STATENS JÄRNVÄGAR

GEOTEKNISKA MEDDELANDEN

2.

STATENS JÄRNVÄGARS GEOTEKNISKA KOMMISSION 1914—22

SLUTBETÄNKANDE

AVGIVET

TILL KUNGL. JÄRNVÄGSSTYRELSEN

DEN 31 MAJ 1922

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM 1922.

STATENS JÄRNVÄGAR

GEOTEKNISKA MEDDELANDEN

2.

STATENS JÄRNVÄGARS GEOTEKNISKA KOMMISSION 1914—22

SLUTBETÄNKANDE

AVGIVET

TILL KUNGL. JÄRNVÄGSSTYRELSEN

DEN 31 MAJ 1922

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM 1922.

Till Kungl. Järnvägsstyrelsen.

I skrivelse den 18 december 1920 anmälde Statens järnvägars geotekniska kommission till Kungl. Järnvägsstyrelsen, att dess formella uppdrag kunde beräknas vara avslutat med utgången av år 1920, men anhöll samtidigt om Kungl. Styrelsens bemyndigande att utarbeta en redogörelse för »sådana viktigare allmänna rön och erfarenheter, som blivit gjorda under kommissionens arbete och vilka nu endast tarva en systematiserande sammanställning och beskrivning för att göras tillgängliga även utanför kommissionen». I skrivelse den 30 december samma år anmodade Kungl. Styrelsen Geotekniska kommissionen att avgiva berättelse efter principer, som i nämnda skrivelse närmare angivits, och kommissionen får härmed till Kungl. Styrelsen såsom sitt slutbetänkande överlämna sådan berättelse.

Slutbetänkandet utgör — i överensstämmelse med de i sistnämnda skrivelse angivna riktlinjerna — ingalunda någon fullständig redogörelse för kommissionens hela verksamhet. I vad denna avsett de i kommissionens allmänna uppdrag ingående bandelarna samt de på grund av särskilda remisser behandlade enskilda platserna, hänvisas till de till Kungl. Styrelsen under arbetets gång avgivna särskilda utlåtandena (Register över kommissionens undersökningar och uttalanden, se Bil. 1 till slutbetänkandet[1]). Framställningen berör i huvudsak endast sådana delar av kommissionens arbetsresultat, vilka äro av mera allmän karaktär och därjämte ansetts vara så pass utarbetade — även om de i vissa avseenden förete ofullständigheter —, att en redogörelse för desamma vore av värde för det fortsatta geotekniska forskningsarbetet. Sålunda behandlas de allmänna synpunkter, som varit grundläggande för kommissionens utredningsarbeten, samt redogöres för de viktigare av kommissionens såväl fält- som laboratoriemetoder, varjämte systematiserande behandlas markrörelsernas allmänna karaktär samt diskuteras i allmänna drag metoder för beräkning och bedömning av jordstatiska problem. Detaljredogörelser för undersökta stabilitetsfall hava endast medtagits, i den mån de varit särskilt belysande för viktigare, av kommissionen mera ingående studerade sidor av de geotekniska problemen. Kommissionen har heller icke ansett sig böra ingå på alla de teoretiska spörsmål, vilka kommissionen under sitt arbete haft anledning taga under mer eller mindre ingående diskussion.

Frågor, med vilka kommissionen arbetat, men som i slutbetänkandet icke upptagits till systematisk behandling, äro bland andra:

- Klassificering av inom landet inträffade markförskjutningar samt de olika typernas regionala uppträdande.
- Det fastare markytelagrets (torrskorpans) tjockleksvariationer under olika lokala betingelser.
- Torrskorpans betydelse som stabilitetsfaktor vid skilda belastningsfall.
- Dräneringens inverkan på bärigheten hos olika markslag.
- Förutsättningarna för användning av tryckbankar för skilda belastningsfall och vid olika naturliga jordlager.
- Relation mellan markbeskaffenhet och bankhöjd för sådana undersökta platser, där markbärigheten överskridits eller kan antagas i det närmaste vara helt tagen i anspråk (»gränsfall»).
- Metoder för erhållande av absoluta värden å hållfastheten hos olika jordarter.
- Principer rörande nedsättning av tåghastigheten och skärpning av bevakningen å svagare bansträckor.
- Olika typer av skredvarningssystem.

[1] Icke medtagen i trycket.

Kommissionen har så mycket mera kunnat avstå från att här ingå på behandlingen av dessa och likartade, ännu icke i önskvärd grad utredda frågor, som dess arbete kommer att fortsättas av den inom Kungl. Styrelsen inrättade geotekniska avdelningen, rörande vars organisation och arbetsuppgifter kommissionen på Kungl. Styrelsens anmodan avgivit särskilt yttrande, dagtecknat den 23 november 1916 (Bil. 2 till slutbetänkandet).

Stockholm den 31 maj 1922.

STATENS JÄRNVÄGARS GEOTEKNISKA KOMMISSION

Wolmar Fellenius

Figge Blidberg *L. v. Post*

/John Olsson.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

Sid.

A. Geotekniska kommissionens tillsättande, uppdrag, medlemmar och personal 1

B. Allmän redogörelse för de verkställda utredningarna 3
1. Allmänna synpunkter 3
2. Utredningarnas omfattning och föreslagna åtgärder 5

C. Markrörelsernas allmänna karaktär 6
1. Marksammanpressning 6
2. Markförskjutning 13

D. Fältmetoder vid grundundersökningar för järnvägsändamål 19
1. Synpunkter beträffande olika grundundersökningsmetoder 19
2. Geoteknisk indelning av jordlagren 20
3. Undersökningarnas allmänna gång 23
4. Organisering av undersökningarna 25
5. Sondborrning 25
6. Borrning genom ytlager 29
7. Provtagningsborrning 30
a. Provtagning med kannborr 30
b. Provtagning med skopborr 32
c. Provtagning med cylinderborr 34
d. Vattenspolningsborrning 37
e. Provs förvaring och etikettering 38
8. Lodning 39
9. Jämförelse mellan undersökningsresultat erhållna dels enligt äldre undersökningsmetoder, dels enligt geotekniska kommissionens undersökningsmetoder 40
10. Ritningar 42

E. Anordningar för observation av markrörelser 43

F. Laboratoriemetoder för geoteknisk undersökning av jordprov 46
1. Vattenhaltsbestämning 46
2. Konsistensbestämning 46
3. Finleksgradsbestämning 52

G. Stabilitetsberäkningar 56

H. Monografier över en del närmare undersökta platser 59
1. Skredet vid Säm å Bohusbanan år 1903 59
2. Skredet vid Munkedals station å Munkedalsbanan år 1895 62
3. Skredet i Vallbyskärningen å bansträckan Nyköping—Norrköping år 1916 66
4. Skredet vid Vita Sikudden å bansträckan Nyköping—Norrköping år 1918 69
5. Skredet vid Härnasjön å Borås—Ulricehamns järnväg år 1919 76
6. Skredet vid Södertälje kanal under utvidgningen år 1916 81
7. Skreden vid dubbelspårsbyggnaden utmed Stora Sävelången vid Norsesund å bandelen Göteborg—Alingsås åren 1914—1916 87
8. Skreden vid grusutfyllningen för Statens Järnvägars kolkaj i Örnsköldsvik åren 1916—1919 109
9. Markgenombrott vid utfyllandet för utdragsspår vid Järna å bandelen Stockholm—Mölnbo år 1919 116
10. Markgenombrott vid tvenne bankar å banbyggnaden Järna—Nyköping 118
a. Södra Norabanken 119
b. Banken vid Ödesby 122

11. Markgenombrott vid anläggandet av dubbelspårsbank vid Kuddby å bansträckan Nyköping—Norrköping åren 1912—1915 124
12. Markgenombrott vid anläggandet av dubbelspårsbank å mossen vid Vik å bandelen Göteborg—Alingsås åren 1911—1915 126
13. Markgenombrott vid anläggandet av bank vid Grohed å Bohusbanan 132
14. Utflytningar av fyllningen vid Västkustbanans anläggande utmed Sagsjön åren 1887—1888 134
15. Markgenombrott vid södra delen och marksammanpressning vid norra delen av banken vid Smedsröd å Bohusbanan 137
16. Aspenbanken å bandelen Göteborg—Alingsås 138
17. Några fall av bankbelastningar å torvmossar 140
a. Banken å mossen vid Säbylund å bandelen Hallsberg—Örebro 142
b. Banken å mossen nordost om Västra Bodarne å bandelen Göteborg—Alingsås 145
c. Banken å Glasberga mosse å bandelen Stockholm—Mölnbo 149
18. Bankar i Bratteforsådalen å Bohusbanan 153
19. Några fall av sprickor och sättningar i bankfyllningar 159
a. Sättning i banken vid Kusebacka å bandelen Göteborg—Alingsås år 1916 159
b. Sättning i banken vid Könnestorp å bandelen Göteborg—Strömstad år 1920 162
c. Sättning i banken vid Kåhög å bandelen Göteborg—Alingsås år 1914 165
d. Sprickbildning i banken vid Bergsjön å bandelen Göteborg—Alingsås år 1919 167
20. Banken vid Kullen å bansträckan Nyköping—Norrköping 169

I. Slutord 172

J. Summary 174

Pl. 1. Sondborr med tillbehör.
» 2. Kannborr med tillbehör.
» 3. Beteckningar för tvärsektionsritningar.
» 4. Fig. A. Förhållandet mellan intrycken av 60° koner av 10, 30, 60, 100, 200 och 300 g vikt.
Fig. B. Kurvor för att ur intrycken bestämma hållfasthetstalen.
» 5. Skredet vid Säm och banken vid Vik. Sektioner.
» 6. Skredet vid Munkedal. Sektioner.
» 7. Skredet vid Vita Sikudden. Detaljkarta över skredet.
» 8. » » » » Kartor angivande topografi, grundförhållanden och förstärkningsanordningar.
» 9. » » » » Sektioner.
» 10. Skredet vid Södertälje kanal. Nivåkarta efter skredet.
» 11. » » » » Karta angivande lerlagrets utbredning.
» 12. Norsesund. Översiktskartor över sprängningarna vid Iglakärr och vid Boställshuset.
» 13. » Iglakärr. Kartor över sjöbottnens höjdförändring. 9 juli 1914—9 sept. 1915.
» 14. » » Karta över sjöbottnens höjdförändring. 9 sept.—7 dec. 1915.
» 15. » » Kartor över sjöbottnens höjdförändring. 7 dec. 1915—29 mars 1916.
» 16. » » Karta över sjöbottnens höjdförändring. 15 maj 1916.
» 17. » » Kartor över lerlagrets mäktighet före och efter bankens utfyllning.
» 18. » » Karta över fyllningens mäktighet efter bankens färdigställande.
» 19. » » Karta över sjöbottnens totala höjdförändring genom utfyllningarna och sprängningarna.
» 20. » » Sektionerna 31+980 och 32+001.
» 21. » » Sektionerna 32+040 och 32+060.
» 22. » Boställshuset. Karta över sjöbottnens höjdförändring. 5 juni 1916.
» 23. » » Kartor över sjöbottnens höjdförändring. 31 aug. och 4 okt. 1916.
» 24, » » Karta över lerlagrets mäktighet före bankens utfyllning.
» 25. » » Karta över lerlagrets mäktighet efter bankens färdigställande.

Pl. 26. Norresund, Boställshuset. Karta över fyllningens mäktighet efter bankens färdigställande.
» 27. » » Karta över sjöbottnens totala höjdförändring genom utfyllningarna och sprängningarna.
» 28. » » Sektionerna 32+320 och 32+344.
» 29. » » Sektionerna 32+420 och 32+444.
» 30. Kolkajen i Örnsköldsvik. Karta över sjöbottnens höjdförändring genom skredet den 17 maj 1918.
» 31. » » Karta över sjöbottnens höjdförändring genom sprängningen den 21 juni 1918.
» 32. » » Sektioner.
» 33. Skredet vid Järna. Karta och sektioner.
» 34. Banken vid Ödesby och Södra Norabanken. Sektioner.
» 35. » » » Karta över fasta bottnen och markförändringen genom skredet.
» 36. Banken vid Kuddby. Karta och sektioner.
» 37. Banken vid Vik. Kartor över fasta bottnen och markytans förändringar genom bankutfyllningen.
» 38. Banken vid Grohed. Sektioner.
» 39. Sagsjön. Karta och sektioner.
» 40. Banken vid Smedseröd. Sektioner.
» 41. Aspenbanken. Sektion.
» 42. Banken vid Kullen. Karta och sektion.

Bil. 1. Register över Geotekniska kommissionens undersökningar å och uttalanden beträffande samtliga undersökta platser. (Icke medtagen i trycket).
Bil. 2. Geotekniska Kommissionens skrivelse den 23 nov. 1916 till K. Järnvägsstyrelsen angående inrättandet av en geoteknisk avdelning vid Statens järnvägar.
Bil. 3. Formulär till protokoll över sondborrning jämte förborrning.
Bil. 4. Formulär till protokoll över provtagning.

A. GEOTEKNISKA KOMMISSIONENS TILLSÄTTANDE, UPPDRAG, MEDLEMMAR OCH PERSONAL.

Den 29 dec. 1913 tillsatte Kungl. Järnvägsstyrelsen en undersökningskommission med uppgift,

»*dels* att geologiskt undersöka av Kungl. Styrelsen närmare angivna statsbanelinjer samt angiva, huruvida å dessa linjer rubbningar av banvallen till följd av jordskred eller dylikt kunde vara att befara,

dels att, om detta vore fallet, inkomma med förslag till de åtgärder, som ansåges böra vidtagas för järnvägens säkerställande mot sådana rubbningar av banvallen.»

Till medlemmar i denna kommission, vilken antog namnet *Statens järnvägars geotekniska kommission*, utsågos, förutom vederbörande bandirektör eller arbetschef,

Professorn vid Stockholms högskola friherre G. De Geer,
Göteborgs stads byggnadschef F. Blidberg,
Professorn vid Kungl. Tekniska högskolan W. Fellenius och
Statsgeologen L. von Post.

Intill utgången av år 1918 var professor De Geer kommissionens ordförande, efter denna tidpunkt, då professor De Geer på grund av andra arbetsuppgifter frånsade sig uppdraget att vara ledamot i kommissionen, har professor Fellenius varit kommissionens ordförande.

Såsom kommissionens sekreterare och ledare av kommissionens utredningsarbeten har tjänstgjort Civilingenjören, numera Förste byråingenjören i Kungl. Järnvägsstyrelsen John Olsson.

Såsom biträdande sekreterare har tjänstgjort Fil. lic. R. Lidén.

Såsom arbetsutskott hava fungerat herrar
Fellenius, von Post och Olsson.

Hos kommissionen hava för undersökningarnas bedrivande m. m. varit anställda
Geologerna Fil. lic. R. Lidén och Fil. lic. C. Carlzon Caldenius, vilka jämväl medverkat vid redigerandet av denna redogörelse,

samt under längre eller kortare tid
Civilingenjörerna Å. Virgin, B. Jeppsson, V. Jernberg och S. Lundberg.

Dessutom hava varit anställda ritare, schaktmästare och utsättare samt personal för mera speciella arbetsuppgifter.

Vid sitt tillsättande erhöll Geotekniska kommissionen i uppdrag att ur ovan angivna synpunkter undersöka följande stadsbanedelar, nämligen:

Göteborg—Alingsås,
Norrköping—Mjölby,
Göteborg—Strömstad,
Järna—Norrköping och
Göteborg—Kungsbacka.

Den 27 maj 1914 beslöt Kungl. Järnvägsstyrelsen, att det kommissionen sålunda lämnade uppdraget skulle utsträckas att omfatta jämväl bandelarna:

Stockholm—Mölnbo och
Alingsås—Torp.

Genom skrivelser den 23 juni 1916 och den 11 juni 1918 uppdrog Kungl. Järnvägsstyrelsen åt kommissionen att ävenledes verkställa undersökning av bandelarna:

Hallsberg—Örebro och
Tranås—Aneby.

Vidare har kommissionen genom särskilda remisser från Kungl. Styrelsen anmodats besvara specialförfrågningar rörande *enstaka platser,* såväl å de ovan angivna banlinjerna som å andra delar av statsbanenätet.

Genom skrivelse den 13 dec. 1915 har Kungl. Järnvägsstyrelsen anmodat kommissionen att ävenledes inkomma med *förslag till ordnandet av det geotekniska arbetetet vid Statens järnvägar,* efter det kommissionen slutfört sina uppdrag.

B. ALLMÄN REDOGÖRELSE FÖR DE VERKSTÄLLDA UTREDNINGARNA.

1. Allmänna synpunkter.

Det gränsområde mellan kvartärgeologi och byggnadsteknik, inom vilket geotekniska kommissionen hade att arbeta, var dittills i allt för otillräcklig grad systematiskt behandlat, för att kommissionen endast genom tillämpning av vedertagna undersökningsmetoder och beräkningsförfaranden skulle på ett någorlunda tillfredsställande sätt kunna fullgöra sitt uppdrag. I själva verket skulle detta hava krävt nydanandet av en synnerligen omfattande vetenskapsgren, som visserligen i enstaka stycken tidigare mera ingående studerats, men vilken till sina fundamentala begrepp icke ens tillnärmelsevis varit klarlagd. Det står utan vidare klart, att geotekniska kommissionens uppdrag icke kunde anses inrymma ett fullständigt uppbyggande av denna nya vetenskapsgren eller ens en allsidig utformning av dennas grundvalar. För detta skulle erfordrats en organisation av vida större omfattning, än som rimligen under förhanden varande förhållanden kunde ifrågakomma, vartill kommer, att i så fall de aktuella byggnadstekniska frågor, vilka det främst ålåg kommissionen att besvara, under säkerligen mycket lång tid måst undanskjutas och sannolikt allt fortfarande fått vänta på sin lösning.

Det är sant, att, innan de grundläggande frågorna blivit slutgiltigt klarlagda, ett mera exakt bedömande av de i praktiken uppträdande stabilitetsfallen icke låter sig göra, och att alltså dessförinnan ett ståndpunkttagande till åtminstone de mera svårbedömliga fallen icke utan risk för misstag kan äga rum. Men då geotekniska kommissionen likväl redan från allra första tiden av sin tillvaro måst inrikta sin verksamhet på rent praktiska uppgifter, för vilkas fullt tillförlitliga bedömande erforderligt underlag icke förefanns, har kommissionen inlåtit sig härpå endast under uttryckligt framhållande utav denna ofullkomlighet och i medvetandet om, att de vederbörande, det i annat fall ålegat att taga ställning till frågorna, haft mindre tillfälle än kommissionen att skaffa sig inblick i de geotekniska problemens behandling. Härtill kommer, att man i hithörande fall icke, såsom fallet är beträffande många andra grenar av tekniken, kunnat vända sig till in- eller utländska experter, då, såsom nyss framhållits, denna kunskapsgren icke i någon större utsträckning varit föremål för systematisk behandling.

Det är efter det ovan anförda tydligt, att kommissionen många gånger måst stå tvekande i valet mellan å ena sidan ett i någon mån ovisst förlitande på terrängens bärförmåga och å den andra ett efter allt att döma onödigt fördyrande av arbetena. I den situationen skulle det givetvis för kommissionens egen del varit det mest angenäma att med åsidosättande av de ekonomiska synpunkterna ständigt förorda sådana anordningar, att varje tvekan rörande stabiliteten vore undanröjd. Att en sådan princip icke vore förenlig med god teknisk ansvarskänsla och det allmännas bästa, ligger emellertid i öppen dag, och kommissionen har heller icke tillämpat densamma, utan har i stället sökt att i vart och ett sådant fall avväga förhållandet mellan riskgrad och kostnaderna för platsens förstärkande. Detta har givetvis varit fallet endast beträffande sådana platser, om vilka man med stöd av verkställda undersökningar kunnat säga, att någon risk för markförskjutning *sannolikt icke* förefunnits. För sådana platser däremot, där denna risk *icke* finge anses *osannolik*, har kommissionen naturligtvis förordat förstärkningsåtgärder. Endast för sådana platser av sistnämnda typ, för vilka effektiva förstärkningsåtgärder skulle ställa sig alldeles för orimligt kostsamma, har kommissionen ansett sig böra avstå från att föreslå dylika, men har för dessa platser i stället

påfordrat särskilda försiktighetsmått med avseende å trafiken, såsom nedsättning i den eljest tillåtna tåghastigheten, införandet av strängare banbevakning, anordnandet av skredvarningssystem o. s. v.

* * *

Om sålunda geotekniska kommissionen av omständigheterna tvungits att ägna huvudparten av sitt arbete åt bedömandet av aktuella byggnadsfrågor, och detta innan ännu de för ett sådant bedömande erforderliga fundamentala begreppen i önskvärd grad klarlagts, har kommissionen dock, i den utsträckning det varit möjligt, jämsides härmed arbetat på lösandet av de för geotekniken grundläggande frågorna.

Som ett första led i detta arbete igångsattes en insamling av uppgifter rörande inom landet inträffade markförskjutningar. Frågeformulär i detta syfte utsändes förutom till Statens järnvägars ban- och byggnadsbefäl jämväl till verk och inrättningar samt enskilda ingenjörer och geologer, som kunde tänkas vara i tillfälle att lämna upplysningar härutinnan.[1] Å det som svar härå inkomna, ganska rikhaltiga materialet påbörjades en systematiserande bearbetning i avsikt bl. a. att erhålla en bild av de olika markförskjutningstypernas utbredning inom landet och anhopning å områden med för respektive markförskjutningstyp särskilt gynnsamma geologiska förhållanden. Denna bearbetning har emellertid icke slutförts, då det visat sig, att för ett verkligt utnyttjande av detta material skulle erfordrats komplettering medelst omfattande och ingående terrängundersökningar, vilkas utförande skulle hava alltför mycket undanskjutit behandlingen av mera aktuella spörsmål. Det oaktat hava de erhållna uppgifterna haft värde som jämförelsematerial vid bedömandet av liknande markförhållanden, varförutom möjligheten av ett fullföljande sedermera av den ursprungliga planen för materialets fullständigare utnyttjande fortfarande förefinnes och enligt kommissionens mening, så snart sig göra låter, bör tillvaratagas.

Den väg, som på geoteknikens nuvarande ståndpunkt och sannolikt även framdeles säkrast leder till möjligheten att bedöma ett stabilitetsfall, är att jämföra detta med andra dylika å platser av någorlunda likartad geoteknisk beskaffenhet, helst såväl sådana, där markförskjutning inträffat, som sådana, där erfarenheten visat, att erforderlig stabilitet råder. Det ligger då makt uppå, att denna jämförelse verkställes efter möjligast objektiva grunder och enligt sådana metoder, att de geotekniska egenskaperna av de partier, som i någon högre grad inverka på stabilitetsfallet, bliva på vederbörligt sätt registrerade. Såsom närmare klarlägges i en efterföljande avdelning (D. 1), hava tidigare undersökningar icke tillnärmelsevis uppfyllt dessa fordringar. Fältundersökningarna hava sålunda utförts på ett summariskt sätt och utan enhetliga och jämförbara metoder, varjämte man så gott som fullständigt saknar en närmare granskning av de olika jordlagrens hållfasthetsegenskaper. För att söka råda bot härför har kommissionen utarbetat och vid sina undersökningar tillämpat i möjligaste mån enhetliga och objektiva normer dels för fältundersökningar (D), dels för laboratorieundersökning av jordprov (F).

I och med dessa förbättringar i avseende å undersökningsmetoderna, därvid särskilt genom det allt mer fulländade provtagningsförfarandet möjlighet ernåtts att för rimliga kostnader klarlägga den geologiska byggnaden, kan numera som regel en i stort sett god bild av den till bedömning föreliggande platsen framkonstrueras. I detta hänseende återstår likväl ännu mycket, särskilt beträffande de olika jordarternas fysikaliska egenskaper, vilka, såsom framgår av det följande (F), endast till sina huvuddrag kunnat studeras. Men den kanske mest kännbara bristen sammanhänger dock med svårigheten att beräkna eller bedöma de påkänningar, som uppträda i de skilda partierna av den till undersökning föreliggande platsen. Att ett vidare utvecklande och förbättrande av gängse stabilitetsberäkningar är av nöden, och även att kommissionen sökt medverka härtill, utvecklas närmare i en senare avdelning (G). Men, såsom även där framhålles, torde man icke på mycket länge, om ens någonsin, komma därhän, att de mera komplicerade stabilitetsfallen kunna helt och fristående numeriskt behandlas. Det blir därför, såsom redan anförts, nödvändigt, att i de flesta, åtminstone till järnvägsbyggnadsområdet hörande stabilitetsfallen lita till en jämförelse med andra, i avseende å stabiliteten kända platser. Då det emellertid som regel icke torde låta

[1] Som ett led häri föreslog kommissionen Kungl. Vattenfallsstyrelsen att låta närmare undersöka det märkliga skredområdet mellan Åkersström och Lilla Edet, vilken undersökning på kommissionens förslag anförtroddes åt doc. G. Frödin. Se härom: Jordskreden oeh markförskjutningarna i Göta älvs dalgång mellan Trollhättan och Lilla Edet av Gustav Frödin. Meddelande från Kungl. Vattenfallsstyrelsen, nr 19.

sig göra att uppleta ett fall, som fullt överensstämmer med det, som skall bedömas, utan man i allmänhet får nöja sig med ett eller flera detta närstående, krävas beräkningsmetoder, vilka, även om de icke fristående kunna tillämpas, dock åtminstone möjliggöra en tillnärmelsevis riktig jämförelse mellan närsläktade stabilitetsfall.

Ett mera framgångsrikt utnyttjande av denna princip för stabilitetsfrågornas lösning uppnås på huvudsakligen två vägar, nämligen dels genom undersöknings- och beräkningsmetodernas skärpning, dels genom utredning av allt flera befintliga stabilitetsfall. Bland annat i detta syfte framlägger kommissionen i en särskild avdelning (H) ett ganska stort antal mera ingående undersökningar av platser av skilda stabilitetstyper.

2. Utredningarnas omfattning och föreslagna åtgärder.

Såsom nedanstående tabell utvisar, hava undersökningarna erhållit en betydande omfattning. Sammanlagt hava över 300 platser underkastats utredning, därvid bortåt 2,400 tvärsektioner undersökts. Om fördelningen av arbetet på de olika bandelarna giver tabellen en antydan.

Tabell över utredningarnas omfattning samt föreslagna förstärknings- och försiktighetsåtgärder.

Bandel	Antal undersökta platser	Antal undersökta tvärsektioner	Antal platser, för vilka förstärkningsåtgärder förordats[1]				Förordade försiktighetsåtgärder							
							Skärpt bevakning		Ständig bevakning		Skredvarningssystem[2]		Nedsättning av tåghastigheten[3]	
			Linjeomläggning	Fyllningens nedpressande medelst skjutning med dynamit	Tryckbankar	Stödmurar, strandskydd, dräneringar m. m.	Antal platser	Sammanlagd längd m	Antal platser	Sammanlagd längd m	Antal platser	Sammanlagd längd m	Antal platser	Sammanlagd längd m
Göteborg—Alingsås	42	712	2	12	2	9	14	8,600	7	4,450	3	1,350	13	4,950
Alingsås—Torp	3	66												
Göteborg—Strömstad	116	461		1	2	9	31	12,200	2	350	1	150	3	1,590
Järna—Norrköping	82	372	2	2	2	4	20	7,630	3	1,980	2	940	8	3,710
Norrköping—Mjölby	12	89	1			2	7	3,900	1	550			2	850
Stockholm—Mölnbo	34	111	1	1	3		17	5,900	1	600			2	1,300
Göteborg—Kungsbacka	27	401	1			5	9	6,130	1	900			4	4,130
Hallsberg—Örebro	7	26			3	1	2	1,600	1	1,000			3	2,600
Tranås—Aneby	4	50							1	200			1	200
Övriga platser	6	78			1	1			1	250	1	250	1	250
	333	2,366	7	16	13	31	100	46,160	18	10,280	7	2,690	37	19,580

[1] Varje plats är i tabellen upptagen endast en gång, även om flera olika förstärkningsåtgärder för en och samma plats förordats. I sistnämnda fall är platsen hänförd till den grupp av förstärkningsåtgärder, till vilken den huvudsakligast kan anses höra.
[2] I den mån dessa varningssystem införas, bortfaller den för samma platser föreslagna ständiga bevakningen och ersättes med skärpt bevakning.
[3] Nedsättning av tåghastigheten förekommer endast bland sådana platser, för vilka skärpt eller ständig bevakning påfordrats.

Sammanlagt hava närmare 70 platser ansetts böra på ett eller annat sätt förstärkas. Särskilda försiktighetsåtgärder i avseende å banbevakning och tåghastighet hava förordats för över 100 platser med en sammanlagd längd av över 56 km.

Bland de platser, för vilka särskilda försiktighetsåtgärder föreslagits, äro några, vilkas slutliga bedömande kommissionen måst ställa på framtiden, enär endast genom fortsatta periodiska mätningar, eventuellt kompletterade med mera ingående undersökningar, erforderlig kännedom om desamma står att erhålla. För dessa hava emellertid särskilt stränga fordringar i avseende å bevakning och tåghastighet påfordrats.

I en särskild bilaga (Bil. 1, icke medtagen i trycket) lämnas en sammanfattande redogörelse för behandlingen av varje plats.

C. MARKRÖRELSERNAS ALLMÄNNA KARAKTÄR.

Markrörelse i den betydelse av rörelse hos de lösa jordlagren, vilken för hithörande frågor närmast har intresse, kan hänföras antingen till *marksammanpressning* eller till *markförskjutning*.

1. Marksammanpressning.

Vissa jordlager hava bildats genom fasta partiklars sedimentering i vatten (D. 2). Särskilt då därvid materialet varit mycket finkornigt (lera, mjäla, gyttja), har detta till en början avsatt sig som ett mycket löst och lättrörligt slam, vilket först småningom, synnerligast under trycket av ovanpå detta avsatta lager, hoppackats och »avvattnats». Denna av trycket betingade avvattning — man skulle kunna säga fortsatta sedimentering — torde även utan ökad belastning (asymptotiskt) fortgå till en trycket motsvarande tätare lagring. Det är påtagligt, att hoppackningen därvid försiggår allt långsammare, ju längre den fortskrider.

Vattenutpressningen ur blöt lera kan åskådliggöras på följande sätt. I en cylindrisk dosa (Fig. 1), som är öppen upptill men i övrigt tät, påfylles lera till ett stycke under brädden. Leran avplanas och på densamma fylles ett tunt lager fin sand. Över sanden lägges ett lock, som dock icke fullständigt tätar. Locket belastas.

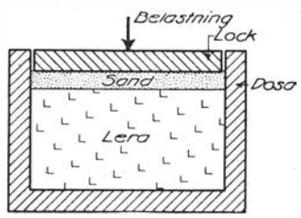


Fig. 1.

Om locket fullständigt tätade och sandlagret icke funnes, skulle hela lermassan utsättas för ett det yttre trycket motsvarande inre tryck, och alltså mineralpartiklar och vattenpartiklar hava samma inre övertryck. Genom närvaron av sandlagret och därigenom, att locket icke tätar, kommer emellertid vattnet i lerlagrets övre yta att praktiskt taget sakna övertryck. Det inuti lermassan för övertryck utsatta vattnet kommer då att pressa sig ut mot detta håll, och på så sätt kommer vatten att sippra ut i den fina sanden och söka sig ut runt locket.

Vattnet möter givetvis motstånd på sin väg mellan lerpartiklarna ungefär på samma sätt som grundvattnet vid passerandet genom ett sandlager och erfar helt visst på samma sätt som detta för en viss framrinningshastighet en viss tryckförlust per väglängdsenhet. Egentligen är vattnet i leran intet annat än grundvatten, som emellertid till följd därav, att ytspänningen hos vattnet vid dessa ytterst små mellanrum blir relativt stor, kan komma i endast mycket långsam rörelse, vilken givetvis saknar varje dynamisk betydelse.

Det ovan anförda försöket med dosan har utförts på kommissionens laboratorium, men tillsvidare endast kvalitativt. Det visade sig därvid, att även mycket feta leror redan för ganska ringa tryck så gott som omedelbart började avgiva vatten.

Sådan vattenurpressning har också kunnat iakttagas vid kommissionens undersökningar ute i fältet, varpå här nedan en del exempel skola lämnas.

Bank å Tingstad—Sannegårdens järnväg. Lämpligaste sättet att avgöra, huruvida vattenurpressning i lerterräng till följd av å denna utlagda belastningar i märkbar grad kunnat äga rum under begränsad tid, torde vara att vid t. ex. en järnvägsbank, utlagd på horisontell lerterräng med möjligast horisontell lagring, upptaga ett större antal jordprov i djupt nedgående borrhål såväl på ömse sidor om banken som under själva bankfyllningen och att undersöka dessa prov med avseende å vattenhalt m. m.

För en dylik undersökning lämpade sig särskilt väl en bank å Sannegårdsjärnvägen mellan Tingstads hållplats å Bohusbanan och Göteborgs massgodshamn vid Sannegården.

Banan framgår vid den ifrågavarande platsen i den blivande Neptunusgatan. En tvärsektion har undersökts[1]. Denna är belägen invid den blivande Kapellagatan vid km 2 + 386 i banans å marken utsatta längdmätning.

Banken (Fig. 2) har här för närvarande en höjd över omgivande markyta av 2,2 m, inberäknat ballasten. Av erhållna uppgifter att döma skulle krönet nu ligga 0,4 m lägre än enligt fastställd profil.

Tvenne sondborrningar, en på vardera sidan om banken, vilka fullföljdes till över 40 m djup, visade, att fast botten ännu icke på detta djup stod att anträffa.

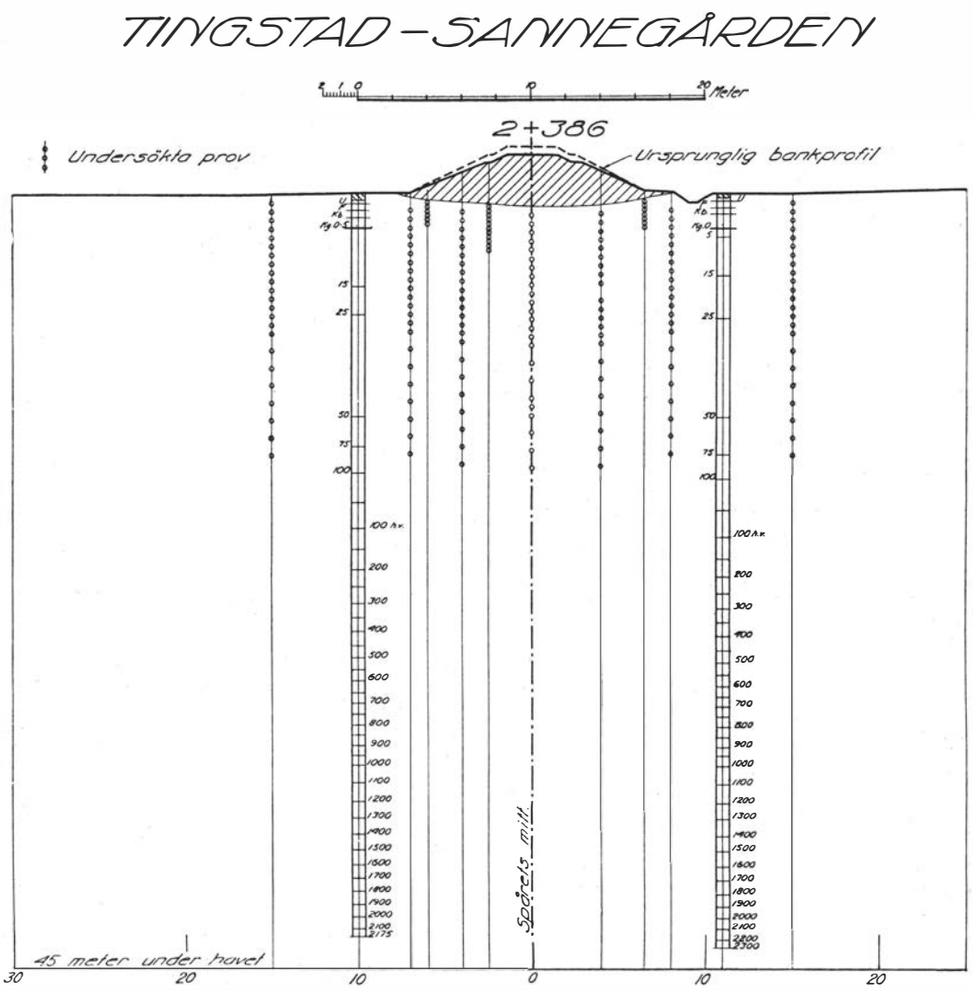


Fig. 2. Tvärsektion av banken å Tingstad—Sannegårdens järnväg.

