

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

95

INDUSTRI-
FORENINGEN.

~~796~~

69313

69313

25-7

Lærebog i Jordarbejde.

Til Brug ved Undervisningen

i

Det tekniske Selskabs Skole

af

A. Thortsen.

Trykt som Manuskript.

Kjøbenhavn.

Trykt hos Galle & Aagaard.

1894.

INDUSTRI-
FORENINGEN.

Jordarbejde.

I. Indledning.

Mangfoldige Anlægs Udførelse kræver Jordarbejder; et Jordarbejde danner derfor som oftest en Del af et andet Arbejde, som f. Eks. ved Jærnbane- og Vejbygninger, ved Bygningsværkers Fundering o. s. v. Forholdsvis sjælden udgør det et selvstændigt Arbejde, som f. Eks. Grøftegravning.

Jo større Jordarbejdet er, desto vigtigere er det at lede det paa en saa hensigtsmæssig og økonomisk Maade som vel muligt; thi medens det maaske er uden al væsentlig Betydning ved et lille Jordarbejde, om der pr. Kubikfavn Jord udgives lidt mere eller lidt mindre, kan den Sum, der spares paa et stort Arbejde, ved at dette ledes saaledes, at Udgravningen og Flytningen pr. Kubikfavn bliver saa billig som muligt, vokse til et Beløb, der er meget betydeligt i Sammenligning med, hvad der vilde være medgaaet, naar mindre heldige Dispositioner vare blevene trufne.

I det følgende vil derfor blive behandlet de tekniske Dispositioner, som maa træffes til Forberedelse og Udførelse af et Jordarbejde, navnlig med Hensyn til at udføre det hurtigt og billigt.

II. Forarbejder.

a. Bestemmelse af Jordoverfladens Form og Jordens Beskaffenhed.

For at kunne lægge en Plan for Arbejdet, er det ofte nødvendigt at have et Kort over Terrainet og et Nivellement af det.

Da Jordberegningen maa udføres paa Grundlag af Nivellementet, skal her anføres, at dets Resultat kan fremstilles enten ved lodrette Snit (Profiler) gennem Terrainet eller ved vandrette (Horizontalkurver).

De lodrette Snit lægges i 2 Retninger, af hvilke den ene er parallel med Bygningsværkets Længderetning, den anden vinkelret derpaa. De i førstnævnte Retning lagte Snit kaldes Længdesnit, de andre Tværsnit.

Ved mangfoldige Anlæg, saasom ved Jærnbane- og Vejbygninger m. fl., ved hvilke de største Jordarbejder forekomme, anvendes paa Grund af Jordværkets ringe Udstrækning i Bredden kun eet enkelt Længdesnit. I dette nivelleres Punkter i indbyrdes lige store, bestemte Afstande, f. Eks. 100 Fod eller 100 Alen; de nivellerede Punkter betegnes med fortløbende Nummere, begyndende med 0, saa at man af Nummeret straks kan bedømme Afstanden fra Udgangspunktet. Afstanden mellem Punkterne maa ikke være større, end at man med for Praksis tilstrækkelig Nøjagtighed kan betragte Snittets Skæringslinie med Terrainet som sammensat af rette Linier mellem de paa hinanden følgende, nivellerede Punkter. Det kan derfor blive nødvendigt af og til at nivellere mellempunkter, selv om man har bestræbt sig for at vælge den indbyrdes lige store Afstand mellem de Punkter, der skulle nivelleres, saa hensigtsmæssigt som muligt. Mellempunkter maa saaledes bestemmes, hvor Terrainet gaar over fra Fald i en Retning til Fald i en anden eller fra svagere til stærkere Fald. Mellem-

punkterne betegnes med det foregaaende Nummer med Tilføjeelse af et Bogstav, saaledes at f. Eks. det første Mellempunkt imellem 3 og 4 (det nærmest 3 værende) betegnes med 3 a, det næste med 3 b o. s. v. Mellempunktets Afstand fra det nærmest foregaaende Punkt angives paa Snittet.

Ved Tegning af Længdesnittet anvendes ofte en 10 eller 20 Gange større Maalestok for Højderne end for Længderne; dette gøres for at lade Overgangene i Terrainets Fald fremtræde skarpere.

Til Terrainlinie og Terrainets Højdetal anvendes sort; det projekterede Hovedarbejde — en Jærnbane, en Vej e. l. — indtegnes med rødt; naar Grøfter indtegnes, benyttes hertil blaåt.

Højdetallene skrives paa Ordinaterne; til Normalhorizont vælges hensigtsmæssigt Østersøens — Sundets — daglige Vandspejl. Man kan for at undgaa urimelig lange Ordinater anvende Spring i Horizontlinien, men den valgte Horizontlinies Beliggenhed i Forhold til Normalhorizonten maa anføres paa Tegningen; alle Højdetallene maa angive Afstanden fra Normalhorizonten.

Saa længe Jordværkets Profil ikke forandres, og saa længe Terrainet med tilstrækkelig Nøjagtighed kan betragtes som vandret i Tværprofilets Retning, er der ingen Grund til at tegne Tværstnit.

Jordværkets Tilslutning til Terraingenstande, Veje o. l. eller Terrainets Form kan derimod nødvendiggøre Opmaaling af Tværstnit. Skæringspunktet mellem Tværsnittets og Længdesnittets Terrainlinier maa altid nivelleres; de forskellige Tværstnit betegnes paa samme Maade som det tilsvarende Punkt i Længdesnittet. Til Tværstnit anvendes som oftest samme Maalestok for Længder som for Højder.

Resultatet af Nivellementet kan ogsaa angives ved Horizontalkurver, der fremstille Terrainets Skæring med vandrette Planer, lagte i en bestemt, indbyrdes lige stor Afstand. Denne

Afstand, der kaldes Ækvidistancen, gøres i Reglen 1—5 Fod, naar en Jordberegning skal udføres paa Grundlag af Nivellémentet.

Ved Grundundersøgelser skaffer man sig Oplysninger om Jordlagenes Beskaffenhed, Bæreevne, Vandføring m. m., Forhold, som det er nødvendigt at undersøge og kende, dels for at kunne udarbejde Projektet, dels for at kunne træffe hensigtsmæssige Bestemmelser for Arbejdets Udførelse.

Kløfter i Nærheden af Arbejdsstedet kunne give god Oplysning om de forskellige Lags Beskaffenhed. Helst maa man trænge ned i Jorden ved Boring eller Brøndgravning. Fremgangsmaaden ved disse Undersøgelser findes nærmere omtalt i Foredraget over Fundering.

b. Jordværkernes Form.

Forinden der gaas over til at omtale de Fremgangsmaader, der benyttes ved Jordberegningen, skal her gives nogle Oplysninger om Formen af de almindelig forekommende Jordværker, ved hvilke der nærmest tænkes paa Opfyldninger eller Udgravninger for Veje, Jærnbaner, Kanaler, Grøfter, Byggegruber m. fl.

Den øverste (nederste) Flade af et Jordværk, det saakaldte Planum, der som oftest er vandret eller i alt Fald kun svagt hældende i Retning af Længdesnittet, har en Bredde, der er afhængig af Jordværkets Bestemmelse, og en Beliggenhed over (under) Terrainoverfladen, der bestemmes ved Udarbejdelsen af Længdesnittet. De hældende Flader, der begrænse Jordværket, kaldes Sideskraaninger. En Skraaning bestemmes ved dens Anlæg, hvorved forstaas Cotangens af den Vinkel, Skraaningen danner med en vandret Flade. En Skraaning, hvis Anlæg er 1, siges at have fuldt Anlæg. De hyppigst anvendte Anlæg ere 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 2 og 3; de tilsvarende Hældningsvinkler ere 45° , $38^{\circ} 40'$, $33^{\circ} 42'$, $26^{\circ} 34'$ og $18^{\circ} 26'$.

Den Størrelse, man maa give Skraaningernes Anlæg, afhænger dels af Beskaffenheden af den Jordmasse, som indgaar i Jordværket, dels af de ydre Paavirkninger, Skraaningerne kunne blive udsatte for, dels af, hvor vidt Jordværket er permanent eller ej: hvor vidt Jordværket skal blive staaende eller kun er udført for en kort Tid, dels endelig af, om og hvorledes Skraaningerne beklædes.

De Anlæg, som i Almindelighed benyttes ved permanente, græsbeklædte Skraaninger, ere for Jord, der ikke netop er løst Sand eller Klippe, i Udgravninger $1-1\frac{1}{2}$, i Paafyldninger $1\frac{1}{4}-1\frac{3}{4}$. Skraaninger, der beskylles, kunne gives tredobbelt Anlæg; de beskyttes ofte ved Stenbeklædning.

c. Jordberegning.

En Jordberegning maa nødvendigvis foretages, dels for at man kan beregne de med Jordarbejdet forbundne Omkostninger, dels for at man kan sikre sig en tilstrækkelig stor Oplagsplads for den overflødige Jord eller et Sted, hvor den manglende Jord kan tages. Ved Beregningen tilstræber man ikke at opnaa et absolut nøjagtigt Resultat, men kun et Resultat, der er tilstrækkelig nøjagtigt til det ovenfor omhandlede Øjemed. Man behøver derfor ikke at benytte matematisk nøjagtige Formler til Jordlegemernes Beregning; selv saadanne give ikke Resultater, der fuldstændig ville passe i Praksis, og det af flere Aarsager, af hvilke nogle ville bevirke, at den udgravede Jord fylder mere end beregnet, andre, at den fylder mindre. Den opgravede Jord beholder saaledes en blivende Udvidelse, hvis Størrelse afhænger af Jordartens Beskaffenhed og ikke i Forvejen nøjagtig kan bestemmes; endvidere vil en Paafyldning næsten altid sammentrykke Undergrunden noget, og endelig vil under Arbejdet en Del Jord gaa tabt, navnlig ved Blæstens Paavirkning.

