lysning bleve anbragte saaledes, at Propperne dog ikke gik dybere ned end lige til den indvendige Lysning af Ledningen. Paa den 4 Tom. Ledning var der anbragt 7 Glasrør paa de paa Tegningen ved Nr. 1 til 7 angivne Steder, hvorimod der paa den 12 Tom. Ledning blev anbragt de paa Tegningen angivne 12 Stk. Glasrør. Disse Glasrør bleve under Forsøgene benyttede til at bestemme Vandstanden i Ledningen paa de forskjellige Punkter, og de have, som det Følgende vil vise, været til ganske overordentlig Nytte. Ved alle de foretagne Forsøg blev Peblinge- og Sortedamsöens Flodemaal regnet som Nulpunkt, og Vandhøiderne over eller under dette Flodemaal bleve betegnede respective ved Plus eller Minus. Til større Bequemmelighed blev der

ved ethvert Glasrör anbragt en horizontal Liste, hvis Overkant laae i Flodemaalshöiden. I Indlöbsbassinet vare Rörledningerne forsynede med Tilsatsrör af den i Tegningen viste Form. Det Heles Indretning er nöiagtigt angivet paa vedlagte Tegning. Vandstanden i Sortesöe var omtrent 1,25 Fod over Flodemaalet. I Indlöbsbassinet var der anbragt et Skud for Enden af Rörledningen, hvilket blev lukket, naar man ikke vilde lade Vandet strømme igjennem Ledningen; der var desuden et Spildevandsafløb fra samme Bassin, som tjente til at regulere Vandhöiden i Bassinet. De til Ledningerne benyttede Leerrör vare indvendigt temmelig glatte og, som foran nævnt, glasserede, men dog ingenlunde med nogen tyk Glassur. Længden af de enkelte Rör var omtrent 2 Fod foruden Muffen. Lysningen af Rörene i den 4 Tom. Ledning blev maalt ved at före en lille afdreiet Jernskive, der var befæstet paa Enden af en Stok, igjennem dem. Af saadanne Jernskiver benyttedes 4, hvis Diametre respective vare 3'' 10''', 3'' 9''', 3'' 8''', 3'' 7''', efter dansk Duodecimalmaal. Diametren af den Jernskive, som netop kunde gaae igjennem, antoges da for Rörets Diameter. Gik Skiven meget glat igjennem, uden at dog det næste Nummer kunde gaae igjennem, antoges Rörets Diameter $\frac{1}{2}$ Linie større i Diameter.

Resultatet af denne Maalning var, at

6 Rör havde en Diameter af	3	9
5	3	8 $\frac{1}{2}$
117	3	8
10	3	7 $\frac{1}{2}$
13	3	7

i Alt . . . 151 Rör.

Rörene bleve i Ledningen henlagte efter deres Störrelse, saaledes at de videste laae imod Indløbet og de smalleste imod Udløbet. Ved denne Maaling blev der saaledes ikke taget noget Hensyn til, at Rörene vare elliptiske i deres Gjennemsnit; dog var den Feil, som derved blev begaaet, kun ringe, i Middeltal vel $\frac{1}{2}$ Linie, da deres Gjennemsnit var temmelig nær en Cirkel. Dette var derimod ingenlunde Tilfældet med de 12 Tom. Rör, som derfor bleve maalte med en Deel flade, vel afrettede Stokke, der varierede i Længden fra 0,92 Fod til 1,00 Fod dansk Maal. Først opsøgte den største Stok, der kunde passere Røret i en Retning lodret paa Rörets Axe; dernæst den Stok, der kunde passere Røret i en Retning lodret paa hiin, men naturligviis ogsaa lodret paa Axen. Middeltallet mellem disse 2 Stokkes Længde antoges da for Rörets Diameter.

Resultatet af denne Maalning var, at

1 Rör havde en Diameter af	0,99 Fod
1	0,97 —
24	0,96 —
84	0,95 —
42	0,94 —
2	0,63 —

i Alt . . . 154 Rör.

Det maa ved disse Maalninger bemærkes, at det, som altsaa egentlig blev maalt, var Rørets Diameter paa det Sted, hvor det var snevrest. Havde man i hvert Rör maalt flere Gjennemsnit og taget Middeltallet af disse, da vilde man have fundet en noget større Diameter; men naar hertil bemærkes, at det ved Samlingerne af alle de enkelte Rör var umuligt at faae de forskjellige Gjennemsnit til at passe fuldkommen sammen, saa troer jeg, man kan antage, at disse to Feil maa temmelig nær have ophævet hinandens Virkning.

Middeldiametren for den 4 Tom. Ledning blev antaget at være . . . 0,305 Fod ¹⁾,
og dens Gjennemsnitsareal var derfor 0,0730 □ Fod

Middeldiametren for den 12 Tom. Ledning blev antaget at være . . . 0,95 Fod
og dens Gjennemsnitsareal var derfor 0,7084 □ Fod

Længden af den 4 Tom. Ledning, foruden Indløbstragten og det krumme Aflöbsrör,
var 298 Fod.

Længden af den 12 Tom. Ledning, foruden Indløbstragten og det krumme
Aflöbsrör, var 297 —

Alt i dansk Maal.

Ved den 12 Tom. Ledning bleve Rørene ordnede efter deres Størrelse paa samme Maade, som Tilfældet var ved den 4 Tom. Ledning.

¹⁾ Ved senere at fylde flere af Rørene med Vand og af deres Volumen at bestemme deres Middeldiameter har jeg fundet denne at være 0,32 Fod for de 4 Tom.s og 0,96 Fod for de 12 Tom.s Rör; for Indløbsrørene var Middeldiametren respective 0,33 Fod og 1,00 Fod.

Forsøgene med den 4 Tom. Ledning.

Under Forsøgene Nr. 2 til 19 incl. var Ledningens Beliggenhed følgende:

Beliggenheden af Leerrørsledningens Bund med Hensyn til Sortesöens Flodemaal.	Afstanden fra Indløbstragten til ethvert af de anbragte lodrette Glasrør.
Ved Indløbstragten . . — 0,60 Fod.	
— Glasrøret Nr. 1 . . — 0,69 —	Til Glasrøret Nr. 1 . . 10,8 Fod.
— — - 2 . . — 1,17 —	— — - 2 . . 67,8 —
— — - 3 . . — 1,20 —	— — - 3 . . 75,7 —
— — - 4 . . — 1,24 —	— — - 4 . . 81,9 —
— — - 5 . . — 1,32 —	— — - 5 . . 87,5 —
— — - 6 . . — 1,33 —	— — - 6 . . 95,4 —
— — - 7 . . — 3,00 —	— — - 7 . . 288,0 —
— Afløbsrøret forneden — 3,12 —	— Enden af Ledningen 298,0 —
Afløbskassens Bund . . — 3,24 —	

Den firkantede Plankerendes Bund havde følgende Beliggenhed:

Ved Sideindløbet Nr. 1	— 0,20 Fod,
ved - 2	— 0,24 —
- - 3	— 0,30 —
- - 4	— 0,42 —
- - 5	— 0,51 —

Forsøgene bleve alle udførte med reent Vand fra Sortesö, med Undtagelse af Forsøget Nr. 18, som blev foretaget med muddret Vand, som dannedes ved med River at holde Jord og Blaaleer, gamle Hampeskjæver med indblandede Klude, Reebstumper og Smaapinde o. s. v. oprørt i Vandet, som derved havde et Udseende som stærkt muddret Cloakvand. Da en stor Mængde af de i Vandet indblandede Dele vare halvt forraadnede Hampeskjæver, saa var Vægten af indblandede Dele ikke stor i Forhold til Vandmængden. Ved en med Vandet foretagen Undersøgelse fandtes omtrent 5 pr. Mille at være faste indblandede Substantser.

Vandstanden i Indløbsbassinet var i Forsøget Nr. 18 den samme som i Forsøget Nr. 17, nemlig — 0,29 Fod, hvorimod Vandstanden i Afløbsbassinet varierede lidt paa Grund af enkelte Standsninger, som de med Vandet følgende Stumper af Klude og Reeb etc. foraarsagede ved Afløbet til Maalekarret; men den var dog i Reglen som i Forsøget Nr. 17, nemlig — 2,80 Fod. Vandføringen varierede paa Grund af de delvise Standsninger, som fandt Sted i Røret, fra 100 Potter i 23½ Secunder til 100 Potter i 30 Secunder, men i Middeltid var den 100 Potter i 24½ Secunder.

De 5 Sideindløb indmundede i Ledningen i følgende Afstande: 1ste Indløb 10,5 Fod, 2det 46,0 Fod, 3die 81,5 Fod, 4de 117,0 Fod og 5te Indløb 154,5 Fod fra Indløbstragten.

Forsøgenes Nr.	Vandreisningen under Forsøgene.										Ledningens Vandføring i Secundet.	Anmærkninger.	
	I Indløbsbassinnet.	I Glasrør Nr. 4.	I Glasrør Nr. 2.	I Glasrør Nr. 3.	I Glasrør Nr. 4.	I Glasrør Nr. 3.	I Glasrør Nr. 4.	I Glasrør Nr. 5.	I Glasrør Nr. 6.	I Glasrør Nr. 7.			I Alløbskassen.
2	+ 0,82	+ 0,61	+ 0,21	+ 0,17	+ 0,12	+ 0,10	+ 0,00	- 1,57	- 1,58			Cbf. 0,1884	Tilløb alene fra Indløbsbassinnet.
3	+ 0,71	+ 0,41	- 0,07	- 0,14	- 0,18	- 0,25	- 0,55	- 2,07	- 1,97			0,2142	
4	+ 0,06	-	-	-	-	-	-	-	- 2,46			0,1940	
5	+ 0,015	+ 0,05	+ 0,01	+ 0,04	+ 0,12	+ 0,02	- 0,09	- 2,05	- 2,04			0,2255	{ Sideindløbet Nr. 3 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,50'.
6	+ 0,12	+ 0,15	- 0,10	- 0,15	- 0,18	- 0,26	- 0,55	- 2,19	- 2,20			0,2241	{ Sideindløbet Nr. 2 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,37'.
7	+ 0,27	+ 0,19	+ 0,16	+ 0,17	+ 0,17	+ 0,15	+ 0,17	- 1,65	- 1,62			0,2654	{ Sideindløbet Nr. 5 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,49'.
8	+ 0,17	+ 0,18	+ 0,11	+ 0,15	+ 0,13	+ 0,10	+ 0,11	- 2,59	- 2,65			0,5407	{ Sideindløbet Nr. 5 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,49'.
9	+ 0,19	+ 0,19	+ 0,15	+ 0,15	+ 0,10	- 0,01	- 0,18	- 2,69	- 2,81			0,2764	{ Sideindløbet Nr. 3 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,50'.
10	+ 0,15	- 0,19	- 0,70	- 0,74	- 0,80	- 0,84	- 0,92	- 2,69	- 2,95			0,2258	Tilløb alene fra Indløbsbassinnet.
11	- 0,29	- 0,42	- 0,87	- 0,95	- 0,97	- 1,06	- 1,14	- 2,81	- 3,10			0,1569	
12	- 0,29	- 0,44	- 0,89	- 0,95	- 0,99	- 1,07	- 1,14	- 2,85	- 3,08			0,1582	
13	- 0,41	- 0,52	- 0,98	- 1,01	- 1,09	- 1,17	- 1,21	- 2,76	- 2,76			0,0615	
14	- 0,41	- 0,52	- 0,97	- 1,01	- 1,08	- 1,20	- 1,21	- 2,89	- 2,86			0,0607	
15	- 0,55	- 0,65	- 1,09	- 1,15	- 1,19	- 1,26	- 1,29	- 2,95	- 3,11			0,0111	
16	- 0,51	- 0,45	- 0,59	- 0,57	- 0,11	- 0,21	- 0,51	- 2,65	- 2,72			0,2719	{ Sideindløbet Nr. 3 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,50'.
17	- 0,29	- 0,44	- 0,91	- 0,95	- 0,99	- 1,04	- 1,14	- 2,84	- 2,80			0,1550	Tilløb alene fra Indløbsbassinnet.
19	- 0,54	- 0,55	- 0,55	- 0,54	- 0,16	- 0,25	- 0,38	- 2,65	- 2,78			(0,2419)	{ Sideindløbet Nr. 3 aabent. } Vandstanden i Plankerenden + 0,50'.