Provtagning till 15 m djup under markytan verkställdes dels på ömse sidor om banken — såväl ett stycke utanför banken som vid bankfoten —, dels genom bankfyllningen — såväl i spårmitt som i slänterna. I varje profils övre hälft togos prov på 0,5 m inbördes avstånd i djupled, i nedre hälften på 1 m inbördes avstånd.

Det visade sig vid provtagningen genom banken att fyllningens undre gräns var något nedböjd, så att markytan i bankens mitt låg 0,8 m. lägre än utanför banken. Redan detta förhållande, sammanställt med den omständigheten, att några uppbullningar på sidorna om banken icke kunde iakttagas, giorde det sannolikt, att en sammantryckning av grunden ägt rum.

[1] De här verkställda borrningarna hava utförts genom Göteborgs hamnstyrelses försorg enligt kommissionens anvisningar.

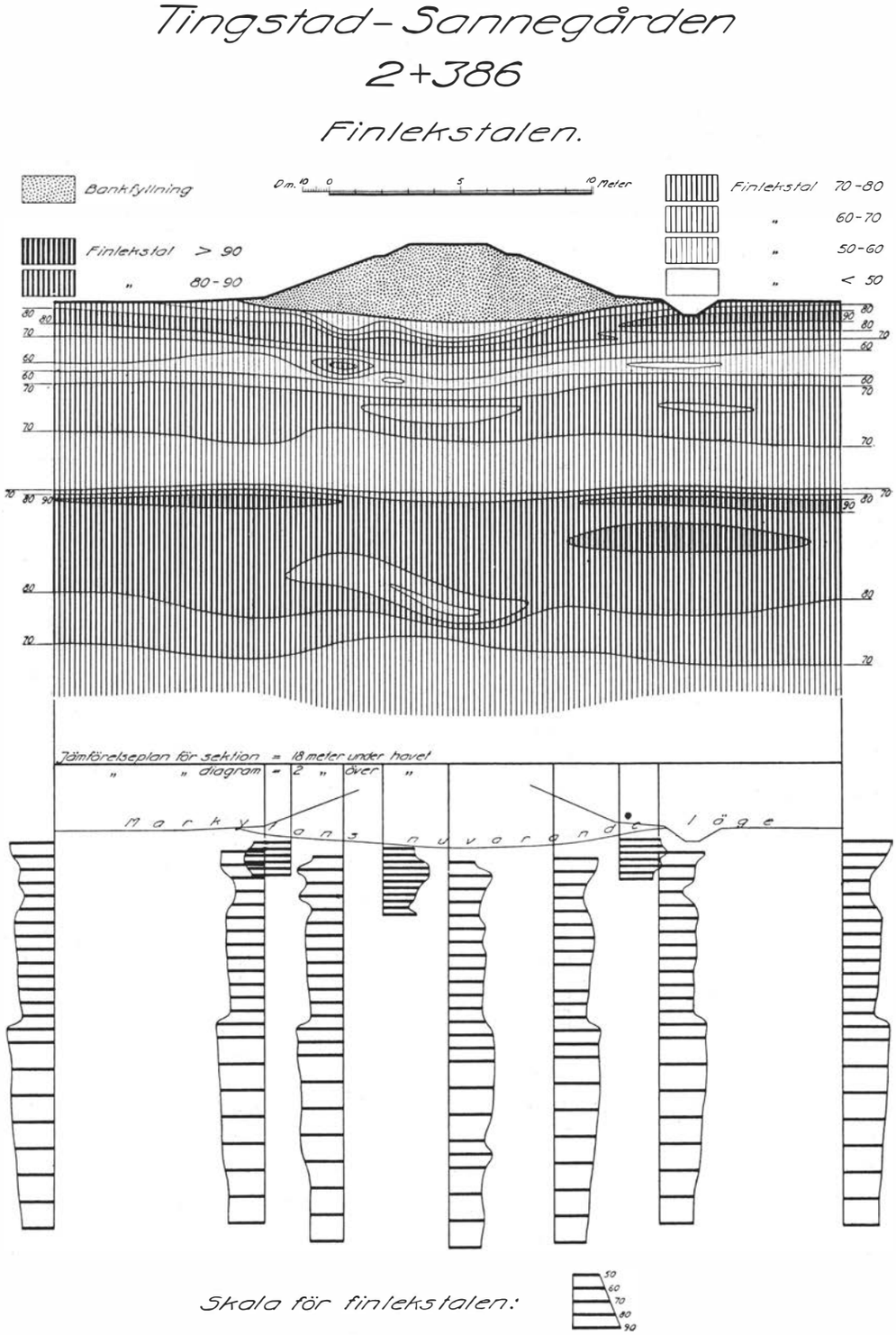


Fig. 3. Finlekstalen hos lagren under och närmast på sidorna om banken å Tingstad—Sannegårdens järnväg.

De upptagna proven, vilka visa, att grunden utgöres av lera, undersöktes i avseende å vattenhalt, hållfasthetstal och finlekstal[1].

[1] Se rörande dessa begrepp resp. avdelningarna F 1, F 2 och F 3.

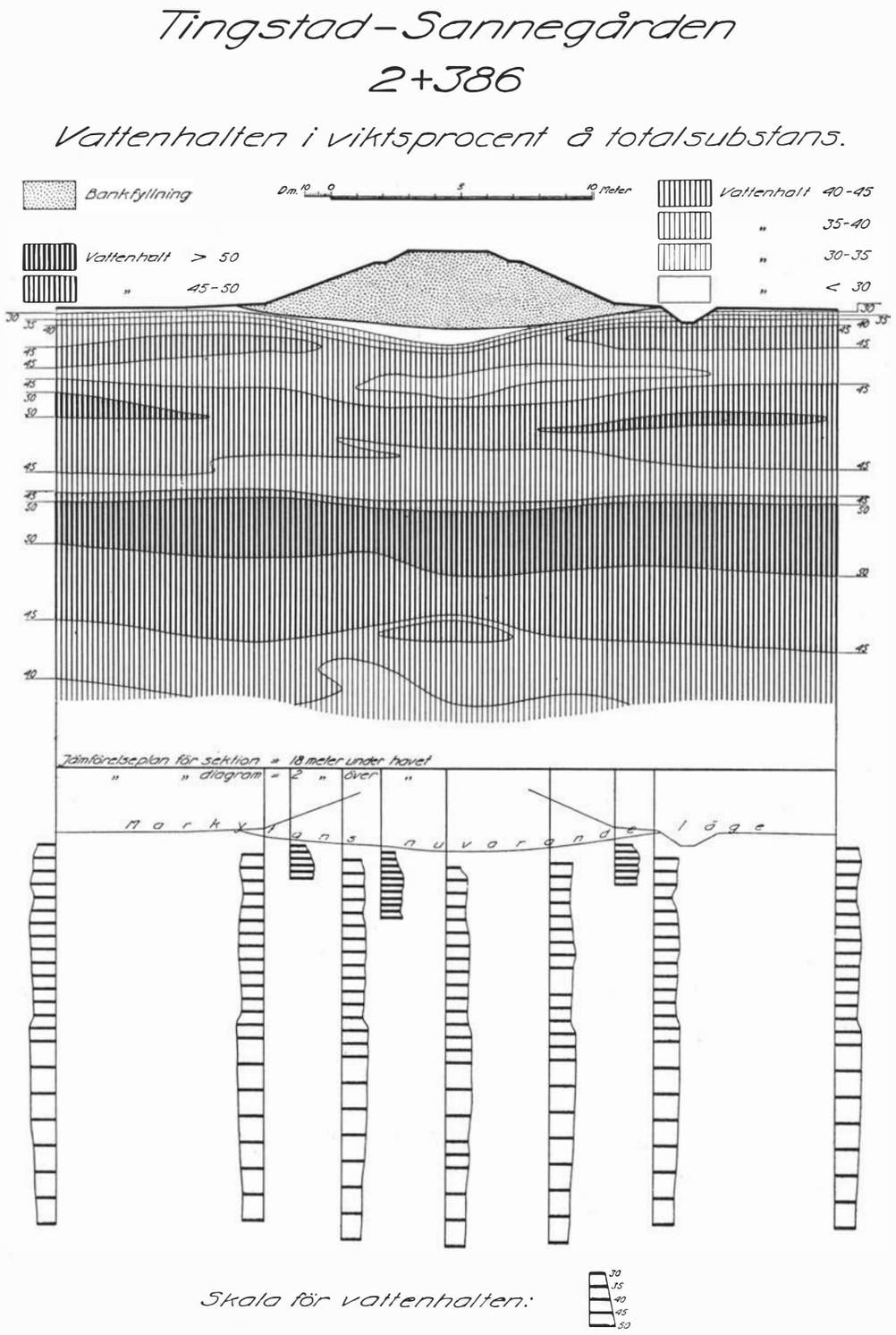


Fig. 4. Vattenhalten hos lagren under och närmast på sidorna om banken å Tingstad—Sannegårdens järnväg.

En sammanställning över *finlekstalen* återfinnes å Fig. 3. Såväl den övre delen av figuren, med olika skuggning för de skilda finleksområdena, som den nedre delen, med finlekstalsdiagram för

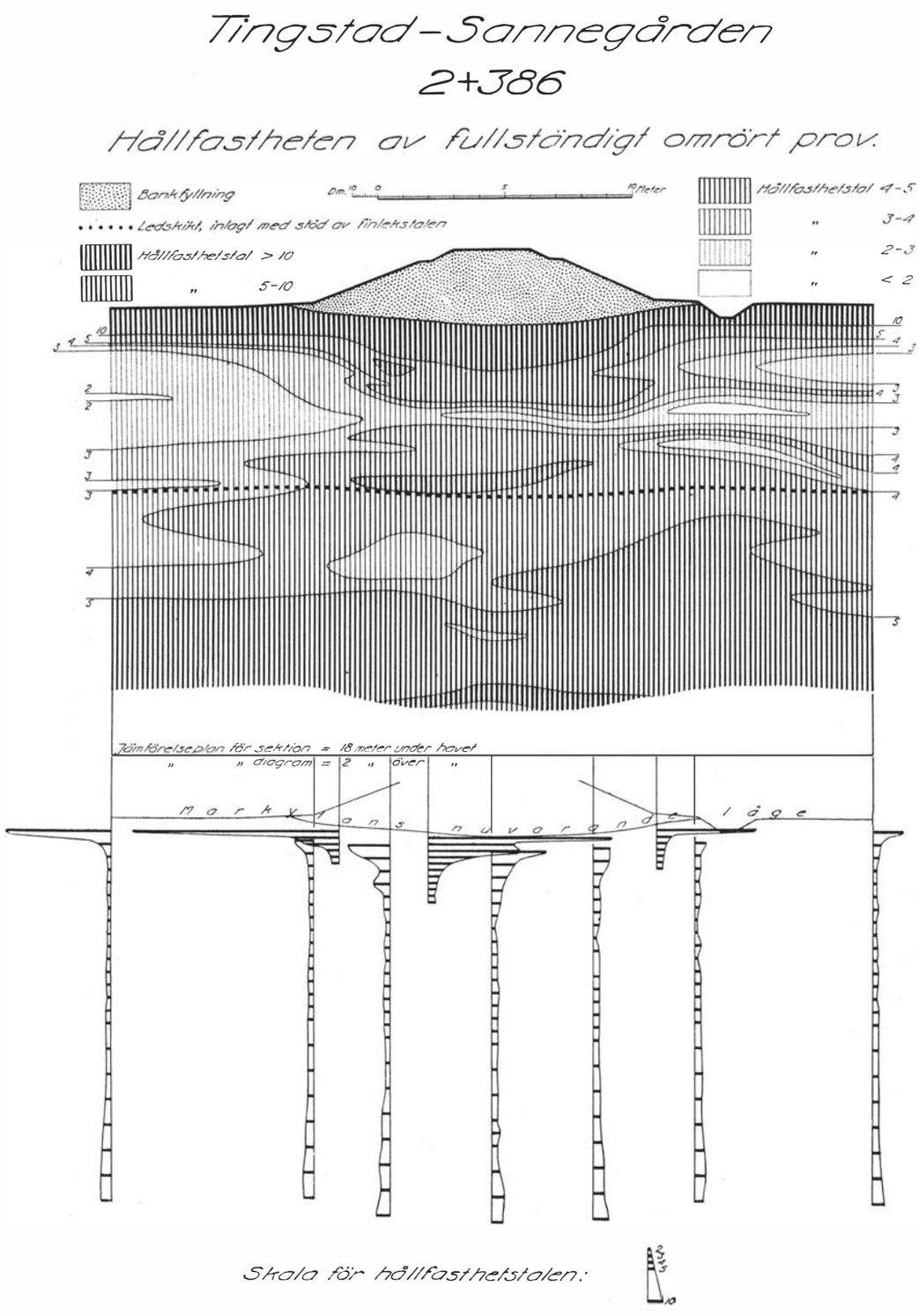


Fig. 5. Hållfasthetstalen hos lagren under och närmast på sidorna om banken vid Tingstad—Sannegårdens järnväg.

de olika profilerna, visar tydligt, att lagringen ursprungligen varit så gott som horisontell. Det framgår vidare, att en mjuk nedböjning av lagren ägt rum under banken, och att denna nedböj-

ning i de övre delarna går nära jämsides med själva markytans nedböjning för att längre ned alltmer avtaga. Ett av finlekstalen synnerligen skarpt markerat »ledskikt» förefinnes på c:a 7 m djup under ursprunglig markyta, i det att materialet här tvärt övergår från ett grovkornigare till ett finkornigare.

Av *vattenhaltsundersökningen* (Fig. 4) framgår, att nedanför 7 m-djupet icke någon nämnvärd olikhet råder under och utanför banken i avseende å vattenhalten, utan att denna i horisontella skikt är i stort sett lika under banken och utanför densamma. Ovanför 7 m-djupet däremot har området under banken tydligt mindre vattenhalt än områdena på ömse sidor om banken. Man

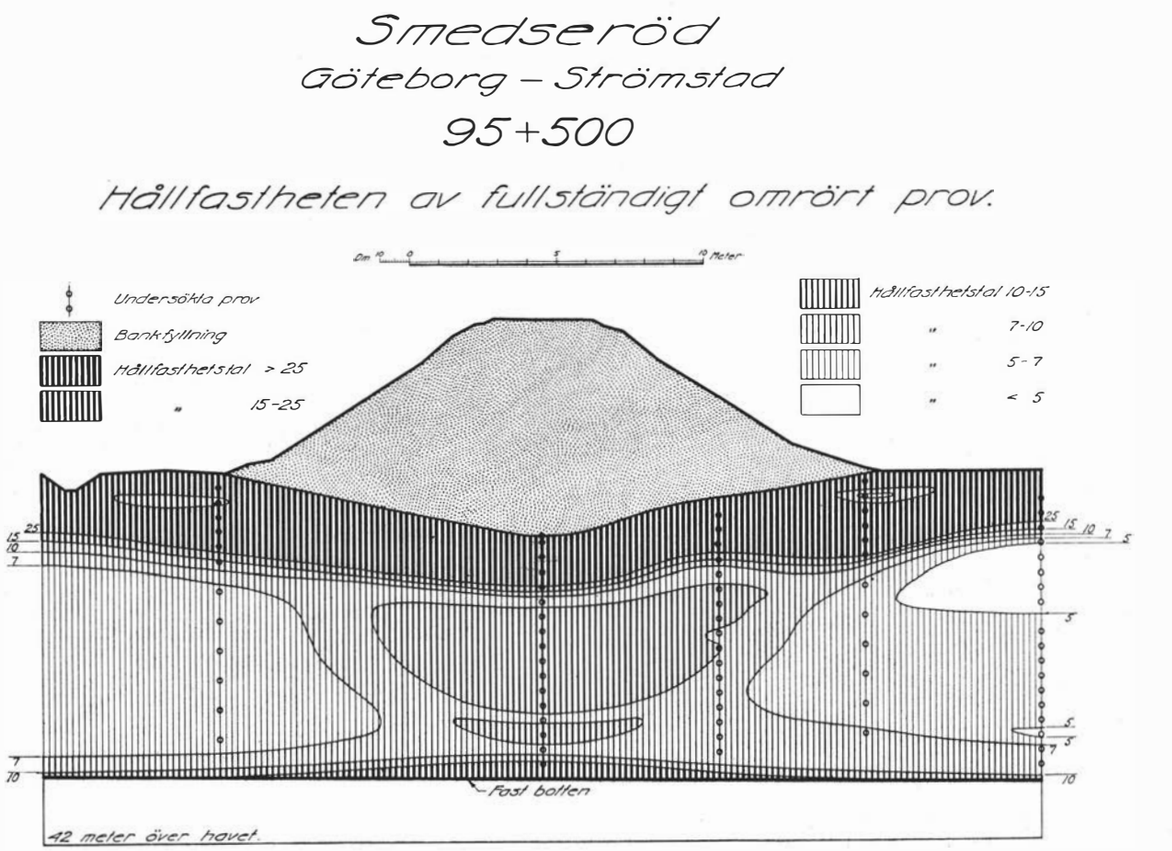


Fig. 6. Hållfasthetstalen hos lagren under och närmast på sidorna om norra delen av banken vid Smedseröd.

ser sålunda, hur det omedelbart ovanför 7 m-djupet belägna bandet för vattenhalt under 45 % (uttryckt i vikts-% å totalsubstans) höjer sig och breddas just under banken, hur bandet därovanför för vattenhalt över 45 % avsmalnar under banken samt hur inom detta område kurvorna för vattenhalten 50 % tränga in från ömse sidor om banken men icke nå ihop under denna. Samma är förhållandet med den ovanför liggande kurvan för vattenhalten 45 %, vilken under banken ersättes av en sluten kurva för vattenhalten 40 %.

Det är alltså tydligt, att banken genom sitt tryck på den underlagrande leran pressat vatten ur denna, och att denna undanpressning är märkbar ned mot ett djup av 7 m.

Detta förhållande bekräftas och framhäves t. o. m. ännu tydligare av motsvarande sammanställning över *hållfasthetstalen* (Fig. 5). För orientering har å figuren medelst en punkterad linje markerats läget av ovannämnda, vid c:a 7 m djup belägna språng hos finlekstalen. Likaledes här synes 7 m-djupet i stort sett avgränsa ett undre, relativt oberört område från det övre, vilket i hög grad påverkats av trycket, även om jämväl under 7 m-djupet en del oregelbundenheter antyda, att någon mindre förändring även här ägt rum. Det är särskilt den betydande sänkningen

under banken av kurvan för hållfasthetstalet 5 (och även 4, om man bortser från en smalare »kil» på höger sida) samt den så gott som totala frånvaron under banken av hållfasthetstal lägre än 4, som markera den betydande ökningen av hållfastheten under banken.

Banken utlades 1912, och undersökningen verkställdes 1920. Ehuru sålunda banken icke var äldre än c:a 8 år, och ehuru bankhöjden (ovan den omgivande markytan), inberäknat ballasten, icke uppgår till mer än c:a 2,2 m, hade alltså trycket av banken kunnat åstadkomma en ända till 7 m djup tydligt märkbar vattenurpressning hos leran.

En uträkning av *torrsubstansmängderna* hos ekvivalenta delar av profilerna under och på sidorna om banken visar, att dessa mängder äro praktiskt taget lika, varigenom alltså ytterligare ett bevis erhålles, att någon undanpressning av lera icke förekommit.

Bank vid Smedseröd. Liknande undersökning hade redan tidigare under samma år utförts för en bank vid Smedseröd mellan Uddevalla och Hogstorp å Bohusbanan. Redogörelse för denna undersökning lämnas i samband med beskrivningen över de markförskjutningar, som i bankens sydligare parti inträffat vid banans anläggande (H. 15).

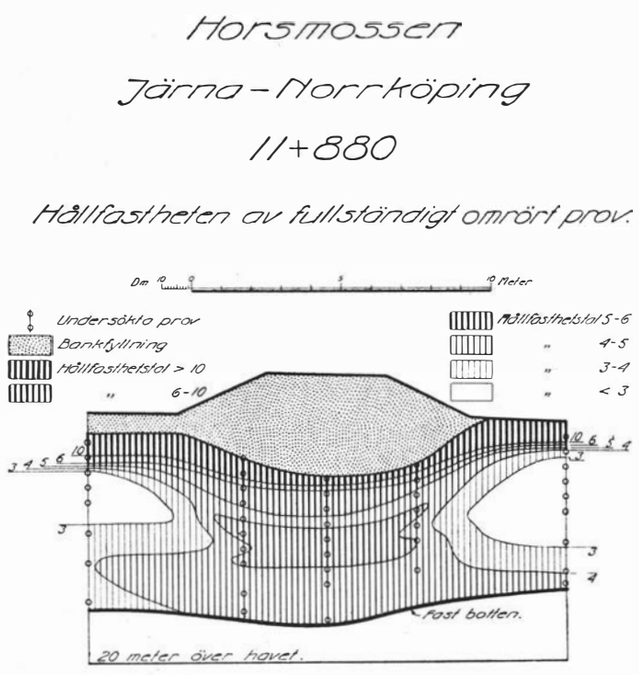


Fig. 7. Hållfasthetstalen hos lagren under och närmast på sidorna om banken vid Horsmossen.

Av Fig. 6, vilken innehåller en sammanställning av hållfasthetstalen för sekt. 95 + 500 framgår, att ökningen i hållfasthetstalen hos leran under banken sträckt sig ända ned till fast botten, och att det förbättrade partiet företer i det närmaste en spegelbild av banken.

Ballastens krön ligger här c:a 5 m över omgivande mark, och banken var, då undersökningen verkställdes, c:a 20 år gammal.

Bank å Horsmossen. I samma riktning gående resultat hava erhållits för banken vid Horsmossen mellan Hölö och Vagnhärad å bandelen Järna-Norrköping.

Även här utgöres grunden av lera, vilken dock upptill övergår i ett tunnare lager gyttja och torv.

Såsom framgår av Fig. 7, har jämväl här förbättringen av leran sträckt sig ända ned till fast botten.

Banken, som inberäknat ballasten har en höjd över omgivande mark av inemot 1,5 m, hade vid tiden för undersökningen en ålder av c:a 10 år.

* * *

I de tre här ovan anförda exemplen har tydligen vattnet sökt sig avlopp genom torrskorpans sprickor och i de två sistnämnda av dem även genom gruset under leran.

* * *

På samma sätt men givetvis vida lättare och hastigare kan vatten pressas ur torv och gyttja. Exempel härå anföras längre fram (H. 17 och 18).

Såsom ovan framhållits, beror vattenurpressningen ur leran (resp. gyttjan och torven) därpå, att vattnet vid någon yttre punkt å leran röner mindre mottryck utifrån, än vad lerpartiklarna där göra. Det torde redan av detta sätt att betrakta saken vara tydligt, att det icke låter sig göra att

genom enbart närvaro av vatten, för vilket tryck detta än utsättes, öka lerans vattenhalt. Vattentrycket utifrån påverkar nämligen i så fall lerpartiklarna och vattenpartiklarna i lerans mot trycket vända ytlager i samma grad. Härvid förutsättes, att leran har så pass hög vattenhalt, att porerna mellan lerpartiklarna äro fyllda med vatten, vilket alltid är fallet, så snart leran icke är särskilt kraftigt uttorkad, d. v. s. så snart leran är mjuk.

En hel del ganska långvariga (mer än årslånga) laboratorieförsök visa också, att sådan lera icke förändrar sin vattenhalt genom att vara nedsänkt under vatten. I terrängen är detta förhållande lätt att iakttaga vid stränder i lermark, där torrskorpan (= lerans uttorkade ytskikt), ofta kan följas långt ut under vattennivån.

Ett särskilt belysande exempel på detta förhållande återfinnes i redogörelsen för de undersökningar, som verkställts vid Aspenbanken (H. 16), där en i sjön utrutschad torrskorpa ännu bibehållit sin fasta karaktär, trots att den legat nedsänkt c:a 8 m under sjöns yta under sannolikt mer än 4 000 år.

Det här berörda förhållandet, att mjuk lera icke upptager vatten, måste emellertid noga skiljas från den välbekanta omständigheten, att lera genom bearbetning (sönderrivning) kan bringas att upptaga vatten (t. ex. vid skred, uppslamning o. d).

2. Markförskjutning.

Med markförskjutning förstås sådan deformation inom jordlagren, vilken förorsakas därav, att de sammanhållande krafterna inom jordmassan i vissa delar av denna övervinnas.

Dessa sammanhållande krafter äro *kohesion* och *friktion*.

I fråga om jordarter är kohesionen — hållfastheten — att uppfatta som en attraktion mellan de fasta partiklarna, förmedlad genom kapillärt vatten.

Friktion är ju allmänt taget det motstånd, som uppstår, då man söker flytta en kropp, som utan att adherera trycker mot en annan, utefter kontaktytan mellan de båda kropparna.

Deformationen är därvid i första ögonblicket alltid *elastisk*. Vid mycket skrovliga föremål, som glida utefter varandra, uppstå efter den första elastiska förskjutningen permanenta deformationer, repor o. d. Vid mindre skrovliga föremål ske ofta endast elastiska deformationer, i det att utstående partier tryckas elastiskt in i den motliggande kroppen, samtidigt som de själva bliva elastiskt »stukade» (Fig. 8).

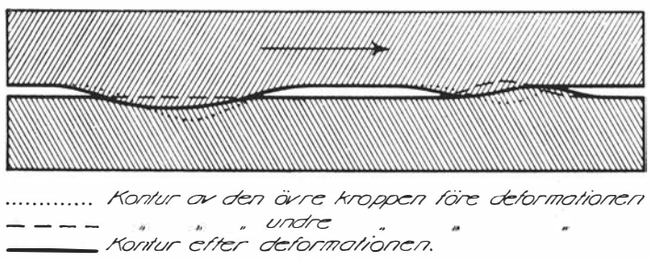


Fig. 8. Elastisk deformation vid friktion mellan två fasta kroppar. Den övre antages glida i pilens riktning utefter den undre. Till vänster synes ett utstående parti av den övre kroppen inpressat i den undre och till följe rörelsen något förskjutet åt vänster. Till höger synas tvenne utstående partier, ett från vardera kroppen, vilka stukats av varandra och till följe rörelsen böjts åt var sin sida.

På så sätt fortgår, under det den ena kroppen glider utefter den andra, ett elastiskt formförändringsarbete (ett fjädrande fram och åter), som just motsvarar friktionsarbetet. Det är tydligt, att utom skrovlighetsgraden (friktionskoefficienten) under sådana förhållanden även intensiteten av trycket mellan de mot varandra glidande kropparna blir avgörande för friktionens storlek, enär allt efter trycket de ojämna partierna tränga olika djupt in.

Vad här anförts om friktion gäller närmast fasta kroppar, men kan även i stort sett tillämpas på jordarter.

Betraktar man i anslutning till ovanstående en sådan jordart som blöt lera, kommer man till den uppfattningen, att motståndet mot ett deformerande av sådan lera betingas så gott som enbart av dennas kohesion. Blöt lera innehåller nämligen betydligt mera vatten, än som svarar mot mellanrummen mellan mineralpartiklarna, om dessa vore tätt lagrade (porvolymen). Mineralpartiklarna måste därför betraktas såsom på sätt och vis svävande i vattnet, i varje fall icke direkt fastkilade mellan varandra. Då sådan lera utsättes för tryck, närmas icke (om man bortser från

den ytterst obetydliga volymförminskningen vid tryck) de fasta partiklarna varandra, och något nämnvärt ytterligare fasthållande av partiklarna i förhållande till varandra än det, som betingas av kapillariteten, kan således icke förekomma. Denna senare påverkas emellertid praktiskt taget icke av trycket, och den sammanhållande kraften inom leran måste alltså vara i det närmaste oberoende av trycket. Detta gäller även, åtminstone i första momentet, sedan brott inträtt och alltså påkänningen överstigit den kohesion, leran i fullt oomrört tillstånd äger. Den kraft, som då huvudsakligen motverkar rörelsen, är nämligen den genom omrörningen vid brottet nedsatta kohesionen. Först sedan denna nedgått högst avsevärt under det ursprungliga värdet, kan den ytterst ringa inre friktionen direkt mellan lerpartiklarna på praktiskt märkbart sätt göra sig gällande i förhållande till kohesionen.

Helt annorlunda ställer sig, praktiskt sett, saken för grovkornigare material med föga kapillaritet. I t. ex. rent och torrt grus eller sand ligga partiklarna tätt lagrade och inklämda mellan varandra. Det är tydligt, att i sådant material endast uppträder friktion, och att denna här blir beroende av, huru fast partiklarna äro inklämda mellan varandra, vilket i sin tur bestämmes av partiklarnas skrovlighet och form samt av det inre trycket.

Skrovligheten (kornets friktionskoefficient) och formen bestämma massans friktionskoefficient. Denna senare måste alltid vara större än bergartsmaterialets (kornets) friktionskoefficient och kan, beroende av kornets form, bliva betydligt större än denna.

Om en sandmassa jämväl äger kohesion av t. ex. den anledningen, att den är något fuktig, torde det vara obestridligt, att denna sand har större sammanhållning, än om samma sand vore fullt kohesionsfri (torr). Sammanhållningen är ett uttryck för den kraft, som fordras för att rubba (vrida) partiklarna i förhållande till varandra. Genom fuktigheten (om denna är ringa) kan den del av sammanhållningen, som beror av trycket (friktionen), icke minskas vid de små elastiska deformationer, som föregå brottet. Men fuktigheten åstadkommer en extra kraft (kohesionen), vilken på samma sätt (elastiskt) strävar att hålla partikeln kvar i sitt läge.

Rent teoretiskt sett uppträder såväl vid blöt lera som vid fuktig sand både friktions- och kohesionskrafter, vilka samtidigt börja träda i verksamhet vid minsta begynnande deformation. Huruvida de nå sitt maximum på samma gång kan tillsvidare lämnas öppet, säkert är däremot, att då den för stabiliteten avgörande faktorn, det må vara friktionen eller kohesionen, når sitt maximum, den andra faktorn har ett värde, som skall tilläggas detta för att erhålla hela den verkligen befintliga sammanhållande kraften.

Alltefter jordarternas beskaffenhet ur här ifrågavarande synpunkt kunna de sägas vara *friktionsjordarter*, då friktionen är den övervägande sammanhållande faktorn, eller *kohesionsjordarter*, då i stället kohesionen är övervägande.

Exempel på friktionsjordarter äro åsgrus, sand och lösare morängrus. Exempel på kohesionsjordarter äro blöt lera, gyttja och torv.

En markförskjutning i en friktionsjordart får i allmänhet karaktären av *ras* och en markförskjutning i en kohesionsjordart mera formen av *skred* (eller glidning). Ofta förekomma givetvis mellanformer mellan dessa extrema typer.

Betingelserna för en marks stabilitet äro såväl *yttre* som *inre*. De yttre betingelserna, de statiska — även dynamiska — hänföra sig till formen och vikten — eventuellt accelerationen (genom skakningar). De inre betingelserna hänföra sig till jordmassornas inre sammanhållning (konsistens).

Närmaste orsaken, *anledningen*, till en markförskjutning måste ligga uti en *försämring* av betingelserna för markens stabilitet. Anledningen kan alltså hänföras till en försämring antingen av de *yttre* eller av de *inre* stabilitetsbetingelserna. I förra fallet kan anledningen kallas en *statisk-dynamisk anledning*, i senare fallet en *konsistensanledning*.

De statisk-dynamiska anledningarna kunna uppdelas i tvenne grupper nämligen:

1) Ökning av den aktiva belastningen.
2) Minskning av den passiva belastningen eller mottrycket (stödet).

Konsistensanledningarna kunna även vara av tvenne slag nämligen:

1) Minskning av friktionen.
2) Minskning av kohesionen.

Som en allmän anmärkning bör här framhållas, att kombinationer av dessa fall naturligtvis kunna förekomma.

För själva markförskjutningen såsom sådan kan anledningen icke sägas vara artskiljande.

Betraktar man de båda ovan angivna huvudgrupperna av anledningar, är det nämligen, för att välja ett exempel, ingen väsentlig skillnad i en markförskjutning, som består däri, att en på fin sand påförd belastning sjunker ned i sanden av den anledningen, att sandens sammanhållning försämras genom en stigning av grundvattenståndet, och en markförskjutning, som består däri, att en på den blöta sanden påförd belastning successivt ökas, tills nedsjunkning äger rum.

Betraktar man de bäggge underavdelningarna av den första gruppen av anledningar (de statisk-dynamiska), gäller samma sak. Det är sålunda ingen väsentlig skillnad på själva markförskjutningen, om man t. ex. vid en brant lervägg åstadkommer skred i ena fallet genom påförande av belastning ovanför väggen och i andra fallet genom djupare nedschaktning av väggen.

Till sin huvudkaraktär äro sålunda markförskjutningarna uppdelbara endast i ras och skred.

I det följande åsyftas med markförskjutning huvudsakligen skred, ehuru en stor del av det som anföres också har sin tillämpning på ras.

Ett skred i den vanliga bemärkelsen består i allmänhet av flera element, flera skred. Företeelser sådana som Værdalsskredet år 1893 (Hans Reusch: Nogle optegnelser fra Værdalen, Norges Geologiske Undersögelse, nr 32), de flesta Götaälvsskreden (Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång mellan Trollhättan och Lilla Edet av Gustaf Frödin. Meddelande från Kungl. Vattenfallsstyrelsen, nr 19), skredet vid Säm år 1903 (H. 1) m. fl. hava säkerligen gått i en följd av skilda »stötar». I detalj iakttaget är detta bl. a. beträffande skredet vid Smedberg år 1911. (Jordskredet vid Smedberg i Bohuslän den 23 augusti 1911 av Lennart von Post, Sveriges Geologiska Undersökning Ser. C, nr 244), det hittills största av de släntskred, som ägt rum vid muddringarna för Hammarbyleden i Stockholm, nämligen det år 1920 å kanalens södra sida invid Hammarby gård inträffade skredet (Fig. 9 och 10), skredet vid Utsikten (Om jordskredet vid Saltkällan i Bohuslän av A. H. Westergård, Sveriges Geologiska Undersökning Ser. C, nr 225), skredet vid Munkedal, år 1895 (H. 2).

Skredelementen torde i stort sett endast hava det inbördes sammanhanget, att ett föregående fullbordar betingelserna för ett efterföljande. Det är då egentligen endast för det *första* skredelementet, som markförskjutningsanledningen varit tillräckligt kraftig att direkt framkalla brott. När väl initialskredet skett, utlöses nästa skredelement såsom en följd av detta och så undan för undan. Härmed är emellertid ingalunda sagt, att icke de massor, som komma i rörelse genom det andra, tredje o. s. v. skredelementet, kunna hava haft inverkan på stabiliteten hos det först utskridna partiet. Medan ännu sammanhang rådde mellan massorna, kan nämligen trycket från de av initialskredet icke berörda massorna genom elastisk deformation hava medverkat att framkalla överansträngning på den först deformerade delen av initialskredets massor.

På en markförskjutnings *utgestaltning* och *förlopp* inverkar såväl jordartsmaterialets beskaffenhet som de topografiska förhållandena.

Redan utgestaltningen av *markförskjutningselementen* är i hög grad beroende av dessa faktorer. Sålunda är formen på markförskjutningselementet beroende av, om friktion eller kohesion är den sammanhållande kraften. Vidare sker exempelvis förskjutningen i en slänt av friktionsmaterial efter allt brantare yta ju större friktionskoefficient materialet äger. I den mån kohesion tillkommer, bidrager detta att göra förskjutningsytan brantare, varjämte denna erhåller en kraftigare resning å de delar, där trycket mot densamma är minst.

Med avseende på topografiens inverkan på markförskjutningselementets utgestaltning, kan t. ex. påpekas den påfallande olikheten i elementen vid en banksjunkning och vid ett släntskred i samma lera.

Med avseende å den *fortsatta utvecklingen* av markförskjutningen gäller samma sak som beträffande markförskjutningselementen, nämligen att materialets beskaffenhet och de topografiska förhållandena äro de bestämmande faktorerna.