Den blivende Udvidelse beløber sig i Gennemsnit til:

for sandblandet Ler	c. 2 0/0,
- Mergel og lignende Jordarter ..	c. 3 0/0,
- Ler	c. 5 0/0;

for Sand og Grus er den blivende Udvidelse ubetydelig, og des mindre, jo finere det er.

For vore Forhold vil den blivende Udvidelse efter Skøn kunne sættes til 2—5 0/0, efter som Jorden er mere eller mindre leret.

Sænkningen af Grunden formindsker eller hæver Betydningen af den blivende Udvidelse; den er selvfølgelig afhængig af Undergrundens Beskaffenhed og størst ved Mosegrund.

Ved Jordberegningen maa man tage Hensyn til, at man ofte afskærer Græstørvene samt afgraver Muldjorden for at vinde Materialier til Beklædningsarbejderne; navnlig bliver det af Betydning, om disse Materialier skulle bortføres eller anvendes paa Stedet, og om Jordværkets Beklædning kræver en yderligere Tilførsel af Tørv og Muldjord.

I det følgende skal omtales nogle af de ved Jordberegning hyppigst anvendte Fremgangsmaader; der vil dog selvfølgelig kunne indtræffe mange Tilfælde ved særlige Udgravninger og Paafyldninger, hvor ingen af de angivne Fremgangsmaader med Fordel kan anvendes. I saadanne Tilfælde maa man benytte de fra Stereometrien bekendte Formler, der svarer til det foreliggende Tilfælde.

1) Skal Jordberegningen udføres paa Grundlag af Længde- og Tværnsnit, gaar man ud fra de sidstes Areal.

Kan Jordoverfladen i Tværnsnittet fremstilles ved en vandret Linie, vil dette som oftest have Form af et ligebenet Trapez, Fig. 1. Betegner p Planums Bredde, $\cot \alpha = m$ Sideskraaningernes Anlæg og h Opfyldningens Højde (Udgravningens Dybde), bliver Tværnsnittets Areal $T = ph + mh^2$.

Skal et stort Antal Arealer beregnes med samme Bredde af Planum og med samme Anlæg af Sideskraaningerne, kan

man hurtigere end ved direkte Benyttelse af ovenstaaende Formel danne en Tabel over Arealernes Størrelse svarende til en Række ækvidistante Værdier for Højden, idet man først bestemmer Differenserne mellem de paa hinanden følgende Værdier af Arealerne. Disse Differenser danne en aritmetisk Række med en indbyrdes Forskel mellem Ledene, der kun er afhængig af Sideskraaningernes Anlæg og af den valgte Forskel mellem de paa hinanden følgende Værdier af Højderne. Da der nemlig til Højden $h + d$ svarer Træsnietsarealet $T_1 = p(h + d) + m(h + d)^2$ og til Højden $h + 2d$ Tværnietsarealet $T_2 = p(h + 2d) + m(h + 2d)^2$, haves:

$$T_1 - T = \Delta T = pd + md(2h + d)$$

$$T_2 - T_1 = \Delta T_1 = pd + md(2h + 3d) \text{ og}$$

$\Delta T_1 - \Delta T = 2md^2$, o: uafhængig af h og altsaa konstant. Man maa direkte beregne Tværnietsarealerne for tre paa hinanden følgende Værdier af Højden; Differenserne mellem disse Arealer bestemme ΔT og ΔT_1 , hvorefter atter faas den konstante Værdi af $\Delta T_1 - \Delta T$.

Antages eksempelvis, at Planumsbredden er 18', Sideskraaningernes Anlæg 3 : 2, finder man Tværnietsarealet $T = 18h + \frac{3}{2}h^2$.

Skal man dernæst beregne en Tabel over saadanne Tværniets arealer svarende til en Række af Højder, hvis indbyrdes Forskel er 0,1 Fod, findes:

$$\begin{array}{ll} \text{for } h = 0, & T_0 = 0 \\ \text{for } h = 0,1, & T_1 = 1,815 \\ \text{for } h = 0,2, & T_2 = 3,66 \end{array} \quad \begin{array}{l} T_1 - T_0 = \Delta T_0 = 1,815 \\ T_2 - T_1 = \Delta T_1 = 1,845 \end{array}$$

Den konstante, anden Differens bliver altsaa 0,03; $T_3 - T_2$ maa altsaa blive $1,845 + 0,03 = 1,875$ og T_3 , der svarer til $h = 0,3$, bliver $3,66 + 1,875 = 5,535$. Ved at fortsætte paa den angivne Maade findes efterhaanden de forskellige Tværnietsarealer, idet man først danner Kolonnen, der indeholder

Differenserne af første Orden ved stadig at addere 0,03; forøges dernæst Tallene i første Kolonne, hvilke angive Tværsnitsarealerne, med Differenserne af første Orden, faas de til de forskellige Værdier af h svarende Arealer. Som Prøve for Rigtigheden af Tabellens Udregning findes Tværsnittet for den i Tabellen sidst opførte Højde direkte efter den oprindelige Formel. Den fundne Værdi skal da være den samme som den i Tabellen opførte.

Tabellens Anvendelse til Jordberegninger, der ikke kræve særlig stor Nøjagtighed, kan lettes meget ved at overføre Tabellen paa en Højdemaalestok for Længdesnittet, hvilken i Stedet for med Højdetallene beskrives med de tilsvarende Værdier af Tværsnitsarealerne. Lægges Maalestokkens Nulpunkt paa den Linie, der i Længdesnittet betegner Jordværkets Overflade, vil Terrainlinien bestemme en Aflæsning, der giver det tilsvarende Tværsnits Areal. En saadan Maalestok er hurtigere at anvende end en Tabel og giver ikke saa let Anledning til Fejllæsning.

Er Terrainlinien i Tværsnittet ikke vandret, Fig. 2, men en skraa Linie, hvis Anlæg er $\cot \beta = n$ og betegnes med h_1 Højden i den ligebenede Trekant, der faas ved at forlænge Sideskraaningerne indtil Skæring, og som har Planum til Grundlinie, medens h betegner Planums Højde over Terrainet i Skæringslinien mellem Tværsnittet og Længdesnittet, faas Arealet af hele Trekanten $ADE = (h + h_1)^2 \frac{mn^2}{n^2 - m^2}$; heraf beregnes atter selve Tværprofilet ved at subtrahere $\triangle BCE = \frac{1}{2} ph_1$. Den Fejl, man begaar ved ikke at tage Hensyn til Terrainets Anlæg vokser med Planums Bredde og med Højden, men aftager med Sideskraaningerernes Anlæg. Er m saaledes 3:2, $p = 18'$ og $h = 20'$, er Fejlen ved et Anlæg af Terrainet paa $20 = 5,7 \square'$ eller c. 0,6 %, ved et Anlæg paa $10 = 23,3 \square'$ eller c. 2,5 % af det virkelige Areal, der er henholdsvis $965,7 \square'$ og $983,3 \square'$, medens det Areal, der findes, naar Terrainlinien betragtes som vandret er $960 \square'$.

Den relative Fejl vokser, naar Profilet aftager, men den absolute Fejl bliver mindre. Ved flygtige Jordberegninger kan man gaa ud fra, at man ikke behøver at tage Hensyn til Terrainets Anlæg, naar dette er større end 10.

Den direkte Beregning af Tværsnittet efter ovenstaaende Formel er temmelig vidtløftig. Man foretrækker derfor andre Fremgangsmaader, af hvilke her skal omtales den grafiske Fremgangsmaade.

Det i Fig. 2 viste Profil forvandles grafiskt til en lige saa stor Trekant med en Højde eller Grundlinie af passende Længde f. Eks. 20 Fod. I Fig. 3 er en saadan Konstruktion udført ved med denne Længde som Radius at slaa en Bue om C som Centrum og ved dernæst paa en Tangent fra A at bestemme Skæringspunkterne B_1 og D_1 med Linierne BB_1 og DD_1 , der ere parallelle med Diagonalen AC. Firkanten ABCD er da $= \triangle B_1CD_1 = 10 \times B_1D_1$. Arealet bestemmes altsaa let ved at maale Længden af B_1D_1 paa en Maalestok, der kan være beskrevet saaledes, at den direkte angiver Figurens Størrelse i Arealenheder.

Den nævnte Fremgangsmaade til Arealets Bestemmelse kan ikke benyttes, naar Firkantens længste Diagonal er mindre end den valgte Længde for Buens Radius. Skal en Række Tværsnit beregnes grafiskt, ønsker man, for at undgaa Fejltagelser og for at kunne benytte den samme Maalestok, at alle Arealerne kunne udtrykkes ved at multiplicere Længden af en funden Linie med et bestemt Tal, og i Stedet for at vælge en mindre Radius, foretrækker man derfor at forvandle Firkanten til en Trekant med den engang valgte Linie — her 20 Fod — til Højde eller Grundlinie. Man kan da paa en Linie gennem B parallel med Diagonalen AC, Fig. 4, bestemme et Punkt B_1 , der ligger i en Afstand fra D, der er lig 20 Fod. Firkanten ABCD er da lig AB_1CD , der er sammensat af 2 Trekanter med fælles Grundlinie B_1D . Arealet af Firkanten er derfor det halve Produkt af denne Linie og Summen af de

to Trekanters Højde eller $10 \times CF$, hvor CF bestemmes som Afstanden fra C til Linien AF , der trækkes parallel med Linien B_1D .