20	- 0,51	- 0,55	- 0,65	- 0,65	- 0,67	- 0,74	- 0,755	- 1,59	- 1,58	0,0550	Tilløb alene fra Indløbsbassinnet.
21	- 0,51	- 0,55	- 0,65	- 0,655	- 0,67	- 0,755	- 0,755	- 1,40	- 1,58	0,0550	—
22	- 0,55	- 0,58	- 0,64	- 0,65	- 0,665	- 0,745	- 0,74	- 1,59	- 1,58	0,0460	—
23	- 0,545	- 0,585	- 0,645	- 0,655	- 0,665	- 0,745	- 0,755	- 1,565	- 1,56	0,0440	—
24	- 0,57	- 0,595	- 0,64	- 0,65	- 0,665	- 0,745	- 0,74	- 1,45	- 1,655	0,0422	—
25	- 0,46	- 0,48	- 0,70	- 0,705	- 0,72	- 0,79	- 0,80	- 1,505	- 1,70	0,0168	—
26	+ 0,60	+ 0,44	+ 0,14	+ 0,10	+ 0,07	+ 0,04	- 0,02	- 1,05	- 1,05	0,1605	—
27	+ 0,61	+ 0,56	+ 0,41	+ 0,42	+ 0,40	+ 0,40	+ 0,56	+ 0,02	+ 0,00	0,0827	—
28	+ 0,07	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,065	+ 0,07	+ 0,065	0,0000	{ Dette Forsøg tjener til at oplyse om de } Feil, som fandt Sted i Nivellementet.
29	+ 0,07	+ 0,04	+ 0,05	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,015	+ 0,015	- 0,045	- 0,06	0,0295	Tilløb alene fra Indløbsbassinnet.
30	+ 0,08	+ 0,045	+ 0,01	+ 0,005	ikke aflæst	- 0,025	- 0,05	- 0,18	- 0,21	0,0510	—
31	+ 0,07	- 0,05	- 0,21	- 0,24	- 0,25	- 0,50	- 0,52	- 1,00	- 1,015	0,1250	—
32	+ 0,08	- 0,06	- 0,28	- 0,51	- 0,52	- 0,55	- 0,42	- 1,17	- 1,20	0,1550	—
33	- 0,07	- 0,06	+ 0,00	+ 0,02	+ 0,18	+ 0,14	+ 0,07	- 1,16	- 1,165	0,1840	{ Sideindløbet Nr. 3 aabent, } Vandstanden i Plankerenden + 0,48.

Med Hensyn til Vandføringen maa Forsøget Nr. 19 forkastes, da det blev foretaget under lignende Omstændigheder som Forsøget Nr. 16, men umiddelbart efter Forsøget Nr. 18 med det muddrede Vand, og den formidskede Vandføring hidrører aabenbart derfra, at Ledningen ikke har været retn.

Efterat Forsøgene Nr. 2 til 19 vare udførte blev Ledningen hævet saaledes, at dens Fald blev omtrent som 1 : 300. Den nøiagtige Beliggenhed af Ledningens Bund under Forsøgene Nr. 20 til 33 incl. var følgende:

Ved Indløbstragten	0,59	Ved Glasrør Nr. 5	0,87
- Glasrør Nr. 1	0,61	-	0,89
-	0,82	-	1,59
-	0,84	- Afløbsrøret fornedet	1,64
-	0,84	Bunden af Afløbskassen	1,75

Forøvrigt var Beliggenheden af Ledningen, Plankerenden paa Siden og Sideindløbene uforandret.

Forsögene med den 12 Tom. Ledning.

Efter at Forsögene med den 4 Tom. Ledning vare tilende blev Ledningen borttaget, og den 12 Tom. Ledning henlagt i dens Sted. Da det ved de med den 4 Tom. Ledning udførte Forsög havde viist sig hensigtsmæssigt at anbringe nogle flere Maale-Glasrör, blev der paa den 12 Tom. Ledning, som foran nævnt, anbragt 12 Glasrör. Beliggenheden af disse ere angivne paa Tegningen, og Afstanden fra Indløbstragten til ethvert af disse var følgende:

Til Glasröret Nr. 1	12,8 Fod
- — - 2	46,2 —
- — - 3	69,5 —
- — - 4	75,3 —
- — - 5	81,0 —
- — - 6	86,9 —
- — - 7	92,7 —
- — - 8	120,0 —
- — - 9	154,8 —
- — - 10	194,9 —
- — - 11	242,9 —
- — - 12	288,7 —
- Enden af Ledningen	297,0 —

Sideindløbene indmundede i Ledningen i følgende Afstande fra Indløbstragten:

Sideindløbet Nr. 1	12,4 Fod
— - 2	44,6 —
— - 3	79,0 —
— - 4	117,4 —
— - 5	151,4 —

Beliggenheden af Leerrørs-Ledningens Bund med Hensyn paa Flodemaalet var følgende:

I Forsøgene Nr. 34 til 39 inclusive.	I Forsøgene Nr. 40 til 78 inclusive.
Ved Indløbstragten . . — 1,02 Fod	. . . . . — 1,02 Fod
- Glasrør Nr. 1 . . — 1,13 —	. . . . . — 1,13 —
- — - 2 . . — 1,24 —	. . . . . — 1,23 —
- — - 3 . . — 1,30 —	. . . . . — 1,31 —
- — - 4 . . — 1,34 —	. . . . . — 1,32 —
- — - 5 . . — 1,37 —	. . . . . — 1,34 —
- — - 6 . . — 1,39 —	. . . . . — 1,36 —
- — - 7 . . — 1,35 —	. . . . . — 1,38 —
- — - 8 . . — 1,48 —	. . . . . — 1,46 —
- — - 9 . . — 1,62 —	. . . . . — 1,57 —
- — - 10 . . — 1,73 —	. . . . . — 1,70 —
- — - 11 . . — 1,86 —	. . . . . — 1,85 —
- — - 12 . . — 1,99 —	. . . . . — 1,99 —
- Enden af Ledningen — 2,09 —	. . . . . — 2,09 —
Afløbskassens Bund . . — 2,42 —	. . . . . — 2,42 —

Bunden af den firkantede Plankerende havde følgende Beliggenhed:

Ved Sideindløbet Nr. 1	— 0,26 Fod
- — - 2	— 0,28 —
- — - 3	— 0,33 —
- — - 4	— 0,49 —
- — - 5	— 0,60 —

Forsøgenes Nr.	Vandreisningen under Forsøgene.													Ledningens Vandføring i Secundet.	Anmærkninger.
	I Indløbs-Bassin.	I Glasrør Nr. 4.	I Glasrør Nr. 2.	I Glasrør Nr. 3.	I Glasrør Nr. 4.	I Glasrør Nr. 5.	I Glasrør Nr. 6.	I Glasrør Nr. 7.	I Glasrør Nr. 8.	I Glasrør Nr. 9.	I Glasrør Nr. 10.	I Glasrør Nr. 11.	I Glasrør Nr. 12.		
34	+0,06	-0,12	-0,25	-0,56	-0,56	-0,58	-0,40	-0,44	-0,55	-0,65	-0,71	-0,87	-1,02	-0,96	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
35	-0,27	-0,55	-0,64	-	-0,78	-	-	-	-1,00	-1,12	-1,19	-1,31	-1,56	-1,53	
36	-0,55	-0,77	-0,87	-0,99	-1,00	-1,00	-1,00	-1,12	-1,21	-1,38	-1,37	-1,62	-1,58	-1,61	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
37	-0,55	-0,77	-0,86	-	-0,97	-	-	-	-1,22	-1,58	-1,57	-1,62	-1,75	-1,75	
38	-0,57	-0,57	-0,72	-0,86	-0,85	-0,87	-0,86	-0,98	-1,05	-1,29	-1,24	-1,52	-1,57	-1,52	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
39	-0,58	-0,56	-0,72	-0,82	-0,88	-0,85	-0,77	-0,88	-1,00	-1,16	-1,19	-1,55	-1,50	-1,44	
40	-0,68	-0,88	-0,99	-	-1,12	-	-	-1,19	-1,51	-1,42	-1,44	-1,71	-1,85	-2,16	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
41	-0,68	-0,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,85	-2,06	
42	-0,685	-0,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,855	-1,99	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
43	-0,68	-0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,825	-1,805	
44	-0,69	-0,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,71	-1,77	-1,87	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
45	-0,69	-0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,45	-1,71	-1,71	-1,72	
46	-0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,45	-1,59	-1,62	-1,655	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
47	-0,69	-0,88	-0,99	-	-1,12	-	-	-1,19	-1,51	-1,41	-1,42	-1,44	-1,45	-1,46	
48	-0,69	-0,88	-1,01	-1,10	-1,12	-1,15	-1,16	-1,19	-1,51	-1,42	-1,46	-1,54	-1,55	-1,56	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
49	-0,69	-0,88	-	-	-	-	-	-1,19	-1,52	-1,42	-1,46	-1,49	-1,51	-1,525	
50	-0,70	-0,885	-	-	-	-	-	-	-1,52	-1,45	-	-	-1,46	-1,465	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
51	-0,79	-1,00	-1,09	-1,18	-1,19	-1,21	-1,25	-1,25	-1,58	-1,50	-1,54	-1,77	-1,90	-2,16	
52	-0,45	-0,66	-0,80	-0,90	-0,96	-0,96	-0,95	-1,00	-1,11	-1,25	-1,55	-1,55	-1,65	-1,98	Tilløb alene fra Indløbsbassin.
														-1,98	

{Sideløb Nr. 3 aabent.
} Vandstanden i Plankerenden +0,45.

53	-0,10	-0,39	-0,28	-0,59	-0,50	-0,20	-0,60	-0,02	-0,04	-0,02	-0,71	-0,83	-0,30	-0,94	-1,12	-1,32	—	1,9511	Tilløb alene fra Indløbsbassinet.
54	+0,02	-0,28	-0,59	-0,51	-0,50	-0,51	-0,51	-0,55	-0,51	-0,55	-0,55	-0,67	-0,77	-0,91	-1,00	-1,26	—	2,5501	—
55	-0,55	-0,75	-0,85	-0,97	-1,02	-1,05	-1,05	-1,00	-1,05	-1,00	-1,09	-1,21	-1,55	-1,55	-1,61	-1,74	-2,07	0,4242	—
56	-0,545	-0,72	-0,85	-0,91	-0,91	-0,91	-0,91	-1,05	-0,91	-1,05	-1,06	-1,09	-1,26	-1,26	-1,54	-1,61	-1,98	0,7566	{Sideindløbet Nr. 3 aabent. Vandstanden i Plankerenden +0,43'.
57	-0,54	-0,67	-0,75	-0,78	-0,77	-0,74	-0,74	-0,75	-0,74	-0,75	-0,75	-0,77	-0,79	-0,96	-1,06	-1,29	—	2,1971	{Alle 5 Sideindløb vare aabne. Vand- standen i Plankerenden var ved 1ste Indløb +0,40', 2det Indløb +0,34', 3die Indløb +0,21', 4de Indløb +0,22', 5te Indløb +0,31'.
58	+0,12	-0,07	-0,20	-0,29	-0,30	-0,30	-0,33	-0,35	-0,33	-0,38	-0,46	-0,58	-0,69	-0,82	-1,00	-1,29	-0,98	2,4442	Tilløb alene fra Indløbsbassinet.
59	-0,05	-0,31	-0,45	-0,55	-0,56	-0,55	-0,60	-0,60	-0,55	-0,59	-0,74	-0,81	-0,95	-1,07	-1,20	-1,48	—	2,5585	—
60	-0,85	-1,05	-1,15	-1,24	-1,24	-1,28	-1,28	-1,28	-1,28	-1,52	-1,42	-1,55	-1,61	-1,81	-1,94	-2,25	—	0,0109	—
61	-0,82	-0,97	-1,12	-1,21	-1,21	-1,25	-1,26	-1,26	-1,25	-1,29	-1,40	-1,55	-1,59	-1,80	-1,92	-2,22	—	0,0252	—
62	-0,79	-0,95	-1,09	-1,17	-1,17	-1,22	-1,22	-1,22	-1,22	-1,26	-1,58	-1,51	-1,56	-1,78	-1,90	-2,18	—	0,0479	—
63	-0,75	-0,90	-1,06	-1,15	-1,17	-1,21	-1,21	-1,21	-1,21	-1,24	-1,56	-1,49	-1,55	-1,75	-1,88	-2,14	—	0,0825	—
74	+0,90	+0,55	+0,54	+0,45	+0,12	+0,08	+0,05	+0,05	+0,08	+0,01	-0,16	-0,55	-0,56	-0,85	-1,18	-1,48	—	—	{I dette Forsøg var Indløbstragten bort- tagen, men forøvrigt var Alt som i Forsøget Nr. 75.
75	+0,90	+0,67	+0,52	+0,41	+0,59	+0,56	+0,54	+0,54	+0,56	+0,52	+0,22	+0,09	-0,07	-0,24	-0,45	-1,59	2,4688	{Indløbstragten var paa, men Afløbs- kassen og Røret borttaget.	
76	+0,90	+0,65	+0,51	+0,40	+0,58	+0,54	+0,55	+0,55	+0,54	+0,50	+0,20	+0,07	-0,08	-0,26	-0,45	-1,42	—	2,4065	—
77	+0,10	-0,11	-0,27	-0,56	-0,56	-0,40	-0,445	-0,45	-0,40	-0,45	-0,60	-0,67	-0,88	-1,05	-1,24	—	—	—	—
78	+0,95	+0,60	+0,57	+0,20	+0,18	+0,16	+0,15	+0,15	+0,16	+0,08	-0,11	-0,29	-0,55	-0,84	-1,15	—	—	—	—

Forsøgene Nr. 64 til 73 inclusive blev foretagne for at bestemme om den Omstændighed, at der paa Ledningen fandtes forskellige Sideaabninger, nemlig Maaleglassene og Sideindløbene, havde nogen Indflydelse paa Vandføringen. Til den Ende blev Vandføringen først maalt medens Sideaabningerne vare fri og derpaa efter at Aabningerne vare vel tilkinede; men Vandføringen var og blev i alle Tilfælde den samme, enten Siderørene vare aabne eller lukkede.