Betraktar man först den inverkan, materialets beskaffenhet har å den fortsatta utvecklingen av markförskjutningen, skall man finna, att skilda jordartsegenskaper härvid inverka på olika sätt. Ett rent ras är fullbordat, när den naturliga lutningsvinkeln för materialet uppnåtts. Denna be-

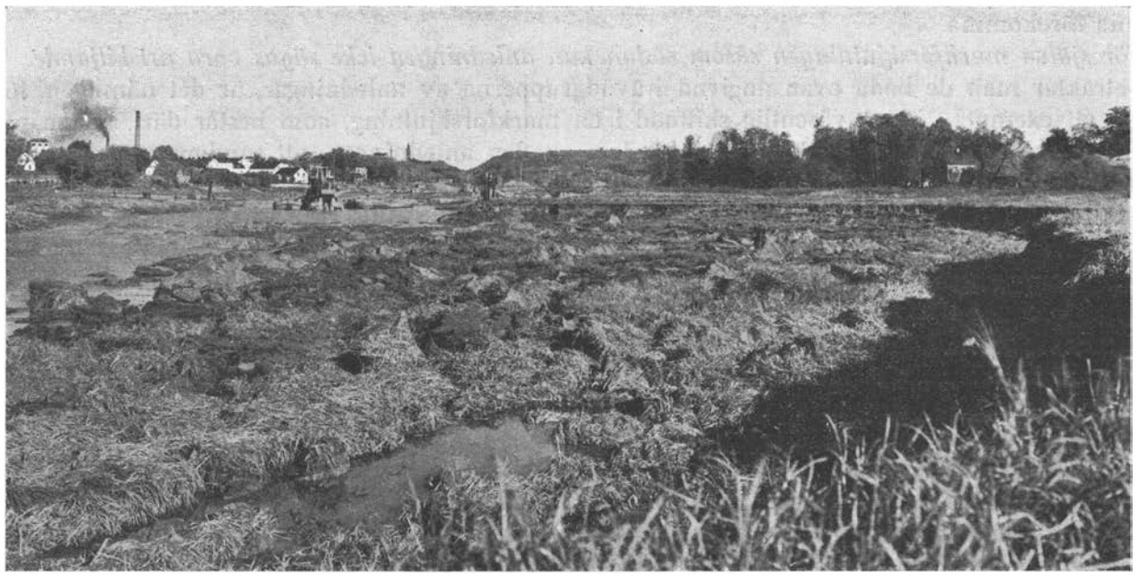


Fig. 9. Det stora skredet vid Hammarby gård år 1920, förorsakat av muddringarna för Hammarbyleden. Vy mot öster från en punkt nära skredets västra begränsning. De långsträckta lerkammarna markera de skilda »stötar», i vilka skredet ägt rum.

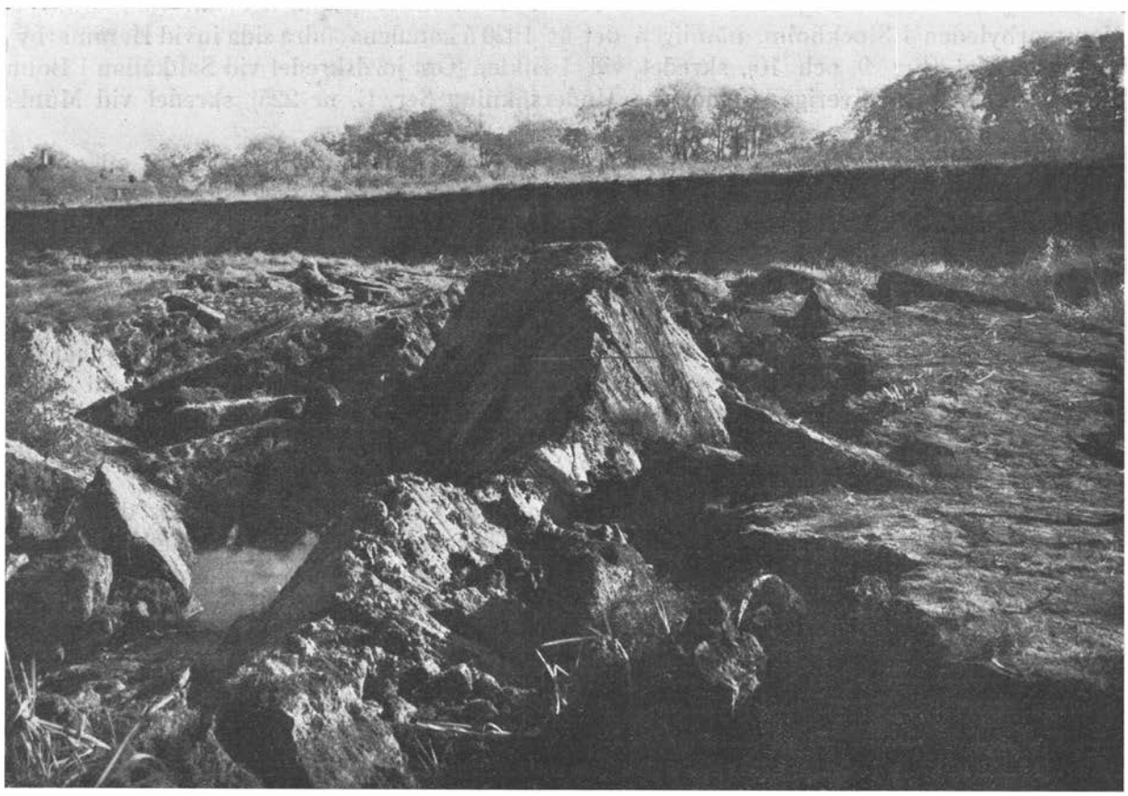


Fig. 10. Detalj av en lerkam i Hammarbyskredet. Den främre (vänstra) begränsningsytan av den stora kammen i mitten av bilden utgör bakre (övre) delen av brottytan vid ett skredelement av första ordningen med rörelseriktning mot kanalen. Bakre (högra) begränsningsytan av kammen är en brottyta vid ett skredelement av andra ordningen med rörelseriktning från kanalen. Detta senare skredelement har uppkommit därigenom, att det förstnämnda skredelementet framkallat en till stort djup nående klyfta mellan en utskridande skolla och den innanför denna ett ögonblick kvarstående branta lerväggen. När klyftan blivit tillräckligt djup, har det bakre partiet av den utglidande skollan brustit och glidit baklänges mot klyftan.

stämmer alltså rasets utsträckning. Komma de utskridande massorna i ett skred i flytning, hindra de i mindre grad skredets utveckling, än om de icke komma i flytning. Det beror emellertid bland annat på materialets beskaffenhet, om flytning uppkommer eller icke. Flytningen framkallas av bearbetningen å de utskridande massorna (är alltså i regel ingen primär företeelse i skredet) och kan bringas till stånd under förutsättning av tillräcklig vattenhalt i jordarten i förhållande till dennas kornstorlek. Vid en och samma vattenhalt kommer en grovkornigare jordart lättare i flytning än en finkornigare. Grus och sand genomsläppa emellertid vatten så lätt, att dessa jordarter sällan erhålla så hög vattenhalt, som skulle erfordras för flytning. Fet lera kräver, som följd av den låga kornstorleken, en mycket hög vattenhalt för att komma i flytning. De något grövre materialen mjäla och finsand, vilka, på samma gång de i motsats mot sand och grus kraftigt kvarhålla vatten, för att komma i flytning erfordra betydligt mindre vattenhalt än lera, torde vara de jordarter, som vid ett skred lättast bliva flytande.

Det är utan vidare klart, att topografien inverkar på utvecklingen och förloppet av en markförskjutning: mer eller mindre brant sluntlutning, större eller mindre djup till fast botten, tillstötande fastmark, framrinnande vattendrag, som kan föra med sig de utskridande massorna, angränsande äldre skred (varigenom marken uttorkats) m. m.

Med hänsyn till det sammansatta skredets successiva utveckling kan man emellertid särskilja tvenne typer, nämligen:

1) Skredet utvecklar sig huvudsakligen i de utskridande massornas rörelseriktning.

2) Skredet utvecklar sig huvudsakligen i motsatt riktning mot den, i vilken de utskridande massorna röra sig.

Exempel på det förra slaget äro sjunkande belastningar på plan, svag grund, där rörelseriktningen av de deformerade massorna är från belastningscentrum och utåt, samt där deformationen börjar närmast belastningen och sedan den ena skollan utanför den andra skjutes snett upp mot ytan.

Till det senare slaget höra sluntskred och liknande utglidningar. Ett särskilt vackert exempel härpå är det ovannämnda skredet vid Hammarbyleden, där de utskridande massorna åkte ut i kanalen, men där deformationen fortskred bakåt från kanalen.

Av det, som ovan anförts beträffande markförskjutningar, framgår, att man i avseende å själva företeelsen kan skilja på tvenne huvudgrupper, nämligen *ras* och *skred*. I samma avseende — dock endast berörande det *fortsatta* förloppet *efter* det inledande brottet — kunna de dessutom uppdelas i *enkla* och *sammansatta* markförskjutningar, av vilka de sammansatta förskjutningarna i sin tur kunna uppdelas i tvenne slag, karaktäriserade av förhållandet mellan markförskjutningens huvudsakliga utbredningsriktning och de deformerade massornas rörelseriktning. I avseende å markförskjutningens fortsatta utveckling kunna vissa mera tillfälliga särdrag angivas såsom graden av flytning m. m. Ännu mera tillfälliga äro sådana omständigheter som skredärrets form m. fl.

En helt annan grund för indelningen av markförskjutningarna kan sökas i de olikartade anledningarna till desamma. Man skulle då skilja mellan markförskjutningar, som framkallats av en försämring av de *yttre* stabilitetsbetingelserna, och markförskjutningar, som framkallats av en försämring av de *inre* stabilitetsbetingelserna. Eller med andra ord: man skulle kunna skilja mellan markförskjutningar av *statisk-dynamisk* anledning och av *konsistens*anledning.

Dessa huvudgrupper kunna sedan uppdelas på samma sätt, som ovan angivits för uppdelning av de olika anledningsgrupperna.

Vid en systematisering av markförskjutningarna torde man böra taga hänsyn till båda dessa indelningsgrunder — själva företeelsens art och anledningen.

Såsom huvudgrupper böra sättas *ras* och *skred*, därvid markerande själva den inre karaktären av företeelsen.

Såsom därefter närmast följande indelningsgrund torde lämpligen böra sättas *anledningen*, och man kan då skilja mellan ras av statisk-dynamisk anledning och ras av konsistensanledning samt mellan skred av statisk-dynamisk anledning och skred av konsistensanledning.

Vid den fortsatta uppdelningen böra i första hand anledningstyperna vara de särskiljande. Man får då sådana beteckningar som erosionsras, erosionsskred, belastningsras, belastningsskred, upp-

blötningsras och uppblötningsskred, varigenom såväl framhålles den inre karaktären (ras, skred) som närmare angives arten av anledningen.

Först efter dessa indelningsgrunder bör, såsom hänförande sig till en mera sekundär sida av företeelsen, sättet för markförskjutningens vidare utveckling läggas till grund för systematiseringen. I första hand angives därvid, om markförskjutningen är enkel eller sammansatt, samt därefter, huruvida den sammansatta markförskjutningen är »framåtgripande» (*med* de utskridande massorna) eller »bakåtgripande» (*mot* de utskridande massorna).

Enligt dessa synpunkter skulle ett schema för klassificering av markförskjutningarna få följande utseende.

Huvudindelning på basis av markförskjutningens inre karaktär.	I Ras II Skred
Underindelningar:	
I avseende å *anledningarna*	A. Statisk-dynamisk anledning a) Ökning av den aktiva belastningen b) Minskning av mottrycket B. Konsistensanledning a) Minskning av friktionen b) Minskning av kohesionen
I avseende å *förloppet*	1. Enkel markförskjutning 2. Sammansatt markförskjutning α) Framåtgripande β) Bakåtgripande

Ett visst skred innehåller, särskilt vad förloppet beträffar, vanligen flera av de i ovanstående schema som alternativa betecknade momenten. Det blir de dominerande av dessa moment, som bestämma skredets typ.

D. FÄLTMETODER VID GRUNDUNDERSÖKNINGAR FÖR JÄRNVÄGSÄNDAMÅL.

1. Synpunkter beträffande olika grundundersökningsmetoder.

Vid bedömandet av en marks bärförmåga kunna en mångfald olika metoder tänkas komma till användning. Var och en av dessa metoder kan dock hänföras till endera av tvenne i princip skilda grupper. Den ena av dessa åsyftar att genom anbringande av ett eller annat slags försöksbelastning å grunden direkt avgöra, huruvida den för uppbärandet av det blivande byggnadsverket erforderliga bärförmågan förefinnes eller icke. Den andra gruppen däremot inriktar sig i första hand på en undersökning av de i grunden ingående jordarternas lagringsförhållanden och beskaffenhet och söker sedan på grundvalen av denna utredning uppskatta grundens bärförmåga.

Det förstnämnda tillvägagångssättet, provbelastning, är givetvis principiellt sett det mest effektiva, men förutsätter, för att resultatet verkligen skall bliva upplysande, i regel, att provbelastningen utföres i åtminstone tillnärmelsevis samma skala som det blivande byggnadsverket. Utföres provbelastning, såsom hittills vanligen skett, på sådant sätt, att en förhållandevis mycket liten yta utsättes för belastningen, blir utslaget emellertid oftast föga upplysande eller rent av missvisande. För de relativt få fall, där vid en dylik provbelastning i liten skala samma lager skulle åverkas som vid belastningen från det blivande byggnadsverket, skulle man ju möjligen hava utsikt att genom en mångfald försök kunna fastställa relationen mellan provningsresultaten och de i den större skalan tillåtna belastningarna. För de säkerligen flesta fallen däremot, vid vilka betydligt större del av lagerserien åverkas vid den permanenta belastningen än vid provbelastningen, är en dylik jämförelse utesluten.

Som en särskild art av provbelastning kan räknas provpålning, dock endast under den förutsättningen, att friktionspålning skall ingå uti det blivande byggnadsverket, och att provpålningen utföres ungefär så, som den permanenta pålningen är avsedd att utföras. Om nödig hänsyn tages till det förhållandet, att en friktionspålnings bärförmåga per påle är beroende jämväl av avståndet mellan pålarna, kan man i regel med nöjaktig säkerhet genom enbart provpålning sluta sig till den planerade friktionspålningens bärförmåga.

Av vad ovan anförts framgår, att en verkligt ändamålsenlig provbelastning i de flesta fall skulle ställa sig alltför dyr, varjämte den helt säkert i många fall även av andra skäl skulle visa sig olämplig. I regel bör därför bedömandet av markens bärighet basera sig på ett fastställande av grundens beskaffenhet allt ifrån ytan och till det djup, vartill den blivande anläggningen kan tänkas komma att öva inverkan. För detta ändamål måste provgrävning eller borrning företagas.

Det ligger i öppen dag, att man genom provgrävningar i erforderlig utsträckning erhåller möjlighet att ingående studera grundens beskaffenhet, men då desamma i allmänhet ställa sig dyrbara och detta i all synnerhet, om de måste nedföras till stort djup, bör denna metod vid här ifrågavarande slag av undersökning endast i undantagsfall tillgripas, synnerligast som ofta vissa andra betydligt billigare tillvägagångssätt äro lika ändamålsenliga. Bland dylika tillvägagångssätt bör särskilt framhållas upptagning av jordprov medelst kannborr eller skopborr (D. 7, a och b).

För utredning beträffande markens bärförmåga blir således borrning den metod, som första hand och i största utsträckning måste komma till användning.

Hittills har man därvid i regel inskränkt sig till sondborrning. Denna har emellertid ofta bedrivits efter metoder, som icke tillfredsställa berättigade krav på objektivitet och jämförbarhet.

Sålunda hava vid skilda tillfällen och på olika platser använts borrar av synnerligen varierande slag, än av cirkelsektion med en diameter från 15 mm upp till 30 mm och däröver, än av 4-kant-, 6-kant- och 8-kantsektion av olika grovlekar. Skarvarna hava dessutom varit i olika grad utstående i förhållande till borrstängernas sektion.

Vidare har förekommit en mångfald olika sätt för borrens nedförande. I vissa fall har detta skett genom pressning och stötning, i andra fall genom kringvridning eller genom slag med hejare eller slägga, dock i regel utan bestämda fallhöjder och mera sällan med fastslaget system för de olika nedföringssättens användning.

En metod vid sondborrning, som kommit till rätt stor användning, består däruti, att motståndet vid borrens nedförande angives i respektive 1, 2 och 3 o. s. v. mans tryck. Detta innebär givetvis någon skärpning av borrningsmetoden, men då resultatet är i hög grad beroende av borrningsmanskapets vikt och arbetssätt, blir även denna metod alltför subjektiv. Därtill kommer, att också vid denna borrningsmetod använts borrar av olika grovlek och med olika spetstyp, och att således för likartad grund jämväl av denna anledning erhållits olika tryckregistrering.

Om flertalet av hittills använda grundundersökningsmetoder kan alltså sägas, att de i ena eller andra hänseendet varit mer eller mindre otillfredsställande.

Utöver de hinder för möjlighet till jämförelse mellan olika undersökningar, som kunna tillskrivas själva borrningsmetoderna, förtjänar även påpekas det förhållandet, att det saknats en fastslagen jordartsterminologi för här ifrågavarande slag av undersökningar. Detta har haft till följd, att för jordarternas beteckning ofta använts tillfälliga och olämpliga termer.

Vad slutligen beträffar planläggandet av grundundersökningarna kan man göra den anmärkningen, att dessa ofta utförts alltför schablonmässigt. Härigenom hava desamma antingen blivit onödigt dyra eller också icke kunnat lämna erforderliga upplysningar om grundens karaktär.

För att i någon mån avhjälpa sagda förhållanden, meddelas i det följande en indelning ur geoteknisk synpunkt av de lösa jordlagren samt givas vissa anvisningar beträffande den allmänna gången och organiseringen av geotekniska fältundersökningar för järnvägsändamål, varjämte lämnas beskrivningar över en del olika jordborrningsmetoder.

Då borrning i vattendrag måste kombineras med lodning, och då lodning även utan kombination med borrning ej sällan måste verkställas vid undersökningar för järnvägsändamål, samt då det visat sig, att särskilda anordningar måste träffas för att lodningsresultaten skola bliva i erforderlig grad noggranna, redogöres jämväl för lämplig metod för lodning.

Det är givet, att här framlagda undersökningsmetoder, om de också närmast äro utarbetade för järnvägarnas behov, även lämpligen böra tillgodogöras för andra geotekniska ändamål såsom för övriga väg- och vattenbyggnader, bland annat grundläggningar, och andra liknande arbeten.

2. Geoteknisk indelning av jordlagren.

Jämte beskaffenheten av jordlagrens smådelar (deras material, storlek och form) är lagrens bildningssätt avgörande för deras allmänna egenskaper, och bildningssättet måste därför ingå som en väsentlig faktor vid jordlagrens benämning och indelning.

Detta gäller även, då frågan ses ur speciellt geoteknisk synpunkt, ehuruväl det därvid är både möjligt och lämpligt dels att begränsa sig till sådana underavdelningar, som vid de praktiska arbetena oftast komma ifråga och lättast kunna åtskiljas, dels att sammanslå sådana, som hava ur nämnda synpunkt likartade egenskaper.

Härvid är det emellertid av synnerlig vikt, att alla benämningar så långt som möjligt ansluta sig till fackgeologernas beteckningar, för att man skall kunna tillgodogöra sig dessas fältundersökningar och närma sig det viktiga önskemålet att i stället för de lokala, ej sällan svävande och oklara lekmannatermer, som hittills ofta tillgripits, ernå enhetliga och klart preciserade beteckningar. Detta skulle också väsentligt underlätta fullföljandet av det nu även i vårt land påbörjade samarbetet på detta område mellan geologi och teknik.

För att göra en karaktäristik av de olika jordarterna mera förståelig för dem, som icke idkat geologiska specialstudier, torde här erfordras en kortfattad framställning av den allmänna geologiska utvecklingen under den tidrymd, från vilken vårt lands jordlager härröra.

Denna tidrymd, som benämnes kvartärtiden, inleddes därmed, att ett flera hundra meter tjockt täcke av inlandsis småningom utbredde sig över hela landet. När sedan mildare klimat inträdde, och isen började att smälta undan, drog sig iskanten steg för steg tillbaka mot nedisningsområdets centralare delar. Stora områden, som nu utgöra land, lågo då sänkta under havets yta. Efter denna tid höjde sig emellertid landet småningom, och landhöjningen har sedan dess, låt vara i vissa trakter avbruten av sänkning, pågått ehuru med alltmera avtagande hastighet.

* * *

Under hela den tid, nedisningen varade — alltså även då själva iskanten till följd av avsmältning började draga sig tillbaka — rörde sig istäcket liksom en seg massa ut mot sin gräns och framsläpade därvid väldiga massor bergartsmaterial, vilket mer eller mindre fullständigt krossades och söndermaldes av isen. Det material, som på detta sätt blivit avsatt omedelbart av landisen och ej varit utsatt för senare omlagring, kallas morän.

Moränen är oskiktad och utgör en blandning av material av alla möjliga kornstorlekar från stora block ned till finaste bergartspulver.

Där moränmaterialet åstadkommits genom krossning av vanliga urbergarter (granit och gnejs m. fl.), såsom i större delen av vårt land, är moränen grusig och kallas morängrus — till skillnad mot vissa trakters moränlera och moränsand — men förekomsten av söndermalt, stoftigt, stundom hårt packat bergartspulver jämte kantiga stenar skiljer morängruset från vanligt grus i praktisk mening. (Morängruset har tidigare brukat kallas »krosstensgrus».)

Är moränen hårt packad och dess olika smådelar därigenom fast sammanhängande, plägar den kallas pinnmo.

Moränen utgör vårt lands mest utbredda jordlager, och där densamma går upp i jordytan, bildar den vanligen skogs- och hagmark.

* * *

Vatten, som till följd av regn och avsmältning bildades på inlandsisens yta, sökte sig genom sprickor uti isen ned till underlaget och samlade sig där till under hydrostatiskt tryck framströmmande vattendrag, isälvar, vilka sökte sig ut till iskanten. På bekostnad av moränbildningarna medförde dessa älvar material, som allt mer nöttes och tillrundades. När sådana smältvattenströmmar nådde iskanten, minskades med ens strömhastigheten och därmed även transportförmågan, varför allt det grövre materialet avsattes vid själva iskanten och där hopades i ofta mäktiga, mer eller mindre skiktade lager. När issträuderna smälte bort, togo dessa avlagringar oftast formen av kullar och ryggar, som bilda våra vanliga sand- eller rullstensåsar. Dessas material av rullsten, grus och sand betecknas med den gemensamma benämningen åsgrus eller rullstensgrus. Som åsgruset avlagrades, just då landisen inom varje trakt bortsmälte, vilar detsamma i regel på berg eller morän.

Åsgruset är vanligen väl rundnött och rensköljt från stoft- och lermaterial. Dess olika grova beståndsdelar, som ofta träffas inom skilda delar av samma gruslager, äro sorterade efter kornstorlek, fullständigare ju finare materialet är. Sådant åsmaterial, vars huvudmassa består av korn, större än 2 mm, kallas grus, det som är finare sand.

Där inlandsisen sköt ut i hav eller insjöar, avsattes de finaste beståndsdelarna av det material, isälven medfört, utanför den egentliga åsavlagringen, på större eller mindre avstånd från isälvens mynning allt efter partiklarnas finleksgrad. Där isen avsmälte på land, tog den landälv, som utgjorde isälvens fortsättning, det finare materialet med sig och avsatte detta på liknande sätt i sjöar eller i havet.

På detta sätt bildades en betydande del av våra sand-, mjäl- och leravlagringar.

Till sand räknas avlagringar, vilkas huvudmassa utgöres av korn mindre än 2 mm samt ned

till den minsta storlek, som ännu för känseln mellan fingrarna eller mellan tunga och läppar låter de små sandkornen tydligt förnimmas.

Där strömmen var för stark för att medgiva avsättning av det allra finaste lerslammet, avlagrades ytterst finsandigt, stoftigt material, som på grund av sin i torrt tillstånd mjöliga beskaffenhet kallas mjäla.

Mjälan är i fuktigt tillstånd kort i brottet och icke seg eller plastisk.

Jämte den allra finaste sanden utgör mjälan huvudbeståndsdelen i flytjord, vilken kännetecknas förnämligast dels därav, att densamma, från att vid viss vattenhalt vara tämligen fast, genom endast en obetydlig ökning av fuktighetsgraden blir flytande, dels därav, att den i fuktigt tillstånd vid frysning blir tjälskjutande.

På djupt och lugnt vatten avsattes det allra finaste materialet, leran.

Leran är i fuktigt tillstånd vanligen seg och för känseln fet.

Färgen hos leran är vanligen blå- eller gulaktig. Den gula färgen har uppkommit genom luftens oxiderande inverkan på leran och sammanhänger icke med lerans uppkomstsätt.

I såväl den fina sanden som mjälan och leran kan det förekomma både spridda stenar och smärre gruspartier, som däri blivit avstjälpta från smältande drivisstycken. Vid borrning genom sådana lager måste detta beaktas, så att ej dylikt drivismaterial felaktigt antages vara den fasta bottnen.

* * *

De ovan beskrivna avlagringarna hava samtliga danats genom inlandsisen eller genom is- eller smältvattenälvar.

I den mån landet började att befrias från istäcket, utsattes ovan omtalade bildningar för omlagring.

På sådana platser, där morängrus eller rullstensgrus utsattes för vågsvall från insjöar eller havet eller för utskärning av älvar, utsorterades sålunda det finare materialet och fördes vidare av vattnet; det grövre däremot blev i regel endast omlagrat och obetydligt förflyttat.

Sådant grövre material bildar strandgrus eller älvgrus, vilka båda i flera avseenden till sitt utseende likna åsgrus. Som emellertid strandgruset och älvgruset kommit till avsättning ej blott på berg- eller morängrund utan ofta nog även ovanpå mäktiga lerlager, behöva de ej, såsom morängrus och åsgrus, utgöra ur teknisk synpunkt fast botten. Förväxlingar av strandgrus och älvgrus med åsgrus kunna sålunda medföra risker.

Det finare, av vattnet utsorterade materialet avsattes, i den mån vattnets transportförmåga minskades, i sjöar eller i havet. Därvid har sanden avlagrats nära stränder och älvmynningar och det finare materialet (mjälan och leran) längre ut. Allt efter som landet höjde sig, kunde omlagring äga rum och sandtäcket efter hand utbredas.

* * *

Inom grundare havsvikar blir lerslammet under vissa förhållanden så uppblandat med djur- och växtrester, att jordarten får även i geotekniskt avseende annan beskaffenhet än den rena leran. Materialet blir för tryck något elastiskt men för dragning ej längre segt utan kort, så att det lättare brister. Färgen blir ofta grönaktig och mörk. Allt efter mängden sålunda inblandat organiskt material kallas avlagringen gyttjig lera, lerig gyttja eller gyttja. Vid luftens tillträde blir sådan gyttja, havsgyttja, ofta brun eller rostig och sammankrymper betydligt vid torkning.

Inom insjöar avsättes också gyttja, sötvattensgyttja, som vanligen erhåller en brunaktig eller grå färg med en dragning åt grönt. Gyttjebildningen fortsätter, så länge vattenytan är relativt fri från sammanhängande växtbestånd (vass e. d.). Då sådana uppträda, börjar torv att bildas. Torvbildningen utgör en fortgående lagring av mer eller mindre förmultnade rester av platsens växtbestånd.

Sammanställning av de ur geoteknisk synpunkt viktigare jordarterna.

Jordarter av bergartsmaterial.

Jordarter av osorterat material.

Morän. (*Morängrus, moränsand, moränlera.*) Mer eller mindre kantigt, osorterat material av grusig, sandig eller lerig beskaffenhet, oftast innehållande alla möjliga kornstorlekar från block till finaste bergartspulver.

Är moränen hårt packad, kallas den *pinnmo.*

Jordarter av sorterat material.

Grus. Avlagringar, vilkas huvudmassa utgöres av korn med en storlek av 2—20 mm.

Sand. Avlagringar, vilkas huvudmassa utgöres av korn mindre än 2 mm samt ned till den minsta storlek, som ännu för känseln mellan fingrarna eller mellan tunga och läppar låter de små sandkornen tydligt förnimmas.

Mjäla. Ytterst finsandigt, stoftigt material av i torrt tillstånd mjölig beskaffenhet. I fuktigt tillstånd kort i brottet och icke seg eller plastisk.

Lera. Det finast fördelade bergartsmaterialet. I fuktigt tillstånd vanligen seg och för känseln fet.

* * *

Benämningen *åsgrus* avser en sammanfattning av det i våra sand- eller rullstensåsar ingående materialet av rullsten, grus och sand, vanligen bestående av tillrundade och efter storlek sorterade korn. Benämningarna *strandgrus* och *älvgrus* avse omlagringsprodukter av åsgrus eller av morän.

Jordarter av växt- och djurrester.

Gyttja. En likformig, i brottet något kornig, vanligen grågrön eller brunaktig jordart av förmultnade djur- och växtdelar, vilken i fuktigt tillstånd vid lätt tryck mellan fingrarna verkar något elastisk.

Dytorv. Starkt förmultnad brunaktig torv, som i vått tillstånd har en gröt- eller smörlik konsistens.

Skogstorv. Torv, som i avsevärd grad innehåller stubbar och andra trädrester.

Filttorv. Föga förmultnad torv med filtig, mer eller mindre seg konsistens. Hit räknas oförmultnad mosstorv.

Vissa jordarter, såsom gyttjig lera, lerig gyttja m. fl., bestå av en blandning av bergartsmaterial samt växt- och djurrester.

3. Undersökningarnas allmänna gång.

Förberedande besiktning av terrängen.

Då det gäller att utreda bärigheten hos mark, över vilken ny bana skall framdragas, eller stabiliteten hos redan befintlig bana, bör den första åtgärden vara att genom en allmän rekognoscering fastställa, vilka delar av den föreliggande sträckan, som utan vidare kunna förklaras riskfria, och där alltså inga undersökningar erfordras.

Platser, som sålunda utan undersökningar kunna anses riskfria för vanliga bankar och skärningar, äro i stort sett endast sådana, där marken uppbygges av berg och morän eller av grus och sand utan eller med endast obetydliga inlagringar av lera, mjäla eller organogena jordarter, och där samtidigt den naturliga markens lutning eller lagring icke är alltför brant.

Så snart däremot marken består av mjäla, lera, torv eller gyttja, bör man icke utan vidare förbigå en dylik plats, även om dennas allmänna beskaffenhet synes antyda bärande grund. En stor mängd, kanske flertalet, fall av denna art torde emellertid i verkligheten vara av sådan beskaffenhet, att inga försiktighets- eller förstärkningsåtgärder behöva ifrågakomma. Men då det i regel icke är möjligt, att i varje enskilt fall endast genom okulärbesiktning med säkerhet avgöra, om dylika åtgärder erfordras eller icke, böra alla platser av antydd beskaffenhet underkastas en rekognoscering medelst borrning, i avsikt att i stort angiva de förefintliga jordslagens mäktighet och beskaffenhet.

Borrning. Därvid utföres till en början endast en gles borrning med sondborr i förening med en undersökning av ytlagrens beskaffenhet. Vid denna förberedande borrning placeras borrhålen så glest som möjligt, dock så, att en sammanhängande översikt av markbeskaffenheten erhålles.

Genom denna översiktliga borrning i förening med aktgivande å terrängens allmänna topografiska och geologiska beskaffenhet fastställes, dels vilka platser, som utan ytterligare undersökning kunna anses riskfria, dels vilka platser, som måste underkastas specialundersökningar. Dessa undersökningar utföras dels genom tätare sondborrning, dels enligt metoder av annan art.

Sondborrningen utföres för enhetlighets vinnande städse medelst borr av den typ och på det sätt, som beskrives i kap. 5 här nedan (D. 5), och avser, som nämnt, att fastställa mäktigheten hos lager av lösare jordarter, såsom lera, torv, gyttja o. s. v. samt att erhålla relativa och i viss grad jämförbara mått å respektive lagers fasthet.

De motstånd, vilka vid sondborrningen registreras, ange emellertid icke enbart de olika lagrens större eller mindre grad av svårgenomtränglighet, utan måste i stor utsträckning anses härröra från redan genomborrade lagers friktion mot borrstången. På grund härav är det av vikt, att åtgärder vidtagas för att i möjligaste mån förhindra sådan friktion. Det är i detta syfte, som spetsen hos den använda sondborrtypen gjorts grövre än borrstången och denna försetts med skarvar utan ansvällning. Men då friktion mot borrstången likväl icke kan helt och hållet undvikas, och då friktionen hos vissa ytlager, i synnerhet den mer eller mindre uttorkade leran, på grund av dessas konsistens skulle inverka i särskilt hög grad förryckande på borrningsresultatet, måste man förhindra, att borrstången hejdas genom kontakt med dessa lager. För detta ändamål användes i regel såsom förborrning för sondborrningen det i kap. 6 här nedan beskrivna borrningsförfarandet, vid vilket genom ytlagren uppborras ett hål med större diameter än sondborren (D. 6).

Vid sidan av sin uppgift att sålunda utgöra en förborrning för sondborrningen avser denna del av borrningen jämväl att å lermark giva en ungefärlig upplysning om det i följd av uttorkning fastare ytlagrets (torrskorpans) tjocklek och beskaffenhet samt att över huvud taget i detalj utreda, av vilka jordarter de ur geoteknisk synpunkt särskilt viktiga ytlagren äro sammansatta.

Provtagning. I de fall, då sondborrningen och den enligt ovannämnda metod utförda undersökningen av ytlagren icke givit för frågans bedömande uttömmande resultat, måste även andra grundundersökningsmetoder komma till användning, t. ex. provtagningsborrningar, provgrävningar, provbelastningar, provpålningar, periodiska observationer av eventuella markrörelser o. s. v.

Ett särskilt viktigt led i dessa undersökningar är det direkta fastställandet av de föreliggande jordarternas fasthetsgrad. För detta ändamål samt för att verkligen bestämma även de å större djup förekommande jordslagen måste prov upptagas. Angående förfaringssättet härför hänvisas, till vad här nedan (D. 7) säges.

Sättet för provtagningen bör avpassas efter de föreliggande förhållandena, så att exempelvis prov från högre upp belägna lager, särskilt om dessa äro av fastare konsistens, i regel upphämtas medelst skopborr, från större djup och å lösare lager däremot medelst kannborr. Ofta är det ändamålsenligt att vid provtagningen använda skopborren till det djup, till vilket borrhålet håller sig öppet utan att rasa igen, och att därefter fortsätta med kannborren. Skulle det icke visa sig möjligt att på detta sätt erhålla prov, kan man i vissa fall komma till resultat med tillhjälp av ett rör, som nedföres till det djup, där prov skall tagas, och som tjänstgör som skydd för provtagningsverktyget vid dettas nedförande och uppdragande. Detta rör, som benämnes foderrör, måste sålunda vara tomt vid själva provtagningen och för tillvägagångssättet härutinnan hänvisas till ett efterföljande kapitel (D. 7).

Vid provtagning med skopborr och kannborr erhållas proven i mer eller mindre omrört tillstånd. I många fall har det emellertid visat sig nödvändigt att undersöka helt oomrörda prov. Sådana kunna under vissa förutsättningar upptagas medelst cylinderborr (D. 7 c).

4. Organisering av undersökningarna.

Såväl vid sondborrning som vid provtagning böra borrställena så väljas, att undersökningen för minsta möjliga kostnad lämnar den upplysning om grundens geotekniska karaktär, som genom densamma kan ernås.

Borrningarnas anordnande i tvärsektioner.

Borrningarna ordnas i tvärsektioner, vilka i regel och särskilt på jämn mark läggas vinkelräta mot banlinjen, d. v. s. å raklinje vinkelrätt mot denna och i kurva i radiens riktning.

På sådana ställen, exempelvis där banlinjen framgår över eller nära intill av vattendrag utskurna dalar eller i närheten av gränslinjen i ytan mellan ler- (torv- och gyttje-) lager samt underliggande berg eller morän, fordras dock, för att belysa de geologiska förhållandena, att sektionerna läggas så vitt möjligt någorlunda tvärs över nämnda dalar och gränslinjer.

Avstånd mellan sektionerna.

Äro terräng- och belastningsförhållandena någorlunda likformiga över den plats, som skall undersökas, läggas i regel tvärsektionerna på lika inbördes avstånd. Till en början kunna dessa avstånd väljas jämförelsevis stora. Skulle de vid denna första glesare borrning framkomna resultaten tyda på önskvärdheten av en tätare borrning, kunna i vanliga fall avstånden mellan de först uppborrade sektionerna halveras. På så sätt kan fortsättas, intill dess man anser sig hava erhållit tillfredsställande kännedom om terrängen. (Lämpliga sektionsavstånd exempelvis 160, 80, 40 och 20 m).