Har Tværnittet den i Fig. 5 viste Form, ses let, at man ved en Konstruktion, analog med den førstnævnte, finder $\triangle ABE = \triangle ABC \div \triangle ACE = \triangle AB_1C \div \triangle ACE_1 = 10 \times B_1E_1$ og $\triangle CDE = \triangle ACD \div \triangle ACE = \triangle ACD_1 \div \triangle ACE_1 = 10 \times D_1E_1$. Differensen mellem $\triangle ABE$ og $\triangle CDE = 10 \times B_1D_1$ angiver i det paagældende Tværnsnit, hvor meget Opfyldningens Areal er større end Udgravningens.

Er undtagelsesvis Terrainlinien en brudt Linie, maa man ombytte denne med en enkelt ret Linie, idet man ved den fra geometrisk Tegning bekendte Fremgangsmaade forvandler Figuren til en Firkant som de ovenfor nævnte under Benyttelse af, at Trekanter med lige store Grundlinier og lige store Højder ere lige store. Fig. 6 viser et Eksempel paa en saadan Forvandling.

Ere Tværnittene parallelle, beregnes som oftest den Paafyldning eller Udgravning, der ligger mellem to Tværnsnit, ved at multiplicere den halve Sum af Tværsnitsarealerne T_1 og T_2 med Afstanden l mellem de to Profiler, altsaa ved Hjælp af Formlen:

$$V_1 = \frac{1}{2} l (T_1 + T_2)$$

Naar Tværnittene skære Terrainet efter vandrette Linier, beregnes den mellem 2 Tværnsnit liggende Paafyldning eller Udgravning undertiden ved at multiplicere Afstanden l mellem Tværnittene med Arealet af det Tværnsnit, hvis Højde er Middeltallet af de to Tværsnits Højder. Sættes Arealet af dette Snit, der ligger midt imellem Endetværnittene, $= M$, bliver den beregnede Jordmasses Rumfang $V_2 = l M$.

Den Fejl, der begaas ved at anvende en af de her angivne Fremgangsmaader til Jordberegningen, kan let bestemmes i det Tilfælde, at Terrainoverfladen er et Plan. Det Jord-

legeme, der skal beregnes, vil da være en Prismatoide, hvis Rumfang V som bekendt nøjagtigt er $\frac{1}{6} l (T_1 + T_2 + 4 M) = \frac{1}{3} V_1 + \frac{2}{3} V_2$. Ved den først angivne Fremgangsmaade begaas altsaa en Fejl

$$V - V_1 = \frac{2}{3} (V_2 - V_1),$$

og ved den anden en Fejl

$$V - V_2 = \frac{1}{3} (V_1 - V_2).$$

Det ses heraf, at den Fejl, der begaas ved at anvende den førstnævnte Fremgangsmaade er dobbelt saa stor som den, man faar ved at anvende den sidstnævnte. Naar Endetværsnittene ere Trapezer med Højderne h_1 og h_2 , og naar Sideskraaningernes Anlæg er m , bliver $V_1 - V_2 = \frac{m}{4} (h_1 - h_2)^2 l$, altsaa positiv, og Resultatet vil derfor ved Anvendelse af den først angivne Formel altid blive for stort, ved Anvendelse af den sidste altid for lille; Fejlen aftager med Tværsnittenes Afstand og med Sideskraaningernes Anlæg samt med Højdedifferensens Kvadrat.

Det er altsaa fordelagtigt at lægge Tværsnittene nær ved hinanden; særlig bør dette gøres i kouperet Terrain.

Det er naturligvis ligegyldigt, om Snittene ere lodrette og Afstanden mellem dem altsaa vandret, eller omvendt. En Jordmasse af Form som en Grusbunke eller en Byggegrube, gravet paa vandret Terrain, beregnes derfor ved at multiplicere den halve Sum af de parallelle Endeflader med den lodrette Afstand mellem dem eller ved at multiplicere Midtsnittet med nævnte Afstand.

En Jordmasse, hvis Tværsnit overalt have samme Areal, men ikke ere parallelle, beregnes ved at multiplicere Tværsnitsarealet med Længden af den Linie, der kan lægges gennem de paa hinanden følgende Tværsnits Tyngdepunkter. Kan Tyngdepunktet ikke let nøjagtig bestemmes, vil man i de fleste Tilfælde opnaa tilstrækkelig Nøjagtighed ved at benytte Længden af en efter Skøn bestemt Tyngdepunktslinie.

Ere Tværnittene vekslende i Størrelse og ikke indbyrdes parallelle, beregnes den mellem to Tværnit liggende Jordmasse ved at multiplicere deres Arealers halve Sum med Længden af Tyngdepunktslinien mellem de to Tværnit.

2) Skal — som ved Reguleringsarbejder — Jordberegningen foretages paa Grundlag af et over en større Terrainoverflade foretaget Nivellement, vil der hyppigt blive Anledning til at beregne Indholdet af prismatiske Legemer med Trekanter eller Rektangler som Normalsnit. Indholdet af et saadant Legeme findes ved at multiplicere Normalsnittet med Middeltallet af Kanternes (Højdernes) Længde.

3) Ved Udgravninger og Paafyldninger, der ere bestemte ved Horizontalkurver, beregnes Indholdet af den Jordmasse, der ligger mellem to paa hinanden følgende Kurver, ved at multiplicere den halve Sum af de af Kurvene inde-sluttede Arealer med Ækvidistancen. Jordmassens Top kan beregnes ved at multiplicere Arealet indesluttet af den nærmeste Kurve med Halvdelen af Toppunktets Højde over samme.

For at beregne det af en Kurve indesluttede Areal kan det anbefales at udføre Tegningen paa kvadreret Papir, hvor Kvadratsiden staar i simpelt Forhold til Længdeenheden eller over Kurven at lægge et Stykke Kalkerpapir, hvorpaa Kvadratnættet er indtegnet. En Optælling af det inden for Kurven indesluttede Antal Kvadrater vil da være tilstrækkelig til Arealets Bestemmelse.

Nøjagtigere og lettere findes Arealet ved Hjælp af særegne Apparater, der kaldes Planimetre, og af hvilke Amslers Polarplanimeter her nærmere skal omtales.

Det bestaar af en Stang A, — se Fig. 7, — som er forsynet i den ene Ende med en Stift F, der føres rundt om det Areal, der skal maales. Stangens anden Ende glider i en Hylse H, som ved et Hængsel er forbunden med en anden

Stang, der ved E befæstes til Tegneplanet, og som derfor nødvendigvis ved Bevægelse maa beskrive en Cirkel om E som Centrum. Paa Hylsen er anbragt Hjulet D, der har Form af en lille Tromle, og som kun kan bevæge sig rundt i en paa Stangen A lodret Retning; det er ved en Skrue uden Ende sat i Forbindelse med en lille Skive G, paa hvilken man aflæser det hele Antal Omdrejninger, som Hjulet udfører, medens Brøkdelen af en Omdrejning aflæses paa selve det fint inddelte Hjul ved Hjælp af en Nonie. Tromlen med Tælleapparat og Nonie er vist i Fig. 8; Hjulets Omkreds er inddelt i hundrede Dele og viser paa Tegningen Stillingen 1,473; Tallet 1 aflæses paa Skiven, 47 paa Tromlen og 3 paa Nonien. Hvis Hjulet, efter at Ledestiften er ført om det Areal, der skal maales, viser 7,564, vil Antallet af Omdrejninger, som Hjulet har gjort, være $7,564 \div 1,473 = 6,091$, for saa vidt Skiven har drejet sig mindre end en hel Omdrejning, hvad man let iagttager.

For at forstaa Planimetrets Konstruktion, maa man erindre, at en ret Linie, der bevæger sig i et Plan, beskriver en Figur, hvis Areal er lig Liniens Længde multipliceret med den Vej-længde, som Liniens Midtpunkt har tilbagelagt i en Retning lodret paa Linien. Befæstes nu E uden for det Areal, der skal opmaales, Fig. 9, og føres Ledestiften en Gang rundt om det, vil Stangen under Bevægelsen fra A over D til F beskrive Arealet BADFCB og under Bevægelsen fra F over G tilbage til A Arealet CFGABC; disse Arealers Differens er det søgte Areal. Da Hjulets Omdrejningsretning retter sig efter Stangens Bevægelse, og da de 2 Arealer, der skulle subtraheres, ere beskrevne ved modsatte Bevægelsesretninger af Stangen, vil det samlede Antal Tromleomdrejninger, man faar ved at føre Ledestiften en Gang rundt om Figuren, bestemme den Længde, som multipliceret med Stangens Længde giver det ønskede Areal. Saaledes som Tromlen er anbragt, angiver Antallet af dens Omdrejninger ikke direkte Stangmidtens Vandring i en Retning lodret paa Stangen. Da denne imidlertid i det her

betragtede Tilfælde vender tilbage til sin Udgangsstilling uden at have gjort en hel Omdrejning, vil den samlede Sum af de Vinkelbevægelser, Stangen har gjort, være 0, og det er derfor ligegyldigt, om Tromlen anbringes paa Stangens Midte eller ej, idet ved Parallelforskydning alle Punkter bevæge sig ens.

Ligger, som i Fig. 10, E inden for Arealets Omkreds, maa til det ved Stangen A's Bevægelse beskrevne og dernæst fundne Areal lægges Arealet af Cirklen om E, hvilket kan udregnes een Gang for alle. Stangens samlede Vinkelbevægelse er i dette Tilfælde 360^0 , og der maa derfor tilføjes en Korrektion af Hensyn til, at Tromlen ikke er anbragt under Stangens Midte. Denne Korrektion findes ved Forsøg og lægges til Cirkelns Areal.