Paa Planerne II. og III. vil man finde et Udvalg af de anstillede Forsög angivne og betegnede med Forsögenes Nummere; man vil her navnlig finde Ledningens Beliggenhed imod Flodemaalslinien, samt Vandspeilets Stilling i de forskjellige Punkter af Ledningen, angivet i Overeensstemmelse med foranstaaende Tabeller.

Gaae vi nu over til nærmere at betragte de paa disse Planer angivne Profiler af Forsögene, saa vil det först være hensigtsmæssigt at skjelne imellem de Forsög, i hvilke Ledningerne vare heelt fyldte med Vand, og de, hvori Vandströmmen ikkun optog endeel af Ledningens Volumen.

Betragte vi de Tilfælde, i hvilke Ledningerne vare fyldte, saa komme vi snart til den Erkjendelse, at Vandet i Ledningen, naar denne har et jevnt Fald, ogsaa meget snart efter Indtrædelsen opnaaer et jevnt Fald, som ingenlunde retter sig efter Ledningens Fald, men meget mere beroer paa Vandspeilets Beliggenhed i Indlöbs- og Aflöbs-Bassinerne. Umiddelbart ved Indlöbet finde vi en Afvigelse ved Vandspeilet fra det jevne Fald, og vi finde navnlig, at Vandspeilet her har et større Fald end senere hen i Ledningen. Ved Udlöbet forneden finde vi atter en Afvigelse fra det jevne Fald; men dette viser sig snart større og snart mindre end det jevne Fald, ja ofte har Vandspeilet endog en Stigning.

Undersöge vi derefter, hvorledes Forholdene ere, naar Vandet ikkun fylder en Deel af Ledningen, saa finde vi i Regelen, at Vandspeilet fra Begyndelsen har et noget stærkere Fald end Bunden af Ledningen, men tillige, at dette Fald efterhaanden aftager, og tilsidst bliver parallel med Ledningens Bund. Henimod Ledningens Udløb bemærke vi som oftest en ny Forandring i Vandspeilets Flugt, idet vi finde dette at overgaae fra det med Bunden parallelt löbende Vandspeil til et andet, der snart har et stærkere, snart har et mindre stærkt Fald end Ledningen.

Betragte vi derefter specielt de Forsög, i hvilke Vandet har Adgang til Ledningen igjennem et af Sidelöbene, saasom Forsögene Nr. 5, 6, 7, 8, 9, 16, 19 og 33, saa viser det sig, at ethvert saadant Sideindløb frembringer en Forandring i det Vandspeil, som vilde svare til en Tilströmning alene fra Enden af Ledningen, og at denne Forandring först og fremmest bestaaer deri, at Vandspeilet hæver sig i Indströmningsspunktet af Ledningen. Herved skeer det, at Vandspeilets Fald for den nedenfor Indströmningen værende Deel af Ledningen bliver større, end naar Indströmningen foregaaer alene fra Indlöbsbassinet; hvorimod Vandspeilets Fald i den överste Deel af Ledningen formindskes. Denne Formindsken af Faldet i den överste Deel kan endog gaae saa vidt, at Vandspeilet faaer Fald imod Indlöbet fra Enden, i hvilket Tilfælde Vandet endog vil strömme imod Indlöbsbassinet, saaledes som Tilfældet var i Forsögene Nr. 5, 6, 16, 19 og 33.

Undersöge vi herefter Strömningen igjennem den Deel af Ledningen, i hvilken Vandspeilet har opnaaet et jevnt Fald, saa ville vi let see, at Vandspeilets jevne Fald udtrykker, at Vandströmmen under dens Löb igjennem hver ligestor Deel af Ledningen

erholder en ligestor Acceleration eller Tilvæxt i Hastighed, hvilken da enten uophørlig vil forøge Strømmens Hastighed og dermed dens levende Kraft, eller ogsaa, hvis Strömningshastigheden vedbliver at være den samme, vil gaae tabt til at overvinde de Modstande, som Vandet lider i Ledningen. I de Forsøg, i hvilke Ledningen var heelt fyldt med Vand, var naturligviis Hastigheden af Vandet ligestor i alle Punkter, og deraf følger altsaa, at det jevne Tab i Vandreisning under Strömningen nöiagtig maatte være ligestort med den Modstand, som Vandet led under Bevægelsen. I de Forsög, i hvilke Ledningen ikke var heelt fyldt med Vand, og hvori vi, som foran nævnt, have seet, at Vandspeilet först jevnt nærmer sig imod Vandledningens Bund, og tilsidst følger parallel med denne, var naturligviis ogsaa de Vandmængder, som i lige Tider passerede de forskjellige Punkter af Ledningen, lige store, og det er derfor indlysende, at indtil det Punkt, hvor Vandspeilet bliver parallel med Ledningen, har Vandstrømmens Hastighed været voxende, og at Hastigheden först har naaet sit Maximum og er bleven constant fra det Öieblik, Vandspeilet var parallel med Bunden.

Betragte vi Indströmningen fra Bassinet for Enden af Ledningen, saa ville vi indsee, at da Vandet i Bassinet er i Hvile, og det derfra skal strømme ind i Ledningen med en bestemt Hastighed, saa maa Vandspeilet ved Indløbet lide en Sænkning, svarende til Begyndeshastigheden. For de Tilfælde, hvori Ledningen er fuld af Vand og hvor Indløbstragten er saaledes construeret, at ingen Contraction finder Sted af Straalen, er baade Vandmængderne, som i lige Tid passere de forskjellige Punkter af Ledningen, og Strømmens Gjennemsnitsareal i de forskjellige Punkter lige store, og Hastigheden af Strømmen maa altsaa ogsaa overalt være den samme, hvoraf igjen kan sluttes, at Accelerationen \propto Vandspeilets Fald, maa være uforandret heelt igjennem.

Er derimod Contractionen af Straalen ikke ophævet, saa maa Strømmens Hastighed forholde sig omvendt som Straalens Gjennemsnitsareal, og Vandspeilet ved Indløbet maa altsaa lide en Sænkning, svarende til denne større Hastighed. — I de Tilfælde, hvor Indströmningen finder Sted paa Siden af Ledningen, sees Vandspeilet at danne en krum Linie fra Indløbspunktet. Grunden hertil er den, at Vandet, som indstrømmer, ikke fra Begyndelsen har den Hastighed i Retning af Ledningen, som svarer til det følgende jevne Fald af Vandspeilet; som Følge heraf maa Vandspeilet hæve sig til den Höide, som svarer til Hastigheden. Men Vandet, som strømmer ind i Ledningen fra Siden, kan ikke undgaae en Række af Stød og Sammentrækninger i den nærmeste Deel af Ledningen, og da ethvert saadant Stød er forbundet med et Tab i levende Kraft, saa er det let at forstaae, at den accelererende Kraft for den nærmest Indløbet værende Deel af Ledningen maa være større end den, som behöves til at vedligeholde en uforandret Hastighed efterat Stødvirkningerne ere ophørte, og Grunden til den krumme Linie er saaledes klar.

Et Blik paa Forsögene Nr. 5, 16, 19 og 33, i hvilke Vandet strömmede fra Sideindløbet mod begge Ender af Ledningen, vil end yderligere oplyse dette Forhold. — Vi gjenfinde her den krumme Linie til begge Sider af Indløbet, men vi finde tillige Formen at være temmelig forskjellig til begge Sider. Dette har sin gode Grund deri, at Vandet strömmer skraat ind i Ledningen, hvorved Stödvirkningen og Contractionen af Straalen bliver ulige i de to Retninger.

Hvad dernæst Afvigelsen fra den retlinede Form ved Ledningens Udløb angaaer, da lader dennes Aarsag sig ligesaa let paavise, som Tilfældet har været med de andre i det Foregaaende omtalte Afvigelser. Jeg skal i denne Henseende først omtale Forholdene ved Ledninger, som ikke ere fyldte, idet jeg henleder Opmærksomheden paa Forsögene Nr. 40 til 50, som vise, hvorledes Vandspeilet efterhaanden lod sig opstemme i Aflöbskassen 0,6 Fod fra — 2,06 Fod til — 1,46 Fod, uden at Ledningens Vandføring formindskedes; thi det viser sig klart af disse Forsög, at Variationen i Vandstand i Aflöbskassen, naar denne Variation ikke overskrider en vis Grændse, blot foranlediger en større eller mindre Opstemning af Vandet i den nederste Ende af Ledningen; hvorved dog bemærkes, at den Höide, hvortil man, uden at forandre Vandføringen, vilkaarlig kan opstemme Vandet i Aflöbskassen, er begrændset derved, at Opstemningen af Vandet i Ledningens nederste Deel, ikke maa virke tilbage til det Punkt, hvori Vandströmmen ovenfra begynder at blive parallel med Ledningens Bund. Saalænge dette ikke skeer, er Vandstanden i Ledningens nederste Deel uden Indflydelse paa Vandføringen, og man vil altsaa, naar Bagvandet ikke berører dette Punkt, kunne foröge eller formindske Diametren af den nederste Deel af Ledningen, eller forkorte eller forlænge samme vilkaarligt, alt uden den ringeste Indflydelse paa Vandføringen. Med Hensyn til Forholdene ved Udlöbene af saadanne Ledninger, som ere heelt fyldte, bemærkes, at i de Tilfælde, hvor Vandstanden i Aflöbsbassinet ligger höiere end Vandspeilet for Udlöbet af Ledningen, som f. Ex. i Forsöget Nr. 3, der viser dette blot, at Vandet har maattet stige lodret op i Bassinet, hvorved det har tabt den Hastighed, hvormed det strömmede ud af Ledningen. I andre Tilfælde, som f. Ex. i Forsöget Nr. 10, hvor Vandspeilet i Aflöbsbassinet blev holdt meget lavt, har Vandspeilet en stærk Sænkning nede ved Udlöbet, som viser, at her har det frie Fald begyndt at yttre sin Indflydelse.

De Resultater, som foreløbigt kunne udledes af Forsögene, ere altsaa følgende:

1. Naar en Ledning af en bestemt Diameter er fyldt med Vand, og denne Ledning alene modtager Tilløb fra et Indlöbsbassin for Enden af Ledningen, saa vil Vandets Stigehöide langs hele Ledningen danne en ret Linie, som vil skjære Forlængelsen af Ledningens Endeplan ved Indlöbsbassinet i en Afstand under Bassinets Vandspeil, der er lige stor med Trykhöiden svarende til Indströmningshastigheden, eller maaskee lidt derunder, hvis Vandet under Indströmningen skulde stöde imod Rörledningens Sider. Forneden ved

Udløbet af Ledningen vil det derimod være vanskeligt *a priori* at bestemme Stigehöiden af Vandspeilets Beliggenhed i Afløbsbassinet, da det stillestaaende Vands Modstand virker forstyrrende i denne Henseende. Vil man derfor være sikker paa at erholde det nöiagtige Trykhöidetab i Ledningen, saa maa man maale Vandreisningen saaledes, som her er skeet ved Hjælp af Glasrör anbragte paa to eller flere Steder af Ledningen, og da maa man ikke tage noget Maaested for nær Mundingen.

Har Ledningen desuden Tilløb fra Siden paa et eller flere Steder, saa vil Virkningen paa Vandspeilet være den, at dette hæver sig i de forskjellige Punkter i Forhold til Störrelsen af de tilstrømmende Vandmængder. Ledningens Vandspeil eller Vandets Stigehöide vil da i Hovedsagen danne en Samling af forskjellige rette Linier, hvis Heldning tiltager ovenfra nedad imod Udløbet. Hvis der paa en Ledning med constant Vandføring findes en eller flere Indsnevninger, da lider man et Trykhöidetab ved hver Indsnevring i Forhold til den Modstand, som denne udøver imod Vandets Gjennemgang, og Vandspeilet eller Vandreisningen vil i dette Tilfælde komme til at bestaae af en Samling af rette Linier, der i Retning ere parallele, men forövrigt ere beliggende i de Afstande under hinanden, som svare til de forögede Modstande.

Hvis flere Ledninger af forskjellige Diametre følge efter hinanden, da vil Vandreisningen for hver af disse Stykker danne en ret Linie af en forskjellig Heldning.