Borrhålens placering i sektionerna.

För valet av borrhålens lägen inom sektionen bör tillämpas en liknande princip. Först göres en glesare borrning, som sedan efter behov göres tätare. Därvid bör dock observeras, att i regel upplysningarna från borrhålen närmast banan äro de värdefullaste. Om därför borrningen skall utsträckas långt åt sidan om banan, kan det ofta vara tillräckligt att förlänga endast en eller annan sektion.

Normaldjup för provtagning.

På vilka djup under markytan prov böra tagas, är ju givetvis beroende av ändamålet med provtagningen och platsens geotekniska beskaffenhet. Om inga lokala skäl tala för något annat, torde det dock i de flesta fall vara lämpligt, att proven tagas å följande djup under markytan nämligen: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0. 2,5, 3,0, 4,0, 5,0, 7,0 och 10,0 (samt eventuellt 15,0) m.

Angivande av läget för undersökningarna.

Läget av de utförda undersökningarna angives i förhållande till gällande linjelängdmätning, vars utgångspunkt och riktning uppgives. (Vid trafikerade banor således till den å marken medelst km- och 200-m-tavlor utmärkta banlängdmätningen.)

Den bandel, som skall undersökas (exempelvis Norrköping—Mjölby, Göteborg—Kungsbacka) indelas genom varje station i sträckor (exempelvis Linköping—Malmslätt o. s. v., Lindome—Anneberg o. s. v.). Understruket stationsnamn utmärker, att stationsområdet ingår uti ifrågavarande sträcka. Gränsen mellan tvenne sträckor sättes alltid vid ena eller andra änden av ett stationsområde.

Banlinjen användes som nollpunkt för tvärsektionerna, och höger och vänster i sektionerna räknas i förhållande till längdmätningens riktning.

I de fall, då det av en eller annan orsak ansetts lämpligt att lägga någon sektion snett mot banan, anmärkes detta, varvid uppgives storleken av den vänstra främre vinkeln mellan sektionslinjen och banlinjen.

Då banlängdmätningen framdeles kan komma att ändras, bör utefter banan här och var för kontroll inmätas vissa lätt igenkännliga terrängföremål eller, om sådana ej finnas, i berg eller jordfasta större stenblock inslagna järndubbar, vilkas lägen noga beskrivas.

Nollplan.

Höjduppgifterna hänföras till nollplanet för Sveriges precisionsavvägning (»havets medelvattenyta»).

5. Sondborrning.

Arbetsstyrka.

Borrningen utföres av arbetslag om två man under ledning och tillsyn av en övad borrningsledare, som eventuellt kan övervaka ett par i omedelbar närhet av varandra arbetande borrlag.

Borrmateriel med tillbehör.

Till en fullständig borrsats hör följande (Pl. 1):

1) Erforderligt antal 1 m långa 19 mm rundstålsstänger, i ena änden utbildade till tapp, som gängats, och i den andra urborrade och invändigt gängade, så att de kunna hopskruvas med varandra. (I vanliga fall torde satsen böra bestå av 40 borrstänger).
2) En borrstång, 0,8 m lång, jämte ett antal dylika i reserv.
3) En borrspets, 0,2 m lång, jämte ett antal dylika i reserv.
   Borrspetsen förfärdigas av 25 mm fyrkantstål, vilket nedåt spetsas och vrides i spiral ett varv.
4) En svängel, 0,5 m lång, vilken kan påskruvas på övre änden av borren.
5) En klämma, vägande c:a 5 kg.
6) En nyckel till klämman.
7) Två nycklar till sondborrstängerna för dessas hopsättning.
8) En viktsats av cirkelformiga gjutjärnsplattor. Satsen väger 100 kg och består av
   en platta om 5 kg,
   två plattor om 10 kg,
   tre plattor om 25 kg.
9) Två rörtänger, (exempelvis BAHCO nr 92).
10) En mätstång, 2 m lång, graderad i cm.
11) En hävstång av trä, c:a 3 m lång, i ena änden järnbeslagen och försedd med en skåra för inpassning av borrstången vid dennas uppdragning ur jorden.
12) En bock av trä, c:a 0,6 m hög, som stöd för hävstången vid borrens uppdragning.
13) En oljekanna och trassel.
14) Träull e. d. för borrens rengöring.
15) En vattenhink.
16) En spade.
17) En trälåda, i vilken större delen av ovanstående materiel förvaras.

Borrningens utförande.

Sondborrningen har, som ovan sagts, *huvudsakligen till ändamål dels att utröna den större eller mindre fastheten hos de jordlager, som genomborras*, dels att i möjligaste mån bestämma de förekommande jordslagen samt gränserna dem emellan. Härvid bör beaktas, att man för att skilja torv och gyttja sinsemellan och från lös lera måste tillgripa provtagning.

Den fastare jordskorpa, som på lermark i regel förefinnes närmast markytan, ävensom torv- och sandlager, där sådana förekomma, genomschaktas eller genomborras med en borr av större diameter än sondborren (t. ex. skopborr, se D. 6), så att den senare vid nedborrningen friktionslöst kan passera nämnda övre lager. Om ytlagret består av sand eller grus, som har benägenhet att rasa ned i borrhålet, bör detta i möjligaste mån hindras t. ex. genom att i detta lager omgiva sondborren med rör.

Vid borrning i vatten med större djup än 1 m skall borren, i och för sidostöttning, mellan vattnets yta och botten omgivas av rör (38, 51 à 76 mm diameter, beroende på vattendjupet). Dessa rör nedföras ej mera i botten, än vad som för sidostöttning är nödvändigt; vid lösare botten skola de därför vederbörligen upphängas.

Närmast borrspetsen, som är 0,2 m lång, sättes en borrstång av 0,8 m längd, varefter endast borrstänger om 1 m längd påsättas. Härigenom kommer alltid avståndet från borrspetsen till en stångskarv att uppgå till ett antal hela meter, vilket underlättar mätningen av borrningsdjupet. För att man bekvämt och säkert skall kunna hålla reda på antalet nedsatta borrdelar, böra desamma från början uppläggas i knippen om 5 st. i varje. Dessa knippen kunna lämpligen uppläggas på en ställning med numrerade avdelningar för de olika knippena.

Att i och för bestämmande av borrningsdjupet förse borrstängerna med fast numrering är icke lämpligt, enär sådan numrering brytes, så snart en borrstång blir obrukbar.

Vid all sondborrning, där motståndet på nedan angivet sätt skall registreras, nedföres borren så nära som möjligt vertikalt.

Först låter man därvid borren sjunka för egen vikt, till dess att sjunkningen praktiskt taget upphör. Detta anses vara fallet, då tiden för 1 cm sjunkning överstiger 10 sekunder. För att borren icke skall gå förlorad, får densamma icke helt och hållet släppas, förrän motståndet blir

tillräckligt stort att hindra alltför hastig sjunkning. Sedan borren upphört att sjunka för egen vikt och borrningsdjupet antecknats, påsättes klämman, och då sjunkningen därvid åter upphör, påläggas vikterna en och en under iakttagande därav, att sjunkningen mellan varje belastningsökning skall hava praktiskt taget upphört (Fig. 11). Belastningssökningarna, sedan klämman påsatts, äro följande: 10 kg, 10 kg, 25 kg, 25 kg och 25 kg. (Ang. 5 kg-viktens användning se nedan). Enär klämman (vikt 5 kg) inräknas i belastningen, men ej (med nedan angivet undantag) borrstången, erhålles sålunda som normala belastningsfall 0, 5, 15, 25, 50, 75 och 100 kg. Varje gång, innan belastningen ökas, vrides borren ett varv, så att säkerhet vinnes, att sjunkningens upphörande icke berott på ett motstånd av tillfällig art. Sedan borren upphört att sjunka för 100 kg belastning (klämman + 95 kg), fortsättes borrningen, med bibehållande av denna belastning, genom kringvridning av borren medelst den å övre änden påskruvade svängeln (Fig. 12). Härvid avläses borrningsdjupet för varje kringvridning av 25 halva varv.

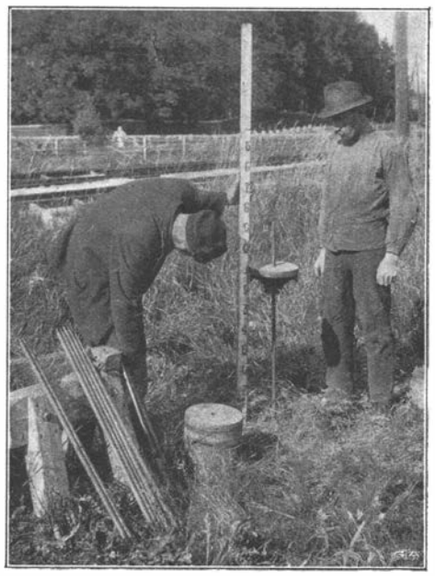


Fig. 11. Sondborrens sjunkningsdjup för 15 kg belastning avläses. (Klämman är av annan typ än den här föreskrivna).



Fig. 12. Sondborren nedborras genom vridning. (Klämman är av annan typ än den här föreskrivna).

Varken då borren nedföres eller uppdrages, får någon vridning motsols förekomma, enär eljest borrdelarna kunna skruvas isär.

Där det gäller att säkert fastställa läget av fast botten, fortsättes vridningen, till dess sjunkningen för 100 halvvarvs kringvridning ej överstiger en eller annan cm. I allmänhet kan dock borrningen avslutas tidigare.

Vid bestämningen av fast botten i ett borrhål måste möjligheten av inlagringar av sten och grus i leran (D. 2) noga beaktas. Om jämförelse med angränsande borrningar talar för denna möjlighet, bör omborrning i närheten av det misstänkta borrhålet företagas.

Sondborren lämpar sig ej till borrning genom blockrika jordarter (grovt rullstensgrus, morän etc.)[1].

[1] Lämpligare borrningsmetoder äro i sådana fall, t. ex. då det gäller att fastställa bergytans läge, hejarborrning (nedslagning av grova borr med hejare) eller vattenspolningsborrning (se D. 7. d), ehuru ej heller dessa borrningsmetoder alltid lämna fullt säkra resultat. Mindre block kunna visserligen undanskjutas eller sönderkrossas, men ej de ofta i riklig mängd förekommande större. Borrningen måste därför avbrytas, då borrspetsen stannat mot ett dylikt större block, vilket i sådant fall ofta av misstag betecknas såsom berg. Vid vattenspolningsborrning kan man i viss grad hjälpa sig fram med sprängning. Är det nödvändigt att säkert fastställa bergets läge kan man fortsätta borrningen med diamantborr eller bergborr till några meters djup under den förmodade bergytan.

Skulle det visa sig, att, sedan en viss belastning verkat under någon stund, borren får benägenhet till avsevärt hastigare sjunkning, bör denna hindras, och fullständig avlastning ske, varefter borrningen med successiv återbelastning får fortgå, som ovan angivits. Skulle vid vridning sjunkningen bliva påfallande hastig, så att man kan misstänka, att borren skulle sjunka för enbart belastning, bör även detta på samma sätt undersökas.

För att vid borrning i vatten få de registrerade belastningsfallen bättre jämförbara med motsvarande fall vid borrning å land, inräknas vid dylik borrning i belastningen vikten av den del av borrstången, som befinner sig i vatten, dock med undantag för tre borrlängder, vilka kunna anses genomsnittligen motsvara den vid borrning å land fritt i ytlagerborrhålet stående delen av borrstången. Härvid beräknas borrstången väga 2 kg pr m; vikten avrundas dock till närmaste 5-tal kg. Vid dylik borrning kommer man sålunda i allmänhet icke att få tillfälle att använda de mindre av de ovannämnda normala belastningsfallen. Om t. ex. vid borrning från flotte eller is, vattendjupet är 13 m, påsättes, sedan borren stannat för egen vikt, och borrningsdjupet avlästs



Fig. 13. Sondborren uppdrages med hjälp av klämman och hävstången.

och antecknats, först klämman (5 kg), men belastningen antecknas som 25 kg, därefter påsättes ytterligare 25 kg, varvid belastningen antecknas som 50 kg o. s. v. Högsta belastningsfallet blir som vanligt 100 kg. I detta fall komma sålunda de båda 10-kg-vikterna icke till användning. Vid 23 m vattendjup blir första normala belastningsfallet 50 kg, vilket, då ju borrstångens vikt enligt ovanstående skall införas med 40 kg, åstadkommes genom påsättande av klämman (5 kg) och 5 kg vikten.

Ett liknande förfaringssätt tillämpas vid sondborrning på land i ett med större diameter uppborrat, mera än 5 m djupt hål, i vilket sondborren löper friktionslöst.

Då noggrann registrering av motståndet önskas, må icke borrspetsarna användas, sedan de skarpa kanterna blivit nämnvärt avnötta, enär eljest borrningen kan giva vilseledande resultat.

Borren bör icke utsättas för starkare vridning, än vad *en* man kan åstadkomma. Borrskarvarna böra hållas väl insmorda med olja.

Borrspetsens gängtapp är, i motsats till borrstängernas gängtappar, icke härdad samt dessutom försvagad genom en svarvskåra, allt detta i avsikt, att, om borren utsättes för för stark påfrestning vid vridning, bristningen må ske vid spetsen, och sålunda minsta möjliga förlust uppstå.

Slag på borren förekomma, som av det ovan anförda framgår, icke vid denna borrningsmetod, men om slag i undantagsfall anses böra tillgripas, må endast användas lätta slag, varjämte tillses, att slagen träffa centralt å svängelns uppstående mittparti.

Borren uppdrages med tillhjälp av klämman. Om så erfordras, användes vid uppdragningen hävstången, vilken sättes i spänn mot träbocken. (Fig. 13).

Då borren uppdrages med hävstång, tillses, att uppflyttningarna icke göras så stora, att borren böjes.

Borrningen utföres, såsom ovan påpekats, i regel vertikalt och detta undantagslöst, då det gäller att registrera grundens fasthet. Ibland utföres dock sondborrningar i sned riktning eller t. o. m. horisontellt, såsom t. ex. i vissa fall, då det gäller att fastställa sjunkna bankars begränsningslinje under markytan. För att därvid så vitt möjligt kunna framföra borren i en bestämd riktning och även för att bekvämt kunna uppmäta denna riktning är det ändamålsenligt att styra borren medelst en ränna av tvenne hopspikade bräder, vilken uppbäres av en i marken säkert fastgjord ställning. Borren indrives då alltid, utan belastning, medelst vridning eller tryckning och stötning för hand.

Borrprotokoll.

Vid borrningen föres protokoll enligt efterföljande formulär: Protokoll över sondborrning jämte förborrning. Bil. 3.

Härvid antecknas dels djupet av förborrning för att angiva, var sondborrningen börjar, dels läget av de gränser mellan olika jordslag, som genom borrningen kunnat fastställas, dels läget av borrspetsen såväl vid ombyte av belastning som vid början av vridningen och efter varje kringvridning av 25 halva varv, dels ock andra iakttagelser under borrningen såsom gnissling, trög kringvridning o. d. Skulle under en och samma period av 25 halva varv jordslaget ändras, antecknas, utom djupet, där detta äger rum, huru många halva varv av denna period som äro att hänföra till det ena och till det andra av dessa jordslag.

Alla djup räknas under avvägd mark-(vatten)yta.

Se för övrigt i ovannämnda formulär anförda exempel.

6. Borrning genom ytlager.

Arbetsstyrka.

Borrningen utföres av arbetslag om två man under ledning av en övad borrningsledare, vilken det åligger att personligen fastställa gränserna mellan i ytlagret ingående jordslag samt de nedan angivna konsistensgränserna.

Borrmateriel med tillbehör.

Till en fullständig borrsats hör följande:

1) En borrskopa (Fig. 18).
2) Erforderligt antal (i regel 5 st.) borrstänger om 1 m längd av 19 mm rundstål (samma modell som sondborrstängerna).
3) En svängel för borrens manövrering (samma modell som till sondborren).
4) Två nycklar till sondborrstängerna för dessas hopsättning.
5) Två rörtänger (exempelvis BAHCO nr 92).
6) En mätstång, 2 m lång, graderad i cm.
7) En rundbottnad porslinsskål, c:a 10 cm i diameter.
8) En rundspetsad stålkniv med måttligt fjädrande blad.
9) Ett block billigaste papper (8:o).
10) En oljekanna och trassel.
11) Träull e. d. för borrens rengöring.
12) En vattenhink.
13) En spade.
14) En trälåda, i vilken större delen av ovanstående effekter förvaras.

De under nummer 2), 3), 4), 5), 6), 10), 11), 12), 13) och 14) nämnda effekterna ingå i utrustningen för sondborrning och behöva därför vid ytlagerborrning i förening med sondborrning ej särskilt medföras.

Arbetets utförande.

Borrningen genom ytlager avser, som förut sagts, dels att vara förborrning för sondborrningen, dels ock att utröna ytlagrens sammansättning samt, då dessa utgöras av lera, torrskorpans tjocklek och konsistens.

Tillvägagångssättet är följande:

Sedan den översta delen av ytskorpan (gräsvålen e. d.) avlägsnats, nedsättes skopborren (se vidare provtagning med skopborr, D. 7. b).

Iakttagelser under borrningen.

Vid borrningen antecknas jordslagen (grus, sand, mjäla, lera, torv, gyttja o. s. v.) och gränserna mellan dessa. Vidare göres anteckning om väderleken vid tillfället (uppehållsväder, regn, snö,

frost o. s. v.), djupet av möjligen förekommande tjäle i marken samt det djup, vid vilket vatten eventuellt påträffas i borrhålet. Dessutom antecknas färgen hos respektive jordslag.

Då torrskorpa föreligger, d. v. s. då ytlagret huvudsakligen består av mer eller mindre torkad lera, bestämmes omedelbart läget av följande konsistensgränser hos leran:

a) Utrullgränsen (= gränsen mellan fast och plastisk lera).
b) Flytgränsen.
c) Klibbgränsen.
d) Klimpzonens undre gräns (= det djup, till vilket leran i följd av omväxlande uttorkning och uppblötning erhållit klimpig konsistens).

a) *Utrullgränsen* bestämmes sålunda:

Ett stycke lera (1 à 2 kbcm) befriad från torr jord och andra vid borrningen tillkomna föroreningar, utrullas med två eller tre fingrar på pappersblocket, varvid iakttages, att lerrullen alltjämt sträckes. Sträckningen åstadkommes därigenom, att fingrarna under rullningen föras i sär. Då leran genom denna behandling icke sönderfaller i stycken utan nätt och jämt låter utrulla sig till en tråd, är utrullgränsen nådd.



Fig. 14.



Fig. 15.

b) *Flytgränsen* bestämmes sålunda:

Ett stycke (3 à 4 kbcm) av leran (befriad från föroreningar) formas vid ena kanten av den väl rengjorda och torkade porslinsskålen till en kaka. I denna göres med kniven en fåra (Fig. 14). Skålen fattas i ena handen, så att lerprovet kommer att befinna sig i den del av skålen, som icke omfattas av handen, samt stötes kraftigt upprepade gånger mot andra handens insida. Så länge skåran därvid håller sig oförändrad, är flytgränsen icke uppnådd. Gränsen föreligger, då skårans nedersta del vid stötningen nätt och jämt sammanflyter (Fig. 15). Sker sammanflytningen lätt, är gränsen passerad.

c) *Klibbgränsen* bestämmes sålunda:

Ett stycke lera tages i skålen och ältas med kniven. Så länge denna härvid genom strykning på lerprovet låter sig fullständigt befrias från vidhäftande lera, är leran icke klibbande. Då leran vid upprepade strykningar de flesta gångerna icke låter sig på angivet sätt avstrykas, är klibbgränsen uppnådd.

d) *Klimpzonens undre gräns* ligger, där leran vid utstrykning icke längre visar sig innehålla klimpar, utan är fullt likformig.

Protokoll. Vid borrningen föres protokoll. Se exempel i ovannämnda: Protokoll över sondborrning jämte förborrning. Bil. 3.

Där så lämpligen kan ske, bör bestämningen av nämnda konsistensgränser ersättas med bestämningen av hållfasthetstalen, vattenhalterna och finlekstalen hos ett tillräckligt antal prov inom torrskorpan.

7. Provtagningsborrning.

a. Provtagning med kannborr.

Arbetsstyrka. Borrningen utföres av arbetslag om två à tre man under ledning och tillsyn av en övad borrningsledare, vilken det åligger att personligen ur borrkannan uttaga och i förvaringsburkarna inlägga jordproven.

Borrmateriel med tillbehör Till en fullständig borrsats hör följande (Pl. 2):

1) En provkanna med smal läpp jämte en extraläpp för ökning av läppens bredd.
2) Erforderligt antal borrstänger om 2 m längd av järnrör med 25 mm yttre diameter.
3) En nyckel till skruvarna för borrstängernas hopsättning, jämte reservnycklar.

4) Ett antal reservskruvar för borrstängernas hopsättning.
5) En svängel, 0,4 m lång, för borrens manövrering jämte två förlängningsarmar om vardera 0,6 m längd.
6) Två nycklar till svängeln.
7) Två rörtänger (exempelvis BAHCO nr 92).
8) En mätstång, 2 m lång, graderad i cm.
9) Erforderligt antal glasburkar för provens förvaring jämte korkar och etiketter samt en låda för burkarnas förvaring.
10) En mindre bleckburk, innehållande paraffin (smältpunkt 50° à 70°) för tätning av glasburkarna.
11) En oljekanna jämte trassel.
12) Träull e. d. för borrens rengöring.
13) En vattenhink.
14) En spade.
15) En verktygslåda för de mindre effekternas förvarande.

Arbetets utförande.

Provtagningen tillgår på följande sätt:

Sedan den översta delen av ytskorpan (grässvålen e. d.) avlägsnats, och borrkannan ytterst omsorgsfullt rengiorts och torkats, nedföres borren, till dess mitten av provkannerummet befinner sig vid det djup, från vilket prov önskas. Härvid bör borren vridas något medsols, för att kannan skall hållas väl stängd. För att emellertid icke onödigtvis omröra det parti, från vilket provet skall hämtas, bör borren under den sista halva metern om möjligt nedföras utan vridning.

Provet tages genom att vrida borren motsols några varv. Härunder får borren icke ändra läge i höjdled. Kannan stänges därefter genom att vrida borren medsols två eller flera varv.

Vid provtagning i jämförelsevis fasta eller sega jordslag, såsom fin sand, mjäla, fastare lera samt gyttja och torv, användes kannan utan extraläpp, medan vid provtagning i lösare jordslag, isynnerhet i lös lera, extraläppen vid behov påsättes.

Skulle kannan vid vridningen medsols icke vilja sluta sig, kan detta bero av olika orsaker. Sålunda händer ibland, att motståndet mot kannans läpp blir för litet, därigenom att jorden omrörts vid själva provtagningen. Det kan då i vissa fall vara tillräckligt att, sedan prov tagits, skjuta ned borren ytterligare några cm i den orörda jorden och med detta höjdläge av borren vrida densamma medsols. En annan anledning, till att kannan icke stänger sig, kan vara den, att kannan passerat ett sandlager, varvid sand inkommit mellan hylsorna. För att i möjligaste mån förhindra detta, kan provkannan lämpligen före nedborrningen utvändigt smörjas med fet, sandfri lera, som särskilt noggrant insmetas i fogarna mellan kannans fasta och rörliga delar.

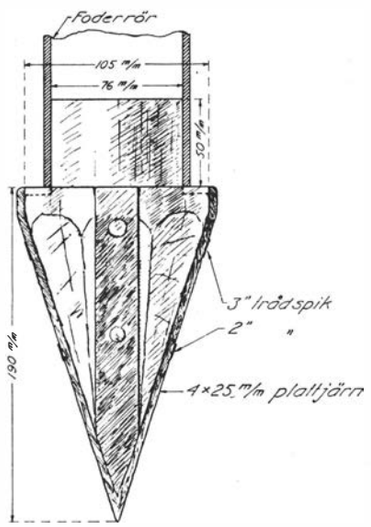


Fig. 16. Järnskodd träpropp (ek eller björk) vilken anbringas i foderrörets nedre ände för att hindra, att material vid nedslagningen intränger i röret.

Vid uppdragningen av borren iakttages likaledes, att ständigt någon vridning medsols äger rum. Varken då borren nedföres eller uppdrages, får den minsta vridning motsols förekomma, enär kannan eljest kan öppna sig och provet därigenom förorenas.

Vid provtagning genom fritt vatten, bör kannan tätas exempelvis på ovan angivet sätt med fet lera för att i möjligaste mån hindra vattnets inträngande i kannan, då denna föres ned.

Vid borrning i vatten med större djup än 3 à 4 m omgives borren mellan vattnets yta och botten av rör (med minst 76 mm invändig diameter). Dessa rör nedföras ej mera i bottnen, än vad som för sidostöttning är nödvändigt; vid lösare botten skola de därför vederbörligen upphängas.

Vid provtagning genom mäktigare grus och sandlager (grusfyllning etc.) förfares lämpligast på följande sätt för att undvika, att gruskorn vid passerandet av dessa lager skola inträngа mellan kannans hylsor och fastlåsa desamma.

Om vattenspolningsapparat står till buds och utan olägenhet kan användas vid borrningsplatsen, är det bäst att förborra medelst vattenspolningsborrning (D. 7. d), till dess gruslagrets undre gräns nåtts, då provtagning med provkanna kan ske genom foderröret. (Provtagning med provkanna har på detta sätt skett till 40 m djup, varav de översta 15 m genom gruslager).

Står vattenspolningsapparat ej till förfogande, eller kan dylik av vissa skäl ej användas å borrningsplatsen, kan gruslagrets undre gräns uppsökas medelst nedslagning av rör (76 mm) med i undre änden inpassad träpropp (Fig. 16). Röret nedslås med hejare av trä, och proppen utstötes med hjälp av ett i röret nedfört borr vid den nivå, där gruslagrets undre gräns förmodas ligga, varefter medelst provtagning med provkanna genom röret undersökes, huruvida denna gräns nåtts. Skulle så ej vara fallet, uppdrages röret, förses med ny propp och nedslås något djupare, och ny undersökning med provkanna utföres. Denna procedur upprepas, till dess gruslagrets undre gräns därigenom fastställts, varefter provtagning av underliggande lager kan ske genom röret.

Foderröret bör lämpligast vara sönderdelat i mindre längder om 0,5, 1 och 2 m, vilka medelst skruvmuffar kunna skarvas vid varandra.



Fig. 17. Provet uttages ur provkannan.

Sedan provet upphämtats, rengöres först kannan utvändigt, varefter den öppnas. Med en kniv eller dylikt skrapas därefter provet rent å den synliga sidan, varefter det medelst en kniv eller en på lämpligt sätt formad trästicka uttages ur kannan (Fig. 17).

Mellan varje provtagning rengöres kannan ut- och invändigt noga med träull.

Delar av provet, som förefalla att vara förorenade på ett eller annat sätt, böra icke medtagas. Särskilt böra de delar av provet, som befinna sig inom 2 cm avstånd från kannrummets ändar, alltid kasseras. Skall provet undersökas med avseende på vattenhalt eller hållfasthet, är det av synnerlig vikt, att de partier av provet avlägsnas, som kunna misstänkas att vid provtagningen hava blivit uppblötta av vatten.

Om större prov åstundas, än som erhålles i en provkanna, arbetas med två eller flera borrhåll parallellt. Därvid böra borrhålen läggas på c:a 1 m inbördes avstånd och så, att jordlagrens lutning mellan hålen kan beräknas vara den minsta möjliga. Ett dylikt förfaringssätt erbjuder därjämte möjlighet till god kontroll.

Protokoll. Vid borrningen föres protokoll enligt efterföljande formulär: Protokoll över provtagning. Bil. 4.

Härvid antecknas provens lägen, vid borrningen framkomna gränser mellan olika jordslag, påträffat fritt vatten i borrhålet m. fl. iakttagelser.

b. Provtagning med skopborr.

Arbetsstyrka. Borrningen utföres av arbetslag om två man under ledning och tillsyn av en övad borrningsledare, vilken det åligger att personligen ur skopan uttaga och i förvaringsburkarna inlägga jordproven.

Till en fullständig borrsats hör följande:

1) En borrskopa (Fig. 18).
2) Erforderligt antal borrstänger om 1 m längd av 19 mm rundstål (samma modell som sondborrstängerna).
3) En svängel för borrens manövrering (samma modell som till sondborren).

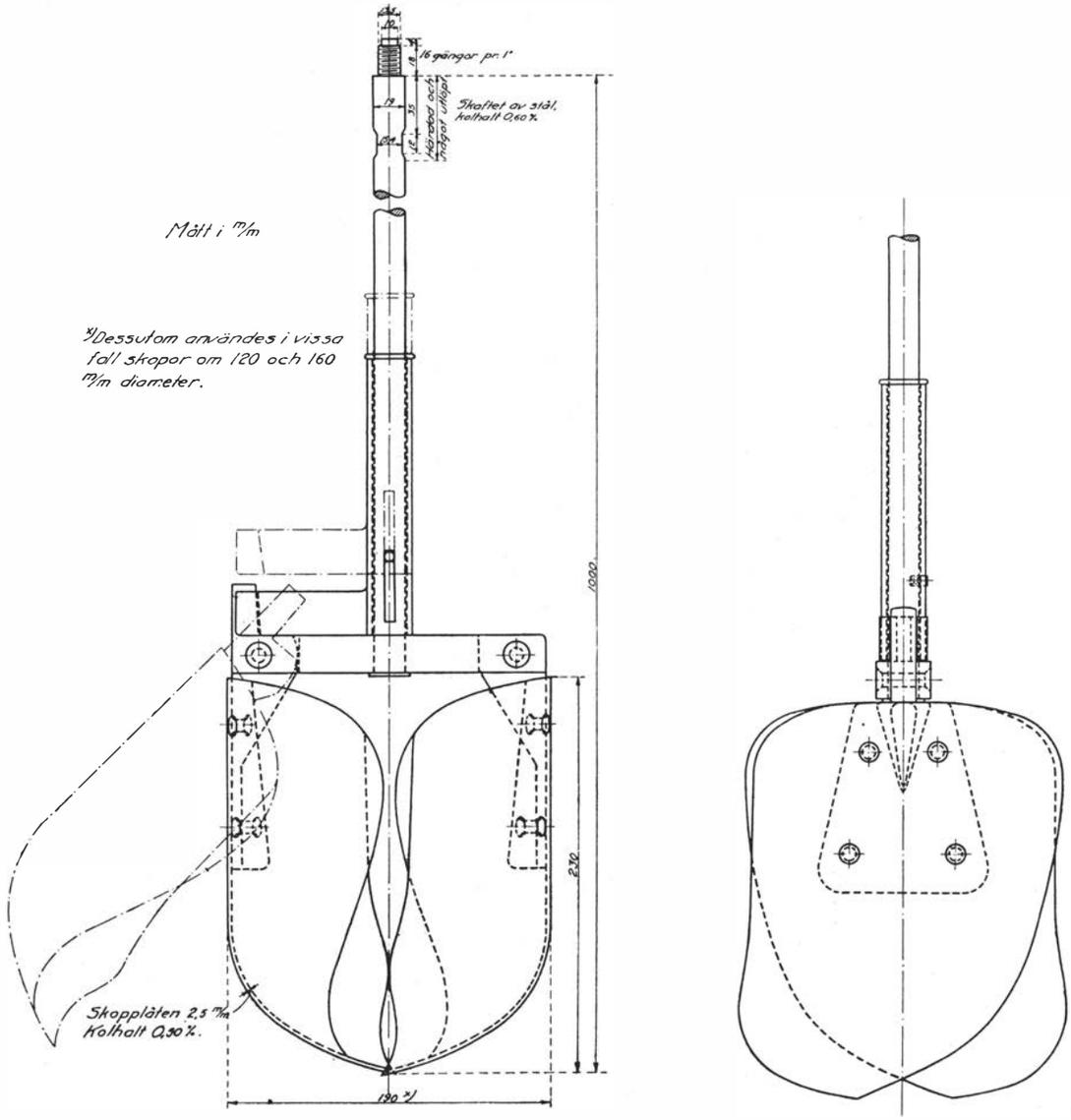


Fig 18. Skopborr.

4) Två nycklar till sondborrstängerna.
5) Två rörtänger (exempelvis BAHCO nr 92).
6) En mätstång, 2 m lång, graderad i cm.
7) En bredbladig kniv för provens uttagning och renskrapning.
8) Erforderligt antal glasburkar för provens förvaring jämte korkar och etiketter, samt en låda för burkarnas förvaring.
9) En mindre burk innehållande paraffin (smältpunkt 50° à 70°) för tätning av glasburkarna.
10) En oljekanna jämte trassel.
11) Träull e. d. för borrens rengöring.

12) En vattenhink.
13) En spade.
14) En verktygslåda för de mindre effekternas förvarande.

Arbetets utförande. Provtagningen tillgår på följande sätt:

Sedan den översta delen av ytskorpan (grässvålen e. d.) avlägsnats, nedskruvas borrskopan medsols så djupt, att den fullständigt fylles, varefter borren uppdrages och skopan tömmes. Detta sker på så sätt, att den intill densamma å borrskaftet befintliga hylsan uppdrages, varvid skopans ena hälft låter öppna sig, och innehållet kan uttagas. Tömningen underlättas, om denna skophälft därunder hålles vänd mot marken (Fig. 19). På så sätt fortgår borrningen undan för undan.

Några centimeter ovan det djup, från vilket prov önskas, avbrytes borrningen. Skopan uppdrages, tömmes och rengöres omsorgsfullt, varefter den försiktigt nedföres, och provet tages på önskat djup. Skopans underkant bör härvid nedskruvas till 3 à 4 cm under ifrågavarande djup.

Provet skrapas före uttagandet rent från föroreningar. Skall det undersökas med avseende på vattenhalt eller hållfasthet, är det av synnerlig vikt, att de partier av detsamma avlägsnas, som



Fig. 19. Borrskopan tömmes.

kunna misstänkas vara uppblötta av vatten från borrhålet. Av icke allt för lös lera erhålles i skopan tjockare eller tunnare skivor, av vilka särskilt de understa äro lämpliga såsom prov och i möjligaste mån obrutna böra tillvaratagas.

I regel kan medelst skopborren prov ej erhållas av allt för lösa eller starkt vattenhaltiga jordslag, då i dylika fall antingen provet ej medföljer skopan eller ock hålet flyter igen. Provtagningen kan i sådana fall fortsättas till önskat djup medelst provkanna.

Med skopborr av denna typ kan uti icke allt för lös lera samt i grus, som icke i större utsträckning innehåller block och klapper, borras till över 10 m djup. Denna borrmetod lämpar sig även i de flesta fall, där eljest provgropar skulle behöva utföras.

Protokoll. Vid borrningen föres protokoll enligt efterföljande formulär: Protokoll över provtagning. Bil. 4.

Härvid antecknas provens lägen, vid borrningen framkomna gränser mellan olika jordslag, påträffat fritt vatten i borrhålet m. fl. iakttagelser.

c. Provtagning med cylinderborr.

Borrningen utföres av arbetslag om tre man under ledning och tillsyn av en övad borrningsledare, vilken det åligger att personligen ur cylindern uttaga och i förvaringsburkarna inlägga jordproven.

Till en fullständig borrsats hör följande:

1) En provtagningscylinder (Fig. 20) tudelad efter längden. Cylinderhalvorna fasthållas utefter den ena sidan medelst gångjärn och utefter den andra medelst en urtagbar sprint. Upptill är cylindern försedd med en tapp, passande till provkanneborrstängerna.