Stangen A kan ved at skydes ind i Hylsen gives forskellig Længde, der bør rette sig efter den Enhed, hvorefter Arealet ønskes opmaalt og efter den Maalestok, hvori Tegningen er udført; det vil altid kunne lade sig gøre at afpasse denne Længde saaledes, at Arealet udtrykkes ved Antallet af Tromlens Omdrejninger. Paa Stangens ene Side er afsat Mærker med fornøden Vedtegning, — f. Eks. 1 $\square$ Mtr. 1 : 400, — hvorefter man kan bestemme, hvor langt Stangen skal skydes ind i Hylsen; Finindstillingen sker ved Hjælp af en lille Skrue. Oven paa Stangen er for hvert Mærke anført et Tal, der angiver, med hvor mange Enheder det ved Tromleomdrejningerne bestemte Areal skal forøges, naar Stiften E anbringes inden for Figurens Omkreds. For at sikre sig mod urigtige Resultater, hidrørende fra Fejllæsninger, gør man rettest i 2 Gange at føre Ledestiften om det Areal, der skal maales; Antallet af Tromleomdrejninger skal da begge Gange være det samme.

Skal et Terrain, der er bestemt ved Kurver, omdannes til et andet, der er fremstillet paa samme Maade, bestemmes først Skæringskurven mellem det nye og det gamle Terrain. Punkter af denne Kurve, der danner Grænsen mellem Paafyldning og Udgravning, bestemmes ved at finde Skæringen mellem de i

samme Plan beliggende nye og oprindelige Kurver. Derefter beregnes Paafyldningen for sig og Udgravningen for sig ved den ovenfor angivne Fremgangsmaade.

d. Jordmassernes Fordeling.

Efter at man ved Jordberegningen er kommen til Kundskab om, hvor store de Jordmasser ere, der skulle udgraves og paafyldes, gælder det om at træffe Dispositioner til at indskrænke de ved Jordtransporten foranledigede Udgifter saa meget som muligt. Skal der udgraves mere Jord, end der behøves til Paafyldningen, maa man tilvejebringe en Oplagsplads for den overflødige Jord; skal der omvendt paafyldes mere Jord, end der vindes ved de nødvendige Udgravninger, maa man søge et Sted, hvorfra den manglende Fyld kan tages.

Ved lange Transportafstande kan det vise sig fordelagtigt at oplægge udgravet Jord og at tage Paafyldningsmasse fra Sideudgravninger. Mellem de forskellige Fremgangsmaader vil i det Hele taget den være at vælge, der ved en Beregning viser sig mest økonomisk.

I Længdesnittet kunne de sammenhørende Udgravnings- og Paafyldningsmasser anlægges med samme Farve, Rumindholdet og Transportafstanden paaskrives, og Transportretningen mærkes med en Pil.

Transportlængden bestemmes ved at maale Afstanden mellem de sammenhørende Paafyldningers og Udgravningers Tyngdepunkter; hvor disse ere beliggende, maa ofte bestemmes ved et Skøn.

III. Udførelsen.

a. Forberedende Arbejder.

Umiddelbart førend Jordarbejdet udføres, vil der være at foretage forskellige forberedende Arbejder.

Hertil hører Omsorg for, at det fornødne Arbejdsmandskab er til Stede, samt for Tilvejebringelse af Redskaber.

Saafermt Arbejdsstedet ikke er beliggende paa et meget afsides Sted, ville Arbejderne foretrække efter endt Arbejdstid at søge hen til deres Hjem fremfor at benytte midlertidige, for dem opførte Boliger. I særlige Tilfælde bliver det dog nødvendigt at indrette Boliger for Arbejderne i Forbindelse med Marketenteri og Sygestuer; det kan ogsaa blive nødvendigt at indrette Stalde, Vognremiser, Værksteder m. m.

Det vil hyppigt være nødvendigt eller ønskeligt at bygge Træskure, hvor Arbejderne kunne skifte Klæder og tilbringe deres Hviletid. Desuden maa der tilvejebringes et Kontorlokale for Tilsynet, hvortil knyttes et Depot for de mange forskellige Redskaber, der maa have ved Haanden.

Undertiden er det nødvendigt at indhegne Arbejdsstedet.

Inden Arbejdet sættes i Gang, maa man undersøge, om de alt tilstedeværende Mærker og Plokke, der ere blevne anbragte af Hensyn til Forarbejderne, staa rigtigt; endvidere maa man udstikke nye Linier og anbringe Højdepæle og andre Mærker i den Udstrækning, som er nødvendig, for at Formændene og Tilsynet kunne lede Arbejdet paa rette Maade.

Det er nødvendigt i al Fald ved enkelte Punkter at afmærke Bredden i Terrainoverfladen af Indsnit og Paafyldninger; naar man har opmaalt og tegnet Tværsnit, kan Afmærkningen foretages ved at overføre i Marken Maalene fra Tegningen. Har man intet Tværsnit, og er Terrainet altsaa vandret i Tværsnittets Retning, kan man ved en simpel Regning af Jordværkets bekendte Dimensioner bestemme Sideskraaningernes Skæring med Terrainet.

Efter at saaledes en Del Punkter i Skraaningernes Skærringslinier med Terrainet ere fundne, kunne disse Punkter forbindes ved Hjælp af udspændte Snore, langs hvilke der med en Spade stikkes en Fure i Jorden eller pløjes en Rende;

Grænsen mellem Paafyldning eller Udgravning og Terrainet vil saaledes overalt være tydelig betegnet (tracéret).

Mærker, der angive Højderne for Paafyldningerne, bestaa i solidt anbragte Pæle, der foroven kunne forsynes med en Lægte, som ligger i Højde med Paafyldningens Overflade; dennes Bredde kan, naar Paafyldningen straks fremstilles i fuld Højde, passende betegnes ved andre lodret stillede Lægter. Af Hensyn til Sætningen i høje Paafyldninger maa disse under Opførelsen gives en Højde, der er noget større end den endelige, eller ogsaa maa deres Overflade holdes saa bred, at en Efterfyldning kan finde Sted, uden at der derved faas et smallere Planum end bestemt.

Kun undtagelsesvis er det nødvendigt at fremstille alle Tværnittets Linier ved Lægter. Foretages en saadan Profilerung, følges herved den Regel, at alle lodrette Lægter komme til at staa helt inde i Paafyldningen, alle skraa og vandrette Lægter til at ligge uden paa Paafyldningen; Underkanterne af disse sidste angive altsaa Paafyldningens Begrænsningsflader.

For at kontrollere Dybden af smaa Udgravninger anbringes Pæle inden for — eller ved smalle Udgravninger uden for — disses Omraade, og Dybden af Udgravningen, regnet fra Pælenes Hoveder, bestemmes. Det er en Selvfølge, at naar Pælene staa i det Terrain, der skal udgraves, maa man bevare en Jordkegle uden om dem, saa længe der haves Brug for dem.

Ved store Udgravninger kontrolleres Dybden ved indnivellerede Pløkke, der efterhaanden som Arbejdet skrider fremad, sættes dybere og dybere.

b. Jordudgravning.

Ved meget store Jordarbejder kan man med Fordel anvende særegne Gravemaskiner. Ved mindre Arbejder, der alene her haves for Øje, graves Jorden op med Spade eller Skovl, efter at den i fornøden Udstrækning er løsnet med Hakke eller Jordgreb.

Man har inddelt de forskellige Jordarter paa flere Maader for at betegne Vanskeligheden ved at udgrave dem.

Ifølge en Inddeling deles Jordarterne i let Jord, Middeljord og svær Jord; der bortses da fra Klippearterne, der sjælden forekomme her i Landet.

Let Jord kan skovles op uden Brug af Spade eller Hakke; hertil hører Sand, løs Tørve- og Muldjord m. m.

Middeljord nødvendiggør Brugen af Spade, men Hakke kan ikke anvendes med Fordel, altsaa f. Eks. fugtig Ler, fast Muldjord, lerblandet Sand.

Svær Jord fordrer mere eller mindre Anvendelse af Hakken; hertil høre f. Eks. fast Grus, Mergel, tør eller stenet Ler m. m.

En anden Inddelingsmaade er støttet paa den Forudsætning, at al Jord ved Hakkens Anvendelse kan bringes i en saadan Tilstand, at den med samme Lethed for alle Jordarter kan skovles op. Om end denne Forudsætning ikke stedse viser sig sand i Praksis, kan man dog tage den til Udgangspunkt for Jordarternes Klasseficering med Hensyn til Udgravningens Vanskelighed. Alt eftersom det tager $\frac{1}{2}$ — 1 — $1\frac{1}{2}$ o. s. v. Gange saa lang Tid med Hakken at bringe en Jordmasse i den ovenfor omtalte, løse Tilstand som at skovle den op, betegnes Jorden som $1\frac{1}{2}$ — 2 — $2\frac{1}{2}$ o. s. v. Mands Jord. Herefter vil altsaa f. Eks. $2\frac{1}{2}$ Mands Jord tage $2\frac{1}{2}$ Gange saa lang Tid at udgrave som den allerletteste Jord, der kaldes Enmandsjord.

Ved Klasseficeringen anvendes en Forskel imellem de Brøker, der betegne Jordartens Beskaffenhed, paa $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{4}$.

Sammenlignes denne Inddelingsmaade med den førstnævnte, vil let Jord være det samme som Enmandsjord, Middeljord vil indbefatte $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Mands Jord, svær Jord 2 — 3 Mands Jord, der er sværere end 3 Mands, forekommer sjælden her i Landet, men kan dog træffes f. Ex. haardt frossen Ler.

Naar der kræves a Minutter til at ophakke en Jordmasse, som derefter i b Minutter kan skovles op, er $\frac{a}{b} + 1 = \frac{a+b}{b}$ Udtrykket for Jordartens Klasse.