2. Naar en Ledning, som ikke er fyldt med Vand, modtager Tilløb fra et Indløbsbassin ved den överste Ende, saa vil Vandreisningen ved Begyndelsen af denne Ledning, ligesom naar Ledningen er fuld af Vand, lide en Sænkning, der er lige stor med den til Indströmningshastigheden svarende Trykhöide. Forudsætte vi nu, at Ledningens Fald er eensformigt og at den Acceleration, som Vandet i ethvert Öieblik erholder paa Grund af Ledningens Fald, netop er ligestor med Ledningens Modstand imod Vandets Bevægelse, saa vil Strömmen bevæge sig igjennem hele Ledningen med en Hastighed, der er ligestor med Begyndeshastigheden, og Vandspeilet vil da løbe parallelt med Ledningens Bund lige til henimod Udløbet, hvor det, naar Afløbet er frit, vil sænke sig noget paa Grund af det frie Falds Indvirkning. Har Ledningen derimod et større Fald, vil Accelerationen ikke fuldkommen ophæves af Reactionen, hvilket vil have til Følge, at Strömmens Hastighed voxer, og at dens Gjennemsnitsareal aftager. Vandspeilet vil fölgelig nærme sig mod Bunden, indtil Vandet erholder den Hastighed, ved hvilken Modstanden bliver ligestor med Accelerationen, fra hvilket Öieblik Vandspeilet vil løbe parallelt med Bunden, hvor langt Ledningen end forlænges. Er Udmundingen af Ledningen ikke fri, men finder denne Sted til et Bassin, saa kunne vi, som vi have seet, uden at formindske Vandføringen det Mindste, lade Vandspeilet i Bassinet antage en hvilkenksomhelst Höide, naar den derved foranledigede Opstemning i den nederste Deel af Ledningen blot ikke berører Begyndelsespunktet for det med Bunden parallelt løbende Vandspeil.

Har Ledningen Tilløb fra Siden, saa vil Vandet hæve sig ved Indløbspunktet i Forhold til den indstrømmende Vandmængde; men i en større eller mindre Afstand fra Sideindløbet, vil man atter finde, at Vandspeilet er parallelt med Ledningens Bund. Hvis der altsaa paa Ledningen findes flere Sideindløb, og hvis disse ligge i saa store Afstande fra hinanden, at de Hævninger af Vandspeilet, som derved frembringes i Indstrømningspunkterne, ikke virke tilbage til Begyndelsespunkterne for de ovenfor liggende og med Ledningens Bund parallelt løbende Vandspeil, saa vil man igjennem Sideindløbene kunne lade Ledningen tilflyde hvilken Qvantitet Vand det skal være, uden i ringeste Maade at formindske den fra oven langs igjennem Ledningen tilstrømmende Vandmængde. Men paa den anden Side vil man ogsaa indsee, at Ledningens Vandføring paa denne Maade ikke vil blive det Mindste større, end om man havde ladet den hele Vandmængde indstrømme fra den överste Ende af Ledningen; kun vilde Vandspeilet i sidste Tilfælde heelt igjennem løbe parallelt med Bunden, og Vandet overalt have samme Dybde, som i den nederste Deel.

Efter at vi nu have seet, at i en Ledning med et jevnt Fald vil Vandstrømmen, hvad enten Ledningen er ganske eller blot for endeel fyldt med Vand, snart naae et Punkt, hvorefter den, hvis intet yderligere Tilløb fra Siden finder Sted, vil vedblive at bevæge sig frem med en constant Hastighed, skal jeg nu gaae over til at undersøge om og hvorvidt den Eytelweinske Formel stemmer med Forsögene.

Hvis *Eytelweins* Coefficient k i Formlen (4) kan betragtes som rigtig, saa maa ogsaa Ligningen for Vandets Bevægelse i den Deel af Ledningen, hvori Hastigheden er constant, være udtrykt ved

$$\frac{h}{l} = \frac{f}{4} \cdot \frac{c}{s} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (6)$$

idet f er en af Ledningens Natur afhængig Størrelse, som nærmere skal bestemmes.

De Ledninger, som vi i det Følgende ville betragte, ere nærmest de, som have et cirkelformigt Gjennemsnit og en indvendig Diameter $= 2r$.

Den *hydrauliske Middeldybde* $\left(\frac{s}{c}\right)$, som er det Characteristiske ved den Eytelweinske Formel (6), er en Function af Ledningens Fyldningsgrad, hvilken det vil være hensigtsmæssigt strax nærmere at undersøge. Tænkes Vandstrømmen i en cirkelformet Ledning at udfylde det nederste Segment svarende til en Centervinkel α , der tillige kan betragtes som Fyldningsgraden, saa vil Strømmens Gjennemsnittsareal være udtrykt ved

$$s = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\alpha\pi}{180} - \sin \frac{\alpha\pi}{180} \right) \dots \dots \dots (7)$$

og den beskyllede Contur vil være at fremstille ved

$$c = r \cdot \frac{\alpha\pi}{180} \dots \dots \dots (8).$$

Den hydrauliske Middeldybde vil fölgelig være udtrykt ved

$$\frac{s}{c} = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{\sin \frac{\alpha \pi}{180}}{\frac{\alpha \pi}{180}} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Differentieres dette Udtryk med Hensyn paa Fyldningsgraden og sættes første Differentialcoefficient lig Nul, saa finder man

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) &= \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) \quad \text{og} \\ \frac{d^2 \left(\frac{s}{c} \right)}{d \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right)^2} &= \frac{r}{2} \cos \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) \end{aligned}$$

Den første af disse Ligninger kan kun tilfredsstilles ved Vinkler beliggende i 1ste og 3die Qvadrant, og Maximum og Minimum af $\left(\frac{s}{c} \right)$ ndes altsaa ikke i 2den og 4de Qvadrant; men da $\left(\frac{s}{c} \right)$ ifølge sin Natur stedse er positiv og 2den Differentialcoefficient er positiv i 1ste og negativ i 3die Qvadrant, saa ligger Minimum af $\left(\frac{s}{c} \right)$ kun i 1ste Qvadrant og Maximum kun i 3die Qvadrant.

Den eneste Vinkel i 1ste Qvadrant, for hvilken Betingelsesligningen

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) = \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right)$$

er tilfredsstillet, er som bekendt for $\alpha = 0$, og det eneste Minimum af den hydrauliske Middeldybde er altsaa $\left(\frac{s}{c} \right) = 0$.

I 3die Qvadrant voxer Tangens fra 0 til ∞ , Buen derimod fra π til $\frac{3}{2}\pi$, og der maa altsaa være et Punkt, for hvilket Betingelsesligningen er tilfredsstillet. Dette Punkt lader sig let bestemme med en stor Nöiagtighed; thi vi maae for det Første have

$$\begin{aligned} \log \left(\frac{3}{2} \pi \right) &= 0,673 > \log \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) > \log \pi = 0,497, \quad \text{hvoraf følger} \\ 78^\circ &> (\alpha - 180)^\circ > 72^\circ. \end{aligned}$$

Men heraf følger paany, at

$$0,6535 > \log \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) > 0,6433, \quad \text{som viser, at } 77^\circ 29' > (\alpha - 180)^\circ > 77^\circ 12',$$

hvoraf man igjen paa lignende Maade finder

$$0,6526 > \log \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180} \right) > 0,6520.$$

Paa Grund heraf vil man med tilstrækkelig Tilnærmelse have

$$\alpha - 180^\circ = 77^\circ 27',$$

og den hydrauliske Middeldybde bliver altsaa et Maximum, naar Fyldningsgraden

$$\alpha = 257^\circ 27', \text{ nemlig}$$

$$\left(\frac{s}{c}\right) = 0,60865 . r \dots \dots \dots (10).$$

Sætte vi nu derefter 2den Differentialcoefficient lig Nul, saa erhoides Betingelsesligningen

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha \pi}{180}\right) = \frac{\frac{\alpha \pi}{180}}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha \pi}{180}\right)^2},$$

hvilken Ligning er tilfredstillet naar $\alpha = 119^\circ 17'$, hvortil svarer

$$\left(\frac{s}{c}\right) = 0,29055 . r.$$

Tænke vi os nu de forskjellige Værdier af Fyldningsgraden α afsatte som Abscisser og de tilsvarende Værdier af den hydrauliske Middeldybde $\left(\frac{s}{c}\right)$ afsatte som Ordinatorer til en Curve, da ville vi af det Udviklede indsee, at denne Curve har et Minimumspunkt for $\alpha = 0$, et Inflexionspunkt for $\alpha = 119^\circ 17'$ og et Maximumspunkt for $\alpha = 257^\circ 27'$. For Intervallet fra $\alpha = 0$ til $\alpha = 119^\circ 17'$ er Curven convex imod Abscisseaxen, men fra $\alpha = 119^\circ 17'$ til $\alpha = 360^\circ$ er Curven concav imod denne Axe.

Det viser sig heraf, at hvis Formlen (6) er rigtig, saa maa Vandstrømmens Hastighed voxe, naar Ledningens Fyldningsgrad α voxer fra $\alpha = 0$ til $\alpha = 257^\circ 27'$, hvorimod denne Hastighed maa aftage, naar Fyldningsgraden yderligere voxer fra $\alpha = 257^\circ 27'$ indtil $\alpha = 360^\circ$. Strømningshastigheden bliver fölgelig et Maximum, naar Fyldningsgraden er $257^\circ 27'$. For $\alpha = 180^\circ$ og for $\alpha = 360^\circ$ ere Hastighederne ligestore.

I det Foregaaende have vi seet, at, naar Vandspeilet i en Ledning löber parallelt med Bunden af Ledningen, saa ophæves den ved Ledningens Fald frembragte Acceleration nöiagtig af Ledningens Modstand imod Vandets Bevægelse, og Vandspeilets hele Fald paa en saadan Ledning vil altsaa i det betragtede Tilfælde være lige stort med den Trykhöide, der svarer til den levende Kraft, som Frictionen har consumeret under Bevægelsen. — Dette er imidlertid kun et ganske specielt Tilfælde; thi mere almindeligt kunne vi bevise, at, hvordan end Vandspeilets Fald maatte være og hvorledes end Ledningen er beskaffen, saa vil Trykhöidetabet paa en hvilkenksomhelst Længde af en saadan Ledning netop være lige stort med det, som svarer til Vandstrømmens Tilvæxt i levende Kraft i

Forbindelse med den levende Kraft, som Frictionen har consumeret paa den givne Længde. Tager vi nemlig Vandspeilet i Indløbsbassinet for Ledningen som det coordinerte Plan XZ og lægge Ledningens Axe i Planet XY , saa ville vi ved x og y betegne Coordinaterne til et vilkaarligt Punkt af Vandspeilet, hvis Strømmen kun tildeels fylder Ledningen, eller af Vandreisningen, hvis Ledningen er fyldt under et Tryk. Hvordan nu end Ledningens Størrelse og Beskaffenhed maatte være i de forskjellige Punkter og hvordan Modstanden imod Vandets Bevægelse som en Følge heraf maatte være, saa vil den accelererende Kraft, φ : den bevægende Kraft, for en Masse-Eenhed i det betragtede Punkt stedse være at udtrykke ved

$$g \frac{dy}{\sqrt{dx^2 + dy^2}}.$$

Modstanden imod Vandets Bevægelse, der er afhængig af Ledningens Størrelse, Form og øvrige Beskaffenhed samt af Vandets Hastighed v , ville vi for det betragtede Punkt af Ledningen for en Masse-Eenhed betegne ved φ , og den almindelige Ligning for Vandets Bevægelse i denne Ledning kan da skrives:

$$v dv = g dy - \varphi \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx. \dots \dots \dots (11).$$

Naar denne Ligning integreres, erhoides

$$\frac{1}{2} v^2 = g \cdot y - \int \varphi \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx + C \dots \dots \dots (12).$$

Det sidste Led i denne Formel fremstiller den ved Vandets Bevægelse i Tidsrummet t tabte mekaniske Virksomhed (see min Afhandling i Videnskabernes Selskabs Skrifter 5te Række, 2det Bind, S. 176), hvorom jeg har viist, at den vel tilsyneladende er tabt, men i Virkeligheden kun har antaget en ny Form, hvori den virker i sin fulde Storhed som levende Kraft. Denne levende Kraft, som hver Masse-Eenhed taber, kan altsaa udtrykkes ved

$$\int \varphi \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx = \frac{1}{2} w^2, \text{ idet } w \text{ er en Hastighed,}$$

og Formlen (12), divideret heelt igjennem med g , kan altsaa skrives

$$\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \left(\frac{w^2}{2g}\right) = y \dots \dots \dots (13),$$

idet vi bemærke, at vi samtidigt have $v = 0$, $w = 0$ og $y = 0$. Af Formlen (13) fremgaer, at y eller det hele samlede Trykhöidetab i det betragtede Punkt er en Sum af tvende Led, hvoraf det ene er den Trykhöide, som svarer til Vandstrømmens Hastighed,

og det andet er den Trykhöide, som indtil det betragtede Punkt er consumeret af Frictionen, hvilket var det vi vilde vise.