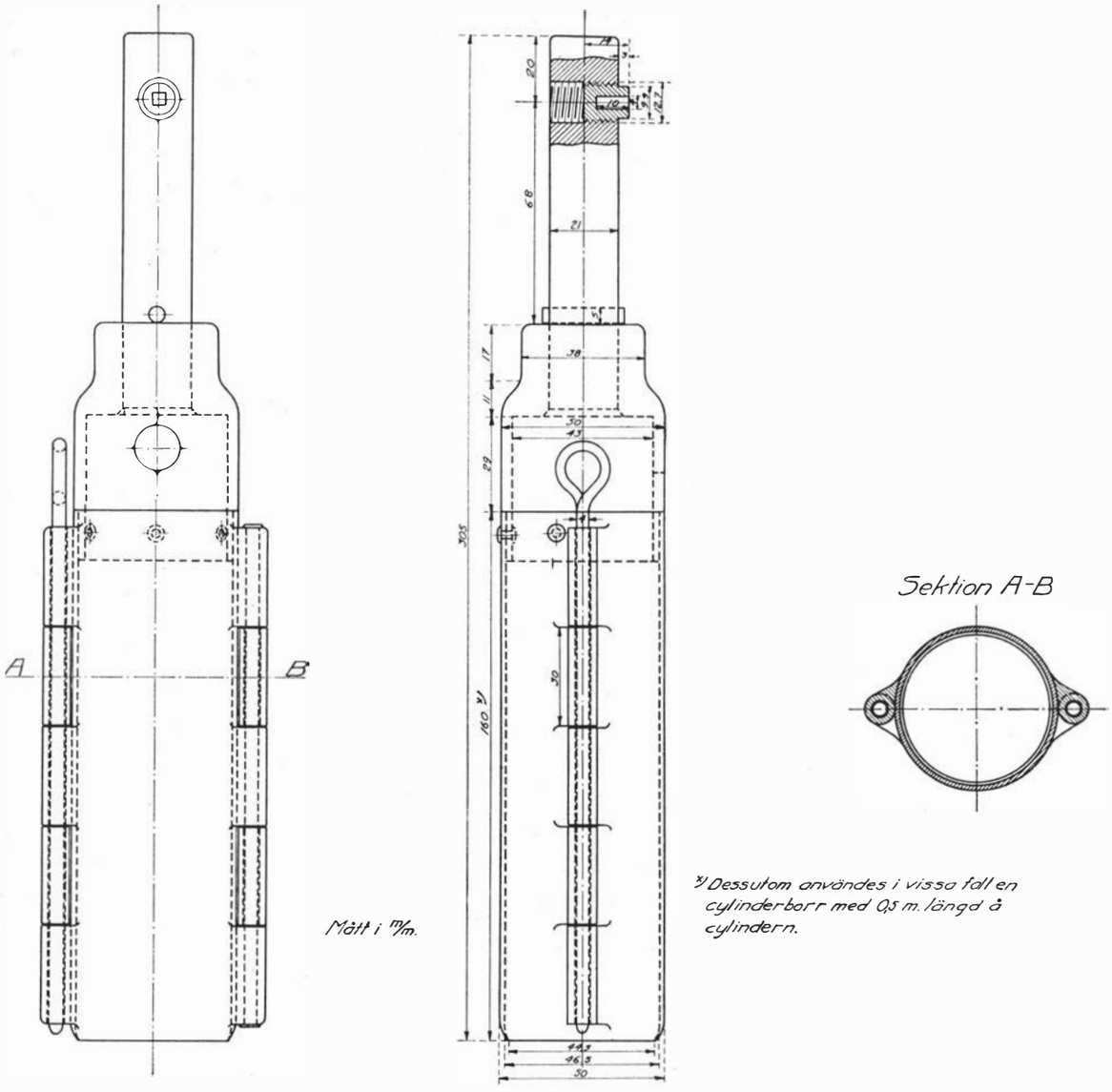


Fig 20. Cylinderborr.

2) Erforderligt antal borrstänger om 2 m längd av järnrör med 25 mm yttre diameter (samma modell som provkanneborrstängerna.)
3) En nyckel till skruvarna för borrstängernas hopsättning jämte reservnycklar.
4) Ett antal reservskruvar för borrstängernas hopsättning.
5) En svängel, 0,4 m lång, för borrens manövrering.
6) Två nycklar till svängeln.
7) Två rörtänger (exempelvis BAHCO nr 92).
8) En mätstång 2 m lång, graderad i cm.

9) Erforderligt antal glasburkar för provens förvaring jämte korkar och etiketter, samt en låda för burkarnas förvaring.
10) En mindre bleckburk, innehållande paraffin (smältpunkt 50° à 70°) för tätning av glasburkarna.
11) En oljekanna jämte trassel.
12) Träull och dylikt för borrens rengöring.
13) En vattenhink.
14) En spade.
15) En verktygslåda för de mindre effekternas förvaring.
16) En skopborr.
17) Erforderligt antal borrstänger till föregående om 1 m längd av 19 mm rundstål (samma modell som sondborrstängerna.)

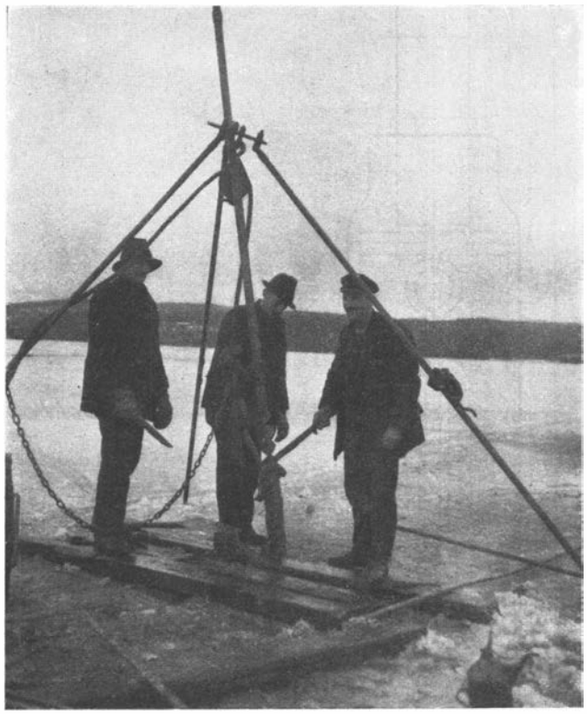


Fig 21. Skruvborren frigöres från leran, som urborrats ur det nedslagna foderröret.

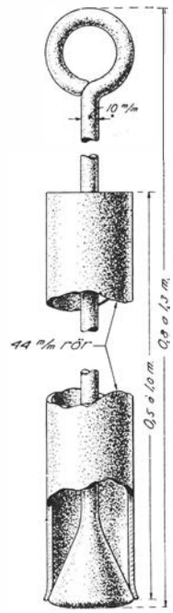


Fig. 22. Länskanna för utpumpning av i foderrören inkommet vatten.

18) En svängel för skopborrens manövrering (samma modell som till sondborren.)
Vid borrning i lösare jordlager dessutom:
19) Erforderligt antal i ändarna gängade och med muffar försedda 76 mm järnrör (helst ångrör) i 0,5, 1 och 2 m längder.
20) Två kedjetänger för 76 mm rörens hopsättning.
21) En skruvborr (Fig. 21), 0,75 m lång, passande att nedföra i rören. Tillbehör härtill se 17) och 18).
22) En länskanna med tillhörande wire för vattenlänsning av 76 mm röret. (Fig. 22.)
23) En hävstång av trä, c:a 3 m lång, järnbeslagen i ena änden, för uppdragning av rören.
24) En bock av trä c:a 0,6 m hög som stöd för hävstången vid rörens uppdragning.
25) En kätting till fästande av rören vid hävstången under uppdragningen samt, om så erfordras för rörens nedförande, en handhejare eller dylikt av trä.

Borrningen med cylinder avser att erhålla oomrörda prov av såväl fastare som lösare jordlager (dock ej pinnmo och stenigt grus).

Provtagningen av fastare jordlager tillgår på följande sätt. Med skopborr borras till det djup, från vilket prov önskas (D. 7. b). Provtagningen sker sedan på sådant sätt, att cylindern till hela

sin längd nedskjutes i borrhålets botten. Provpelaren i cylindern avslites genom att cylindern först vrides runt några varv och sedan drages rätt upp. Sedan sprinten, som låser fast cylinderhalvorna, utdragits, öppnas cylindern, och uttages provet (Fig. 23). Provet skrapas rent från sitt hölje av vid provtagningen omrörda delar samt avskalas så mycket, att det nätt och jämt går ned i förvaringsburken (salvburk 200 gr). Borrningen fortsätter till önskat djup genom växelvis förborrning med skopborret och provtagning med cylindern.

Vid provtagning i lösare jordlager kan förborrning med skopborr ej ske, emedan borrhålet då ej står öppet utan rasar igen. För att förhindra detta nedslås eller nedskjutes ett 76 mm järnrör till det djup, från vilket prov önskas. Röret urgräves med skruvborren, och möjligen inströmmat vatten borttages med länskannan, varefter provtagning med cylindern sker genom röret under dettas nedre kant på liknande sätt som ovan beskrivits. Rören nedföras efter hand, och borrningen fortsätter till önskat djup genom växelvis förborrning med skruvborren och provtagning med cylindern.



Fig. 23. Provet uttages ur provtagningscylindern.

Skulle de lösare jordlagren, av vilka prov önskas, förekomma under fastare ytlager (t. ex. under grus, sand eller torrskorpa) böra dessa genomborras medelst skopborrning, innan röret nedsättes. De ha nämligen benägenheten att fastna i röret och där bilda en propp, med vilken de underliggande lösa lagren nedtryckas.[1]

d. Vattenspolningsborrning.

Borrningen utföres av ett arbetslag om tre man under ledning och tillsyn av en övad borrningsledare, vilken det vid provtagning åligger att personligen insamla och i förvaringsburkarna inlägga jordproven.

Till en fullständig borrsats hör följande:

1) Erforderligt antal foderrör (76 mm järnrör, helst ångrör) med skarvmuffar.
2) Två rörtänger för foderrörens hopsättning och isärtagning.
3) En hejardyna av stål att klämmas fast kring foderrören.
4) En hejare av stål (c:a 80 kg med c:a 100 mm hål) med erforderlig ställning och linor.
5) Erforderligt antal raka spolrör med skarvmuffar samt några knärör (25 mm galvaniserade järnrör).
6) Två rörtänger för spolrörens hopsättning och isärtagning.

[1] Då det visat sig, att prov medelst provtagningscylinder ej kunna erhållas av mycket lösa lager, i det att materialet glider eller rinner ur cylindern, har på senaste tid konstruerats en provtagningsapparat med tillslutningsanordning nedtill, avsedd för dylika fall. Denna apparat är emellertid för närvarande under utexperimentering, varför det ej ansetts lämpligt att här närmare beskriva densamma.

7) En svängel för spolrörens manövrering.
8) En spolspets (jämte ett antal dylika i reserv).
9) En kraftig sug- och tryckpump jämte sugslang och tryckslang.
10) Fyra vattenhinkar (med 2 ok).
11) Tre stora vattenkar.

Om prov för närmare undersökning skola tagas, dessutom

12) En kannborruppsats (D. 7. a) jämte eventuellt en provtagningscylinder (D. 7. c).

Vattenspolningsborrning tillgår sålunda, att foderröret medelst hejare successivt nedslås i marken och undan för undan urspolas med hjälp av spolröret. Det urspolade materialet tillvaratages genom spolvattnets uppsamling i ett därför avsett kar. För spolvattnets uppsamling kan man antingen använda en tratt av asfaltpapp e. d., som fastsättes kring foderröret eller ock ett i foderröret på lämplig höjd över marken inkopplat T-rör.

För att minska åtgången av spolvatten är det lämpligt, att det uppspolade vattnet från uppsamlingskaret medelst bräddavlopp överföres till ett à två andra kar, från vilka det åter tillföres sugslangen.

Om man med vattenspolningen avser att enbart genom uppsamling av det uppspolade materialet fastställa lagerföljden, är det av synnerlig vikt att tillvägagå med stor omsorg, emedan i annat fall lätt en förvanskad bild av denna erhålles. Foderröret får då nedslås högst 0,5 m åt gången och måste för varje gång noga urspolas, helst t. o. m. så, att spolspetsen får nedgå intill 0,1 m under foderrörets undre kant. Noggranna mätningar för bestämmandet av läget å såväl spolröret som foderröret böra under borrningens gång vid alla förändringar företagas.

Skulle det visa sig, att materialet får benägenhet att flyta in i foderröret i samma mån, som spolningen fortgår, måste spolröret hållas något efter foderröret men endast så mycket, som visar sig erforderligt för att hindra inflytningen. Försök måste då emellertid allt emellanåt göras att nedtränga med spolröret för att förvissa sig om, att propp icke bildats i foderröret. Bildas sådan, måste den avlägsnas, innan vidare borrning äger rum. I annat fall kan nämligen foderröret genomtränga lösare lager, utan att prov från dessa erhålles. Lyckas det ej att medelst spolning avlägsna proppen, måste den avlägsnas på annat sätt, exempelvis genom krossning med mejsel. Om större sten hindrar foderrörets nedslagning, kan denna sprängas med dynamit, varvid dock foderröret uppdrages ett stycke vid själva skottlossningen.

De genom spolningen erhållna proven kunna givetvis ej användas för bestämning av vattenhalt och hållfasthet. Avses sådan bestämning, är det därför nödvändigt att kombinera vattenspolningsborrningen med direkt provtagning, exempelvis med kannborr eller provtagningscylinder. Foderröret nedföres därvid till något ovanför (minst 0,2 m) den nivå, vid vilken prov skall tagas, varefter det urspolas. Provet tages sedan medelst något av nyssnämnda borrverktyg något *under* foderrörets undre kant.

e. Provs förvaring och etikettering.

Sedan provet blivit upphämtat och väl rengjort, lägges det genast i för ändamålet lämplig glasburk, vilken omedelbart väl korkas och paraffineras.

Å burken anbringas en etikett enligt vidstående formulär (Fig. 24). Borrningsledaren ifyller omedelbart rubrikerna »Bansträcka», »Borrställe», »Djup under vatten-mark- ytan», »Jordslag», »Borrtyp» och »Datum» samt undertecknar etiketten. Rubriken »Vatten-»Mark- ytans höjd över havet» ifylles av undersökningsförrättaren. Rubriken »Lab.-n:r» är avsedd att ifyllas å laboratoriet.

Lämplig form å burkarna framgår av Pl. 2.

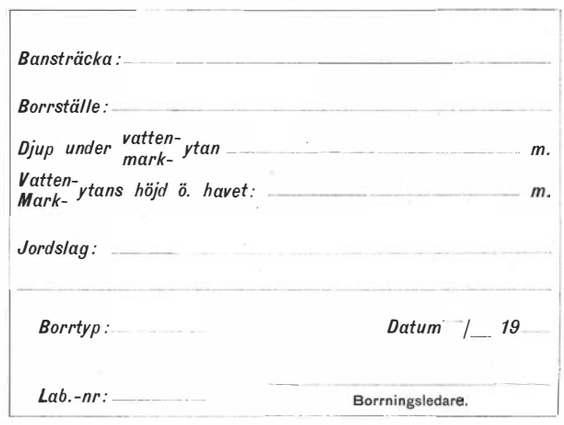


Fig. 24. Etikett för burkar om 200 kbcm rymd. (Full storlek.)

8. Lodning.

Lodningen utföres av ett arbetslag om två man under ledning av en mätningskunnig person. Till en fullständig lodningsuppsättning hör följande:

1) En lätt manövrerbar roddbåt.
2) En flotte, storlek omkring 2 × 2 m, vilande å 4 tomma, täta fotogenfat jämte erforderliga anordningar för förankring.
3) En lodningswire (längd i regel 25 m), uppmärkt för var 0,5 m med fastlödda mässingsbrickor, uppvirad å en mindre trätrumma.
4) En rund lodplatta av järn (Fig. 25).
5) En längdmätningswire (längd i regel 250 m), uppmärkt med fastlödda mässingsbrickor för var 5 m, uppvirad å en större trätrumma med spel för spänning av wiren.
6) Erforderligt antal flottörer (ex. tomma, mindre kaggar) till uppbärandet av längdmätningswiren.

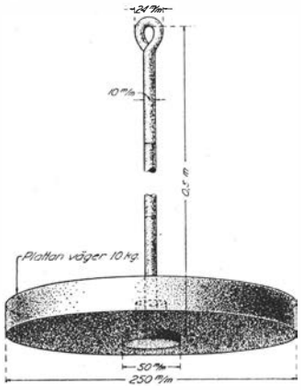


Fig. 25. Lodplatta med stång, i vilken lodningswiren fästes. Som lodplatta kan sondborruppsatsens 10 kg-vikt med fördel användas.

Sektionerna, som skola lodas, markeras i land genom på erforderligt avstånd från varandra i sektionerna anbragta tvenne pålar eller andra fasta märken. Längdmätningswiren spännes i lodningssektionen tvärs över vattendraget. Å ställen, där detta icke låter sig göra, sträckes wiren från land ut till den på lämpligt avstånd därifrån förankrade, i sektionen inriktade flotten. Wiren sträckes medelst spelet (placerat å flotten) och förses med flottörer på var 50 m. Vid lodningen framföres båten utefter wiren. Ovan angivna anordningar böra noga iakttagas, enär det visat sig, att största felkällan vid lodning är svårigheten att rätt orientera lodningspunkten.[1] Lodet bör vara platt för att i möjligaste mån förhindra nedsjunkning i lös botten.

Lodningspunkterna få ej tagas för glest i sektionerna. Ju tätare de tagas, dess bättre kontroll erhålles, och dess större möjlighet ernås att vid upprepade lodningar bedöma de mellan dessa inträffade förändringarna å sjöbottnen. Ofta fordras ända ned till 2 m avstånd mellan lodningspunkterna. Vid lodning, avseende att utreda den förändring av sjöbottnens läge, som skett t. ex. tillfölje nedsprängning av bankutfyllningar, har i vissa fall undersökningen behövt utsträckas ända till 200 m från stranden, samt lodning i sektionerna behövt företagas å 50 m närmast stranden på var 2,5 m, mellan 50 och 100 m från stranden på var 5 m och mellan 100 och 200 m från stranden på var 10 m.

Det visar sig ej sällan önskvärt, att i samband med lodningen få beskaffenheten av sjöbottnens ytlager fastställd. För detta ändamål begagnas med fördel ett s. k. provtagningslod, bestående av en 130 mm hög och 100 mm vid, massiv järncylinder, vid vilken nedtill i cylinderns axel på en kort järnstång är fästad en konformad ficka, täckt av en utefter stången löpande, cirkelformad platta (Fig. 26). Vid lodets nedsläppande lyftes plattan mot järncylindern, och vid uppdragandet nedfaller den mot provtagningskonen. Provet från sjöbottnens ytlager erhålles genom att lodet några gånger hastigt får falla ned på sjöbottnen, varvid konen fylles med material från denna.

För skarpare provtagningsmetod vid lodning hänvisas till EINAR NAUMANN: Om provtagning av bottengyttjor vid djuplodning (Sveriges Geologiska Undersöknings publikationer ser. C, nr 267), Om profillodning i gyttjor och dyavlagringar (Sveriges Geologiska Undersöknings publikationer ser. C, nr 279).

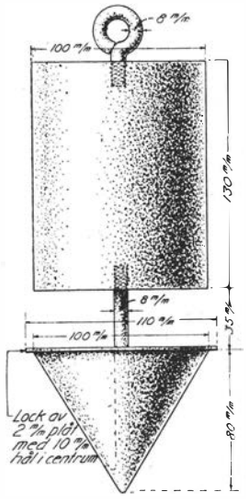


Fig. 26. Provtagningslod av den vid geotekniska kommissionens undersökningar använda modellen.

[1] Det ofta brukliga sättet att orientera lodningspunkten medelst mätning med en tjärad hamplina (vilken töjer sig) från land ut till en båt, som medelst rodd kvarhålles i sitt läge, är, då mätningen avser någon större noggrannhet, icke tillfredsställande.

9. Jämförelse mellan undersökningsresultat, erhållna dels enligt äldre undersökningsmetoder, dels enligt geotekniska kommissionens undersökningsmetoder.

Vid geotekniska kommissionens undersökningar har behovet av effektivare grundundersökningsmetoder än de tidigare gängse tydligt framträtt. Skarpast och åskådligast belyses detta vid jämförelse mellan undersökningsresultat, erhållna genom borrning, å ena sidan utförd under ledning av ej särskilt utbildad personal och enligt tidigare brukliga borrningsförfaranden och å andra sidan under ledning av kvalificerad personal samt under tillämpning av vid geotekniska kommissionen utexperimenterade borrningsmetoder. Detta gäller ej blott de mera komplicerade undersökningsfallen utan även de enklare och vanligen förekommande. Till och med vid den såsom enkel ansedda undersökningen att bestämma fasta bottnens läge har på grund av bristande sakkännedom stora misstag begåtts. Här nedan meddelas några mera drastiska exempel på missuppfattningar angående grundens beskaffenhet, orsakade av bristfälligheter i undersökningsförfarandet. Det kan ej förvåna, att sådana misstag i stor utsträckning begåtts, då man besinnar, att tidigare icke funnits någon för grundundersökningar särskilt utbildad personal. De missvisande resultaten böra sålunda ej tillskrivas bristande intresse hos undersökningsförrättaren, utan äro helt att hänföra till de ofullkomliga tidigare förfaringssätten för undersökningarnas bedrivande.

I beskrivningen över skreden vid grusutfyllningen för Statens järnvägars nya kolkaj i Örnsköldsvik (H. 8) omnämnes ett fall av missvisande borrningsresultat, erhållet genom felbedömning vid den tidigare sondborrningen för bestämning av den utfyllda grusbankens läge. På grund av det motstånd mot sondborren, som utövades av grusfyllningen, även sedan denna genomborrats, förbisågs vid denna borrning de grusfyllningen underlagrande naturliga ler- och mjällagren, och grusbanken antogs vila direkt å den fasta bottnen. Denna missuppfattning angående grusbankens läge rättades sedermera genom de av geotekniska kommissionen gjorda provtagningsborrningarna, vilka utfördes efter det vid den fortsatta utfyllningen inträffade katastrofartade skredet. Genom dessa påvisades, att grusbankens underlag utgjordes av upp till 0,5 m lös lera på 4—5 m mäktig, tämligen fast mjäla. (H. 8 fig. 66).

Vid Kuddby å sträckan Åby—Norrköping (H. 11) nedsjönk bankfyllningen avsevärt vid dubbelspårets anläggande. Den genom geotekniska kommissionen utförda undersökningen av bankfyllningens läge angiver en större utbredning men däremot mindre djup nedsjunkning av fyllningsmassorna än den genom byggnadsbefälets försorg tidigare verkställda, enligt vilken bankfyllningen skulle hava sjunkit ända ned till fast botten. Kommissionens undersökningar ha bestått i sondborrning enligt den vid kommissionen tillämpade metoden jämte provtagning medelst provkanna (Pl. 36).

Vid Kumla skulle i samband med dubbelspårsanläggningen Hallsberg—Örebro uppföras en vägbro på entreprenad. Dubbelspårsbyggnadens undersökningsförrättare uppgav grunden utgöras av fast pinnmo, varför förslaget kom att upptaga en valvbro i betong, grundlagd direkt å det fasta pinnmolagret. Innan arbetet påbörjades, lät entreprenören kontrollera undersökningen av grunden, och denna uppgavs därvid utgöras av så löst material, att grundförstärkning med pålar ansågs erforderlig. Avgörandet av frågan angående grundens verkliga karaktär hänsköts därefter till geotekniska avdelningen. Genom därvid företagen undersökning befanns grunden utgöras av varviga lerans sandiga bottenvarv. Dessas bärighet i vertikal led måste anses vara fullt tillräcklig för upptagandet av belastningen, men av hänsyn till de förskjutningar i horisontell led, som valvbron kunde beräknas åstadkomma, förordades brons utförande som balkbro.

Vid östra stambanans korsning med Svartån strax söder om Frinnaryds station hade järnvägsbanken, särskilt på södra sidan om bron, efter en företagen sänkning av Svartåns vattenstånd visat

tendens till sättning och utskjutning mot ån. Banan, som framgår i nästan rakt nord-sydlig riktning, skär ån, vilken framrinner i sydost-nordvästlig riktning, under ganska spetsig vinkel. Rörelserna i banken hade observerats inom den sträcka, där ån befann sig i banans närhet.

Distriktsförvaltningen lät utföra undersökning av grunden medelst borrning. Resultatet av denna visade, att fasta bottnen söder om bron som regel stupade mycket brant mot öster eller mot ån, och att den ofta företedde en synnerligen stark upphöjning under bankens västra del. Jordlagren uppgåvos bestå av »dyjord», »sandblandad lera» och »grus», vilka lager hastigt ökade i mäktighet mot ån. Till ett avstånd av 40 m söder om södra landfästet hade fyllningen nedsjunkit genom dyjorden till lerlagret, medan bankkroppen söder om denna sträcka syntes, ytligt nedpressad i dyjorden, vara upphängd över den brant uppstigande fasta bottnen (Fig. 27).

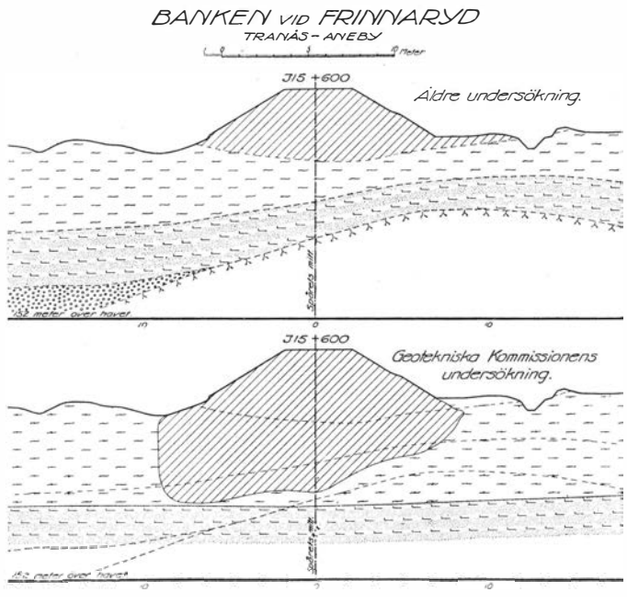


Fig. 27. Jämförelse mellan resultaten av den äldre undersökningen och geotekniska kommissionens undersökning av banken vid Frinnaryd.

För att avvärja den fara för banans bestånd, som sålunda syntes förefinnas, föreslog distriktsförvaltningen, att mellan banan och ån å den hotade sträckan på ett avstånd av 12 à 13 m från spårets mitt eller å platsen för ett blivande andra spår skulle utläggas en mindre bank såsom tryckbank i avsikt att därmed i första hand motverka den upptryckning av marken, som kunde väntas uppkomma i den händelse järnvägsbankens rörelse skulle fortsätta. Tryckbanken, som skulle utgöra underlag för det andra spåret, skulle sedan utökas och bringas ned till det fasta lerlagret.

Kommissionen, som anmodades yttra sig över detta förslag, lät till en början utföra undersökning av jordarterna i den banan omgivande torvmossen samt beskaffenheten av den denna underlagrande sandblandade leran och lät senare även undersöka läget av bankfyllningen. Torvmossejordarterna visade sig till övervägande del utgöras av skogstorv och kärrtorv underlagrade av gyttja, vars mäktighet ökades i riktning mot ån. Den sandblandade leran befanns vara en fast, varvig issjömjäla med sand- och lerskikt, vilken i detta fall kunde anses utgöra fast botten. Kontakten mellan torvmosselagren och issjömjälan framgick emellertid nästan horisontellt liksom även issjömjälans underlag. Några större upphöjningar eller brantare stupningar av fasta bottnen, såsom av den föregående undersökningen framgick, förefunnos följaktligen ej. Största överraskningen mötte dock vid undersökningen av bankfyllningens läge, i det att bankkroppen överallt visade sig ha nedsjunkit till stort djup i torvmosselagren. (Fig. 27.) Dessa senare voro under bankfyllningen starkt sammanpressade och i följd därav mycket fasta. De konstaterade rörelserna i järnvägsbanken kunde följaktligen ej anses innebära någon fara för bankens bestånd, varför kommissionen ej ansåg sig böra föreslå några förstärkningsåtgärder.

Vid kommissionens undersökning av torvmossen användes provtagning med provkanneborr och vid undersökningen av bankfyllningens läge skopborrning till vattenförande nivå, varefter rör, genom vilka provtagning med provkanneborr företogs, nedslogos till fyllningens underkant.

De i korthet anförda exemplen visa, att bristfälliga grundundersökningar kunna leda till åtgärder, som vid en bättre kännedom om grunden skulle ha visat sig obehövliga eller rent av felaktiga, samt att genom tillförlitliga grundundersökningar mången gång även avsevärda kostnadsbesparingar kunnat göras.

10. Ritningar.

I avseende å det av geotekniska kommissionen använda sättet för undersökningsritningarnas utarbetande hänvisas till Pl. 3.

Det är önskvärt, att uniformitet beträffande ritningarnas utförande i största möjliga utsträckning iakttages, så att från olika håll framlagt material måtte bli så jämförbart som möjligt.

Kungl. Järnvägsstyrelsen har för de geotekniska undersökningarna vid Statens järnvägar utfärdat nedanstående av geotekniska kommissionen upprättade bestämmelser (särtryck nr 179).

Ritnings-format.

»Ritningsformatet bör vara sådant, att ritningarna kunna inhäftas i folioformat. Höjden göres 36 cm och bredden 22,5 cm. Den förra kan, om så i undantagsfall erfordras, ökas med 33, 66, 99 o. s. v. cm, den senare ökas efter behov med 40, 80, 120 o. s. v. cm. Rubriken, som sättes i ritningens nedre högra hörn, placeras inom ett inramat fält av 20 cm bredd och 2,5 cm höjd. Ritningen kan sålunda vikas i sidor om 36, undantagsvis även 33, cm höjd och 22,5 respektive 20 cm bredd, så att rubriken alltid blir synlig. (Svenskt normalpappers format 36 × 22,5 cm.)

Tvärsektions-ritningar.

Vid uppritning av tvärsektionerna iakttages följande. Skala för såväl höjd som längd sättes i regel = 1 : 200. Höger och vänster på ritningen skall motsvaras av höger och vänster, respektive, i terrängen. Jämförelseplan för höjdmåtten inlägges. Detta väljes dels så, att detsamma på ritningen kommer att ligga under övriga å ritningen angivna delar av sektionen, dels så, avståndet från detsamma till »havets medelvattenyta», kommer att utgöra hela 10-tal meter. För ett visst sammanhörande område böra icke onödigtvis olika jämförelseplan användas.

De punkter av markytan, som avvägts, angivas å ritningen med 2 mm långa, vertikala, från marklinjen nedåtriktade streck.

Skola flera sektioner inritas på samma ritning, böra de för överskådlighetens skull ordnas så, att de för åskådaren giva bästa möjliga föreställning om det ifrågavarande områdets utseende i plan. Detta ernås bäst därigenom, att sektionerna ordnas nedifrån och uppåt med stigande längdmätning och så, att sektionernas 0-punkter komma rakt under varandra.»

E. ANORDNINGAR FÖR OBSERVATION AV MARKRÖRELSER.

Vid många markförskjutningar har gjorts den iakttagelsen, att själva katastrofen föregåtts av smärre rörelser i jordlagren (sprickbildning), och i vissa fall hava dessa rörelser förmärkts dagar i förväg. Särskilt upplysande fall är i detta avseende skredet vid Stigbergskajens i Göteborg förlängning år 1916.[1]

Det är icke uteslutet, att på en del ställen mycket små sådana inledande rörelser kunna hava pågått under relativt långa perioder, och att man med noggranna och tillräckligt ofta verkställda mätningar skulle i god tid erhållit varning mot den annalkande katastrofen.

Emellertid kunna, såsom tidigare här framhållits (C. 1), rörelser förekomma, som icke innebära någon fara, enär de icke stå i samband med en markförskjutning utan helt härröra från sammanpressning av jordlagren eller fyllningsmassorna.

Då det, såsom ovan framhållits, i många fall icke är möjligt att enbart genom undersökning av markens byggnad och beskaffenhet bedöma ett stabilitetsfall, och då ett avgörande av karaktären av de i marken uppträdande rörelserna skulle bidraga till kännedomen om stabiliteten, har kommissionen ägnat dessa i marken pågående långsamma rörelser ett närmare studium.

För att objektivt följa förloppet av dylika markrörelser, där sådana visat sig förekomma, har kommissionen låtit vid ett stort antal platser utföra periodiska uppmätningar av desamma.

För detta ändamål har vid var och en av dessa platser anordnats ett system av punkter, vilka fixerats i terrängen medelst i marken nedförda järnrör, som periodvis inmätts såväl i plan som i höjdled.

För rörens anbringande uppborras med skopborr hål till c:a 1,5 m djup, i vilka rören nedsättas. I botten av varje hål stampas betong kring röret. I övrigt fylles hålet omkring röret med grus eller kolaska, som väl stampas. Dessa anordningar hava visat sig behövliga, emedan rör, som anbringas i marken endast genom nedslagning, i många fall icke erhållit tillräcklig stadga. Rörets topp, som bör nå några cm över markytan och skyddas genom en huv e. d., förses med ett körnslag såsom mätpunkt.

I de flesta fall hava observationerna endast gällt själva banvallens rörelser och därvid oftast endast vertikalrörelserna. I fall av sistnämnda slag hava observationspunkterna i regel placerats i spårmitt på lämpligt valda inbördes avstånd. Då även horisontalrörelserna skolat inmätas, hava punkterna i regel ordnats i en eller flera raklinjer, vilka fixerats till mer eller mindre avlägsna märken i fast mark.

Antalet och läget av observationspunkterna måste givetvis alltid bero av terrängens beskaffenhet. Exempel på utsatta observationssystem återfinnas å Fig. 92, Fig. 101 och Pl. 36.

Då det i hithörande fall alltid är fråga om relativt små rörelser, måste mätningarna utföras med stor noggrannhet. För bestämning av förändringarna i höjdled har använts ett Zeiss precisionsavvägningsinstrument jämte stång med skala av invarmetall med en avläsningsnoggrannhet av 0,5 mm. För bestämning av punkternas horisontalrörelser hava använts tvenne slag av mätningar, nämligen dels stakning med teodolit, dels längdmätning med stålmåttband.

Teodolitstakningen har använts för att uppmäta sidoförflyttningarna av punkterna inom raklinjerna. Därvid har för varje mätning den ursprungliga raklinjen inlodats vid varje observationspunkt, och de olika punkternas avvikelse från raklinjen hava mätts med millimetermått. Det har

[1] Göteborgs Hamnstyrelse, Handlingar rörande 1916 års kajkommission.

visat sig, att man med detta mätningsförfarande erhållit noggrannare värden än medelst vinkelmätning. Den använda teodoliten är av fabrikat Fr. J. Berg och har en uppskattningsmöjlighet av 10 centesimalsekunder.

Punkternas inbördes avstånd inom raklinjerna hava uppmätts medelst stålmåttband. Sådan mätning har också förekommit, där punkter legat på större avstånd från raklinjen. Vid mätningen spännes bandet med viss kraft, som regleras medelst fjädervåg. Måtten korrigeras för temperaturvariationer. Måttbandet kontrolleras före och efter varje mätning mellan fixa punkter.

För att erhålla noggrannast möjliga resultat har tillsetts, att mätningsförfarandet varit så likformigt som möjligt vid de olika mätningarna.

De rörelser, som på ovan angivna sätt bestämmas, hänföra sig till markytelagren. För att med större framgång kunna diskutera markrörelsernas karaktär har det i vissa fall visat sig erforderligt att utröna, huru djupare nivåer i jordmassan förhålla sig till den i markytan pågående rörelsen. Iakttagelser häröver hava av kommissionen anordnats förmedelst i marken djupt nedgående rör (ända till 20 m djup), antingen oledade rör, i vilket fall för en observationspunkt två eller flera olika långa rör erfordrats, eller ledade rör, då för en punkt endast ett rör behövt nedsättas. Hittills har blott *ett* sådant ledat rör anordnats. Dettas diameter är 100 mm. Rördelarna hava gjorts 2 m långa och hava i övre änden försetts med fasta muffar, vilka upptill ursvarvats, så att översittande rördel ledigt kunnat böja sig i muffen intill en viss gräns. För att sammanhålla rördelarna insättas tvenne skruvar genom den ursvarvade delen av muffen och den i denna instuckna rördelen. Urtagningarna i muffen för dessa skruvar måste göras så stora, att de ej hindra rörets fria böjning. Rören anbringas i marken lämpligast genom uppborrning av hål med skopborr. Rörtopparnas lägen fixeras till fasta punkter medelst teodolitstakade linjer.

Observationerna i dessa rör utföras medelst en för detta ändamål särskilt konstruerad teodolit, vilken anbringas på rörtoppen och inriktas mot en i röret nedsänkt belyst signalpunkt. Denna bör vara så anbringad, att den befinner sig i rörets centrumlinje. För de stela rören har anordningen härför bestått av en cylinder med ett underifrån belyst hårkors. En tapp i rörets botten, över vilken cylindern nedsänkes, ger denna vid de olika mätningarna ett fixt läge i röret. I det ledade röret har signalpunkten åstadkommits genom nedsänkande av en ursvarvad metallkula med underifrån belyst medelpunkt. Kulan bör vara så stor, att den fyller röret utan att dock vid ned- och uppfirning fastna i detsamma. Invid skarvarna bör, för att kulan även efter rörets böjning ej skall fastna, rördelarna något ursvarvas. Mätning utföres vid övre och nedre änden av varje rördel.