Er man først paa det rene med, hvor mange Kubikfod Enmandsjord en Arbejder daglig (i 10 Arbejdstimer) kan udgrave, bestemmes deraf Udgravningsmassen i enhver Jordart, hvis Klasse efter sidstnævnte Inddeling er fastslaaet. Det er naturligvis i høj Grad afhængigt af Arbejderens Udholdenhed, Øvelse og Flid, hvor meget han daglig kan udgrave, og Angivelserne variere derfor. I Gennemsnit kan vel antages, at en øvet Jordarbejder i 10 Arbejdstimer kan udgrave og fylde i Hjulbør $2\frac{1}{2}$ Kubikfavn = 540 Kubikfod Enmandsjord.

Herefter vil altsaa 1 Kubikfavn Enmandsjord udgraves i 4 Mandtimer; sværere Jord beregnes let heraf; saaledes vil 1 Kubikfavn $1\frac{3}{4}$ Mands Jord udgraves i 7 Mandtimer.

Det antages, at man, i Stedet for at læsse den udgravede Jord paa Bør, i samme Tid kan kaste den enten 6 Fod vandret eller 3—4 Fod lodret.

Skal den udgravede Jord kastes indtil 12 Fod vandret eller oplægges 5 Fod højt eller læsses paa Vogn, ydes kun $\frac{4}{5}$ af det nævnte Udgravningsarbejde.

Naar Udgravningen skal foregaa i Vand, kan man kun paaregne $\frac{3}{4}$ af ovenstaaende Arbejdsydelser; navnlig svær Jord bør man saa vidt muligt altid opgrave paa det tørre.

Hvor man har dybe Udgravninger, kan man med Fordel, naar Jorden egner sig dertil, løsne den med Kiler. Sidevæggene i Udgravningen holdes stejle og undergraves; paa Jordoverfladen indrives dernæst Kiler i en Afstand fra Sidevæggens øverste Rand, der retter sig efter Jordartens Beskaffenhed og f. Eks. kan være 3 Fod. Den Jordmasse, der ved Kilernes Inddrivning bringes til at styrte ned, vil ved sit Fald i Reglen blive løsnet saa meget, at den med Lethed kan læsses paa Bør. Arbejdet maa selvfølgelig udføres med Forsigtighed, for at der ikke skal afstedkommes Ulykkestilfælde, og navnlig maa der nøje gives Agt paa, om der paa Jordoverfladen danner sig Revner, der bebude snarlig Nedstyrtning af Jordmassen, i hvilket Tilfælde Undergravningen straks standses.

I seje, sammenhængende Jordarter kan Løsning med Kiler ikke anvendes.

Sten, der træffes i Jorden under Udgravningen, maa, hvis de er for store til at flyttes hele, først kløves med Kiler eller sprænges. I sidste Tilfælde bores med Mejsel og Mukkert et Hul, der gaar ned til $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ af Stenens Tykkelse. Ladningens Størrelse afhænger af Stenens Størrelse og Beskaffenhed; ved Kampestenssprængninger med Krudt fyldes ofte $\frac{1}{3}$ af Borehullet med Krudt, der fordømmes ved at presse et Stykke Papir fast over Ladningen og derover et Lag Ler. Som Ledeild bruges Stuppin, hvis ene Ende føres midt ind i Ladningen, medens den anden Ende maa naa 12" uden for Hullets Aabning. Stuppinen brænder sædvanligvis c. 1 Alen i Minuttet. Benyttes Dynamit til Sprængningen, maa Stuppinen forbindes med en Knaldkviksolvhætte, ved hvis Detonation Ladningen bringes til Eksplosion.

Da Arbejdets Vanskelighed forøges meget, naar man støder paa store Sten, fastsætter man i Reglen enten en Ekstrabetaling for hver Kubikfavn Sten, der udgraves og favnsættes, eller man bestemmer, at de udgravede Sten skulle tilfalde Entreprenøren, der i saa Fald ikke faar anden Ekstrabetaling for det forøgede Arbejde.

c. Jordtransport.

Transporten af Jorden fra Udgravnings- til Paafyldningsstedet udgør i Reglen den vigtigste Del af Jordarbejdet, og af dens rette Ordning afhænger for en Del saavel den Tid som den Bekostning, Arbejdets Udførelse vil kræve.

Valget af det rette Transportmiddel bestemmes af, hvor megen Jord der skal flyttes, af Transportafstanden og af den til Raadighed værende Tid.

Trækkekraften er dyrest, naar Haandkraft anvendes; Hestekraft er billigere, Dampkraft allerbilligst, naar Afstanden er passende stor. Transportmateriellets Pris forholder sig der-

imod omvendt; man kan sige, at jo billigere Trækkekraften er, desto kostbarere er Materiellet.

Ved Opstilling af Beregningen over Transportudgifterne maa man erindre at medtage Materiellets Pris med paaløbende Renter, Bekostningen ved Vedligeholdelsen m. m.; herfra trækkes dog en Sum, der svarer til Materiellets Værdi efter endt Arbejde.

Man vil kunne finde en Afstand, hvor Prisen stiller sig ens for 2 Transportmaader; jo større de Jordmasser ere, der skulle flyttes, desto kortere bliver den Afstand, paa hvilken det kan betale sig at anvende det kostbarere Materiel og den billigere Trækkekraft.

Jordtransport foretages i Reglen enten med Hjulbøer eller med Vogne, trukne af Heste eller af Lokomotiver. Paa meget korte Afstande benyttes Kastning; undertiden bæres Jorden i Kurve eller flyttes — navnlig i Højden — ved særegne Maskiner.

Transport ved Kastning. Kastning med Skovl kan kun anvendes paa meget korte Afstande, naar Jorden ved eet eller højest et Par Kast kan bringes fra Udgravningsstedet til Paafyldningsstedet. En Mand, der arbejder i længere Tid, kan ikke kaste Jorden mere end 12—15 Fod langt.

Transport med Hjulbøer. En Hjulbøer af passende Størrelse rummer 2—2½ Kubikfod Jord. Den fyldte Bøers Tyngdepunkt bør ligge nær Hjulet og findes i Reglen i en Afstand fra Hjulaksen, der er $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ af Længden fra denne til Haandgrebene. Hjulet, der gøres af Jærn eller Træ, har i Almindelighed en Diameter paa 12—18"; Gnidningsmodstanden mod Børens Bevægelse søges formindsket ved Anvendelse af Trilleplanker.

Paa vandret Jordsmon tilbagelægger en øvet Jordarbejder 9600 Fod i Timen, den halve Vej med fyldt, den halve med tom Bøer. Da Gennemsnitshastigheden saaledes er 160 Fod i

Minuttet, vil der til en Tur fra Udgravningsstedet til Paafyldningsstedet og tilbage medgaa $\frac{v}{80}$ Minut, naar Transportafstanden er v Fod. Da Trilleren imidlertid paa Paafyldningsstedet skal tømme Børen og desuden paa andre Maader kan tabe nogen Tid, maa der for hver Tur regnes et bestemt Tidstab, der passende kan sættes til 1 Minut. Hver Tur vil altsaa kræve $(\frac{v}{80} + 1)$ Minut; er den daglige Arbejdstid 10 Timer, $\circ$: 600 Minutter, vil Antallet af Ture, som en Mand kan tilbagelægge om Dagen, blive $\frac{48000}{v + 80}$.

Ved Fastsættelsen af Transportlængden regnes i Reglen ikke med mindre Maal end 50 Fod; altsaa regnes Afstandene til 50 Fod, 100 Fod, 150 Fod o. s. v.

Rummer Børen 2 Kubikfod Jord, — regnet i Udgravningen, — vil der til Transport af 1 Kubikfavn kræves 108 Læs; Tidstabet ved Transport af 1 Kubikfavn vil altsaa altid beløbe sig til 108 Minutter eller omtrent 2 Timer. For hver 50 Fods Transportafstand vil der desuden medgaa $108 \times \frac{5}{8}$ Minut eller $1\frac{1}{8}$ Time, idet en enkelt Tur tager $\frac{5}{8}$ Minut. Ved Hjælp heraf beregnes let, hvor mange Mandtimer der behøves for med en Hjulbør at flytte en Kubikfavn Jord paa forskellige Afstande; paa 250 Fods Afstand faas f. Eks. $2 + 5 \times 1\frac{1}{8} = 7\frac{5}{8}$ Mandtime. Tiden for Udgravningen beregnes for sig efter Jordartens Beskaffenhed; er Jorden saaledes 2 Mands, vil det kræve 8 Mandtimer at udgrave 1 Kubikfavn og læsse den paa Bør; at udgrave og flytte med Bør paa 250 Fods Afstand 1 Kubikfavn 2 Mands Jord vil altsaa kræve i Alt $15\frac{5}{8}$ Mandtime.

Naar Vejen stiger, formindskes Arbejdsmængden. Man regner dog, at Stigninger ere uden Betydning, naar der trilles paa Ramper med mindst 25-dobbelt Anlæg. Paa Ramper, der have mindre end 8-dobbelt Anlæg, kan man ikke godt trille; i Almindelighed vil man ved opadgaaende Transporter søge at tilvejebringe Ramper med 12-dobbelt Anlæg. Gaar man ud fra, at Gnidningscoefficienten paa Trillebanen er $\frac{1}{12}$, vil

det kræve dobbelt saa meget Arbejde at trille paa stigende Rampe med 12-dobbelt Anlæg som paa vandret Jordsmon. De for vandret Transport gældende Formler kunne derfor vedblivende benyttes, naar man i Stedet for Rampens vandrette Udstrækning sætter den dobbelte Længde. Der er da ikke taget Hensyn til den Lettelse, Trilleren opnaar, ved paa Tilbageturen til Udgravningsstedet at bevæge sig nedad.