Ville vi nu anvende denne Sætning, som vi her i Almindelighed have beviist, paa de foran omtalte Forsög, saa kunne vi passende dele det hele Tab af Vandreisning i to Dele, nemlig i det Trykhöidetab, som finder Sted indtil det Punkt, hvorfra Vandreisningen bliver retlinet, og i det Trykhöidetab, som finder Sted i den Deel af Ledningen, hvor Vandreisningen ligger i en ret Linie. Den förste af disse to Trykhöider ville vi betegne ved h_0 , og den anden vil være $= \frac{h}{l} \cdot u$, naar Vandspeilets retlinede Fald er h paa en Længde af Ledningen $= l$, og u betegner Længden af Ledningen fra det Punkt, hvor Vandreisningen begynder at blive retlinet. Det hele Trykhöidetab indtil det betragtede Punkt af Ledningen vil da ifølge Resultatet af Forsögene være at udtrykke ved

$$y = h_0 + \frac{h}{l} \cdot u \dots \dots \dots (14).$$

For den Deel af Ledningen, som har en retlinet Vandreisning, have vi seet, at Hastigheden er constant, og det vil altsaa for denne Deel være tilladt istedetfor $\frac{h}{l}$ at indsætte dens Værdie ifølge Formlen (6), hvorved Formlen (14) kan skrives:

$$y = h_0 + \frac{f}{4} \frac{c}{s} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot u \dots \dots \dots (15),$$

hvilken Formel kan betragtes som Ligningen ved retvinklede Coordinater for den retlinede Deel af Vandspeilet, idet man uden mærkelig Feil kan betragte u som den horizontale Coordinat til det betragtede Punkt af Ledningen. For at bestemme den sandsynligste Stilling af det retlinede Vandspeil, har jeg benyttet de paa Plan II og III i en formindsket Maalestok angivne Profiler og bestemt de sandsynligste Værdier af to Ordinator y_0 og y , svarende til tvende Afstande $u = u_0$ og $u = u$. Ifølge Formlen (15) har man:

$$\frac{y_0 - y}{u_0 - u} = \frac{f}{4} \left(\frac{c}{s} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right), \text{ hvoraf } f = 4 \frac{y_0 - y}{u_0 - u} \left(\frac{s}{c} \right) \left(\frac{2g}{v^2} \right) \dots \dots (16).$$

For efterfølgende Forsög, i hvilke Ledningen var heelt fyldt med Vand og hvori altsaa $\left(\frac{s}{c} \right) = \frac{r}{2}$ (Formel 9), har jeg nu bestemt Coefficienten f af Formlen (16), og for endeel af disse Forsög, i hvilke Tilströmningen foregik fra Enden, har jeg tilmed bestemt h_0 som Værdien af y for $u = 0$ og har saaledes fundet følgende Resultater:

Forsøgenes Nr.	Hastighed v	h_0	f	Forsøgenes Nr.	Hastighed v	h_0	f
2	2,58	0,15	0,02049	29	0,404	0,005	0,04005
3	2,95	0,21	0,01982	30	0,70	0,025	0,05158
5	5,06	—	0,02051	31	1,71	0,06	0,02276
6	5,07	—	0,01955	32	1,82	0,10	0,02299
9	5,79	—	0,01729	33	2,52	—	0,01917
10	5,09	0,22	0,01729	34	5,52	0,14	0,01758
16	5,72	—	0,01675	58	5,47	0,15	0,01662
26	2,20	0,10	0,02089	75	5,50	0,18	0,01951
27	1,15	0,05	0,02891	76	5,41	0,20	0,02051

Til Bestemmelsen af Størrelsen f har jeg fremdeles benyttet efterfølgende Forsøg, hvori Ledningens Fyldningsgrad var forskjellig, og forsaa vidt muligt at have Forsøg med alle Fyldningsgrader, saa tilføies atter her Forsøgene Nr. 34 og 58, der ligesom de øvrige ere udførte med den 12 Tom. Ledning.

Forsøgenes Nr.	Fyldningsgrad α	$\frac{y_0 - y}{u_0 - u}$	$v = \frac{Q}{S}$	f
34	560°	0,00526	5,52	0,01758
40	94	0,00512	2,27	0,01451
51	72	0,00512	1,75	0,01476
52	148	0,00512	2,98	0,01656
53	228	0,00512	5,65	0,01655
54	275	0,00512	5,60	0,01724
55	130	0,00512	2,55	0,01531
56	148	0,00512	5,28	0,01567
58	560	0,00535	5,47	0,01662
59	259	0,00512	5,82	0,01549
60	52	0,00512	0,78	0,04080
61	65	0,00512	1,01	0,05414
62	71	0,00512	1,45	0,02044
63	79	0,00512	1,79	0,01665

Hvis den Eytelweinske Formel (6) havde været fuldstændig correct, maatte de ovenfor fundne Værdier for f ogsaa have været lige store, Observationsfeil etc. fraregnede. I det Væsentlige finder dette nu vistnok Sted, og derfor er ogsaa hin Formel tilnærmel-

sesviis rigtig; men de fundne tvende Rækker af Værdier vise dog hen paa, at f i Virkeligheden er noget variabel, og navnlig tyde de paa, at f er aftagende, naar Ledningens Diameter er voxende; ligesom ogsaa, at f aftager eller tiltager naar Strømhastigheden voxer eller aftager. Da der inidertid her kun foreligger Forsøg med Rør af to forskellige Diametre, saa skal jeg ikke gaae ind paa nærmere at bestemme, hvorledes Coefficienten f varierer med Ledningens Diameter, — dette er et Punkt, hvortil jeg maaskee senere skal komme tilbage; derimod foreligger her en stor Mængde Forsøg, der ere udførte ved forskjellige Strømhastigheder, og jeg vil derfor strax søge at udfinde, hvilken Lov der i saa Henseende gjør sig gjeldende.

For at bestemme den Function, som f er af v , afsatte jeg de sammensvarende Værdier af f og v som retvinklede Coordinater til en Curve og fandt denne ganske tilfredsstillende udtrykt ved *Prony's* og *Eytelwein's* Formel

$$f = \alpha + \beta \cdot \frac{1}{v} \dots \dots \dots (17).$$

Ved Hjælp af de mindste Qvadraters Methode bestemte jeg da, ifølge samtlige foranførte 32 Forsøg, de sandsynligste Værdier af α og β , og fandt:

$$\alpha = 0,013568 \text{ og } \beta = 0,013207,$$

som, indsatte i Formlen (17), giver

$$f = 0,013568 + 0,013207 \cdot \frac{1}{v} \dots \dots \dots (18).$$

Naar denne Værdi indsættes i Formlen (15), erhoides altsaa den til en hvilken-somhelst Fyldningsgrad svarende Formel

$$y = h_0 + \left[0,00005428 + \frac{0,00005284}{v} \right] \frac{c}{s} v^2 u \dots \dots \dots (19).$$

Sætte vi det retlinede Vandspeils Fald paa en Længde $l = h$, og sætte vi fremdeles

$$F = 0,00005428 + \frac{0,00005284}{v} \dots \dots \dots (20),$$

saa reduceres Formlen (19) til følgende:

$$\frac{h}{l} = F \frac{c}{s} v^2 \dots \dots \dots (21),$$

der, naar Vandføringen pr. Sec. betegnes ved Q , ogsaa kan gives følgende Form:

$$\frac{h}{l} = F \frac{c}{s^3} Q^2 \dots \dots \dots (22).$$

Betegne vi nu i Almindelighed Værdien af en Function af r , $\psi(r)$, for $r = 1$ ved $[\psi(r)]$, saa er

$$\frac{c}{s} = \frac{1}{r} \left[\frac{c}{s} \right] \text{ og } \frac{c}{s^3} = \frac{1}{r^3} \left[\frac{c}{s^3} \right] \dots \dots \dots (23),$$

og Formlerne (21) og (22) kunne altsaa skrives

$$\frac{h}{l} = F \left[\frac{c}{s} \right] \cdot \frac{v^2}{r} \dots \dots \dots (24),$$

$$\frac{h}{l} = F \left[\frac{c}{s^3} \right] \cdot \frac{Q^2}{r^5} \dots \dots \dots (25),$$

hvor $\left[\frac{c}{s} \right]$ og $\left[\frac{c}{s^3} \right]$ ere Størrelser, der ene afhænge af Fyldningsgraden α .

I den til Slutning vedföiede Tabel IV har jeg angivet Værdierne af $[s]$, $\left[\frac{s}{c} \right]$ og $\left[\frac{s^3}{c} \right]$ svarende til forskjellige Fyldningsgrader α .

Ifølge Formlen (24) kan man uden Vanskelighed bestemme Faldet $\frac{h}{l}$, naar Hastigheden v , Fyldningsgraden α samt Ledningens Radius r ere givne, eller r , naar v , $\frac{h}{l}$ og α ere givne, og ifølge Formlen (25) kan man paa lignende Maade med Lethed bestemme $\frac{h}{l}$, naar α , r og Q ere givne, samt r , naar $\frac{h}{l}$, α og Q ere givne; thi Coefficienten F bliver vel i sidste Tilfælde ikke fuldkommen constant, men naar man først med Tilnærmelse har fundet r , bestemmes s og $v = \frac{Q}{s}$, hvorefter man let beregner den nöagtigere Værdie af r .

Coefficienten F , Formel (20), er den som svarer til saltglasserede Leerrørs Ledninger. For forskjellige Slags Ledninger bliver denne Coefficient ogsaa forskjellig, men den fornödne Berigtigelse lader sig let bestemme ved Hjælp af et Forsög.

Tænke vi os nemlig to Ledninger af samme Længde, Diameter og Fyldningsgrad saaledes indstillede, at Vandföringen bliver lige for begge Ledninger, saa er det klart, ifølge Formlen (25), at

$$F_1 = \frac{h_1}{h} \cdot F \dots \dots \dots (26),$$

idet h og h_1 betegner Faldene og F og F_1 Modstands-Coefficienterne for de to Ledninger.

Sammenligne vi f. Ex. Vandföringen af saltglasserede Leerrör med den af almindelige Stöbejernsrör, saa finde vi for Stöbejern

$$F_1 = \frac{4}{3} \cdot F.$$

For Anlægget af et Cloaksystem er det i höieste Grad vigtigt at kjende den mindste Hastighed, som Vandet maa have, naar det ikke skal afsætte noget Bundfald i Ledningen. Denne Hastighed vil jeg betegne ved w , og i Overeensstemmelse med hvad Erfaring desangaaende har lært, vil jeg antage, at dette Minimum er $2\frac{1}{2}$ Fod i Secundet. Hvorledes nu end Cloaksystemet indrettes, saa vil det i Reglen findes, at Cloakerne til sine Tider, med større eller mindre Mellemrum, har mere Vand at aflede end til andre. Hvis man

altsaa bestemte Ledningernes Diametre ved Hjælp af den største Vandføring Q , ifølge Formlen

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi w}}$$

og dernæst ifølge Formlen (24) bestemte Ledningernes Fald, saa vilde man aldrig kunne undgaae Bundfældinger i Ledningerne, idet Hastigheden da i Reglen vilde være mindre end w . Man maa derfor, naar man vil construere et Cloaksystem, ikke alene bestemme den største Vandføring Q for Ledningerne, men ogsaa den Vandføring q , som indtræder dagligen i nogle Timer, naar Spildevandsmængden er størst, og det er da navnlig ved Hjælp af Vandføringen q at man maa bestemme Ledningens Fald saaledes, at Hastigheden bliver lig w .

Med denne foreløbige Bemærkning vil jeg nu gaae over til at bestemme de Formler, som beqvemt ville kunne benyttes ved de herhen hørende Beregninger, og jeg vil foreløbig gaae ud fra den Forudsætning, at Modstandscoefficienten for Vandets Bevægelse i Ledningerne er lige stor med den for Vandets Bevægelse igjennem glasserede Leerrør, Formel (18); thi de Formler, som svare til en anden Modstand, kunne let afledes af hine, naar vi bemærke, at Trykhøidetablene (h) forholde sig ligesom Modstandscoefficienterne (F) under iøvrigt lige Forhold.

Først ville vi da bemærke, at naar Hastigheden er den samme for en og samme Ledning under forskjellige Fyldningsgrader, saa ville Gjennemsnitsarealerne $[S]$ og $[s]$ af tvende Strømme forholde sig som Vandføringerne Q og q , og man vil saaledes have

$$[s] = \frac{q}{Q} [S] \dots \dots \dots (27).$$

Fremdeles see vi af Formlen (24), at naar vi ved en og samme Vandledning have Hastigheden lige stor under forskjellige Fyldningsgrader, der ere bestemte ved $\left[\frac{S}{C}\right]$ og $\left[\frac{s}{c}\right]$, saa ville de Længder L og l , paa hvilke Vandspeilets Fald i begge Tilfælde er ligestort, være proportionale med $\left[\frac{S}{C}\right]$ og $\left[\frac{s}{c}\right]$, saa at vi tilmed have

$$l = \frac{\left[\frac{s}{c}\right]}{\left[\frac{S}{C}\right]} \cdot L \dots \dots \dots (28).$$

Men af Formlerne (27) og (28) følger, at naar vi for en given Ledning have bestemt Ledningens Vandføring Q ved en given Fyldningsgrad, svarende til $[S]$ eller $\left[\frac{S}{C}\right]$, under en bestemt Hastighed w og ved et Fald = 1 Fod paa Længden L Fod, saa ville vi

ved Hjælp af den første Formel med stor Lethed kunne bestemme Fyldningsgraden, svarende til en anden Vandføring q , naar Hastigheden blev uforandret, og naar da denne Fyldningsgrad er bestemt og altsaa ogsaa $\left[\frac{s}{c}\right]$ er funden, saa finde vi af Formlen (28) den Længde l , hvorpaa Faldet maa være = 1, for at Hastigheden under denne Fyldningsgrad endnu kan være = w . Naar Ledningen er heelt fyldt, da er $[S] = \pi = 3,14$ og $\left[\frac{S}{C}\right] = 0,5$ og Formlerne (27) og (28) kunne altsaa skrives

$$[s] = 3,14 \cdot \frac{q}{Q}, \quad l = 2 \cdot \left[\frac{s}{c}\right] \cdot L \dots \dots \dots (29).$$

Men for heelt fyldte Ledninger finde vi ifølge Formlen (24), at til en Hastighed $w = 2\frac{1}{2}$ Fod svarer et Fald af 1 Fod paa Længden $L = 533,33 \cdot d$.