Det har vid de periodiska observationerna visat sig, att desamma i regel behöva pågå under ganska lång tid, i vissa fall flera år, innan bestämda slutsatser angående rörelsernas karaktär kunna dragas. Äro observationspunkterna anbragta å en nyutfylld bank, åtgår relativt lång tid (olika för olika bankar, beroende på bankens höjd och arten av fyllnadsmaterial), innan den del av sjunkningen upphör, som beror av fyllnadsmassans hoppackning. En ökning av sjunkningshastigheten skulle emellertid härvid tyda på eftergivning hos grunden. Äro observationspunkterna anbragta i den naturliga markens torrskorpa, kunna de rörelser, som i denna uppstå genom volymförändring av densamma till följd av inverkan av olika väderleksförhållanden, under en tid framåt helt överskyla en eventuelt fortgående allmän sänkning av marken. Föreligger sådan sänkning, torde den dock vanligen visa sig efter ett eller annat år, men det bör observeras, att en långsam sänkning ej nödvändigtvis behöver innebära början till markförskjutning, utan kan, åtminstone i vissa fall, härröra från fortgående naturlig hoppressning av lagren. (Se vidare: Åke Virgin. Markytans höjdförändringar hos lösa jordlager. Tekn. Tidskr., Väg- och Vattenb. 1918, sid. 113—115.) För att icke kostnaderna för dessa periodvis återkommande mätningar skulle bliva allt för betungande, hava desamma mestadels utförts med rätt stora tidsmellanrum, stundom endast några få gånger varje år. I ett stort antal fall, då det huvudsakligen rört studiet av företeelsen, och då markförskjutningskatastrof ej varit att befara, hava mätningar med sådana långa tidsmellanrum även varit tillfyllest.

De periodiska observationerna äro emellertid ytterst att anse såsom ett slags säkerhetsåtgärder, varför det å många platser är önskvärt, att de försiggå med minsta möjliga tidsmellanrum. I

detta syfte har kommissionen utarbetat en enkel apparat, s. k. *markpegel*, medelst vilken kontinuerlig uppmätning av en banks vertikala rörelser kan för ringa kostnad utföras. Sådana apparater hava utsatts på särskilt kritiska punkter (B. 2) och avläsas med korta mellantider, i vissa fall dagligen, av banbevakningspersonalen. Markpegeln består av ett rör, som slås ned nätt och jämt genom bankfyllningen, samt en genom detta rör i fast botten nedborrad vanlig sondborr. Då bankfyllningen sjunker, följer röret med, varemot borrstången står fast. Genom att å en skala avläsa förskjutningen mellan rör och borrstång erhålles ett mått på bankens sjunkning. Anordningen av apparaten framgår av Fig. 28. Apparaterna hava visat sig tillförlitliga och lättskötta.

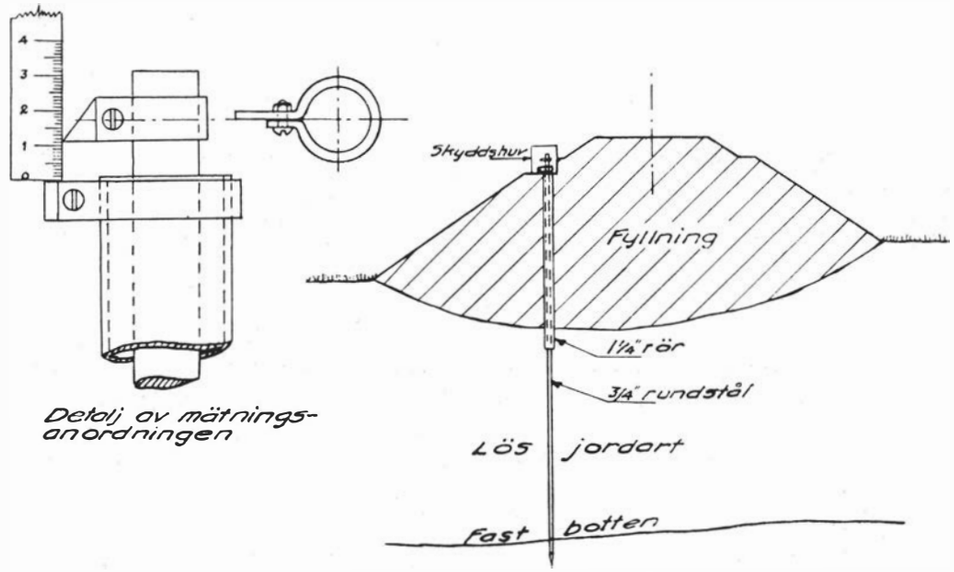


Fig. 28. Anordning för periodisk uppmätning av en banks vertikala rörelser. »Markpegel».

Då banan framgår invid fastmark, kunna dylika apparater anordnas även i horisontellt läge genom banken för registrering av sidorörelse.

Markpegeln har av kommissionen ytterligare utvecklats att fungera såsom alarmapparat för att vid inträffad markförskjutning förhindra tågolycka *(»skredvarningssystem»)*. Skredvarningssystemet anordnas på sådant sätt, att en eller flera markpeglar inkopplas i en elektrisk ledning, genom vilken ström ständigt framgår, så länge peglarna registrera endast obetydliga rörelser. På bestämda tider inställes pegeln av banbevakningspersonalen åter på utgångsläget. Överstiger markrörelsen vid någon pegel sedan föregående inställning ett visst belopp (exempelvis 1 cm) brytes strömmen och en signal sättes i funktion.

Sådana skredvarningssystem hava av kommissionen föreslagits att utsättas på vissa platser, där eljest betryggande förstärkningsåtgärder skulle kunna erhållas endast genom orimligt höga kostnader.

F. LABORATORIEMETODER FÖR GEOTEKNISK UNDERSÖKNING AV JORDPROV.

De till kommissionens laboratorium inkomna jordproven hava i regel undersökts i avseende å vattenhalt och konsistens (hållfasthet). För en stor del av proven har dessutom utförts bestämning av de i proven ingående kornstorleksgrupperna samt av viktsförlusten vid glödgning.

1. Vattenhaltsbestämning.

Vattenhalten har bestämts genom indunstning av vanligen 3 à 5 cm^3 av provet i torkskåp vid en temperatur av c:a 100° C under så lång tid, att konstant vikt erhållits, d. v. s. så att provet praktiskt taget fullständigt befriats från allt vatten utanför mineralkornen. I regel har torkningstiden icke understigit 10 timmar. Provet har vägts före och efter indunstningen, och viktsförlusten, uttryckt i procent av ursprunglig resp. slutlig vikt av provet, betecknar vattenmängden i viktsprocent å totalsubstans (vattenhalten) resp. vattenmängden i viktsprocent å torrsubstans (% vatn/trs). Vägningen har utförts på milligram, men i vanliga fall erfordras icke skarpare bestämning än på 5 mg.

Å ritningarna, samt då ej annat särskilt anmärkes, angives vattenhalten såsom viktsprocent å totalsubstans.

För varje jordprov hava tvenne parallelbestämningar utförts, och de vattenhaltssiffror, som angivits för provet, utgöra medeltalet av de vid dessa bestämningar framkomna värdena. I regel har överensstämmelsen mellan de tvenne bestämningarna varit god; sålunda hava sällan de erhållna procentsiffrorna skilt sig från varandra med mera än högst en enhet. Har avsevärt större skillnad uppstått, hava bestämningarna gjorts om.

2. Konsistensbestämning.

För undersökning av konsistensen hos leror hava en hel del olika metoder framkommit. Särskilt beaktansvärda äro i detta avseende de utredningar, som verkställts av doktor ALBERT ATTERBERG, och vilka bland annat lett till uppställandet av ett system av konsistensgränser för lerorna (se bl. a. ATTERBERGS avhandlingar i Kungl. Lantbruksakademiens handlingar och tidskrift åren 1911—1915). Några av dessa gränser, utrullgränsen, flytgränsen och klibbgränsen, hava här tidigare berörts (D. 6).

För geotekniska undersökningar har i detta hänseende kommissionen utarbetat en särskild provningsmetod. I princip innebär denna, att en metallkon av viss vikt och med viss spetsvinkel, lodrätt upphängd över det till horisontell yta avjämnade jordprovet och med spetsen nätt och jämt berörande detta, får fritt falla ned i provet. Konens fallväg d. v. s. djupet av det intryck, som konen åstadkommer i jordprovet, ger ett uttryck för provets konsistens, på så sätt, att större intrycksdjup givetvis i stort sett svarar mot lösare prov.

Provningsförfarandet med fritt fallande kon har framför provning med platta, kula, cylinder o. s. v. eller med långsamt verkande belastningar följande företräden:

intrycken bliva alltid likformiga, huru små eller stora de än äro;

ett snabbt provningsförfarande ernås med i möjligaste mån mjuk stötverkan vid deformationsarbetet;

man undgår att vid bedömningen av resultaten behöva taga hänsyn till faktorn tiden, enär provningen blir avslutad i och med fallet och någon eftersjunkning i regel icke förekommer.

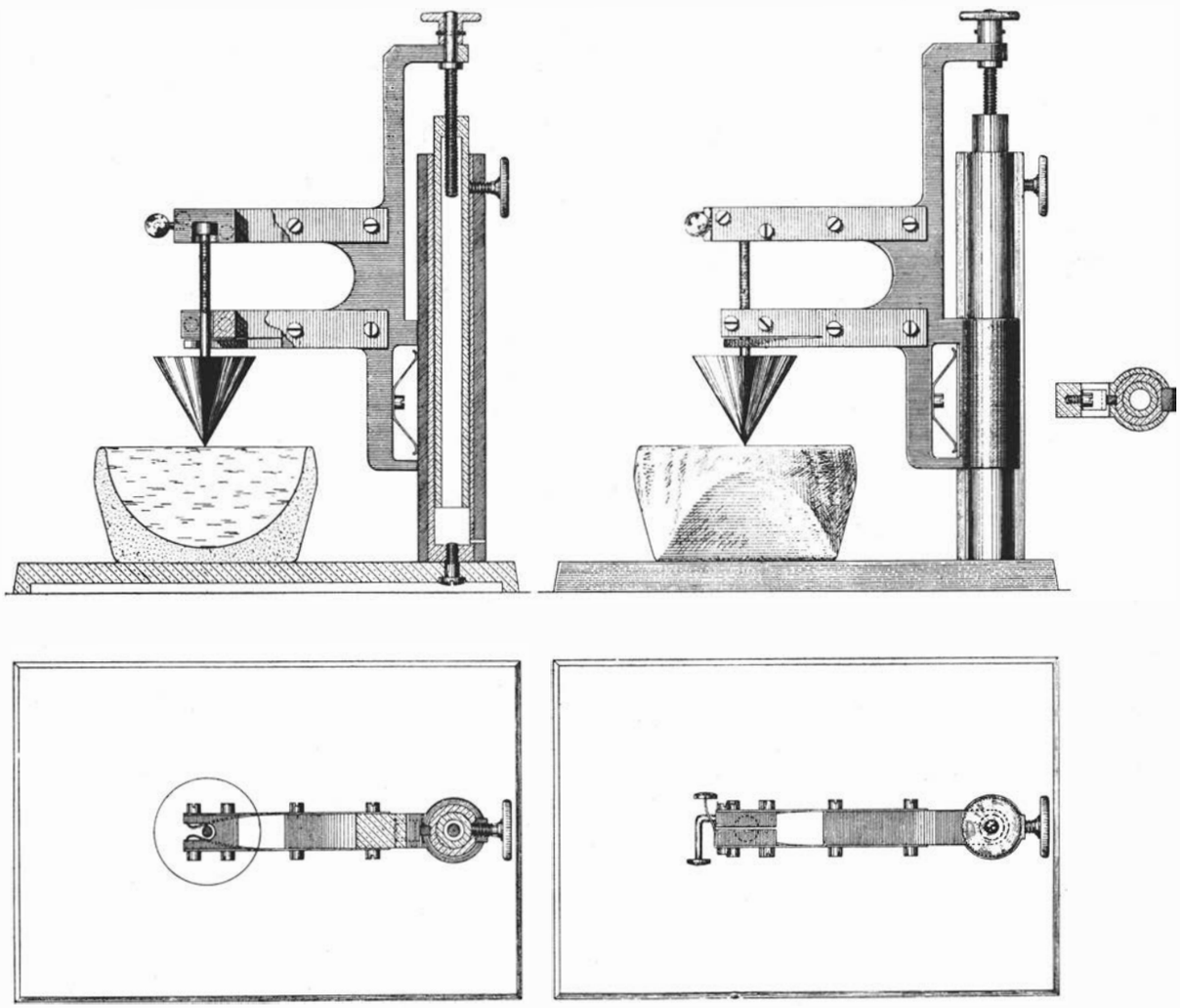


Fig. 29. Intrycksapparat. Skala $^1/_2$. Instrument för bestämning av den relativa hållfastheten hos kohesionsjordarter.

Vid kommissionens undersökningar har använts en apparat av det utseende, som framgår av ovanstående ritning (Fig. 29) och omstående foto (Fig. 30). Konen väger 60 g och har en spetsvinkel av 60°. Utom med denna »normalkon» hava prov utförts även med 60°-koner av 10, 30, 100, 200 och 300 g vikt samt med koner av 30° resp. 90° spetsvinklar och 10, 30, 60 och 100 g vikt.

I ett stort antal fall har vart och ett av proven undersökts medelst koner av olika vikt. Resultaten av en del av dessa försök med koner av 60° spetsvinkel framgå av den grafiska framställningen å Pl. 4, Fig. A. Som abskissor hava valts intrycken i mm av 60g-konen och som ordinator intrycken i mm av resp. 10-, 30-, 100-, 200- och 300g-konen. För de intryck, som motsvara en och samma konvikt, hava uppdragits medelvärdeskurvor, och man finner därvid, att de

enskilda värdena gruppera sig rätt väl omkring motsvarande medelvärdeskurva. En särskild undersökning har giorts för att avgöra, huruvida de framkomna avvikelserna skulle kunna bero på olika medelkornstorlek hos de olika proven, men någon tendens i denna riktning har därvid icke kunnat iakttagas. De avvikelser, som förekomma, torde vara att hänföra till mindre brister i själva provningsförfarandet och ojämnheter inom proven.

Till jämförelse med de framkomna medelvärdeskurvorna hava å samma figur inritats de från origo utgående räta linjer, som angiva relativvärden å nedsjunkningen i vätska för de ifrågavarande konerna, »hjälplinjer». Som synes gruppera sig medelvärdeskurvorna i en bestämd serie i förhållande till »hjälplinjerna» sålunda, att medelvärdeskurvorna ligga för koner med lägre vikt än 60 g *under* hjälplinjerna och för koner med högre vikt än 60 g *över* dessa. Medelvärdeskurvorna avvika vidare i högre grad från hjälplinjerna ju längre man åt båda sidor avlägsnar sig från 60 g-konen. Ett annat förhållande, som kan förtjäna påpekas, är, att medelvärdeskurvorna och hjälplinjerna närma sig varandra, ju djupare intrycken bliva, d. v. s. ju mer materialet närmar sig vätskekaraktär, vilket ju också var att vänta, då de böra sammanfalla i den punkt, där den allt lösare leran övergått i vätska. (I origo, där de skenbart sammanfalla, äger den största procentuella avvikelsen rum, enär där vinkelavvikelsen mellan hjälplinjen och sammanbindningslinjen mellan origo och kurvpunkten är störst).

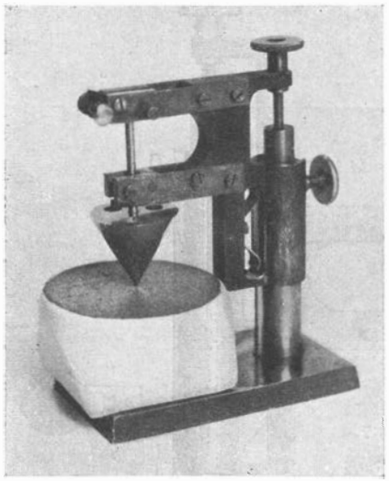


Fig. 30. Intrycksapparaten med konens spets inställd på ytan av lerprovet i skålen. Utgångsläget för provningen.

Om medelvärdeskurvorna skäras med en linje parallell med ordinataxeln, angiva ju skärningspunkternas ordinator de djup, som svara mot resp. kons intryck i en och samma lera. Å Fig. 31 har på basis av detta förhållande för kon med 60° spetsvinkel grafiskt framställts relationen mellan konvikten i g, och det på grund av medelvärdeskurvorna framkonstruerade intrycksdjupet i mm för leror med resp. 2, 4, 6 o. s. v. upp till 20 mm intryck för 60g-60°-kon.

Såsom betecknande siffror för olika lerors motståndsförmåga mot deformation av detta slag skulle ju kunna användas intrycksdjupen, svarande mot en viss kon, t. ex. 60g-60°-konen. Ett relativt stort intryck skulle då angiva, att leran vore relativt lös, under det att ett relativt litet intryck betecknade leran såsom relativt fast. Med tillhjälp av de nyssnämnda kurvorna å Fig. 31 har det emellertid lyckats att bringa till stånd jämförelsetal mellan fasthetsgraderna hos olika leror. Om man med en linje, parallell med abskissaxeln, skär de å sistnämnda figur framställda kur-

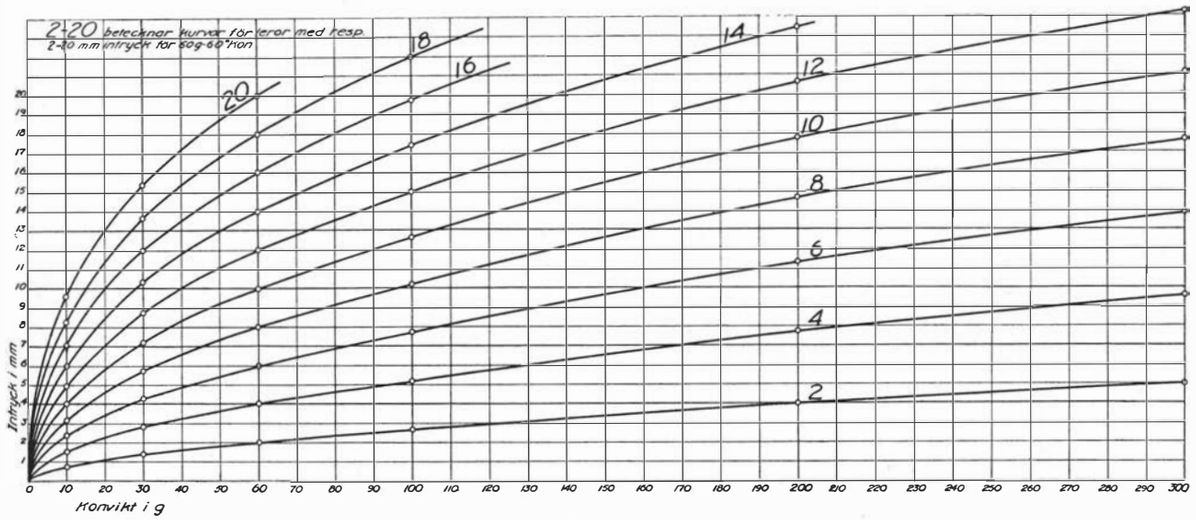


Fig. 31. Förhållandet mellan intryck och konvikt för 60° kon vid leror med resp. 2—20 mm intryck för 60g-60° kon.

vorna, betyda skärningspunkternas abskissor de konvikter, som erfordras för att i resp. leror åstadkomma ett och samma intryck, motsvarande den ifrågavarande linjens ordinatavstånd. Men om ett och samma intryck åstadkommes i de olika lerorna, ligger det nära till hands att antaga, att det yttre arbete, som erfordras för att åstadkomma detta konstanta intryck, står i direkt proportion till resp. leras motståndsförmåga. Det yttre arbetet är i detta fall produkten av konvikten och fallvägen, och då denna senare vid konstant intryck är konstant, skulle alltså lerans motståndsförmåga vara direkt proportionel mot konvikten. (Härvid har bortsetts ifrån de felkällor och olikheter, som kunna bero av stötverkan, olika temperatur och uppvärmning, olika fördelning av det inre arbetet m. m., samt av någon mindre upplyftning av lerytan i provskålen, enär dessa felkällor helt visst äro rätt små.)

Förebragta deduktion skulle emellertid hava föga värde, om de på detta sätt framkomna konvikterna stode i viss relation till varandra endast för ett *visst* intryck och i en väsentligen annan relation, om ett *annat* intrycksdjup valdes. En undersökning på basis av de å Fig. 31 angivna kurvorna visar emellertid, att så icke är fallet, utan att fastmer relationstalen för konvikterna bliva i stort sett desamma, även om man utgår från intrycksdjup av rätt skilda storleksordningar[1]. Nedanstående tabell visar de konvikter, som erfordras för att medelst 60°-kon åstadkomma intrycksdjup av resp. 4, 7, 10, 13, 16 och 19 mm i leror, som för 60 g-60°-konen giva resp. 2, 4, 6 o. s. v. upp till 20 mm intryck. I tabellen har vidare för varje intrycksdjup inom parentes angivits relationsvärden å konvikterna, under förutsättning att konvikten för leran med 10 mm intryck för 60 g-60°-konen sättes till 10. Relationstalen visa icke större avvikelser från sina medelvärden än + 14 och — 10 %.

Intrycks-djup i mm	Erforderlig konvikt å 60°-kon för åstadkommande av vidstående intryck i leror med nedanstående intryck för 60 g 60°-kon. Siffrorna inom parentes angiva relationsvärden å konvikterna.									
	2 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm
4	200,00 g (200,00)	60,00 g (60,00)	26,50 g (26,50)	15,30 g (15,30)	10,00 g (10,00)	—	—	—	—	—
7	—	168,75 g (59,21)	83,00 g (29,12)	45,00 g (15,79)	28,50 g (10,00)	19,75 g (6,93)	14,00 g (4,91)	9,75 g (3,42)	7,00 g (2,46)	5,00 g (1,75)
10	—	320,50 g (53,42)	159,50 g (26,58)	95,50 g (15,92)	60,00 g (10,00)	39,75 g (6,63)	28,00 g (4,67)	20,10 g (3,35)	15,25 g (2,54)	10,95 g (1,83)
13	—	—	263,00 g (24,93)	158,00 g (14,98)	105,50 g (10,00)	72,75 g (6,90)	50,00 g (4,74)	36,50 g (3,46)	26,80 g (2,54)	20,10 g (1,91)
16	—	—	—	243,00 g (15,12)	160,75 g (10,00)	115,00 g (7,15)	82,60 g (5,14)	60,00 g (3,73)	44,25 g (2,75)	33.25 g (2,07)
19	—	—	—	—	234,50 g (10,00)	165,50 g (7,06)	122,00 g (5,20)	91,50 g (3,90)	68,75 g (2,93)	52,25 g (2,22)
	M = 200,00	M = 57,54	M = 26,78	M = 15,42	M = 10,00	M = 6,93	M = 4,93	M = 3,57	M = 2,64	M = 1,95

Anm. Medelvärdena å hållfasthetstalen för leror med 18 resp. 20 mm intryck för 60 g-60°-kon överensstämma icke fullständigt med motsvarande värden å kurvan A-A[1] å Pl. 4, fig. B (se vidare anm. å figuren).

Som en komplettering till ovan beskrivna undersökningar hava verkställts provningar medelst koner med 30° resp. 90° spetsvinkel. I stort sett rätt lika relationstal hava även då erhållits.

[1] Exakt matematiskt kan detta icke vara fallet, men äger approximativt bestånd inom det område, varom här är fråga.

Detta har till och med varit fallet, då undersökning verkställts med 60°-koner med upp till c:a $3^1/_2$ kg vikt.

På grund av de förhållanden, för vilka här ovan redogiorts, har geotekniska kommissionen ansett sig kunna angiva de sålunda framkomna relationsvärdena såsom »relativa hållfasthetstal» eller »hållfasthetstal» för leror. Vid sina undersökningar har kommissionen emellertid utsträckt tillämpningen av desamma även till mjäliga och finsandiga jordarter samt till gyttjor och även till torv. Därvid är emellertid att observera, dels att hållfasthetstalen icke äro jämförbara annat än för prov med sinsemellan någorlunda lika sammansättning, dels att beträffande torven de endast kunna giva en ungefärlig uppfattning om fastheten, enär ju torven ofta företer en så ojämn och grov struktur, att tillfälligheterna vid provningen bliva allt för betydelsefulla, för att smärre skillnader mellan proven skulle kunna fastställas med så små koner, som här använts.

Av ovanstående tabell, kompletterad med på liknande sätt deducerade ytterligare värden, har bildats den å Pl. 4, Fig. B med A-A^1 angivna kurvan, vilken framställer förhållandet mellan hållfasthetstalen och intrycken i mm av 60 g-60°-konen. Som kontroll av denna kurva hava med tillhjälp av medelvärdeskurvorna å Fig. A direkt ur intrycken för 10-, 30-, 100-, 200- och 300 g-konerna beräknats en del hållfasthetstal. Dessa hava inprickats med små cirklar å korresponderande djup för 60 g-konen. Vidare hava kontrollvärden åstadkommits genom att i Fig. A medelst vissa med abskissaxeln parallela linjer avskära samtliga medelvärdeskurvorna samt beräkna relationsvärdena av skärningspunkternas abskissor. Dessa parallela linjer hava anordnats så, att var och en avskurit en medelvärdeskurva, där denna har abskissan = 10 mm. På så sätt hava relationsvärden mellan konvikterna kunnat bildas, utan att man därför behövt använda Fig. 31 som hjälpfigur. De på detta sätt framkomna värdena angivas å Pl. 4, Fig. B med små kors. Denna kontroll bekräftar, att kurvan erhållit rätt läge.

Då de värden å hållfasthetstalen, som för 60 g-60°-kon erhållas vid 3 à 4 mm intryck och därunder samt vid 16 à 20 mm intryck och däröver äro mindre säkra, har det visat sig lämpligt att för de fastaste lerorna övergå till en tyngre kon och för de lösaste lerorna till en lättare kon. För att ännu mer skärpa bestämningen vid de fastaste lerorna har spetsvinkeln minskats från 60° till 30°. Sålunda användes för dessa en 100 g-30°-kon och för de lösaste en 10 g-60°-kon. Hållfasthetstalen beräknas med tillhjälp av de med B-B^1 resp. C-C^1 betecknade kurvorna å Pl. 4, Fig. B. Här nedan återfinnes en tabell för beräkning av hållfasthetstalen vid användning av de tre ovan angivna konerna. Lämpligen användes 60 g-60°-konen för det konsistensområde, som motsvarar 5—15 mm intryck av denna kon.

Till en början undersöktes lerproven sådana de framkommo till laboratoriet, utan att desamma underkastades avsiktlig omrörning. Då emellertid en lera minskar sin sammanhållning genom omrörning, och då de olika proven vid provtagningen m. m. givetvis utsatts för olika grad av oavsiktlig omrörning, kunde de på detta sätt erhållna värdena icke anses såsom tillförlitliga jämförelsevärden. Det blev av denna anledning nödvändigt att undersöka proven dels sådana de framkommo till laboratoriet, varigenom minimivärden på lerans verkliga konsistens erhöllos, dels efter fullständig omrörning, varvid säkrare jämförelsevärden framkommo. Denna omrörning drives så långt, att ytterligare bearbetning för hand icke minskar fastheten. Då det givetvis är sammanhållningen i just det tillstånd, i vilket leran befinner sig i marken, som närmast intresserar, hava försök gjorts att bestämma förhållandet mellan hållfasthetstalen för fullständigt omrört och fullständigt oomrört prov. Något enkelt allmängiltigt förhållande mellan dessa storheter har därvid icke framkommit. Det är också mycket sannolikt, att något sådant förhållande icke står att finna, enär en och samma omrörda produkt kan tänkas framkommen av sinsemellan mycket olika oomrörda prov. Sålunda kunna på olika sätt skiktade leror hava olika hållfasthet i oomrört tillstånd, under det att den omrörda produkten kan bliva lika för dessa leror. Olikheten i den absoluta kornstorleken och i relativmängderna av olika kornstorlekar inverka på liknande sätt. I fall, då det gällt att så noga som möjligt bestämma lerornas konsistens i marken, har man därför måst tillgripa den rätt omständliga metoden för upptagande av möjligast fullständigt oomrörda prov (D. 7. c).

Tabell för beräkning av det relativa hållfasthetstalet.

Intryck för 100g 30° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 100g 30° kon mm	Intryck för 60g 60° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 60g 60° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 60g 60° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 60g 60° kon mm	Intryck för 10g 60° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 10g 60° kon mm	Hållfasthetstal	Intryck för 10g 60° kon mm	Hållfasthetstal
1,3	2 200	4,9	2,00	200,0	5,1	35,30	9,1	11,98	13,1	5,22	5,79	9,1	2,00	14,6	0,73
1,4	1 950	5,0	2,05	193,0	5,2	34,30	9,2	11,73	13,2	5,28	5,69	9,2	1,96	14,7	0,71
1,5	1 750	5,1	2,10	186,5	5,3	33,30	9,3	11,50	13,3	5,32	5,59	9,3	1,92	14,8	0,70
1,6	1 600	5,2	2,15	180,0	5,4	32,30	9,4	11,28	13,4	5,38	5,49	9,4	1,88	14,9	0,69
1,7	1 470	5,3	2,20	174,0	5,5	31,30	9,5	11,06	13,5	5,42	5,39	9,5	1,85	15,0	0,68
1,8	1 350	5,4	2,25	168,0	5,6	30,38	9,6	10,84	13,6	5,48	5,29	9,6	1,80	15,1	0,67
1,9	1 240	5,5	2,30	162,0	5,7	29,48	9,7	10,62	13,7	5,52	5,20	9,7	1,77	15,2	0,66
2,0	1 140	5,6	2,35	156,5	5,8	28,58	9,8	10,40	13,8	5,58	5,11	9,8	1,73	15,3	0,65
2,1	1 050	5,7	2,40	151,5	5,9	27,68	9,9	10.20	13,9	5,62	5,02	9,9	1,70	15,4	0,65
2,2	970	5,8	2,45	146,5	6,0	26,78	10,0	10,00	14,0	5,68	4,93	10,0	1,67	15,5	0,64
2,3	895	5,9	2,50	141,5	6,1	25,88	10,1	9,80	14,1	5,73	4,84	10,1	1,63	15,6	0,63
2,4	825	6,0	2,55	136,5	6,2	24,98	10,2	9,60	14,2	5,80	4,75	10,2	1,60	15,7	0,63
2,5	760	6,1	2,60	132,0	6,3	24.23	10,3	9,41	14,3	5,86	4,66	10,3	1,57	15,8	0,62
2,6	700	6,2	2,65	128,0	6,4	23,53	10,4	9,22	14,4	5,92	4,57	10,4	1,54	15,9	0,61
2,7	650	6,3	2,70	124,0	6,5	22,83	10,5	9,03	14,5	5,98	4,48	10,5	1,51	16,0	0,60
2,8	605	6,4	2,75	120,0	6,6	22,13	10,6	8,94	14,6	6,04	4,39	10,6	1,49	16,1	0,59
2,9	563	6,5	2,80	116,5	6,7	21,43	10,7	8,76	14,7	6,10	4,30	10,7	1,46	16,2	0,58
3,0	526	6,6	2,85	113,5	6,8	20,73	10,8	8,58	14,8	6,16	4,22	10,8	1,43	16,3	0,58
3,1	493	6,7	2,88	110,5	6,9	20,18	10,9	8,41	14,9	6,22	4,15	10,9	1,40	16,4	0,57
3,2	463	6,8	2,90	107,5	7,0	19,68	11,0	8,25	15,0	6,28	4,09	11,0	1,38	16,5	0,56
3,3	435	6,9	2,95	104,5	7.1	19,18	11,1	8,10	15,1	6,32	4,03	11,1	1,35	16,6	0.55
3,4	411	7,0	3,00	101,5	7,2	18,68	11,2	7,96	15,2	6,38	3,97	11,2	1,33	16,7	0,54
3,5	389	7,1	3,05	98,5	7,3	18,23	11,3	7,82	15,3	6,42	3,92	11,3	1,30	16,8	0,53
3,6	369	7,2	3,10	95,5	7,4	17,78	11,4	7,69	15,4	6,46	3,87	11,4	1,28	16,9	0,53
3,7	350	7,3	3,15	92,5	7,5	17,38	11,5	7,56	15,5	6,50	3,82	11,5	1,26	17,0	0,52
3,8	332	7,4	3,20	90,0	7,6	16,98	11,6	7,43	15,6	6,54	3,77	11,6	1,24	17,1	0,51
3,9	315	7,5	3,25	87,5	7,7	16,58	11,7	7,30	15,7	6,58	3,72	11,7	1,22	17,2	0,50
4,0	299	7,6	3,30	85,0	7,8	16,18	11,8	7,17	15,8	6,62	3,67	11,8	1,20	17,3	0,49
4,1	284	7,7	3,35	82,5	7,9	15,78	11,9	7,05	15,9	6,68	3,62	11,9	1,18	17,4	0,48
4,2	270	7,8	3,40	80,0	8,0	15,42	12,0	6,93	16,0	6,72	3,57	12,0	1,16	17,5	0,47
4,3	257	7,9	3,45	78,0	8,1	15,16	12,1	6,81	16,19	6,8	3,47	12,1	1,14	17,6	0,47
4,4	245	8,0	3,50	76,0	8,2	14,80	12,2	6,69	16,38	6,9	3,37	12,2	1,12	17,7	0,46
4,5	234	8.1	3,55	74,0	8,3	14,44	12,3	6,59	16,57	7,0	3,28	12,3	1,10	17,8	0,45
4,6	224	8,2	3,60	72,0	8,4	14,09	12,4	6,49	16,76	7,1	3,19	12,4	1,08	17,9	0,45
4,7	215	8,3	3,65	70,0	8,5	13,74	12,5	6,39	16,95	7,2	3,11	12,5	1,07	18,0	0,44
4,8	207	8,4	3,70	68,0	8,6	13,42	12,6	6,29	17,14	7,3	3,04	12,6	1,05	18,1	0,43
—	—	8,5	3,75	66,0	8,7	13,10	12,7	6,19	17,33	7,4	2,96	12,7	1,03	18,2	0,43
—	—	8,6	3,80	64,0	8,8	12,80	12,8	6,09	17,52	7,5	2,90	12,8	1,02	18,3	0,43
—	—	8,7	3,85	62,0	8,9	12,52	12,9	5,99	17,71	7,6	2,83	12,9	1,00	18,4	0.42
—	—	8,8	3,90	60,5	9,0	12,24	13,0	5,89	17,90	7,7	2,76	13,0	0,98	18,5	0,42
—	—	8,9	3,95	59,0	—	—	—	—	18,08	7,8	2,70	13,1	0,96	18,6	0,41
—	—	9,0	4,00	57,5	—	—	—	—	18,26	7,9	2,63	13,2	0,95	18,7	0,41
—	—	9,1	4,05	56,3	—	—	—	—	18,44	8,0	2,57	13,3	0,93	18,8	0,40
—	—	9,2	4,10	55,1	—	—	—	—	18,62	8,1	2,53	13,4	0,92	18,9	0,40
—	—	9,3	4,15	53,9	—	—	—	—	18,79	8,2	2,47	13,5	0,90	19,0	0,39
—	—	9,4	4,20	52,7	—	—	—	—	18.96	8,3	2,41	13,6	0,88	19,1	0,38
—	—	9,5	4,25	51,5	—	—	—	—	19,13	8,4	2,35	13,7	0,87	19,2	0,38
—	—	9,6	4,30	50,3	—	—	—	—	19,30	8,5	2,29	13,8	0,85	19,3	0,37
—	—	9,7	4,35	49,1	—	—	—	—	19,46	8,6	2,24	13.9	0,83	19,4	0,37
—	—	9,8	4,40	48,0	—	—	—	—	19,62	8,7	2,18	14,0	0,82	19,5	0,36
—	—	9,9	4,45	47,0	—	—	—	—	19,77	8,8	2,13	14,1	0,80	19,6	0,35
—	—	10,0	4,50	46,0	—	—	—	—	19,91	8,9	2,09	14,2	0,79	19,7	0,35
—	—	10,1	4,55	45,0	—	—	—	—	20,05	9,0	2,04	14,3	0,77	19,8	0,34
—	—	10,2	4,60	44,0	—	—	—	—	—	—	—	14,4	0,76	19,9	0,33
—	—	10,3	4,65	43,0	—	—	—	—	—	—	—	14.5	0,74	20,0	0,33
—	—	10,4	4,70	42,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,5	4,75	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,6	4,80	40,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,7	4,85	39,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,8	4,90	38,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,9	4,95	37,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	11,0	5,00	36,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Vikts % vatn/trs för ett antal

Hållfasthetstal	Naturliga jord- Till vänster vikts-% vatn/trs, till höger jämförelsetal med utgång från den pro-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,46	35,8 1,26	—	—	59,0 1,69	56,5 1,53	—	93,7 2,08	—	86,8 1,75	122,0 2,10	117,5 2,02	—	122,0 2,0	—	—
0,98	34,9 1,22	36,0 1,23	43,6 1,44	50,8 1,46	51,2 1,38	—	76,3 1,69	—	78,0 1,57	100,0 1,72	98,5 1,69	100,3 1,65	101,0 1,65	119,2 1,66	—
2,02	33,5 1,18	32,9 1,12	39,7 1,31	44,0 1,26	46,6 1,26	—	65,6 1,45	—	67,3 1,35	82,5 1,42	80,0 1,37	84,9 1,40	85,3 1,39	102,3 1,43	—
4,82	30,8 1,08	30,8 1,05	34,1 1,12	38,7 1,11	41,1 1,11	43,5 1,14	53,8 1,19	55,6 1,20	55,8 1,12	68,2 1,17	67,1 1,15	72,8 1,20	71,5 1,17	84,4 1,18	84,5 1,13
10,0	28,4 1,00	29,3 1,00	30,3 1,00	34,9 1,00	37,0 1,00	38,0 1,00	45,1 1,00	46,5 1,00	49,7 1,00	58,1 1,00	58,3 1,00	60,9 1,00	61,2 1,00	71,6 1,00	74,6 1,00
20,3	25,8 0,91	27,5 0,94	27,4 0,90	31,4 0,90	33,8 0,91	33,5 0,88	39,6 0,88	39,7 0,85	44,1 0,89	51,0 0,88	51,4 0,88	51,4 0,84	49,9 0,82	62,1 0,87	65,8 0,88
31,1	24,5 0,86	26,1 0,89	25,6 0,84	29,6 0,85	31,9 0,86	30,8 0,81	36,6 0,81	36,9 0,79	41,2 0,83	47,5 0,82	47,7 0,82	47,9 0,79	45,9 0,75	56,4 0,79	63,0 0,85
65,3	21,7 0,76	23,4 0,80	23,8 0,79	27,3 0,78	29,3 0,79	26,7 0,70	32,0 0,71	33,4 0,72	37,7 0,76	41,4 0,71	40,4 0,69	40,9 0,67	40,4 0,66	48,9 0,68	57,0 0,76
131,2	17,8 0,63	22,0 0,75	—	25,0 0,72	27,2 0,74	24,5 0,65	27,7 0,61	30,1 0,65	33,9 0,68	36,6 0,63	35,4 0,61	36,0 0,59	35,8 0,58	43,2 0,60	—
202	15,1 0,53	20,4 0,70	—	23,4 0,67	25,6 0,69	22,0 0,58	25,6 0,57	28,3 0,61	30,1 0,61	33,5 0,58	32,4 0,56	33,8 0,56	33,2 0,54	39,6 0,55	—
380	—	—	—	21,1 0,61	24,4 0,66	—	24,0 0,53	—	—	31,5 0,54	28,4 0,49	30,8 0,51	29,9 0,49	36,0 0,50	—
460	—	—	—	20,5 0,59	24,1 0,65	—	23,5 0,52	—	—	30,8 0,53	27,5 0,47	29,2 0,48	29,0 0,47	34,8 0,49	—
650	—	—	—	19,7 0,56	23,5 0,64	—	22,1 0,49	—	—	29,5 0,51	25,9 0,44	—	—	32,6 0,46	—

3. Finleksgradsbestämning.

Av de relativa hållfasthetstalen och de procentuella vattenmängssiffrorna har erhållits möjlighet att på ett enkelt sätt uttrycka lerornas finleksgrad.