Er Afstanden imellem Udgravningens og Paafyldningens Tyngdepunkter i vandret Retning v Fod og i lodret h Fod, bliver Udtrykket for den Afstand, man skal regne med, $v - 12h + 24h = v + 12h$ eller med andre Ord, den vandrette Transportafstand skal for hver Fods Stigning forøges med 12 Fod. Hvis Afstanden mellem Udgravningens og Paafyldningens Tyngdepunkter i vandret Retning er mindre end det tolvdobbelte af den lodrette Afstand, maa Baanen forlægges, saaledes at der kan trilles paa en Rampe med tolvdobbelte Anlæg; Transportafstanden kan derfor aldrig regnes mindre end 24h.

Den ovenfor angivne Forøgelse af den vandrette Transportlængde benyttes uforandret, selv om der anvendes Ramper med et andet Anlæg end tolvdobbelte.

Nedadgaende Transport regnes som vandret.

Ved Jordarter, der ere saa lerede, at de, saa snart det regner, gøre Trilleplankerne glatte, saa at de kræve mere Tid end ellers til at holdes rene eller maaske maa bestrøs med Sand, ydes kun $\frac{4}{5}$ af det beregnede Arbejde; naar Massen, der skal flyttes, er vællingeagtig, eller naar den bestaar af flydende Mudder, kun $\frac{2}{3}$.

I Beregningerne over Udgifterne maa man erindre at medtage Udgiften saavel til Anskaffelse af Materiellet (med Fradrag af dets Værdi efter Arbejdets Fuldførelse) som til Vedligeholdelsen af det under Arbejdets Gang. Ved Hjulbørs-transporter plejer man at anslaa de heraf flydende Udgifter under et til 10 % af Arbejdslønnen.

Trillebanen lægges først paa Jordoverfladen og sænkes

dernæst efterhaanden, indtil man har naaet en for Jordudgravningen bekvem Dybde, c. 6 Fod; naar denne Dybde haves, udvides Udgravningen i Bredden, idet Trillebanen efterhaanden forskydes til Siden. Denne Fremgangsmaade anvendes atter, naar man skal fortsætte Udgravningen i Dybden. Der arbejdes altid i Kolonner, hver bestaaende af indtil 15—20 Mand under en Formand. Folkene maa være saa vel sammenarbejdede, at de i samme Tid hver kunne fylde en Bør; Børene trille de dernæst paa Formandens Ordre i sluttet Række til Opfyldningsstedet, hvor Aflæsningen foretages ved at Børene væltes. Til Udjævning af den aflæssede Jord og til den nødvendige Flytning af Trilleplankerne maa der ansættes en eller flere Arbejdere.

Ramperne maa have omtrent 4 Fods Bredde for en Arbejdskolonne.

3) *Transport med Vogne.* I Udlandet anvendes undertiden til Jordtransport tohjulede Karrer, der trækkes enten af Arbejderne eller af Heste. Karrerne løbe paa Plankespor, der støttes af Tværstrøer. Paa Opfyldningsstedet lægges et Plankegulv, paa hvilket Karrerne frit kunne bevæges, saa at de kunne aflæsses paa et passende Sted. Aflæsningen foretages ved at Vognkassen bringes til at hælde c. 45° bagud, hvorved Jorden glider ud. Efterhaanden som Paafyldningen skrider fremad, flyttes Gulvet ved at man lægger de bageste Planker forrest.

Om man end af og til her i Landet ser Karrer benyttede til Jordtransport, anvendes de dog ikke til systematisk Transport, og der er derfor ikke Grund til at angive de Regler, hvorefter Beregningerne kunne foretages.

Firhjulede, tospændige Vogne benyttes hyppigt til Jordtransport, f. Eks. til Bortkørsel af overflødig Fyld fra en Byggeplads. Under saadanne Forhold regner man i Byer en Kubikfavn paa 7 Læs. Paa en ikke fast Opfyldning anlægges

ofte for de læssede Vogne en Kørebane af Planker eller gennemskaarne Granstammer.

Anvendes Vogne, der løbe paa Jærnskiner, opnaar man, at Gnidningsmodstanden mod Bevægelsen meget formindskes, og at Dampkraft kan anvendes som Trækkekraft. Anskaffelsen af Transportmateriellet bliver kostbarere end ved de tidligere nævnte Transportmaader, og det kan derfor kun betale sig at anvende Vogne, der løbe paa Jærnskiner, naar det drejer sig om at flytte store Jordmasser paa lange Afstande.

Vognene ere firhjulede og i Reglen indrettede til at tømmes ved Tipning; de kunne da enten være byggede til at tippes om en Akse, parallel med Hjulakserne eller, hvad der er almindeligere, lodret paa disse; man anvender ogsaa Vogne, der efter Ønske kunne indstilles til at tippes i den ene eller den anden af de nævnte Retninger.

Vognene bygges i øvrigt af forskellig Størrelse og af forskellig Konstruktion. Sporvidden veksler efter Vognenes Størrelse fra c. $1\frac{1}{2}$ Fod til det for almindelige Jærnbaner sædvanlige Maal c. $4\frac{1}{2}$ Fod. Hyppigt anvendes Vogne med trugformet Vognkasse, se Fig. 11, der viser en Vogn, der kan anvendes baade som Endetipper og som Sidetipper; disse Vogne rumme sædvanligvis 15—36 Kubikfod hver og have en Sporvidde paa $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{4}$ Fod. Saavel Undervogn som Vognkasse forfærdiges bedst udelukkende af Jærn og Staal.

Skinernes Størrelse afhænger af de anvendte Vognes Størrelse og af, om der anvendes Hestekraft eller Dampkraft. Underlaget er enten valsede Staalsveller eller Træsveller, hvilke sidste i mange Tilfælde ville stille sig billigst og særlig kunne anbefales, naar Grunden er blød.

Banen kan være enten fast eller transportabel. I første Tilfælde anvendes Lasker og Skinnesøm, i sidste Tilfælde bestaar Banesporet af kortere eller længere Spordele, der ere sammensatte af Skinnestykker, forbundne med Staalsveller, og

som med Lethed kunne adskilles og atter hægtes sammen af en enkelt Mand.

Med Hensyn til Beregningen af Arbejdsmængden bemærkes, at den foretages paa lignende Maade som den for Hjulbørs-transporter nærmere omtalte.

Det er kun undtagelsesvis, at Arbejderne benyttes til at trække Vognene; i Almindelighed benyttes Heste eller Lokomotiver; flere Vogne kobles da sammen til et Tog, der samlet føres fra Udgravnings- til Opfyldningsstedet. Man maa for at opstille Beregningen kende Kørehastigheden, Antallet af Vogne i hvert Tog, hver Vogns Rumindhold og Tidstabet pr. Tur. Dette sidste vil bl. a. være afhængigt af, om der paa Udgravningsstedet foretages en Omspænding fra det tilbagetrukne, tomme Tog til et fyldt Tog, eller om Hesten, eventuelt Lokomotivet, stadig holdes spændt for det samme Tog. Omspænding anvendes navnlig ved forholdvis korte Afstande.

Stiger Banen, kan den paa Grundlag af vandret Vej anvendte Beregningsmaade anvendes, naar Transportlængden for hver Fod, Banen stiger, efter dennes og Vognenes Beskaffenhed forøges med et vist Antal Fod, der ved omhyggeligt lagte Spor og gode Vogne kan naa op til 250 Fod for hver Fods Stigning.

Paa Udgravningsstedet begynder man med at anbringe Sporet efter Indskæringens Længderetning oven paa Joroverfladen, eller hvis Terrainet falder for stærkt, i en særlig for Sporet udgravet Fordybning. Sporet sænkes efterhaanden, til man har naaet en for Jordudgravningen passende Dybde. Naar denne er naaet, udvides Udgravningen i Bredden, idet Sporet forlægges til Siden.

Paa Opfyldningsstedet aflæsses i Reglen alle Vognene paa en Gang ved at tippes til Siden.

I stærkt stigende Terrain kan man ved nedadgaaende Transport lade de fyldte Vogne trække de tomme Vogne op, idet Vogntogene ere forbundne med et Jærntraadstov eller

Hampetov, der paa Udgravningsstedet er ført om en med de fornødne Bremseindretninger forsynet Tromle. Gaar Jordtransporten opad, kan man benytte en stationær Dampmaskine til ved Hjælp af Tovet at trække de fyldte Vogne.

d. Arbejder paa Udgravnings- og Opfyldningsstederne.

Ved Ordningen af Arbejdet maa man sørge for, at et tilstrækkeligt Antal Transportvogne kan fyldes samtidig paa Udgravningsstedet og hurtigt tømmes paa Opfyldningsstedet.

Af stor Betydning er en god Vandafledning, fordi den letter Arbejdet, og fordi tør Jord giver mindre Anledning til Bevægelser i Opfyldningsmassen end vaad. Man skal derfor ved Gennemskæringer altid grave op ad Bakke og ved Anvendelse af Grøfter sørge for, at Overfladevand og frembrydende Kildevæld hurtigt fjernes; fugtige Udgravningssteder maa tørlægges, inden Arbejdet foretages. Overfladevand, der strømmer ned mod Indskæringen fra det højere liggende Terrain optages og bortføres af Grøfter, anlagte ved Skraaningernes øverste Rand. Er det nødvendigt at skaffe Grøfterne Afløb til Indskæringen, føres paa passende Steder Nedløbsrender langs Skraaning til de Grøfter, der i Indskæringen anlægges til hver Side af Planum af Hensyn til dettes Afvanding.

Bryde enkelte Kilder frem i Skraaningerne, opfanges Vældene i smalle Indskæringer, der fyldes med Sten og føres ned til Grøfterne langs Planum.