Indsættes altsaa denne Værdie i den sidste Formel (29), erholdes

$$l = 1067 \cdot \left[\frac{s}{c}\right] \cdot d \dots \dots \dots (30).$$

Ved Hjælp af den vedföiede Tab. IV, hvori Værdien af $\left[\frac{s}{c}\right]$ svarende til forskjellige Fyldningsgrader er angivet, finde vi for

$$\left. \begin{array}{l} q = 1,0 \cdot Q, \quad \alpha = 360^\circ, \quad l = 533 \cdot d \\ q = 0,5 \cdot Q, \quad \alpha = 180^\circ, \quad l = 533 \cdot d \\ q = 0,4 \cdot Q, \quad \alpha = 162^\circ, \quad l = 475 \cdot d \\ q = 0,3 \cdot Q, \quad \alpha = 143^\circ, \quad l = 405 \cdot d \\ q = 0,2 \cdot Q, \quad \alpha = 121^\circ, \quad l = 317 \cdot d \\ q = 0,1 \cdot Q, \quad \alpha = 94^\circ, \quad l = 209 \cdot d \\ q = 0,05 \cdot Q, \quad \alpha = 73^\circ, \quad l = 133 \cdot d \end{array} \right\} \dots \dots \dots (31),$$

og naar Ledningen er fyldt, da finde vi tilmed Vandføringen i Minutet:

$$Q = 117,8 \cdot d^2 \dots \dots \dots (32),$$

idet Strömhastigheden er lig 2,5 Fod i Secundet.

Ifølge Formlerne (31) og (32) kunne vi nu dels bestemme Vandføringen af en hvilkenksomhelst Ledning ved forskjellige Fyldningsgrader og svarende til en Strömningshastighed af $2\frac{1}{2}$ Fod i Secundet; dels kunne vi let beregne Forholdet mellem Ledningens Længde og dens Fald eller Störrelsen l .

Udføres disse Regninger for fölgende Række af Ledninger og betegnes Værdierne af q og l for Hastigheden $v_0 = 2\frac{1}{2}$ Fod ved q_0 og l_0 , saa erholdes efterstaaende Resultater:

Tabel I,

fremstillende glasserede Leerrørs Ledningers Vandføring pr. Minut q_0 ved Hastigheden 2,5 Fod i Secundet under forskjellige Fyldningsgrader, samt den dertil svarende Værdi af l_0 .

Ledningens Diameter d	$\alpha =$ $\frac{q}{Q} = \frac{[s]}{[S]}$	560°	180°	162°	145°	121°	94°	75°	
		1,0	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	
4 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	15,1 178	6,5 178	5,2 158	3,9 135	2,6 105	1,5 70	0,65 44	Cubikfod. Fod.
6 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	29,4 626	14,7 266	11,8 237	8,8 202	5,9 160	2,9 104	1,5 66	Cbf. Fod.
9 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	66,5 400	33,1 400	26,5 356	19,9 302	13,5 238	6,6 156	3,3 100	Cbf. Fod.
1 Fod	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	117,8 533	58,9 533	47,1 475	35,5 405	23,6 317	11,8 209	5,9 135	Cbf. Fod.
1' 5"	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	184 666	92,0 666	73,6 593	55,2 506	36,8 397	18,4 261	9,2 166	Cbf. Fod.
1' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	265 800	132,5 800	106,0 712	79,5 607	53,0 477	26,5 315	13,2 200	Cbf. Fod.
1' 9"	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	360 933	180,0 933	144,0 831	108,0 708	72,0 556	36,0 366	18,0 233	Cbf. Fod.
2 Fod	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	471 1066	235,5 1066	188,4 950	141,5 810	94,2 635	47,1 420	23,5 266	Cbf. Fod.
2' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	736 1532	368,0 1532	294,4 1187	220,8 1012	147,2 794	73,6 522	36,8 333	Cbf. Fod.
3 Fod	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	1060 1599	530,0 1599	424,0 1425	318,0 1215	212,0 950	106,0 630	53,0 400	Cbf. Fod.
3' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	1443 1865	721,5 1865	577,2 1662	432,9 1420	288,6 1110	144,3 733	72,1 466	Cbf. Fod.
4 Fod	$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \\ l_0 = \end{array} \right.$	1875 2132	937,5 2132	750,0 1900	562,5 1620	375,0 1270	187,5 840	93,7 533	Cbf. Fod.

Men af Formlen (24) fremgaar endvidere, at naar vi for to lige store Ledninger og for samme Fyldningsgrader af disse Ledninger have lige Fald (h) paa ulige Længder l og l_0 , saa ville disse Længder forholde sig omvendt som Produktet Fv^2 for den ene forholder sig til det tilsvarende $F_0 v_0^2$ for den anden Ledning.

Man har altsaa
$$l = \left(\frac{F_0 v_0^2}{F v^2} \right) \cdot l_0 \dots \dots \dots (33).$$

Naar vi altsaa, saaledes som i den foranstaaende Tabel, til en Række af Fyldningsgrader og svarende til Hastigheden $v_0 = 2,5$ Fod have bestemt de dertil hørende Værdier af l_0 , saa finde vi de til samme Fyldningsgrader svarende Værdier af l for Hastigheden v , naar vi multiplicere de i Tabellen angivne Værdier for l_0 med Factoren

$$\lambda = \left(\frac{F_0 v_0^2}{F v^2} \right) = \frac{0,000470}{F v^2} \dots \dots \dots (34).$$

For at lette Regningerne har jeg vedföiet en Tabel, som indeholder Værdierne af F , ifölge Formel (20), svarende til forskellige Værdier af v , ligesom ogsaa de tilsvarende Værdier saavel af $(F v^2)$ som af λ . Den sidste verticale Colonne indeholder Vandföringen q svarende til disse Hastigheder.

Tabel II.

v	F	$F \cdot v^2$	λ	Vandföringen q
Fod				
0,50	0,0001600	0,0000400	11,75	0,2 · q_0
1,75	0,0001260	0,0000709	6,65	0,5 · q_0
1,00	0,0001072	0,0001072	4,59	0,4 · q_0
1,25	0,0000965	0,0001508	5,12	0,5 · q_0
1,50	0,0000896	0,0002016	2,55	0,6 · q_0
1,75	0,0000845	0,0002588	1,816	0,7 · q_0
2,00	0,0000807	0,0003228	1,456	0,8 · q_0
2,25	0,0000777	0,0003954	1,195	0,9 · q_0
2,50	0,0000752	0,0004700	1,000	1,0 · q_0
2,75	0,0000733	0,0005543	0,848	1,1 · q_0
3,00	0,0000718	0,0006462	0,727	1,2 · q_0
3,50	0,0000695	0,0008489	0,554	1,4 · q_0
4,00	0,0000676	0,0010816	0,455	1,6 · q_0
4,50	0,0000660	0,0013565	0,352	1,8 · q_0
5,00	0,0000649	0,0016225	0,290	2,0 · q_0
6,00	0,0000631	0,0022716	0,207	2,4 · q_0
7,00	0,0000617	0,0030253	0,1554	2,8 · q_0
8,00	0,0000610	0,0039040	0,1204	3,2 · q_0
9,00	0,0000603	0,0048843	0,0962	3,6 · q_0
10,00	0,0000597	0,0059700	0,0787	4,0 · q_0
12,00	0,0000588	0,0084672	0,0555	4,8 · q_0
14,00	0,0000581	0,0113876	0,0413	5,6 · q_0
16,00	0,0000576	0,017456	0,0319	6,4 · q_0

Ved Hjælp af denne og den foregaaende Tabel vil man nu med Lethed kunne bestemme, hvilket Fald man skal give en Cloakledning med en bestemt Fyldningsgrad for at Vandstrømmen kan erholde en bestemt Hastighed. Vilde man f. Ex. bestemme det Fald, man skal give en 2 Fods Ledning, for at Vandstrømmen ved en Fyldningsgrad svarende til $[s] = 0,2 [S]$ kan erholde en Hastighed $= 4,5$ i Secundet, saa finde vi $l = 0,352 \cdot 635' = 224$ Fod \therefore Ledningen skal have et Fald af 1 Fod paa 224 Fod. Hvad dernæst Vandføringen af den 2 Fods Ledning angaaer, da viser Tabel I, at denne ved en Fyldningsgrad, som svarer til 0,2 af Gjennemsnitsarealet og under en Strömningshastighed af $2\frac{1}{2}$ Fod i Secundet udgjör $q_0 = 94,2$ Cbf. pr. Minut; dens Vandføring ved 4,5 Fods Hastighed bliver altsaa, ifölge Tab. II, $q = 1,8 q_0 = 1,8 \cdot 94,2 = 169,5$ Cbf. pr. Minut.

Cloakledningen skal imidlertid, som sagt, ikke alene være saaledes beliggende, at Strömningshastigheden ved Minimum af Vandføring bliver $= w$; den skal tillige være istand til at aflede Vandføringens Maximum, som vi derfor maae kjende ligesaavel som Minimum af Vandføringen. Men naar baade Vandføringens Maximum Q og dens Minimum q ere givne, da kunne vi let ved Hjælp af Formlerne i det Foregaaende bestemme baade Ledningens Diameter og Ledningens Fald.

Det vil alligevel være beqvemt ved disse Beregninger at have sammenstillet i en Tabel saavel Faldet som Vandføringen ved forskjellige Hastigheder, naar Ledningen er heelt fyldt, altsaa ved Maximum af Vandføring; men vi behöve da ikke at betragte mindre Hastigheder end den, hvorved Ledningen netop vil kunne holde sig reen, altsaa ikke mindre Hastigheder end $2\frac{1}{2}$ Fod i Secundet. Indsætte vi altsaa Værdierne for $F \cdot v^2$ af Tabellen II i Formlen (24) og bemærke, at naar Ledningen er ganske fyldt, saa er $\left[\frac{c}{s}\right] = 2$, da finde vi let fölgende Formler:

$$\begin{array}{l|l}
 v = 2,5 \text{ Fod, da er } L = 533 \cdot d & v = 5,0 - \dots = 154 \cdot d \\
 2,75 - \dots = 451 \cdot d & 6,0 - \dots = 110 \cdot d \\
 3,0 - \dots = 387 \cdot d & 7,0 - \dots = 83 \cdot d \\
 3,5 - \dots = 295 \cdot d & 8,0 - \dots = 64 \cdot d \\
 4,0 - \dots = 231 \cdot d & 9,0 - \dots = 51 \cdot d \\
 4,5 - \dots = 187 \cdot d & 10,0 - \dots = 42 \cdot d
 \end{array} \left. \dots (35). \right.$$

Ved Hjælp af disse Formler kan Ledningens Fald svarende til en given Hastighed beregnes. Den tilsvarende Vandføring i Minutet, Maximums-Vandføringen, kan beregnes ifölge Værdierne i den 5te verticale Colonne af Tabel II, idet man for q_0 tager den i Tabel I angivne Værdi for Vandføringen svarende til $2\frac{1}{2}$ Fods Hastighed i Secundet og Fyldningsgrad $= 360$.

Paa denne Maade finder man fölgende sammensvarende Værdier for Ledningens Vandføring i Minutet Q , dens Diameter d , Vandströmmens Hastighed v og Ledningens (Vandspeilets) Fald ($1 : L$).

Tabel III.