Det är sedan åtskilliga år tillbaka bekant, att vid en och samma konsistens en finkornigare lera håller mera vatten än en grovkornigare (jämför bl. a. A. ATTERBERGS utredningar). För att karaktärisera olika lerors finleksgrad, skulle det alltså endast erfordras, att man genom torkning resp. vattentillsats bringade de olika lerproven till en och samma konsistens och, sedan denna erhållits, bestämde provens procentuella vattenmängder. Dessa senare skulle då giva upplysning beträffande de olika provens ställning till varandra i avseende å finleksgraden på sådant sätt, att större procentuell vattenmängd svarade mot finkornigare prov och tvärt om. Ett sådant förfaringssätt, särskilt om det gäller ett stort antal prov, skulle emellertid vara synnerligen tidsödande, och, såsom nedan visas, är en så omständlig procedur heller icke nödvändig.

Genom undersökning vid olika vattenhalter av ett 20-tal systematiskt utvalda jordprov har det nämligen kunnat påvisas, att vattenmängderna, uttryckta i viktsprocent å torrsubstans, för de olika proven haft till varandra ett ganska nära konstant förhållande, då jämförelsen göres vid en och samma konsistens (samma hållfasthetstal) hos samtliga prov, oberoende av, vilken denna konsistens är. Med andra ord: om de olika jordproven vid hållfastheten H hava resp. V_1, V_2, V_3 o. s. v. vikts-% vatn/trs och vid hållfastheten h resp. v_1, v_2, v_3 o. s. v. vikts-% vatn/trs, så gäller inom vissa gränser ganska nära $V_1 : V_2 : V_3$ o. s. v. $= v_1 : v_2 : v_3$ o. s. v. Men därav följer också, att tillnärmelsevis $V_1 : v_1 = V_2 : v_2 = V_3 : v_3$ o. s. v., d. v. s. att %-siffrorna vatn/trs variera med konsistensen förhållandevis på ungefär samma sätt i olika leror.

Å ovanstående tabell angives för vart och ett av 20 närmare undersökta jordprov dels %-siffrorna vatn/trs vid flera olika konsistenser (hållfasthet å fullständigt omrört prov), dels relativtal för dessa vattenmängdssiffror, varvid det relativtal, som motsvarar hållfastheten 10, för samtliga prov satts = 1. Såsom ovan framhållits äro för de olika proven dessa relativtal rätt lika vid motsvarande hållfastheter. Någon exakt överensstämmelse råder emellertid icke, utan enstaka relativtal kunna avvika med ända till 30 % från medeltalet för samtliga prov. Genom att på lämpligt sätt bilda grupper av proven har man emellertid kunnat få överensstämmelsen mellan de enskilda

jordprov vid olika konsistenser.

prov 1—20 centuella vattenmängden vid hållfasthetstalet 10						Medeltal för proven 1—2	Största avvikelse från medeltalet		Medeltal för proven 3—5	Största avvikelse från medeltalet		Medeltal för proven 6—18	Största avvikelse från medeltalet		Medeltal för proven 19—20	Största avvikelse från medeltalet		Slamningsprodukter med kornstorleksgränserna:			Hållfasthetstal
16		17		18		19		20		+	—		+	—		+	—		+	—		+	—	500μ-20μ	20 μ—2 μ	2 μ—0	
										%	%			%			%			%						
150,0	1,99	—		—		223,6	2,24	245,6	2,11	—	—	—	1,610	5,0	5,0	1,990	5,5	12,0	2,175	3,0	3,0	34,5	1,20	50,0	1,32	122,0	1,88	0,46
121,0	1,61	—		—		181,0	1,82	193,6	1,66	1,225	0,4	0,4	1,427	2,3	3,3	1,655	3,9	7,6	1,740	4,6	4,6	34,0	1,18	46,8	1,24	103,0	1,59	0,98
103,4	1,38	—		—		159,6	1,60	173,5	1,49	1,150	2,6	2,6	1,277	2,6	1,3	1,399	3,6	3,5	1,545	3,6	3,6	33,3	1,16	44,2	1,17	90,1	1,39	2,02
86,0	1,14	82,8	1,10	91,7	1,10	127,6	1,28	145,2	1,25	1,065	1,4	1,4	1,113	0,6	0,3	1,153	4,1	4,6	1,265	1,2	1,2	31,0	1,08	40,6	1,08	73,8	1,14	4,82
75,2	1,00	75,4	1,00	83,3	1,00	99,7	1,00	116,2	1,00	1,000	0,0	0,0	1,000	0,0	0,0	1,000	0,0	0,0	1,000	0,0	0,0	28,8	1,00	37,8	1,00	64,9	1,00	10,0
66,1	0,88	65,4	0,87	73,6	0,88	80,7	0,81	87,4	0,75	0,925	1,6	1,6	0,903	0,8	0,3	0,869	2,4	5,7	0,780	3,8	3,8	27,0	0,94	35,1	0,93	57,8	0,89	20,3
60,5	0,81	58,6	0,78	68,8	0,83	73,7	0,74	79,5	0,68	0,875	1,7	1,7	0,850	1,2	1,2	0,806	5,5	6,9	0,710	4,2	4,2	26,0	0,90	33,5	0,89	54,7	0,84	31,1
51,5	0,69	49,5	0,66	59,7	0,72	62,7	0,63	68,4	0,59	0,780	2,6	2,6	0,787	0,4	0,9	0,702	8,3	6,0	0,610	3,3	3,3	24,3	0,84	30,6	0,81	49,6	0,76	65,3
45,2	0,60	44,7	0,59	—		54,3	0,54	60,1	0,52	0,690	8,7	8,7	0,730	1,4	1,4	0,617	10,2	6,0	0,530	1,9	1,9	21,7	0,75	29,5	0,78	44,0	0,68	131,2
40,0	0,53	42,1	0,56	—		49,6	0,50	54,2	0,47	0,615	13,8	13,8	0,680	1,5	1,5	0,568	7,4	6,7	0,485	3,1	3,1	19,7	0,68	28,6	0,76	41,4	0,64	202
36,4	0,48	—		—		42,5	0,43	46,7	0,40	—	—	—	0,635	3,9	3,9	0,506	6,7	5,1	0,415	3,6	3,6	—		26,6	0,70	38,4	0,59	380
35,6	0,47	—		—		40,1	0,40	45,1	0,39	—	—	—	0,620	4,8	4,8	0,490	8,2	4,1	0,395	1,3	1,3	—		25,8	0,68	37,5	0,58	460
34,6	0,46	—		—		39,9	0,40	43,7	0,38	—	—	—	0,600	6,7	6,7	0,472	8,1	6,8	0,390	2,6	2,6	—		24,4	0,65	—		650

värdena och resp. grupps medelvärde synnerligen god. Första gruppen innesluter de prov, som vid hållfastheten 10 hava vikts-% vatn/trs mindre än 30. Motsvarande %-tal ligga för andra gruppen mellan 30 och 38, för tredje gruppen mellan 38 och 90 och för fjärde gruppen över 90. Avvikelserna från resp. grupps medelvärde uppgår i regel till endast några få %, rent undantagsvis till 10 à 14 %. Medeltalet å relativsiffrorna för dessa fyra grupper hava å Fig. 32 grafiskt angivits i förhållande till hållfasthetstalen. Relativtalen benämnas därvid, av skäl som framgå av det här nedan anförda, »jämförelsetal för beräkning av finlekstal». De på nyssnämnda sätt framkomna kurvorna gruppera sig som synes i samma ordning som de ovan angiva provgrupperna. Ett undantag härifrån utgör den övre delen av kurvan för första gruppen, ett förhållande som ännu icke hunnit närmare granskas, men som, då det endast gäller de allra fastaste proven, icke torde hava någon större praktisk betydelse.

Av det ovan anförda framgår, att, om för en lera vikts-% vatn/trs är känd för en viss hållfasthet, vikts-% vatn/trs vid vilken annan hållfasthet som helst kan beräknas med hjälp av kurvorna å Fig. 32. Man har därvid endast att med hjälp av kurvan för den grupp, det ifrågavarande provet förmodas tillhöra, utläsa jämförelsetalen dels för utgångshållfastheten, dels för den åsyftade hållfastheten samt beräkna vattenmängdssiffrorna i direkt proportion till dessa jämförelsetal. Om den sistnämnda hållfastheten valdes till en och samma för samtliga prov, skulle, såsom tidigare framhållits, de mot denna svarande vattenmängdssiffrorna vara en index på materialets finlek. Då det av de ovan beskrivna utredningarna framgått, att jämförelsevärdet å denna index är rätt oberoende av valet av den konsistens, vid vilken jämförelsen sker, kunde man tydligen välja vilken sådan konsistens som helst, endast den för samtliga prov vore lika. Vid kommissionens arbeten har fastslagits *hållfasthetstalet 10* (vid fullständigt omrört prov) *såsom jämförelsebas*, och den mot detta svarande vattenmängden i vikts-% vatn/trs har betecknats såsom materialets »*finlekstal*». Finlekstalet angiver alltså, huru mycket vatten, uttryckt i vikts-% å torrsubstans, ett visst lermaterial binder, då blandningen (ler+vatten) vid fullständig omrörning har en konsistens, som motsvarar hållfasthetstalet 10.

Det ovan anförda har angivits närmast åsyfta bestämning av *lerors* finleksgrad. De verkställda proven hava emellertid, icke endast omfattat lera utan jämväl *finsand*, *mjäla* och *gyttja*, och även för samtliga dessa jordslag synes metoden vara användbar, om man blott fasthåller vid,

att det egentligen endast är materialets vattenbindningsförmåga (kapillaritet), som med finlekstalet uttryckes.

Till en början förmodades finlekstalet utgöra ett relativmått på materialets spec. kornyta, d. v. s. sammanlagda ytan av kornen hos viktsenheten torrsubstans. Skulle detta hava varit fallet, hade

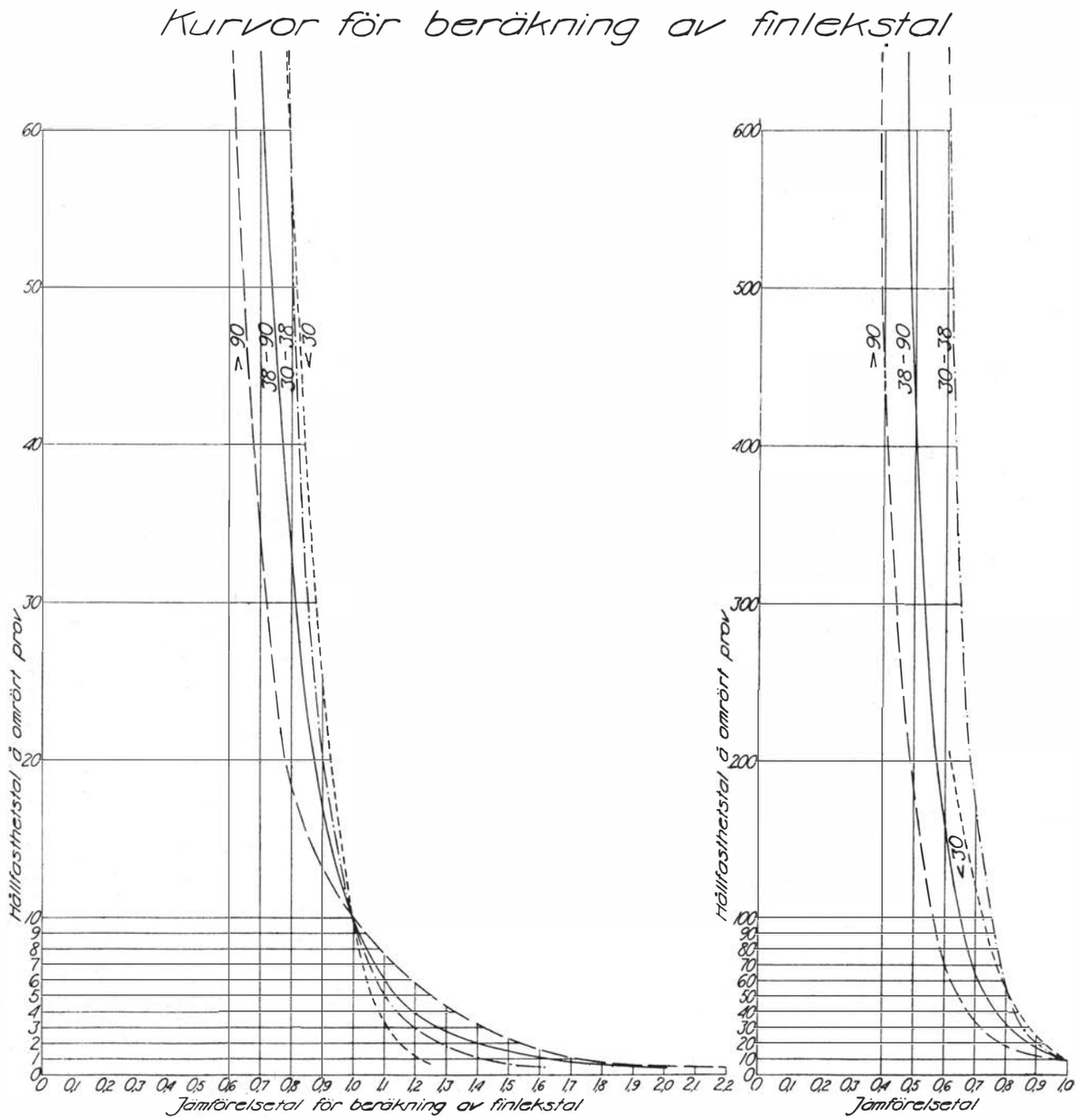


Fig. 32. Kurvor för beräkning av det jämförelsetal (se sid. 53), med vilket finlekstalet beräknas ur %-siffran vatn/trs.

det inversa värdet av finlekstalen givit relativmått å själva kornstorleken, enär denna står i omvänd proportion till den spec. kornytan. Sedan samtliga de å tabellen sid. 52—53 upptagna provningarna verkställts, stod det emellertid klart, att så icke kunde vara förhållandet. Redan vid en okulär granskning av proven kunde man med hög grad av sannolikhet sluta sig till, att skillnaden i kornstorlek hos åtminstone en del av proven var betydligt större än skillnaden mellan dessa provs finlekstal. För att säkert avgöra denna fråga verkställdes undersökning, motsvarande

den ovan beskrivna, med material som genom slamning sorterats i bestämda kornstorleksgrupper nämligen 0—2 μ, 2 μ—20 μ och 20 μ—500 μ. Resultaten av denna undersökning, vilka återgivas i tabellen å sid. 52—53, bekräftade, att medelkornstorleken icke är proportionell mot finlekstalets inversa värde. Under det att sålunda kornstorlekarna för de tre berörda proven torde hava ett inbördes förhållande av c:a 1:10:50 eller (om man jämför största kornstorleken i den första gruppen, medelstorleken i den andra och minsta storleken i den tredje) större skillnad än som representeras av 1:5:10, hava nämligen finlekstalens inversa värden förhållandet $\frac{1}{64,9} : \frac{1}{37,8} : \frac{1}{28,8}$ eller c:a 1:1,7:2,2.

Trots att alltså finlekstalet icke giver *verkligt mått* på materialets finlek, har det dock en mycket stor betydelse för en *ungefärlig bedömning* av denna. Såsom undersökningsförfarande har metoden den stora fördelen att vara enkel. Gäller det geoteknisk undersökning i den bemärkelse, föreliggande arbete avhandlar, d. v. s. undersökning av markens bärighet, erhålles i regel finlekstalet genom endast en enkel räkneoperation, enär i dylika fall bestämning av såväl vattenhalt som hållfasthetstal ändock erfordras.

Som illustration på bestämningsmetodens skärpa kunna de från undersökningen vid Tingstads—Sannegårdens järnväg erhållna resultaten tjäna (C. 1, Fig. 3). Likväl har, sedan dessa bestämningar verkställdes, ytterligare skärpning av metoden genomförts.

Beräkningen av finlekstalet sker med hjälp av kurvorna å Fig. 32 sålunda. I det tillstånd provet undersökts har det ett hållfasthetstal vid fullständig omrörning av H_1. Vikts-% vatn/trs är $= V$. Man söker först på den kurva, som anses motsvara provet (exempelvis kurvan för F=38—90) det jämförelsetal, J, som svarar mot hållfasthetstalet H_1. Finlekstalet F bestämmes sedan enligt formeln:

$$F = \frac{V}{J}$$

Skulle därvid F falla utanför det finlekstalsområde (i exemplet 38—90), som den använda kurvan omfattar, utföres operationen på nytt med den kurva, som det första beräkningsförsöket antyder i stället böra användas.

Uppdelningen i fyra grupper har företagits endast för att förenkla beräkningen. I själva verket visar den verkställda utredningen, att inga skarpa gränser föreligga, utan grupperna gå småningom över i varandra. Gränserna hava emellertid kunnat förläggas rätt lämpligt med hänsyn till uppdelning av materialet i de fyra jordslagen: finsand, mjäla, lera och gyttja.

Det är emellertid av det ovan anförda tydligt, att man icke genom ensamt bestämning av finlekstalet kan avgöra materialets sammansättning. Sålunda kan t. ex. en gyttjig mjäla giva samma finlekstal som en ren lera och en sandig lera giva samma finlekstal som en ren mjäla. Finlekstalet blir alltså endast ett uttryck för materialets *genomsnittliga* finleksgrad.

Finlekstalet får icke förväxlas med den vattenbindningsförmåga (kapillaritet), materialet äger i det tillstånd, i vilket det förekommer i naturen, d. v. s. innan någon omrörning ägt rum. Denna vattenbindningsförmåga är, såsom framgår av redogörelsen för förhållandet mellan hållfasthetstal för oomrört och omrört material, avsevärt större, än vad finlekstalet angiver, men, såsom också å detta ställe anförts, har någon enkel relation mellan dessa kvantiteter ännu icke stått att erhålla.

G. STABILITETSBERÄKNINGAR.

De metoder, som hittills i regel i praktiken tillämpats vid jordstatiska beräkningar, äro uppbyggda på följande förutsättningar:

1) Deformation inom jordmassan motverkas av inre *friktion,* under det att jordmassans *kohesion* försummas.
2) Deformation inom jordmassan sker efter *plana snitt.*
3) De *elastiska formförändringarna* hos jordmassan försummas.

Vid dessa metoder har man huvudsakligen inriktat sig på bestämmandet av jordtryck mot stödjemurar, spånter o. d., men föga beaktat sådana stabilitetsfall, som t. ex. förekomma vid skärningsslänter, banksjunkningar och markförskjutningar i allmänhet, d. v. s. allmänna jordstatiska fall.

Förutsättningen under 1) har icke allmän giltighet. I många fall kan den gjorda approximationen vara ur praktisk synpunkt berättigad, men i andra fall är det tvärtom så, att kohesionen avgör stabiliteten, och att friktionen kan försummas.

De under 2) och 3) gjorda förutsättningarna torde i regel icke vara berättigade. Att man med förutsättningen om plana snitt gör en i de flesta fall, då det gäller allmänna jordstatiska beräkningar, alltför grov approximation, ligger i öppen dag och är för övrigt lätt att påvisa vid jämförelse med här nedan närmare utvecklade metoder. Även försummandet av de elastiska formförändringarna för med sig en avvikelse från de exakta värdena, vilken i vissa fall torde vara ganska betydande.

I stället för dessa, hittills gängse beräkningsgrunder[1], har kommissionen vid sina jordstatiska utredningar i allmänhet tillämpat följande regler:

a) För sådana jordarter, där friktionen är avgjort dominerande, räknas endast med *friktion.*
b) För sådana jordarter, där kohesionen är avgjort dominerande, räknas endast med *kohesion*
c) För övriga jordarter räknas med *samverkande friktion och kohesion.*
d) Deformation inom jordmassan förutsättes ske efter *cirkulärcylindriska snitt.*
e) De *elastiska formförändringarna* hos jordmassan försummas.

En granskning av dessa regler ger följande resultat.

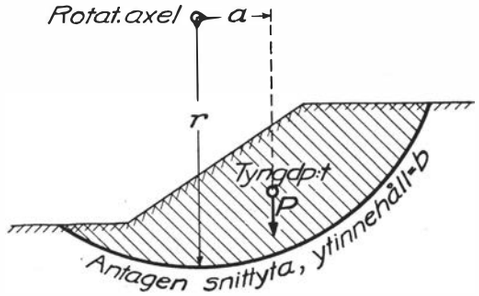
Mot de under a) b) och c) angivna reglerna torde ingen annan erinran vara att göra, än att gränserna för de områden, där den ena eller den andra regeln skall tillämpas, i vissa fall äro svåra att angiva. Med ur *praktisk synpunkt* erforderlig skärpa låter sig dock detta i de flesta fall göra. Sålunda blir det i allmänhet endast löst lagrade, steniga, grusiga och sandiga jordarter, som falla under regel a); »mjuka» jordarter, såsom lös lera, gyttja och torv, falla under regel b); under det att övriga jordarter i allmänhet falla under regel c).

[1] Ansatser till ett inslående på andra vägar, som mera närma sig verkligheten, hava för länge sedan gjorts, se t. ex. E. WINKLER: Neue Theorie des Erddrucks nebst einer Geschichte der Theorie des Erddrucks und der hierüber angestellten Versuche, Wien 1872 och H. MÜLLER-BRESLAU: Erddruck auf Stützmauern, Stuttgart 1906, men först på allra sista tiden hava för praktiska beräkningar andra, med de verkliga förhållandena mera överensstämmande grundprinciper börjat tillämpas. I vårt land hava nya inlägg till frågans utredande gjorts bl. a. av SVEN HULTIN: Grusfyllningar för kajbyggnader, Tekn. Tidskr., Veckouppl. 1916, sid. 292—294, CARL FORSSELL: Jordtryck såsom ett elasticitetsfenomen, Hyllningsskrift tillägnad J. Gust. Richert, 1917, WOLMAR FELLENIUS: Kaj- och jordrasen i Göteborg, Tekn. Tidskr., Veckouppl. 1918, sid. 17—19, Utredning beträffande kajbyggnader för Trondhjems hamn, Tekn. Tidskr. Väg- och Vattenb. 1919, sid. 1—19 och NILS WESTERBERG: Jordtryck i kohesionära jordarter, Tekn. Tidskr., Väg- och Vattenb. 1921, sid. 25—29, 49—58, 61—66.

Den under d) angivna regeln om cirkulärcylindriska snitt avser icke att giva en exakt bild av deformationstendenserna inom massan utan är endast att betrakta som ett beräkningssätt, och skälet, varför detta beräkningssätt i stor utsträckning kommit till användning vid kommissionens utredningar, är, att det, på samma gång det är överskådligt och enkelt att genomföra, giver ett resultat, som i regel icke i allt för hög grad torde avvika från de *genomsnittliga* förhållandena.

Redogörelser för beräkningsmetoder med tillämpning av cirkulärcylindriska glidytor och under antagande av endast *friktion* i dessa hava lämnats av Sven Hultin: Tekn. Tidskr., Veckouppl. 1916, sid. 292—294 och Wolmar Fellenius: Tekn. Tidskr., Väg- och Vattenb. 1919, sid. 1—19.

För *kohesionära* jordarter framgår beräkningsmetoden i enklare fall av nedanstående skiss (Fig. 33). Kohesionen införes såsom i snittytan tangentiellt verkande krafter proportionella mot resp. snittytors storlek (kraft/ytenhet) och sålunda oberoende av normaltrycket.



r = snittcylinderns radie.

P = den glidande massans vikt.

a = den glidande massans tyngdpunktsavstånd från vertikalplanet genom cylinderns axel.

b = ytinnehållet av cylindersnittet.

K = erforderlig kohesion för den valda glidytan (kraft/ytenhet).

Jämviktsvillkor: $Pa = bKr$. Således $K = \frac{Pa}{br}$

Fig. 33. Beräkning av erforderlig kohesion i en godtyckligt vald cirkulärcylindrisk glidyta under antagande av jämnt fördelad kohesion.

För att erhålla från fall till fall jämförbara värden å den erforderliga kohesionen undersökas på nyss angivet sätt flera glidytor. På detta sätt uppsökes den glidyta, som visar den största erforderliga kohesionen. Denna är den farligaste glidytan och dess erforderliga kohesion blir den för fallet karaktäristiska.

Genom att sammansätta snittytan av delar med olika radier och genom att låta kohesionen få olika värden i olika lager kan man mera anpassa beräkningen efter de lokala förhållandena. Härvid blir emellertid beräkningen ej så enkel, som ovan angivits, utan man får då tillgripa grafiska passningsmetoder i huvudsaklig överensstämmelse med vad, som angivits i nyssnämnda uppsatser av Hultin och Fellenius beträffande beräkningsmetoder för friktionsjordarter.

Även vid undersökningar under förutsättning av *samverkande friktion och kohesion* få dylika grafiska passningsmetoder tillgripas.

Förutsättningen under e), att de elastiska formförändringarna hos jordmassan försummas, innebär, såsom redan framhållits, i vissa fall en rätt allvarlig brist. Den utgör emellertid förutsättning för antagandet av en genomgående glidyta, i vilken deformationen inträder samtidigt. Skulle hänsyn tagas till de elastiska formförändringarna, komme helt säkert de mera komplicerade fallen att för oöverskådlig framtid undandraga sig varje beräkning.

Som synes, lämnar sålunda även det av kommissionen tillämpade beräkningssättet rätt mycket övrigt att önska men torde dock i förhållande till gängse äldre metoder innebära ett avsevärt steg mot större skärpa och mot principer, som mera överensstämma med verkligheten. Vid kommissionens utredningar hava heller icke, såsom jämväl tidigare (B. 1) framhållits, de verkställda stabilitetsberäkningarna åsyftat att direkt angiva den *absoluta* storleken av spänningarna i jordmassan, detta så mycket mindre som de på jordproven verkställda fasthetsgradsbestämningarna icke, åtminstone ännu, lämnat annat än *relativa* värden. De hava fastmer närmast avsett att underlätta *jämförelse* mellan skilda stabilitetsfall i avsikt att av ett fall draga slutsatser beträffande ett annat.

Det är utan vidare klart, att vid ett sådant tillvägagångssätt fordringarna på beräkningsmetodens överensstämmelse med verkligheten icke behöva sättas så höga, som om ett stabilitetsfall *fristående*

skall bedömas. I avseende härpå kunna då i många fall vissa eftergifter göras, om framkomliga vägar härigenom erhållas. Sålunda torde försummandet av de elastiska formförändringarna vid dylik *jämförelse* i regel sakna större betydelse. Även kan till och med i vissa fall beräkningarna genomföras med utbytande av friktion mot kohesion och tvärtom, utan att jämförelsen i allt för hög grad blir missvisande. För detta senare kräves dock, att de fall, som jämföras, äga sinsemellan ungefär lika dimensioner, eller rättare, att det inre trycket vid snittytan är av ungefär samma storleksordning i de olika fallen. I samma mån de till jämförelse uppställda fallen i detta hänseende avvika från varandra, i samma mån är det emellertid för beräkningens genomförande angeläget att avgöra proportionen mellan friktionen och kohesionen i de olika partierna.

Då man sålunda icke har tillgång till annat än mycket approximativa beräkningsmetoder, är det av vikt att beakta, att de genom beräkningarna erhållna resultaten särskilt till sina detaljer äro osäkra, och att man alltså icke — såsom mången gång sker — får draga allt för presicerade slutsatser av desamma.

H. MONOGRAFIER ÖVER EN DEL NÄRMARE UNDERSÖKTA PLATSER.

1. Skredet vid Säm å Bohusbanan år 1903.

Vid Säm i norra Bohuslän inträffade i början av mars 1903 vid schaktning i ett sidotag intill den under byggnad varande Bohusbanan ett skred, varvid ett markområde om c:a 2 400 kvm utrasade. Skredmassorna flöto ut över den nedanför skredplatsen belägna och redan färdigställda

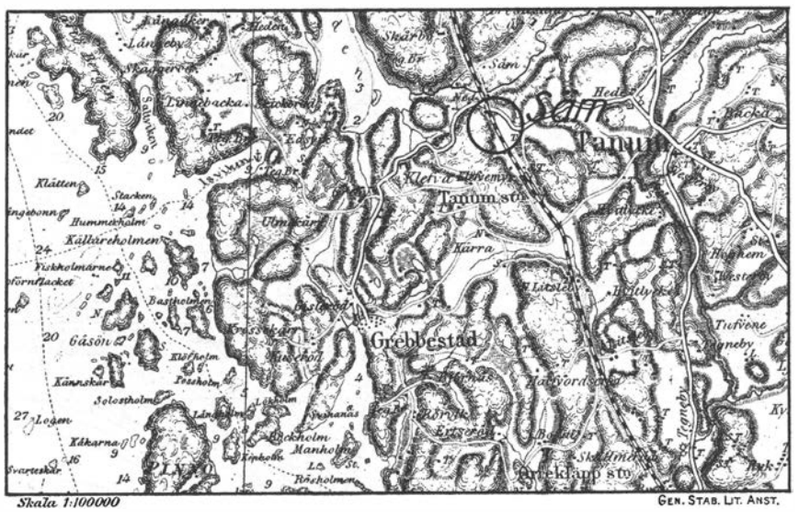


Fig. 34. Top. karta 1 : 100 000.

banan och fyllde därvid den 3 m djupa järnvägsskärningen samt översvämmade en areal av c:a 5 000 kvm av den angränsande åkermarken.

Skredplatsen är belägen omedelbart väster om banan omkring km 149 + 074 strax norr om Tanums station (Fig. 34).

Berggrundens topografi.

Vid Säm framgår banan i en typisk bohuslänsk sprickdal, löpande i nära nord-sydlig riktning och begränsad av höga berg, upptill mestadels utan jordbetäckning. Dessa äro å den mot isrörelsen vettande västra dalsidan vackert rundade, stötsideformade och stiga här flackt upp från dalbottnen. Vid den östra dalsidan åter resa de sig i branta avsatser. Sedimentytan i dalen ligger 4 à 10 m över havet, medan bergens ryggar och platåer nå upp till 40 à 50 m över havet (Fig. 35).

Den dalgång, banan följer, skäres av ett annat system av sprickdalar, som i allmänhet äro smalare än den förstnämnda och ej så väl markerade som denna.

Bergdalarna äro som vanligt i Bohuslän på denna låga nivå nästan fullständigt utfyllda av de kvartära havssedimenten, varför ej alla dessa dalar nu framträda i topografien.

Skredområdet är beläget inom en ganska vid sänka i den nord-sydgående dalens västra sida. Denna sänka når in till och ändar skenbart blint inom bergryggens högsta parti. Den är uppdelad i fyra sinsemellan parallella och nära vinkelrätt mot banans dalgång löpande dalar eller

kanske rättare breda, rännformade sprickor. Vid trenne av dessa kunna blott mynningarna skönjas, och vid tiden före det här ifrågavarande skredet doldes den fjärde, den i vilken skredet sedan skedde, helt och hållet av de lösa jordlagren.