Findes der over et fast Lerlag et vandførende Lag af ringe Højde, opfanges Vandet i et Længdedræn, der paa passende Steder skaffes Afløb.

Findes der ikke bestemte Kildevæld eller vandførende Lag, men bryder Vandet frem over hele Skraaning i fine Aarer, maa man anvende et fuldstændigt Dræningsanlæg i passende Dybde, bestaaende af Ledninger saavel efter Skraaningens Horizontaler som Faldlinier.

Opfyldningen dannes enten af vandrette Lag eller af hældende. Valget afhænger af Udgravningsstedets Beliggenhed Forhold til Opfyldningen og af de anvendte Transportmidler; skønt Dæmninger, der ere dannede af vandrette Lag, ere de solideste, maa man dog af Bekostningshensyn ofte anvende hældende Lag.

Naar Paafyldningsmassen tages fra et lavere liggende Udgravningssted, anvendes vandrette Lag; ligger, hvad der hyppigst er Tilfældet, Udgravningsstedet højere end Opfyldningen, opføres Dæmningen i skraa Lag, hvad der i dette Tilfælde er den billigste og letteste Fremgangsmaade. Arbejdes der paa en saadan Maade, at Lagene komme til at ligge paa tværs af Dæmningen, er der selv ved ufuldkommen Forbindelse mellem de forskellige Lag næppe Fare for Skred af Betydning. Ofte anvendes imidlertid Lag efter Dæmningens Længderetning; navnlig vil dette finde Sted, naar Tipvogne benyttes. Der dannes da først en smal Dæmning, der udvides til Siden, idet Tipvognene aflæsses alle paa en Gang. Ved denne Fremgangsmaade opstaa let Længderevner, og Faren for Skred er større end ved de andre Fremgangsmaader.

Opfyldninger maa helst anbringes paa en fast, ujævn Undergrund. Er Terrainet stærkt hældende, maa det aftrappes. Er Undergrunden Mose, hvis Overflade er fast uden dog at være i Stand til at bære Opfyldningen, maa den faste Skorpe, førend Opfyldningen paabegyndes, gennemskaeres paa begge Sider af Dæmningen, parallelt med dennes Fod; man undgaar derved pludselige og uregelmæssige Bristninger af den øverste faste Skorpe og opnaar, at den sænker sig jævnt og kommer til at ligge som en Slags Slyngværk under Dæmningen.

For at sikre Dæmningen mod Vandets skadelige Indvirkning, fjernes Muldjorden inden Dæmningens Opførelse, da den holder paa Fugtigheden.

Til Dæmningen maa ikke anvendes frossen Jord eller

gennemvaad Lerjord, der vanskelig udtørres, naar Overfladen er bleven fast.

Hælder Terrainet mod Dæmningen, maa der langs dennes Fod anlægges en Grøft med Afløb paa passende Steder under Dæmningen.

I kilderigt Terrain kan det blive nødvendigt at foretage en fuldstændig Dræning, inden Dæmningen opføres.

e. Biarbejder.

Efterhaanden som Børenes eller Vognenes Indhold aflæsses i Opfyldningen, maa Jordmassen udjævnes og nogenlunde tildannes efter den for Opfyldningen bestemte Form.

Naar Opfyldningen er foretagen, skulle dens Skraaninger tildannes, afpudsas og beklædes; i Udgravningen skulle Skraaningerne kun afpudsas og beklædes. Da Opfyldninger ere underkastede en Sætning, er det almindeligt at opsætte Afpudsningen og Beklædningen af deres Skraaninger i nogen Tid; ved Udgravninger søger man derimod saa hurtigt som muligt at faa dette Arbejde udført, da Skraaningerne derved beskyttes mod ydre Paavirkninger.

Før Afpudsningen begyndes, gennemgaar man de Mærker, man tidligere har benyttet, for at overbevise sig om, at de endnu staa rigtigt, og sætter i Reglen endnu flere. Nogle af de Arbejder, der kunne forekomme herved, og som forresten ogsaa kunne komme til Anvendelse paa et tidligere Standpunkt af Arbejdet, skulle her anføres.

Skal man mellem 2 Punkter a og b, Fig. 13, betegnede ved Hovederne af 2 i Punkterne nedrammede Pløkke, sætte en Række Pløkke, hvis Hoveder ogsaa ligge i Linien ab, anvendes hertil Mirer. Til et Sæt Mirer høre 2 Enkeltmirer og 1 Dobbeltmire, Fig. 12. Samtlige Mirer ere i Reglen af Jærn, og hver bestaar af en rektangulær Plade, der er anbragt paa en Stang; Dobbeltmirens Plade er dobbelt saa høj som Enkeltmirens og malet halv hvid, halv sort. Samtlige til et Sæt

hørende Mirer maa have ens Længde, der dog for Dobbeltmirens Vedkommende kun regnes til Skillelinien imellem den hvide og den sorte Del. En Enkeltmire anbringes paa Pløkken a, Dobbeltmiren paa Pløkken b, medens den anden Enkeltmire efterhaanden sættes paa de nye Pløkke, der anbringes i Linien og rammes ned i Jorden til den ved Sigtning over Mirerne bestemte Dybde. Paa aldeles tilsvarende Maade kan Linien af forlænges ud over b, idet den Mand, der skal sætte de nye Pløkke, da maa have Dobbeltmiren.

En vandret Linie eller en Linie med bestemt Fald kan afsættes paa følgende Maade: man nedrammer to Pløkke i en indbyrdes Afstand, der svarer til de forhaandenværende Retskeders Længde. Pløkkenes Hoveder bringes til at staa i en vandret Linie eller i en Linie med bestemt Fald, idet man til Bedømmelse af deres Stilling benytter en Retskede og et Vaterpas, i sidste Tilfælde tillige et Stikmaal, der passer med Faldets Størrelse paa en Retskedes Længde, og som anbringes løst oven paa den ene Pløk.

Skal en Skraaning have en bestemt Hældning, afrettes flere Bælter med en indbyrdes Afstand paa en halv Hundrede Fod, og efter disse afrettes de mellemliggende Dele af Skraaning. Om Lærerenderne have den rette Hældning, overbeviser man sig lettest ved Hjælp af Skraaningsmaalere, der kunne være indrettede som den i Fig. 14 viste.

Med Hensyn til Arbejdsængden, der kan ydes ved Skraaningernes Tildannelse og Afpudsning, veksle Angivelserne meget; for vore Forhold vil maaske passe, at der til i Udgravninger at afpudse 100 Kvadratfod kræves 0,5 Mandtime, medens der til i Opfyldninger at tildanne og afpudse 100 Kvadratfod kan regnes 1,5 Mandtime.

Efter at Skraaningerne ere afpudsede, skulle de beklædes; hertil anvendes Beklædning med Muldjord i Forbindelse med Besaaning, Beklædning med Græstørv eller med Sten samt undertiden Beplantning.

Naar man ved Besaaning vil tilvejebringe Græsvækst paa en Skraaning, maa denne til en Dybde af c. 6" indeholde frugtbar Jord. Man maa derfor belægge den med Muldjord, efter at man i Forvejen, om fornødent, har gjort den ujævn, for at Muldjorden kan ligge fast. Udgravning og Oplægning af Muldjorden foretages i Reglen, inden det egentlige Jordarbejde begyndes, og betales efter de for Jordudgravning og Jordflytning gældende Regler. Muldjorden bør selvfølgelig oplægges saa nær som muligt ved de Steder, hvor den skal bruges.

Til Belægning af 100 Kvadratfod Skraaning med et c. 6" tykt Lag Muldjord kan regnes at medgaa 2,5—3 Mandtimer, naar Muldjorden er oplagt ved Skraaning. Efter at Belægningen er foretaget, besaas Skraaning med Græsfør; til 100 Kvadratfod kan regnes at medgaa c. $\frac{1}{4}$ Ø Frø.

Beskyttelse for Skraaningerne opnaas hurtigere, naar de beklædes med Græstørv, efter at de, om fornødent, for at fremme Græsvæksten ere blevne beklædte med et c. 3" tykt Lag Muldjord. Tørvene have en Tykkelse paa c. 4" og skæres i en Størrelse paa omtrent 1 Fod i Kvadrat. De tilvejebringes ved først at gennemskære Græsskorpen langs udspændte Snore med en Spade eller med en Græstørvplov, Fig. 16, hvornæst Tørvene løsnes fra Undergrunden enten ved Hjælp af en almindelig Spade eller med en Græstørvspade, Fig. 15, der styres af en Arbejder, medens en anden ved raske Ryk i en til Spaden fastgjort Trækline løsner Tørvene.

Er Skraaning høj og har ringe Anlæg, er det hensigtsmæssigt at fastholde enten alle Tørvene eller en Del af dem ved 8—10" lange, $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ " tykke Pløkke, der anbringes i to modstaaende Hjørner af Tørvene.

Til 100 Kvadratfod Skraaning medgaar omtrent 140 Tørv, — heri Tabet ved Skæringen medregnet, — der kunne paa-regnes skaarne i 2,8 Mandtimer, medens selve Beklædningen tager 5 Mandtimer.

Skulle Tørvene flyttes, maa den Tid, der medgaar til

Transporten, særlig beregnes og lægges til de ovenfor angivne Antal Mandtimer.

Forudeu som Dæktørv anbringes Tørvene undertiden som Lagtørv. De skæres da saaledes, at Længden er noget større end Bredden, og de lægges i Forbandt oven paa hinanden med Græssiden nedad; naar 3—4 Lag ere anbragte, afpudses Yderfladen. Det øverste Lag lægges som Dæktørv, altsaa med Græssiden opad. Denne Beklædning anvendes til ikke for høje Skraaninger, der skulle staa med et mindre Anlæg end Jordens naturlige, men er ikke holdbar i lang Tid, da Tørvene raadne.