Ledningens Diameter d	Maximums-Vandføringen Q af glasserede Rør, naar Vandstrømmens Hastighed $= v$ og Vandspeilets Fald $= 1$ paa Længden L .												
	$v =$	2,5'	2,75'	3,0'	3,5'	4,0'	4,5'	5,0'	6,0'	7,0'	8,0'	9,0'	10,0' pr. Sec.
4 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	15,1	14,4	15,7	18,5	21	24	26	31	36	41	46	52 Cbf. 14 Fod
		178	150	129	98	77	62	51	37	28	21	17	
6 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	29,4	32,3	35,3	41,2	47	55	59	71	83	95	107	118 Cbf. 21 Fod
		266	225	193	147	115	93	77	55	42	32	25	
9 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	66,5	72,9	79,6	92,8	116	129	133	160	186	212	259	265 Cbf. 52 Fod
		400	338	290	221	173	140	115	82	62	48	38	
12 Tom.	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	117,8	129,6	141,4	165	189	215	236	283	330	377	424	471 Cbf. 42 Fod
		533	451	387	295	231	187	154	110	83	64	51	
1' 3"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	184	202	221	258	295	332	368	442	515	588	662	736 Cbf. 52 Fod
		666	564	484	369	289	234	192	137	104	80	64	
1' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	265	291	318	371	424	477	530	636	742	848	954	1060 Cbf. 65 Fod
		800	676	580	442	346	280	230	164	124	96	76	
1' 9"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	360	396	432	504	576	648	720	864	1008	1152	1296	1440 Cbf. 72 Fod
		933	789	677	516	404	327	269	192	145	112	89	
2' 0"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	471	518	565	659	753	847	942	1150	1319	1507	1696	1884 Cbf. 84 Fod
		1066	902	774	590	462	374	308	220	166	128	102	
2' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	736	810	883	1030	1177	1324	1472	1766	2061	2355	2650	2944 Cbf. 105 Fod
		1332	1127	967	737	577	467	385	275	208	150	127	
3' 0"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	1060	1166	1272	1484	1696	1908	2120	2544	2968	3392	3816	4240 Cbf. 126 Fod
		1599	1353	1161	885	695	561	462	330	249	192	153	
3' 6"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	1443	1587	1732	2020	2309	2598	2886	3463	4040	4618	5195	5772 Cbf. 147 Fod
		1865	1578	1354	1032	808	654	539	385	291	224	178	
4' 0"	$\left\{ \begin{array}{l} Q \\ L \end{array} \right.$	1875	2062	2250	2625	3000	3375	3750	4500	5250	6000	6750	7500 Cbf. 168 Fod
		2132	1804	1548	1180	924	748	616	440	332	256	204	

For saltglasserede Leerrør er Modstands-Coefficienten lig F , Formel (20), naar Fluidet er reent Vand, men for en anden Slags Ledning eller for en anden Vædske ville vi i Almindelighed ogsaa have en anden Modstands-Coefficient F_1 , der bestemmes ifølge Formlen (26). De foregaaende Tabeller ere nu beregnede for glasserede Leerrørs Ledninger, der kræve et Fald af $1:l$ eller $1:L$. Have vi derimod en Ledning eller en Vædske med en større Modstands-Coefficient, og som navnlig i Forhold til glasserede Leerrør og reent Vand kræver et Fald af $n:1$ for at frembringe samme Vandføring, saa kunne vi dog benytte alle i de foregaaende Tabeller angivne Størrelser paa samme Maade som ved glasserede Leerrør, naar vi blot med Hensyn paa Faldet af Ledningen tage Forholdet $(n:l)$ eller $(n:L)$ istedetfor $(1:l)$ og $(1:L)$.

For Jern-Vandledninger maa man, som tidligere sagt, i Henhold til „Weisbachs Ingenieur und Maschinen Mechanik“ sætte $n = 1,33$. Vilde man altsaa for en lignende Modstand bestemme den hensigtsmæssige Størrelse og Fald af en Cloak, som skulde aflede en Vandmængde, hvis Maximum var 5 Cbf. i Secundet eller 300 Cbf. pr. Minut og hvis Minimum var 2 Cbf. i Secundet eller 120 Cbf. pr. Minut og navnlig aflede den paa en saadan Maade, at Strømnings-Hastighedens Minimum ikke blev mindre end 3 Fod i Secundet, saa kunde man først ifølge Tabel II sætte $q_0 = \frac{120}{1,2}$ Cbf. = 100 Cbf., og man vilde altsaa af Tabellen I see, at man ved Anvendelse af en 18 Tom. Ledning erholder Minimum af Hastigheden $w = 3$ Fod, naar man gav Ledningen et Fald af $1,33:l_0 \cdot \lambda = 1,33:712 \cdot 0,727 = 1,33:518 = 1:390$, og Tabellen III vil dernæst vise, at samme Ledning virkeligt vil kunne føre noget over 300 Cbf., naar den er heelt fyldt.

Skulde Maximum af Vandføring derimod være 500 Cbf., saa maatte man vælge en 21 Tom. Ledning; thi denne vilde nemlig føre en Vangmængde af 120 Cbf. ved en Fyldningsgrad, som ligger mellem 121° og 143° med en Hastighed af omtrent 3 Fod, naar Ledningen gives et Fald af 1,33 paa $\lambda \cdot l_0 = 515 \text{ } \circ$: ved et Fald af 1:390, og samme Ledning vilde ogsaa ifølge Tab. III kunne føre omtrent 500 Cbf. ved dette Fald, naar den var heelt fyldt, og Strømmen vilde da have en Hastighed af 4 Fod i Secundet.

Skulde Vandstrømmens Hastighed derimod som Minimum være $= 2\frac{1}{2}$ Fod og Vandføringens Minimum være $q_0 = 120$ Cbf. og dens Maximum være $Q = 300$ Cbf., saa vilde man ligefrem kunne benytte Tabellerne I og III. Vi kunne da anvende en 21 Tom. Ledning med et Fald af 1,33:750 eller 1:565; thi da vilde Ledningen ved Minimum af Vandføring erholde en Fyldningsgrad mellem 143° og 162° og ved Maximum blive næsten heelt fyldt. Men hvis Vandføringens Maximum derimod skulde være 500 Cbf., da maatte man vælge en 24 Tom. Ledning med et Fald af 1,33:730 eller 1:550, i hvilket Tilfælde Strømningshastigheden ved Maximum vilde blive over 3,5 Fod i Secundet.

Tabel IV.

Fyltnings- graden α	Strömmens Areal [s]	Hydraulisk Middeldybde [$\frac{s}{c}$]	Functionen [$\frac{s^3}{c}$]	Fyltnings- graden α	Strömmens Areal [s]	Hydraulisk Middeldybde [$\frac{s}{c}$]	Functionen. [$\frac{s^3}{c}$]
30°	0,012	—	0,000005	195°	1,825	0,536	1,85
35	0,019	—	0,000010	200	1,915	0,549	2,05
40	0,028	0,059	0,000033	205	1,995	0,560	2,25
45	0,039	0,048	0,000076	210	2,080	0,570	2,45
50	0,055	0,060	0,000140	215	2,160	0,579	2,67
55	0,070	0,072	0,00029	220	2,240	0,587	2,92
60	0,091	0,085	0,00071	225	2,315	0,595	3,16
65	0,114	0,100	0,0016	230	2,395	0,598	3,59
70	0,141	0,115	0,0035	235	2,465	0,602	3,65
75	0,172	0,132	0,0055	240	2,550	0,605	3,85
80	0,206	0,147	0,0080	245	2,590	0,607	4,08
85	0,244	0,165	0,0110	250	2,650	0,608	4,28
90	0,285	0,180	0,0148	255	2,710	0,609	4,45
95	0,331	0,200	0,0200	260	2,770	0,609	4,64
100	0,380	0,218	0,0265	265	2,820	0,608	4,80
105	0,433	0,237	0,0345	270	2,870	0,607	4,95
110	0,490	0,256	0,044	275	2,910	0,605	5,08
115	0,550	0,273	0,070	280	2,945	0,602	5,19
120	0,614	0,294	0,110	285	2,970	0,598	5,28
125	0,681	0,311	0,140	290	3,000	0,595	5,34
130	0,751	0,333	0,178	295	3,025	0,588	5,39
135	0,825	0,350	0,238	300	3,050	0,582	5,45
140	0,900	0,370	0,27	305	3,075	0,577	5,46
145	0,979	0,386	0,33	310	3,095	0,570	5,46
150	1,059	0,404	0,42	315	3,110	0,564	5,44
155	1,141	0,422	0,52	320	3,120	0,558	5,42
160	1,225	0,438	0,64	325	3,130	0,552	5,39
165	1,310	0,455	0,79	330	3,135	0,545	5,34
170	1,397	0,470	0,95	335	3,135	0,538	5,29
175	1,484	0,487	1,08	340	3,140	0,530	5,23
180	1,571	0,500	1,24	345	3,140	0,523	5,17
185	1,640	0,512	1,44	350	3,141	0,515	5,10
190	1,740	0,523	1,65	360	3,142	0,500	4,94

Forklaring over Forsøgene med 4 Tom. Rör.

Af de med den 4 Tom. Ledning anstillede Cloakforsøg foretoges en Deel, da Ledningen havde et Fald af 2,52 Fod paa 298 Fod \circ : 1 Fod Fald paa 118,25 Fod Længde, og en Deel, da Ledningen kun havde et Fald af 1,05' paa 298' \circ : 1 Fod Fald paa 284 Fod Længde. De vigtigste af disse Forsøg ere anskueliggjorte paa medfølgende Tegning, og Forsøgenes Nummere ere angivne ved de Tal, der staae foran. Den med Punkter og Streger (— . — . — . —) betegnede Linie antyder Vandspeilet i Ledningen under Forsøget. Den med smaa Streger (— — — —) betegnede horizontale Linie angiver Peblingsøens Flodemaalshøide.

Paa forskjellige Steder var der boret Huller i Ledningen og deri anbragt Glasrör, hvorved man kunde observere Vandspeilets Høide, ligesom ogsaa Beliggenheden af Bunden af Ledningen. Disse Steder angives af de punkterede verticale Linier 1-1, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6, 7-7 og 10-10. Vandspeilsliniens Overskjæring med de verticale Linier 0-0 og 11-11 betegne de observerede Vandhöider i Indlöbs- og Aflöbs-Bassinerne.

Forklaring over Forsøgene med 12 Tom. Rör.

Af de med den 12 Tom. Ledning anstillede Cloakforsøg ere de vigtigste anskueliggjorte paa medfølgende Tegning, og Forsøgenes Nummere ere angivne ved de Tal, der staae foran. Den med Punkter og Streger (— . — . — . —) betegnede Linie angiver Vandspeilet i Ledningen under Forsøget. Den med smaa Streger (— — — —) betegnede Linie angiver Peblingsøens Flodemaalshøide.

Paa forskjellige Steder var der boret Huller i Ledningen og deri anbragt Glasrör, hvorved man kunde observere Vandspeilets Høide ligesom ogsaa Beliggenheden af Ledningens Bund. Disse Steder ere antydede ved de punkterede verticale Linier 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6, 7-7, 8-8, 9-9, 10-10, 11-11, 12-12, og Overskjæringerne med Vandspeilslinien angiver de observerede Höider af Vandspeilet. Vandspeilsliniens Overskjæring med Linierne 0-0 og 14-14 betegne de observerede Vandhöider i Indlöbs- og Aflöbs-Bassinerne.

I Forsøgene Nr. 34 og 39 laae Ledningen noget uregelmæssigt, hvilket rettedes i de følgende. I de 2 sidste Forsøg var Aflöbskassen borttaget.

Glasröret Nr. 10 var anbragt i et Leerrör, hvis Bund fandtes at ligge c. $\frac{1}{2}$ Tom. høiere end Bunden af de 2 tilgrændsende Rör; deraf den uregelmæssige Hævning af Vandspeilet i dette Punkt, der især var kjendeligt, naar kun lidt Vand løb paa Bunden af Ledningen.

GLASSERED E LEERRÖRS VANDFÖRINGSEVNE.

Fig: 1. Profil af den tolvtomme Ledning.

Fig: 2. Plan af den tolvtomme Ledning.

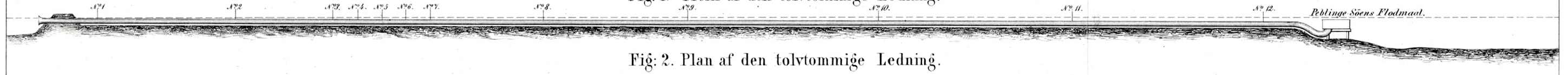
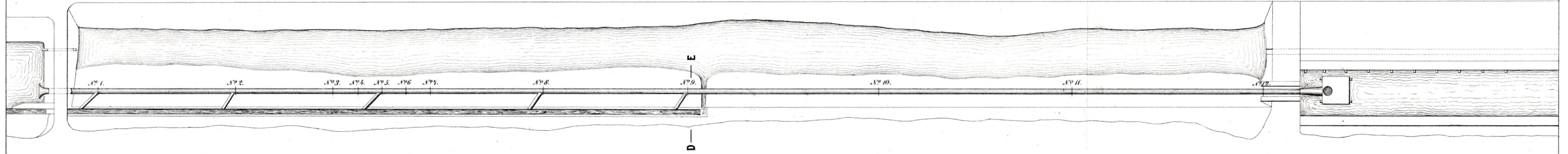


Fig: 5.

Længdesnit af den tolvtomme Ledning.

Fig: 6.



Snit efter DE.

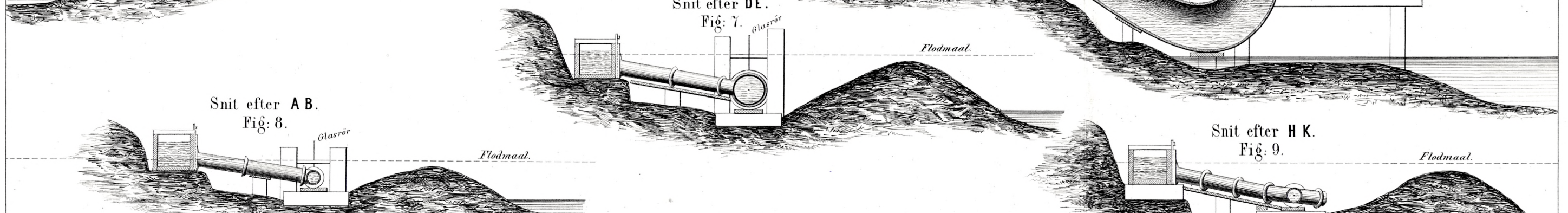
Fig: 7.

Snit efter A B.

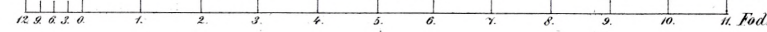
Fig: 8.

Snit efter H K.

Fig: 9.



Maalestok for Fig 5. 6. 7. 8. 9.



Maalestok for Fig 1. 2. 3. 4.

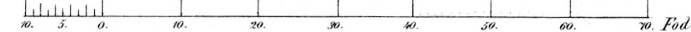
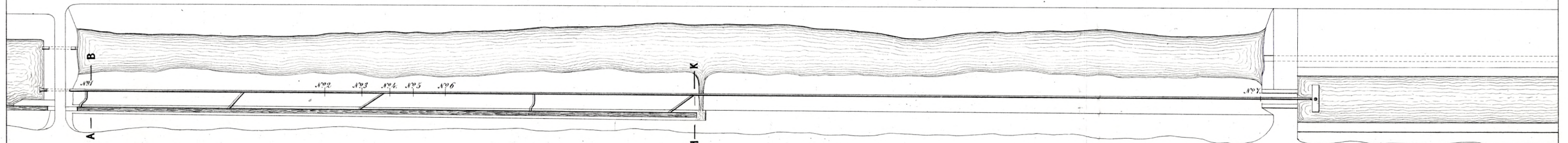
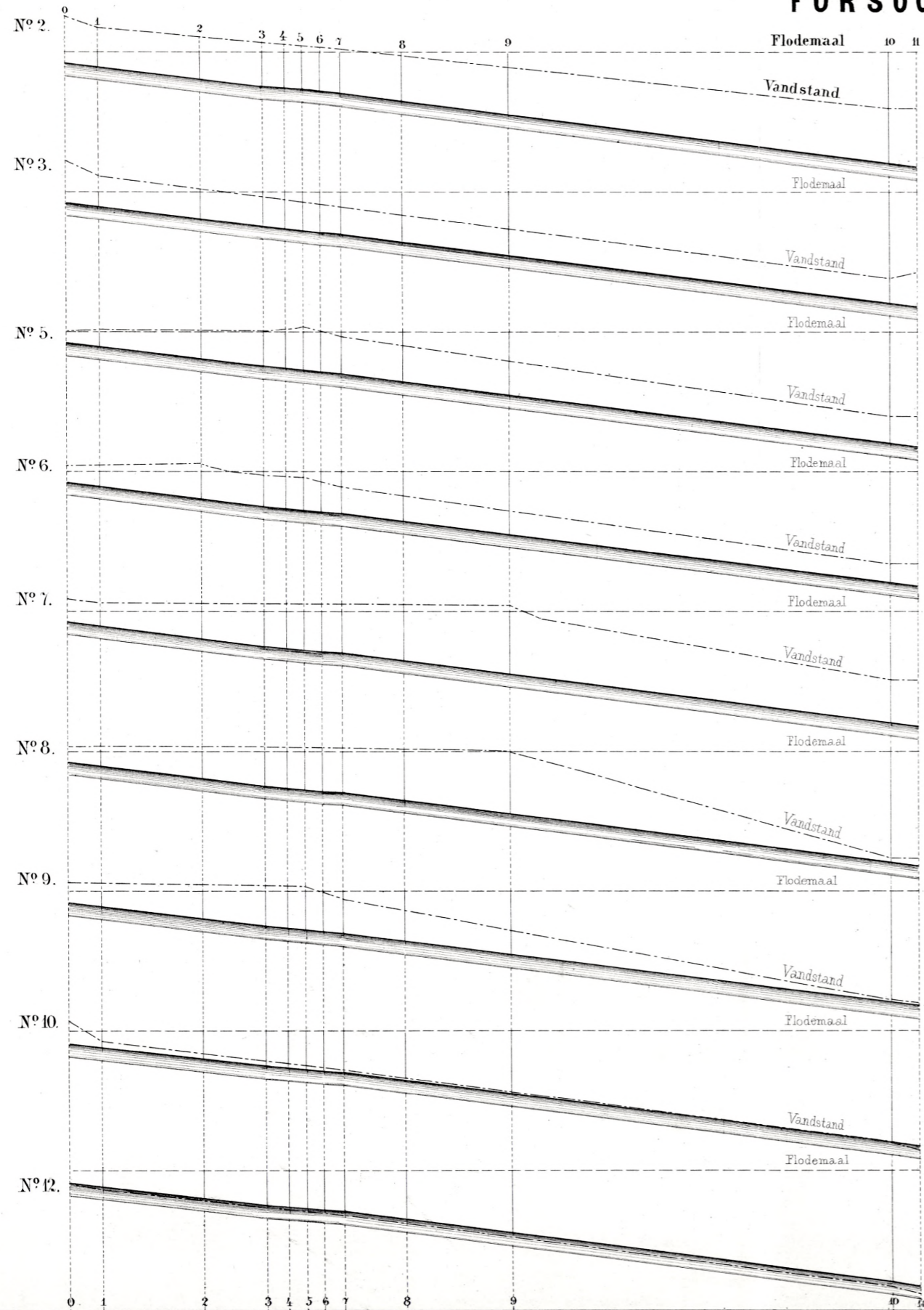


Fig: 3. Profil af den fiirtomme Ledning

Fig: 4. Plan af den fiirtomme Ledning

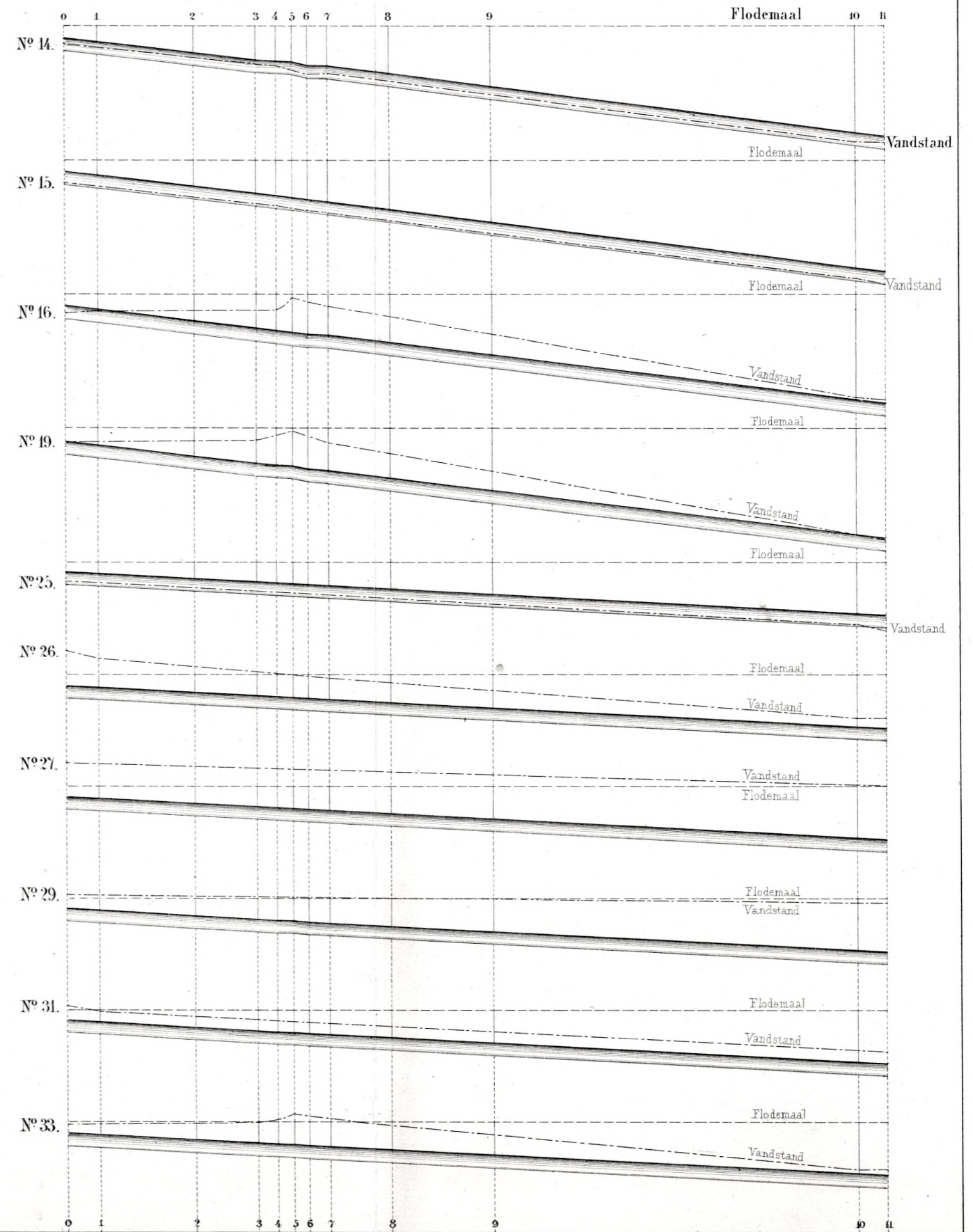


FORSÖG MED 4^{TOM}: RÖR.

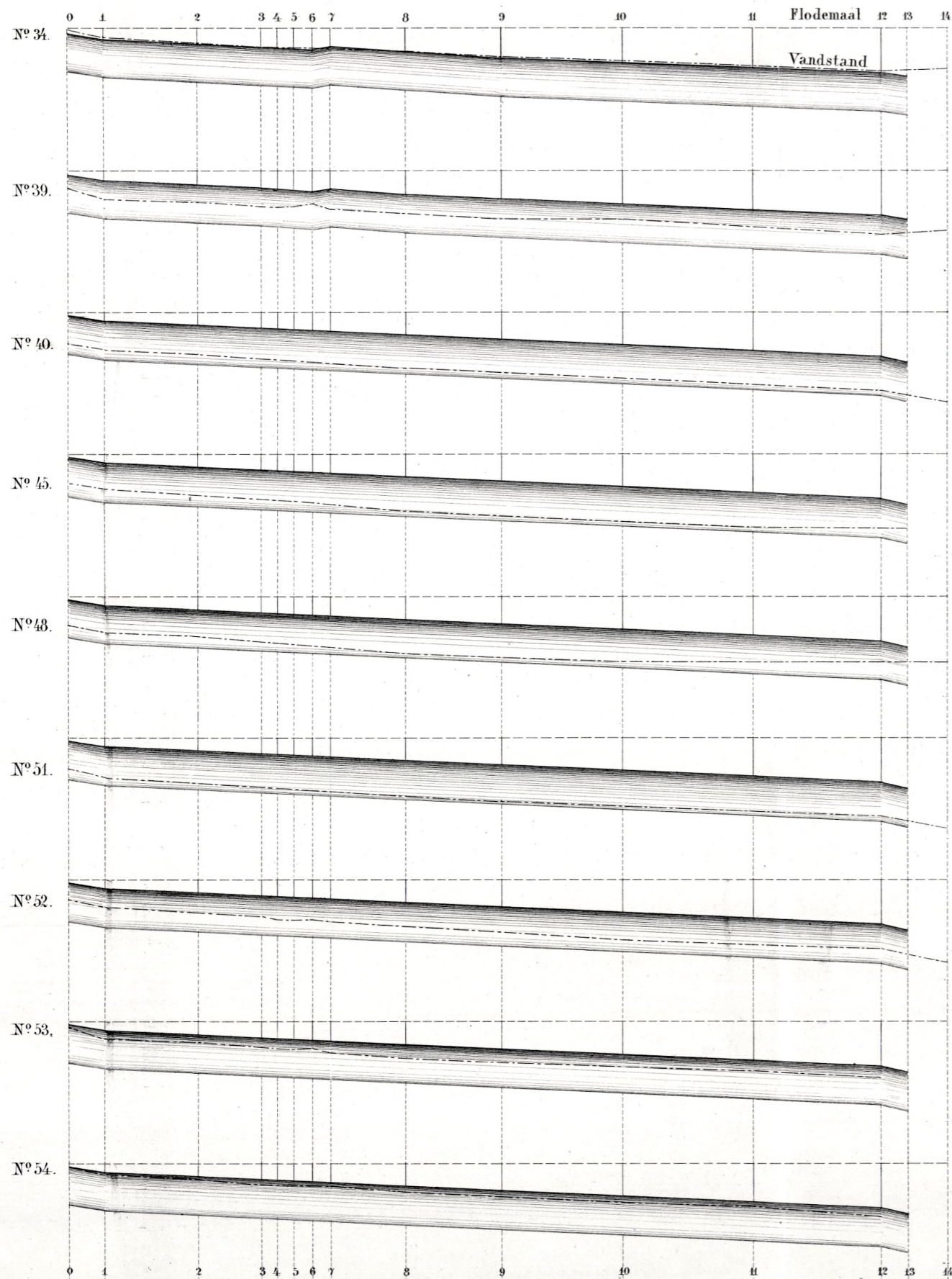


Maalestok for Høiderne = 1: 40.

Maalestok for Lengderne = 1: 600.



FORSÖG MED 12 TOM: RÖR.



Maalstok for Høiderne = 1.40.

Maalstok for Længderne = 1.600.