100 Kvadratfod Lagtørvsbeklædning kræver c. 23 Mandtimer, heri Skæring, men ikke Transport af Tørvene medregnet.

Stenbeklædning er det bedste, men ogsaa det kostbareste Beskyttelsesmiddel for Skraaningerne; den anvendes, naar disse ere særlig stærkt udsatte, navnlig for Beskylning.

Paa det tørre lægges Stenene i frugtbar Jord; der vil da snart danne sig Plantevækst imellem dem, hvad der bidrager til at holde dem paa deres Plads. Er Beklædningen udsat for Bølgeslag, maa der anvendes Underlag af en saadan Beskaffenhed, at en Uds skylning ikke kan befrygtes f. Eks. grovt Grus eller Singel.

Beplantning anvendes sjælden og er kun til at anbefale i særlige Tilfælde, da den holder paa Fugtigheden og altsaa vanskeliggør Skraaningens Udtørring. Plantningen foretages bedst om Efteraaret, men kan ogsaa foretages i det tidlige Foraar.

Indhold.

	Side
Indledning	5
Forarbejder:	
Bestemmelse af Jordoverfladens Form og Jordens Beskaffenhed	6
Jordværkernes Form	8
Jordberegning	9
Jordmassernes Fordeling	19
Udførelsen:	
Forberedende Arbejder	19
Jordudgravning	21
Jordtransport	24
Arbejder paa Udgravnings- og Opfyldningsstederne	31
Biarbejder	33

Fig. 3.

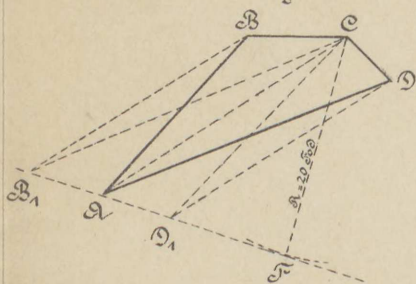


Fig. 4.

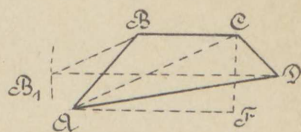


Fig. 7.

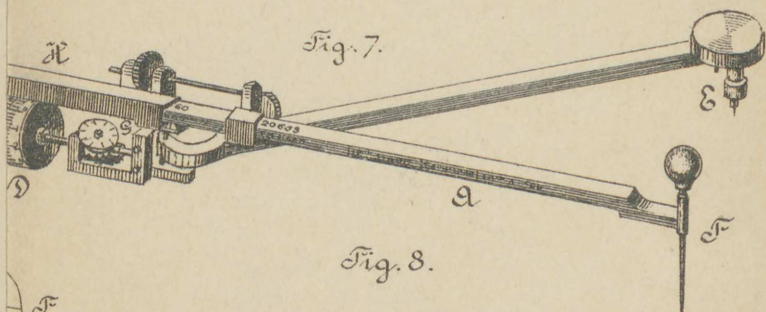


Fig. 8.

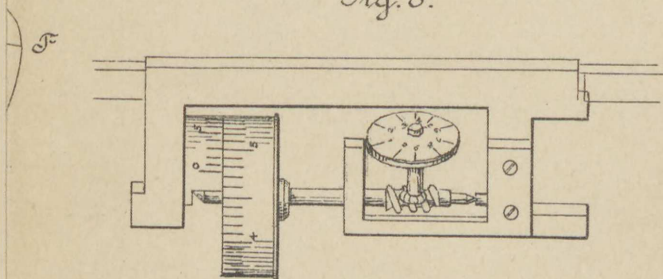


Fig. 13.



Fig. 15.

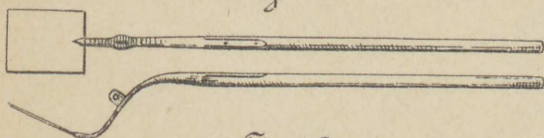


Fig. 14.

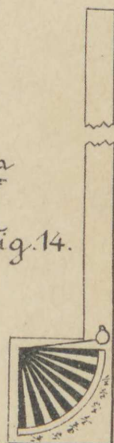


Fig. 16.

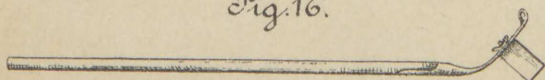


Fig. 1.

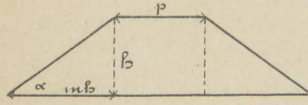


Fig. 2.

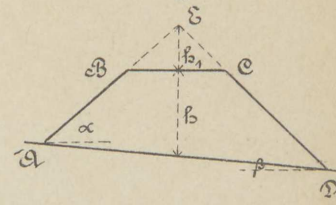


Fig. 3.

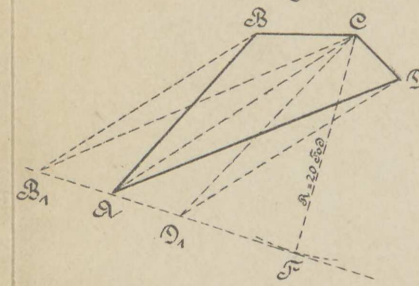


Fig. 4.

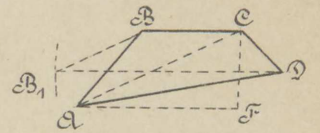


Fig. 5.

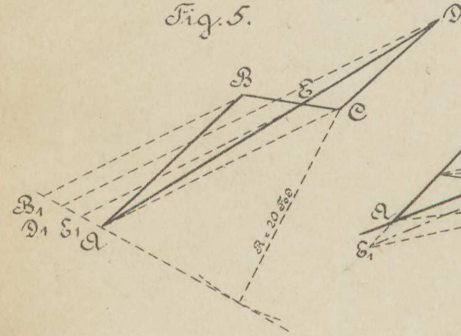


Fig. 6.

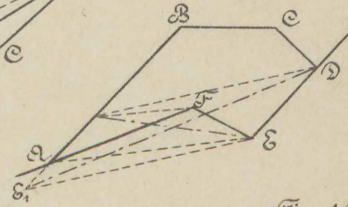


Fig. 10.

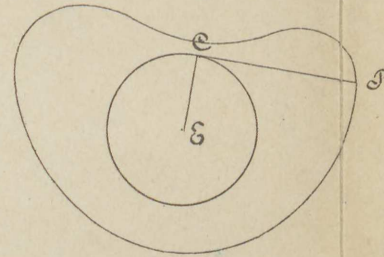


Fig. 9.

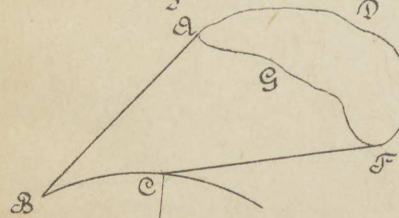


Fig. 11.

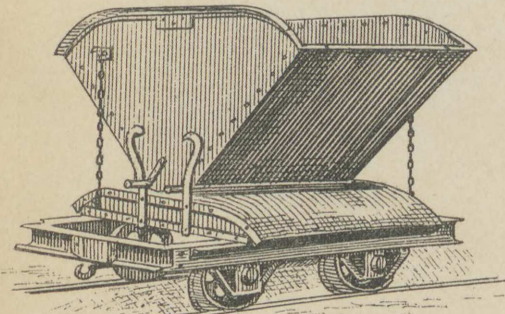


Fig. 12.

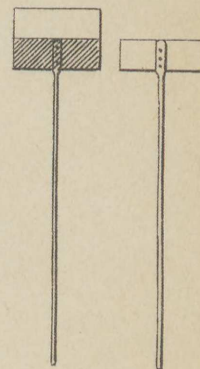


Fig. 7.

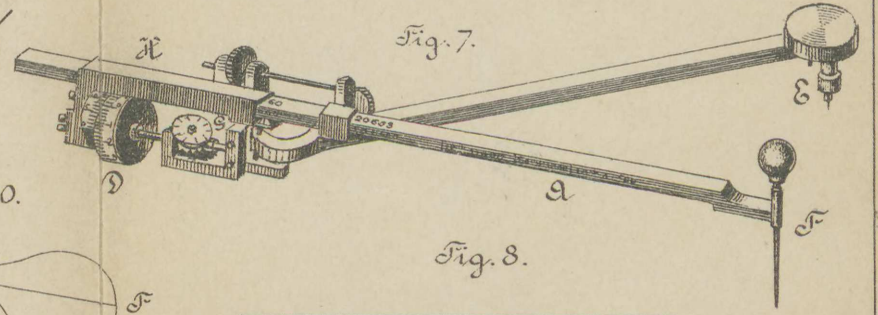


Fig. 8.

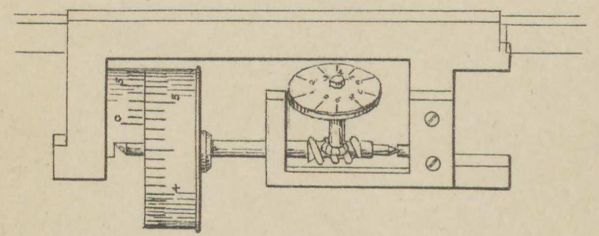


Fig. 13.



Fig. 15.

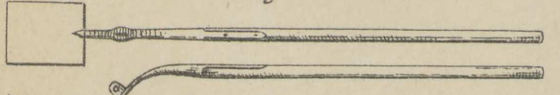


Fig. 16.

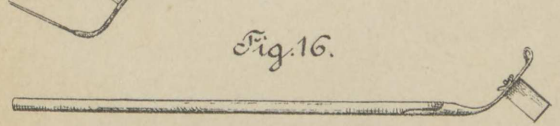


Fig. 14.