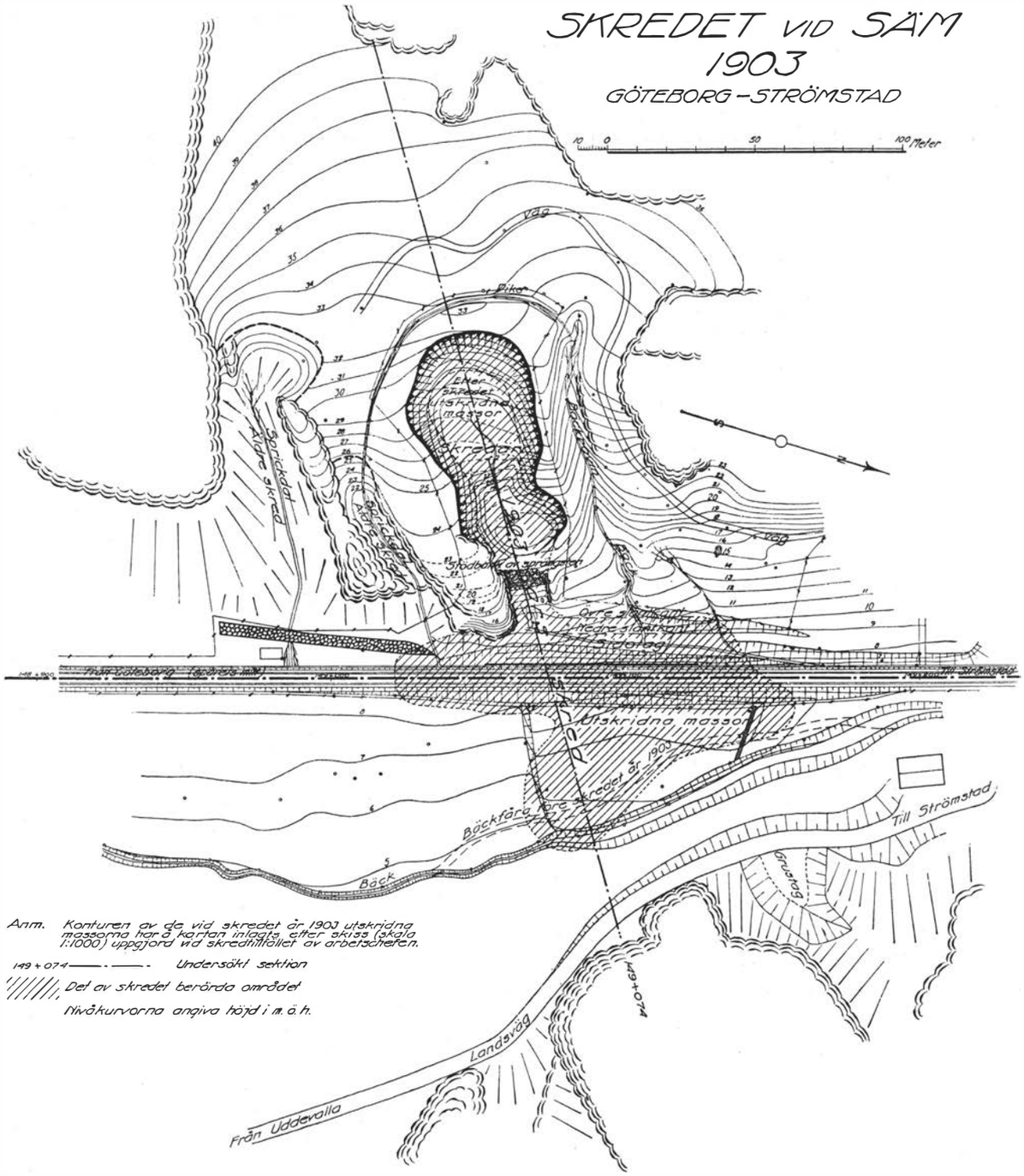


Fig. 35. Karta över skredterrängen vid Säm å Bohusbanan, angivande 1903 års skred och äldre skredärr.

De lösa jordlagren.

Genom den kvartära lagerserien i dalsidans sänka och i dalgången nedanför har uppborrats en sektion, som framgår ungefär mitt genom skredet eller i det närmaste i sydväst-nordostlig riktning och skär banan i cirka 75° vinkel. (Pl. 5.)

Vid borrningen har använts skopborr så djupt som möjligt, d. v. s. till dess vattenförande sand-

lager eller så lös lera nåtts, att borrhålet flutit igen. Härefter har borrning med sondborr eller kannborr vidtagit, till dess sten eller berg hindrat vidare nedträngande.

Lagerföljden före skredet var i sektionen — med smärre modifikationer — ungefär densamma i skredsänkan och i dalgången nedanför.

Omedelbart på berget ligger *morän*. Dess mäktighet och beskaffenhet är ej närmare utredd. Antagligen bildar den ett blott en eller annan meter tjockt, grundvattenförande täcke å berggrunden.

Moränen överlagras av *glacial lera*. Denna går i dagen endast uppe i skredsänkan närmast bergryggen. Den är 4—5 m mäktig, starkt mjälig och till färgen skär. Dess varvighet framträder blott otydligt. Intill markytan är den fast och torr; i skredsänkans övre del ligger utrullgränsen på något över 2 m djup.

Postglacial lera överlagrar glacialleran med en mäktighet av c:a 8 m inom dalgången och 2—2,5 m i skredsänkan. I denna sträcker den sig upp till ett avstånd av 160 m från banan. Den är gröngrå till färgen, vilket antyder någon gyttjehalt. Denna kan dock ej vara stor, ty glödgningsförlusten är endast 3,35—3,75 %.

Vid övergången mellan glacialleran och postglacialleran är leran rent blågrå.

I mitten av dalgången bildar den postglaciala leran markytan. Leran är ända upp till närheten av denna ganska lös, men bildar överst torrskorpa av c:a 2 m mäktighet.

Inom den mellersta nivån av postglacialleran förekomma åtskilliga sandskikt, vilka äro mäktigast i skredsänkan och inom dalgångens sidopartier, men utkila mot dess mitt. De innehålla rikligt med skal av mollusker.

Glaciallerans vattenhalt varierar mellan 25 och 35 % (33 och 54 % vatn/trs) och postglaciallerans mellan 30 och 42 % (43 och 72 % vatn/trs). Vattenhalterna i prov från gränszonen mellan de bägge lerorna hålla sig mellan 35 och 39 % (54 och 65 % vatn/trs).

Av finlekstalen framgår, att glacialleran genomgående har grövre kornstorlek än postglacialleran. Bägge lerorna äro mjäliga, glacialleran synes till och med hava så stor mjälhalt, att den kunde benämnas mjäla med lerränder.

Undantagandes närmast bergryggen och i huvuddalens mittparti täckes postglacialleran å hela området av *postglaciala strandbildningar* av grus, sand och mjäla, vilka lager äro mäktigast i brytningszonen mellan den plana sedimentytan och dalsidans sluttning. De ha här uppgått till en mäktighet av ungefär 6 m, men ha i övrigt en medelmäktighet av 3—4 m. Strandbildningarna, vilka föra skal i riklig mängd, visa uppåt mot markytan och i riktning mot bergryggen tilltagande kornstorlek. Vid tiden för skredet voro de ymnigt vattenförande, men att nu närmare fastställa den dåvarande grundvattennivån låter sig icke göra.

Inom dalsänkans nedre del kan tvärs över densamma vid 22—24 m höjd över havet följas en tämligen väl markerad terrassavsats, som sannolikt uppstått genom vågerosionen vid ett högre läge av havsstranden.

En djupt nedskuren bäckravin framgår strax norr om skredets sänka intill en där förefintlig avsats i berget. Ärr efter äldre jordskred kännetecknа de två sydligaste bergrännorna. Inom den sydligaste är skredärret mycket tydligt markerat, och stora delar av de utglidna massorna kunna ännu skönjas i form av tvärvalkar i närheten av rännans mynning. Tidpunkten för dessa skred har ej kunnat bestämmas.

Skredets förlopp.

Det skred, som här närmare skall beskrivas, inträffade vid 9-tiden på eftermiddagen den 5 mars 1903.

Vid utschaktningen av sidotaget hade man då hunnit in till närheten av den 20 m väster (vänster) om banan uppstickande bergväggen. På grund dels av den ringa lutningen (1 : 5 à 1 : 8) av terrängen ovanför sidotaget, dels av den omständigheten, att bergväggen, som man såg sticka upp strax väster om detta, föreföll att vara sammanhängande, ansågs ingen fara för skred föreligga. Då de genomgrävda lagren (enligt senare lämnad uppgift av arbetschefen) bestodo av grövre och finare sand, grusblandad, och av »god beskaffenhet», styrktes arbetsbefälet än mer i sin uppfattning, att någon fara för släntens bestånd ej förefanns.

Skredet — till vilket något ögonvittne icke fanns — synes ha haft en katastrofartad karaktär. Enligt den av arbetschefen lämnade framställningen av skredets förlopp »pressades» genom berg-

rännan »på några ögonblick ut c:a 8 000 à 10 000 kbm av den upplösta leran, vilken därefter fyllde skärningen, passerade den högra slänten samt rann ned och täppte till bäcken», därvid översvämmande ett område av c:a 5 000 kvm.

Efter huvudskredet skedde ett antal smärre utglidningar, varigenom nya lerskollor föllo ned i det genom katastrofen bildade skredärret. Genom skredet har uppstått en stor, oval, på mitten något hopträngd hålighet i marken, utsträckt i dalsänkans riktning (nära sydväst-nordostlig), med en längd av ungefär 100 m och en bredd av högst 40 m. Djupet varierar mellan 3 och 6 m. Skredets botten framgick till större delen omedelbart ovanpå de glaciala sand- och gruslagren. Längst in genomskar den lerlagret och endast i bergrännans mynning berörde den berg. För närvarande täckes bottnen inom skredhålan av lerskollor, utgörande de senast utskridna partierna och liggande i form av stora valkar, vilka delvis skiljas åt genom vattensamlingar.

De i dalgången utglidande massorna hejdades ej förrän mot landsvägen utmed den östra dalsidan. Stora delar äro nu bortförda, men ännu kvarligger ett några meter tjockt täcke, åt sydost begränsat av en skarpt markerad, c:a 0,5—1,0 m hög avsats, åt andra håll långsamt uttunnande.

Efter skredet vidlagna förstärkningsåtgärder.

Efter skredet vidtogos skyndsammast åtgärder för att förhindra ett upprepande av katastrofen. Sedan en i bergporten påbörjad jordvall bortförts genom en senare inträffad utglidning, utlades därstädes på en bädd av ris en 4 m hög och vid basen 22 m bred bank av sprängsten. För att avleda ytvattnet från skredslänten grävdes c:a 10 m från dennas krön ett 1,0—1,3 m djupt överdike, varjämte för att nedbringa risken för ytterligare skred de branta skredväggarna avschaktades till lutning 1 : 2. För bäcken, som uppdämdes av de utskridna massorna, grävdes ett nytt avlopp vid kanten av det av katastrofen berörda området. Bäckfåran flyttades härigenom c:a 20—25 m närmare den östra dalsidan, där bäcken ännu framgår.

Skredets orsaker.

Orsaken till skredet ligger utan tvivel i den minskning av jordlagrens stabilitet, som sidotaget innebar. Genom detta undanskaffades nämligen en del av det naturliga stödet för jordmassorna i bergsänkan. Vintern 1902—1903 hade varit ovanligt regnig, varför markens ytlager under senvintern voro starkt uppblötta samt bäckar och diken överfyllda av vatten. Det på grund av denna starka nederbörd rikliga grundvattenflödet i morän- och strandsandlagren har med all sannolikhet påskyndat katastrofens utlösande.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred av statisk-dynamisk anledning, huvudsakligen schaktningen i sidotaget, varigenom mottrycket minskats. Bakåtgripande förlopp. Utvecklingen underlättad genom att de utskridande skollorna i stor utsträckning kommit i flytning.

2. Skredet vid Munkedals station å Munkedalsbanan år 1895.

Den 14 oktober 1895 inträffade vid Örekilsälven i närheten av nuvarande Munkedals bangård i Bohuslän (Fig. 36) ett skred, som på en sträcka av c:a 40 m drog med sig den samma år färdigterrasserade Munkedalsbanan, vilken förbinder Munkedals bruk med Skree hamnplats vid Saltkällefjorden.[1]

Topografi och geologi.

Vid Munkedal framflyter Örekilsälven i en sprickdal av för Bohuslän ovanligt stora mått. Branta och högt över dalbottnen uppstigande berg begränsa den å ömse sidor. Glaciala och postglaciala sediment

[1] Munkedals bruk lät genom numera majoren vid Väg- och Vattenbyggnadskåren Mats Sperlings göra en undersökning av skredet och dess orsaker. I dennes utlåtande, av den 30 april 1896, angavs skredet ha orsakats av förekomsten av ett 4—5 m mäktigt löst lerlager, liggande på ett fastare med så skarp kontakt, att denna kunde bestämmas på decimetern, vad djupet angår. Vid skredplatsen stupade gränsen mellan de båda lerlagren brantast, och det lösa lerlagret ägde här sin största mäktighet. Vid skredet skulle det lösa lerlagret hava åkt utefter det fasta, varvid »det senare sannolikt ej avsevärt rubbats eller medföljt det utrasade».

utfylla dalgången till stor mäktighet. Sedimentytan är mycket jämn och höjer sig endast svagt såväl uppåt dalen som mot dalsidorna. Örekilsälven har vid den senkvartära landhöjningen skurit sig djupt ned genom denna av övervägande mjäla och lera bestående dalfyllnad och rinner nu, där dess lopp ej bindes av morän- eller bergbotten, slingrande fram mellan branta eller terrasslikt stigande strandbrinkar av nyssnämnda jordlager. Till följd av de stora och häftiga variationerna i älvens vattenföring (Fig. 37) är stranderosionen alltjämt kraftigt framträdande.

Strandbrinkarna bära talrika spår efter mindre skred. Vid Munkedals station förekomma de i brinken till den nedanför bangården liggande älvkröken tätt intill varandra, och mångenstädes ser man yngre skredärr inuti de äldre. Det största skredärret på denna plats ligger ungefär mitt i älvkröken och är det, som uppkom vid skredet i oktober 1895. (Fig. 38.)



Fig. 36. Top. karta 1 : 100 000.

Vid de av geotekniska kommissionen utförda undersökningarna hava fem sektioner uppborrats. Av dessa falla tvenne, A och D, utanför och på ömse sidor om skredet samt trenne, B, C och E, inom skredet. Sektionernas lägen framgå av kartan (Fig. 38). Av sektionerna hava blott sekt. A och C här medtagits och återfinnas å Pl. 6.

Fastställandet av jordlagrens följd och beskaffenhet har skett medelst provtagning. Proven ha upphämtats med skopborr, kannborr och i stor utsträckning även med provtagningscylinder. I sistnämnda fall hava de erhållits i åtminstone i det allra närmaste oomrört tillstånd. Genom de utförda borrningarna har beträffande de inom och intill skredområdet förekommande jordlagren kunnat fastställas följande, som förtjänar att omnämnas.

Vid älven ligger fasta bottnen, vilken i detta fall är den glaciala sandens eller, där denna saknas, morängrusets yta, c:a 20 m under Örekilsälvens h. v. y., eller ungefär 17 m under havsytan, medan den vid skredets innersta kant, eller ungefär vid Munkedalsbanans nuvarande läge, höjt sig till 5 à 7 m ö. h. Något norr härom sticker berget fram vid toppen av en hög, i övrigt lertäckt

kulle. Förutom mot älven sänker sig fasta bottnen även i riktning utmed älven. Lutningen av fasta bottnen är inom skredområdet i riktning mot älven c:a 1 : 3 à 1 : 4.

Skär, glacial mjäla och gröngrå, postglacial sådan med tunna lerskikt följa på morängruset. Kontakten mellan dem löper i stort sett konformt med fasta bottnen, men synes på många ställen ha rubbats genom glidningar, sannolikt i samband med att området upplyftades över havsytan.

I sin undre del innehåller den glaciala mjälan talrika sandskikt. Den äger även i övrigt grövre kornstorlek än den postglaciala. Denna senares ytlager äro något gyttjiga.

De under torrskorpezonen fallande delarna av den postglaciala och den glaciala mjälan ha i orubbat tillstånd tämligen fast och ungefär samma konsistens. Vattenhalten varierar allt efter kornstorleken mellan 19 % och 36 % (23 och 56 % vatn/trs) och den relativa hållfastheten av fullständigt omrört prov uppgår till 2,1 à 15,0.[1]

Torrskorpan är utefter hela brinken i de på ömse sidor om skredet liggande sektionerna ganska väl utvecklad, hård och fast samt har en mäktighet av 2—3 m. Genom undersökningarna har intet framkommit, som givit anledning att antaga, att förhållandena i detta hänseende skulle hava



Fig. 37. Dagligt vattenstånd år 1909 i Örekilsälven vid Munkedal invid Statens järnvägars bro över älven. Tidigare hava vattenståndsobservationer här icke utförts.

gestaltat sig olika inom och utanför skredet. I de av skredet oberörda sektionerna når torrskorpan ned ungefär till älvstranden, där den tämligen tvärt avskäres genom älvfåran.

Skredets förlopp.

Enligt vad som framgick av den utredning, som omedelbart efter skredet igångsattes av Munkedals bruk, hade katastrofen haft följande förlopp. Under natten till den 14 oktober hade flera personer vaknat mellan kl. 12 och 1 vid ett »åskliknande dån» som var »så starkt, att möblerna i rummet rördes» och bäst kunde liknas vid ljudet av en »starkare vindstöt eller orkan». På morgonen kl. 6,30 hade tåget på väg från Munkedals bruk till Skree passerat platsen för katastrofen, varvid dess förare och eldare varsnat en utskärning vid älven. Arealen av denna uppskattade de till c:a 15 kvm. Marken mellan denna utskärning och järnvägen var däremot ännu oberörd. Då tåget kl. 8 f. m. skulle återvända, hade skredet emellertid fortsatt så långt in i älvbrinken, att järnvägsspåret å en sträcka motsvarande tre skenlängder var underminerat och hängde fritt i luften. Sedermera fortsatte skredet längre in ovan järnvägen.

Från älvstranden sträcker sig skredärret c:a 80 m i riktning ungefär vinkelrätt mot älven. Det når in till korsningen mellan landsvägen och den numera c:a 20 m från sitt tidigare läge inflyttade Munkedalsbanan. Skredärret utgöres av en tämligen djup hålighet, som genom ett från den ena skredväggen utskjutande skarpt hörn och en från den andra väggen utstående avrundad utbuktning förtränges vid sitt mittparti. Skredärrets botten utgöres av de utskridna massorna, och det är blott i de brant uppstigande sidoväggarna, som den vid skredet uppkomna brottytan kommer till synes.

Älven uppdämdes vid skredtillfället genom de i densamma utskridna massorna. På andra stranden kan i form av en låg, något utskjutande udde ännu skönjas en rest av dessa. I övrigt kunna de blott spåras i några låga, svagt undulerande ryggar vid skredärrets mynning. I förloppet av

[1] Då en del prov fröso, innan bestämning av vattenhalt och hållfasthet kunde ske, gjordes några jämförande undersökningar av prov före och efter frysning. Det befanns därvid, att såväl hållfasthet som vattenhalt visserligen undergingo förändring, men att denna ej var så stor, att den skulle giva anledning till felaktiga slutsatser beträffande skredet.

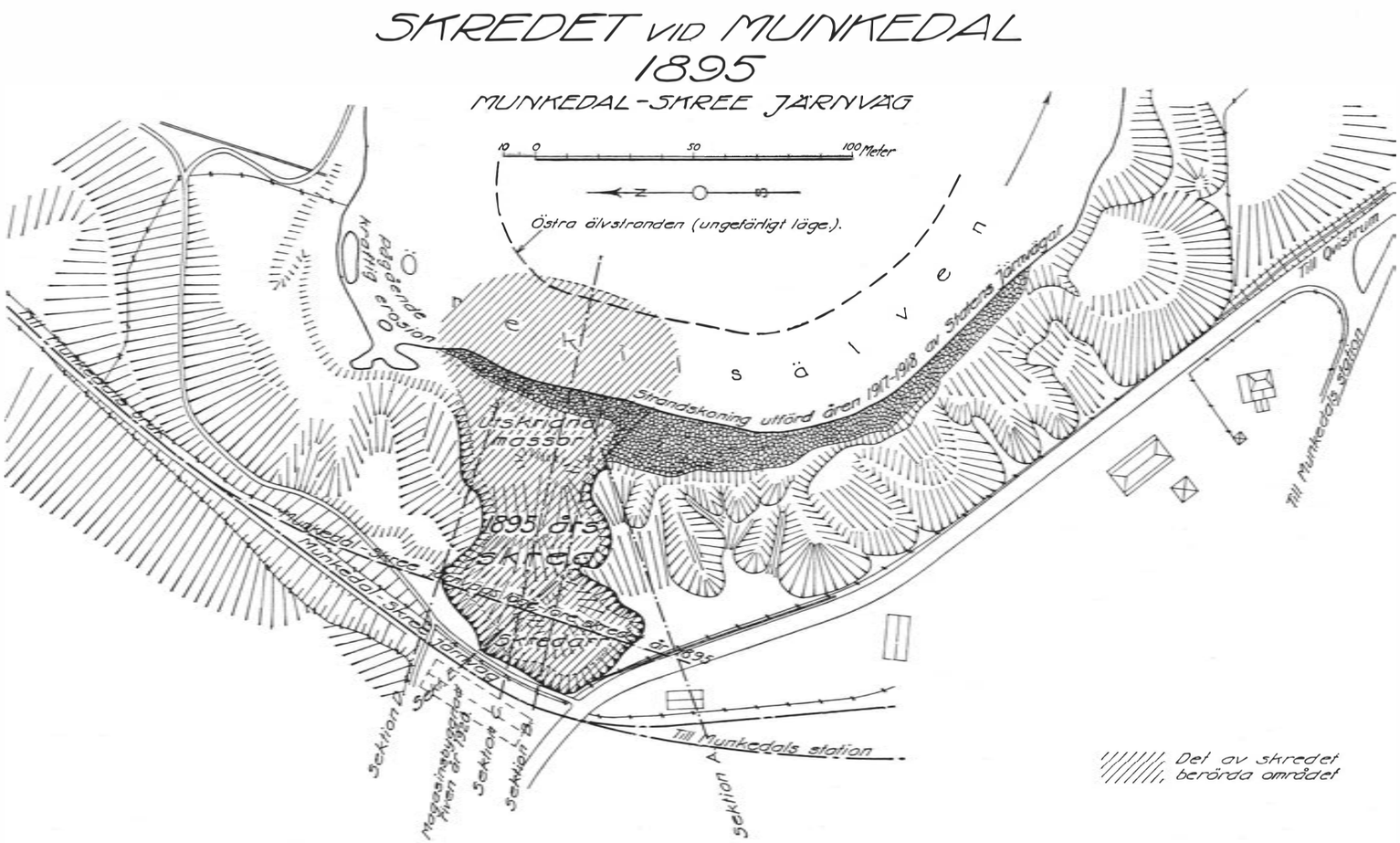


Fig. 38. Karta över Örekilsälvens strandbrink invid Munkedals bangård, angivande 1895 års skred och mera betydande äldre skredärr.

bottenlinjen hos de i älven upplodade sektionerna kan man emellertid nu ej se några från skredet härrörande drag.

Genom undersökningen av de vid borrningarna i skredärret tagna proven har framgått, att inom några profiler kan urskiljas en zon med mindre hållfasthet än såväl över- som underliggande lager. Denna påträffades på ett djup, som under den nuvarande markytan vid ett tiotal meter från skredärrets innersta kant uppgick till 5 m och successivt sänkte sig mot dess mynning, där den återfanns på 9 à 10 m djup. I ett par profiler var vattenhalten inom denna zon även större än i omgivande lager, trots att materialet här ej skilde sig från dessa med avseende å finleksgraden. Då denna svaghetszon blott förekom i de inom skredområdet fallande sektionerna, skulle den möjligen kunna sättas i samband med skredet. Zonen skulle i så fall representera den understa delen av de massor, som vid skredet voro i rörelse, och som därvid voro utsatta för den största påfrestningen och omrörningen. Vid älvstranden skulle glidzonens bas ligga på höjden 5 m under havet och fortsätta ut under älvbottnen samt nå denna ungefär vid dess höjning upp mot motsatta stranden.[1]

Skredets orsaker.

Enligt samstämmigt vittnesbörd av de iakttagelser, som gjordes av skredets förlopp, utskred, såsom ovan framhållits, först den närmast älven belägna delen av strandbrinken. Det dröjde sedan åtskilliga timmar, innan skredet fullbordades. Då skredet sålunda ej redan från början även omfattade Munkedalsbanan, kan med största sannolikhet slutas, att trycket från den c:a 2 m höga järnvägsbanken icke framkallat skredet. Det synes i stället uppenbart, att man måste söka anledningen till skredet i älverosionen, vilken sannolikt så småningom underskurit torrskorpan å en sträcka vid stranden. Denna underskärning hade nu hunnit så långt, att ett parti av torrskorpan skred ut i älven. Tydligen förlorade härigenom närmast ovanför i älvbrinken belägna massor så stor del av sitt stöd, att dessa kommo i glidning, varefter samma förlopp undan för undan upprepades uppåt slänten, till dess skredet fullbordats, och jämvikt åter inträtt.

Jordlagrens lutning ned mot älven liksom den rika grundvattentillförseln i de genom skredet avskurna sandskikten i glacialmjälans undre del kunna möjligen hava bidragit till skredets utveckling.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred av statisk-dynamisk anledning, huvudsakligen älverosionen, varigenom mottrycket minskats. Bakåtgripande förlopp.

3. Skredet i Vallbyskärningen å bansträckan Nyköping—Norrköping år 1916.

I den stora skärningen km 74 + 280—74 + 870 (banlängdmätning från Järna) vid Vallby mellan Jönåker och Ålberga å bandelen Järna—Norrköping (Fig. 39) inträffade tidigt på morgonen den 26 januari 1916 ett skred, varvid en större jordmassa störtade ut över banan och på en sträcka av c:a 20 m täckte spåret till ett djup av 1—2 m. Skredet upptäcktes av tjänstgörande banvakten vid dennes inspektion av banan. Då han ankom till platsen var markrörelsen ännu ej avslutad. Han blev sålunda vittne till, huru ytterligare lerskollor gledo ut och — såsom han tydligt tyckte sig se — tryckte upp de förut utglidna massorna. Genom att banvakten lyckades i tid hejda ett västerifrån (från Norrköpingshållet) annalkande tåg, skedde ingen olycka. Åtgärder för banans iordningsställande vidtogos omedelbart, och vid middagstiden samma dag kunde tågen åter passera platsen.

Kommissionen har låtit utföra undersökningar, dels omedelbart efter skredet för att söka utröna orsaken till detta, dels senare för att utreda behovet av förstärkningsåtgärder inom skärningen.

Av undersökningarna har framgått, att, såsom kartan (Fig. 40) visar, skärningens botten i regel består av *morän* eller *berg*. Endast inom ett mindre parti i skärningens mellersta del omkring km 74 + 540 (se Fig. 41, sekt. 74 + 545) samt inom den västra delen av skärningen (utanför området för kartan Fig. 40) omkring km 74+770 ligger moränen så djupt, att dess övre gräns faller

[1] Den av major Sperlings beskrivna motsättningen mellan ett övre löst och ett undre fast lerlager har ej vid kommissionens undersökningar kunnat återfinnas.

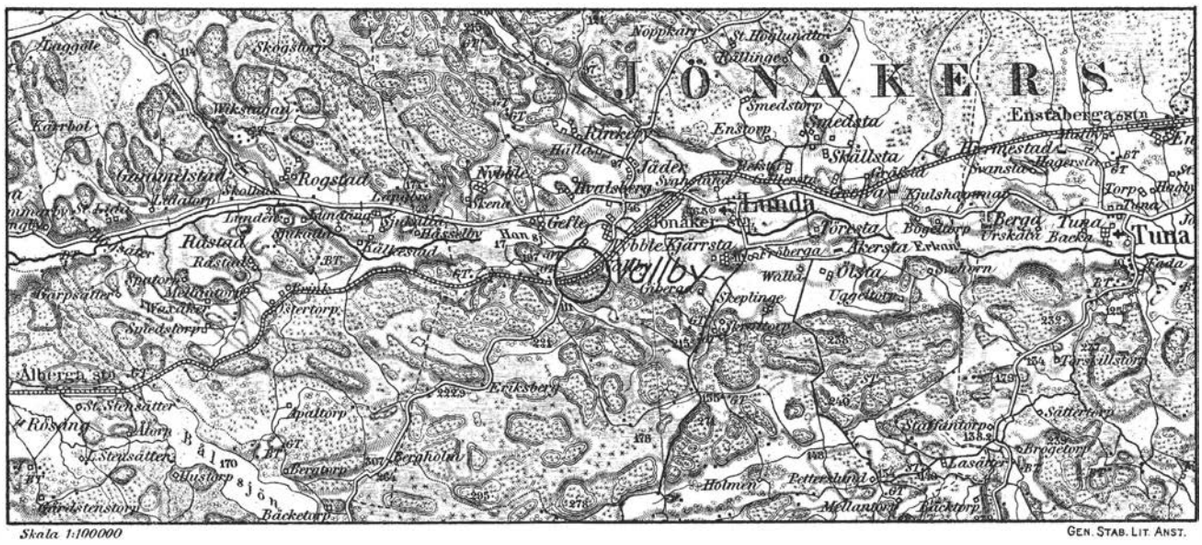


Fig. 39. Top. karta 1 : 100 000.

under skärningsdikets botten. Moränen överlagras av *mjälig varvig lera*. Där skärningsslänterna äro höga, vilket är fallet inom större delen av skärningen, och moränen samtidigt ligger relativt djupt ned i skärningsslänten, är i allmänhet leran närmast över moränen mycket vattenhaltig och av synnerligen lös beskaffenhet. Ju högre nivå, man når i leran, desto mera uttorkad och allt fastare blir denna och övergår närmast den ursprungliga markytan i väl utvecklad torrskorpa (Fig. 41). På flera ställen i skärningen går moränen ända upp i den ursprungliga markytan eller så nära denna, att den över moränen befintliga leran till hela sin mäktighet avsevärt uttorkats (se sekt. 74 + 325, Fig. 41).

Skredet inträffade i en sådan del av skärningen, vänster slänt km 74 + 460—74 + 490, där moränen ligger djupt och närmast överlagras av mycket lös lera (se sekt. 74 + 480, Fig. 41). Innan banan öppnats för trafik, hade ett liknande skred skett i skärningens högra slänt omkring km 74 + 550. Grundförhållandena äro här i stort sett desamma som å platsen för det senare skredet (se sekt. 74 + 545, Fig. 41).

Där lös lera förekommer i skärningen i övrigt, ligger den överallt på högre nivå. Sin största mäktighet, c:a 1,5 m, nådde den lösa leran inom det tidigare skredet.

Båda dessa släntskred hava sålunda inträffat i de delar av skärningen, där de lösaste jordlagren sträcka sig djupast ned. Skreden hava vidare ägt rum i sådan tidsföljd, att området med den mäktigaste, lösa leran först drabbats av skred.

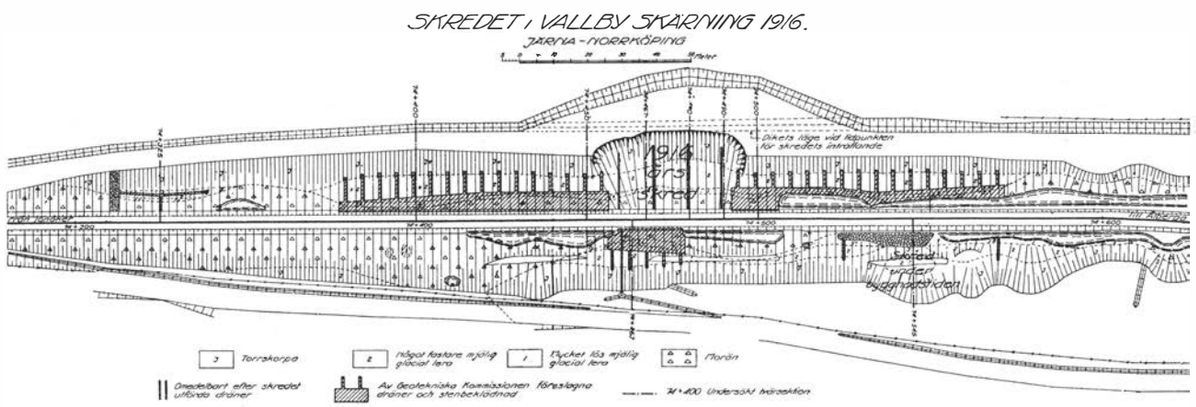


Fig. 40. Karta över skärningen vid Vallby å bandelen Järna—Norrköping, visande läget av 1916 års skred och ett under byggnadstiden inträffat skred samt de av geotekniska kommissionen föreslagna förstärkningarna.

Impulsen till skredet i januari 1916 kan möjligen ha givits av den uppblötning av torrskorpan med åtföljande viktsökning, som uppstått genom vatteninfiltration från skärningens överdike. Skredet skedde nämligen omedelbart, sedan en hastig temperaturstegring och därav föranledd stark snösmältning ägt rum. Vattnet i överdiket saknade dessutom vid skredtillfället på grund av isdämning fritt avlopp. Vid båda de ovannämnda skreden kan möjligen en långsam utflytning av finsand och mjäla i lerans bottenvarv hava förberett skredens utlösande.

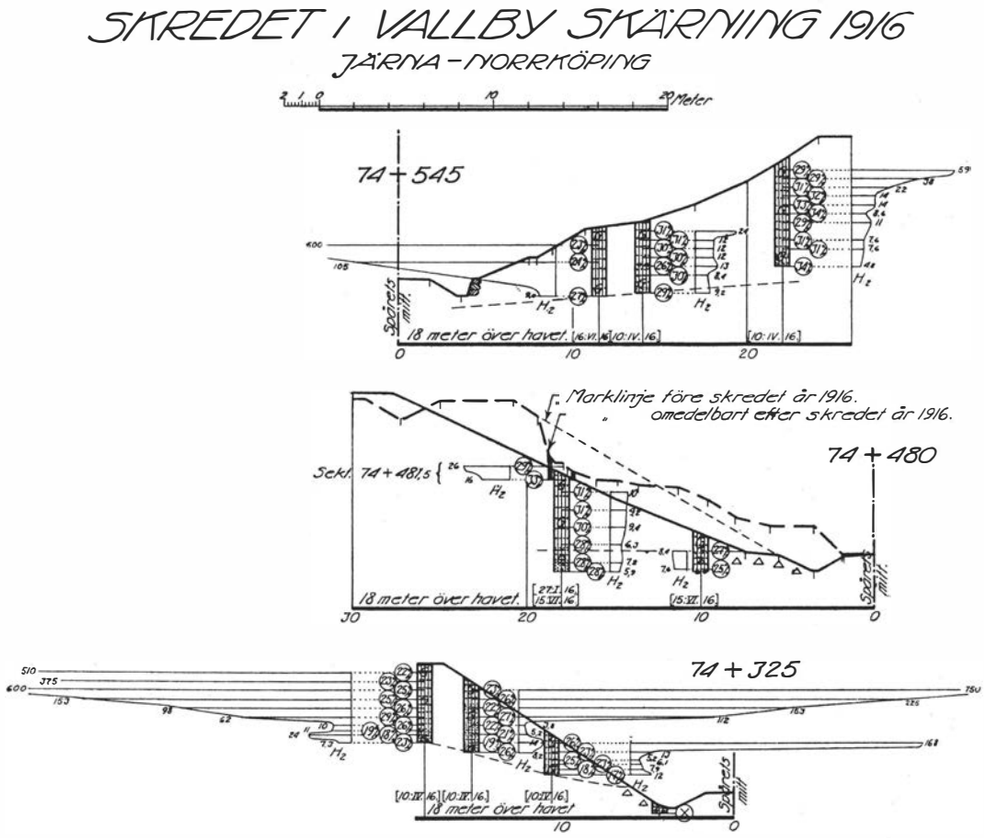


Fig. 41. Tvärsektioner över skärningen vid Vallby å bandelen Järna—Norrköping.

Resultatet av de utförda undersökningarna ansåg kommissionen visa, att fara för släntskred förefanns för de delar av skärningen, där den lösa leran förekommer i större utsträckning, såsom i vänster slänt km 74 + 380—74 + 570, i höger slänt omkring km 74 + 470 och i såväl vänster som höger slänt km 74 + 770.

Till avhjälpande härav föreslog kommissionen anordnandet av släntbeklädnad och dränering på sätt, Fig. 40 visar. Släntbeklädnaden avsåg att stödja och dränera de delar av slänten, där den lösa leran förekom, således området närmast ovan moränen.

Förstärkning har sedermera utförts i skärningen, ehuru icke fullt så omfattande som kommissionen föreslagit, i det att endast tvärgående dräner men icke de stödjande längsgående stenfyllningarna utförts.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred dels av statisk-dynamisk anledning, utflytning från släntens nedre del (stödet försvagats) och ökad belastning genom vatteninfiltration i torrskorpan, dels av konsistensanledning, uppblötning av torrskorpan genom det uppdämda vattnet. Bakåtgripande förlopp.

4. Skredet vid Vita Sikudden å bansträckan Nyköping—Norrköping år 1918.

Den 1 oktober 1918 vid 7-tiden på aftonen inträffade vid Vita Sikudden (Fig. 42) på Bråvikens norra strand mellan Getå hållplats och Åby station å bandelen Järna—Norrköping vid km 103+720 (i banlängdmätningen från Järna) ett jordskred, genom vilket en 45 m lång sträcka av banan raserades. Detta skred vållade den hittills i Sverige svåraste olyckan i järnvägsdrift, den s. k. Getåolyckan. Ett från Åby kommande persontåg nedstörtade utför den raserade järnvägsbanken. De nedstörtade vagnarna fattade eld och uppbrunno så gott som fullständigt (Fig. 43 och 44).

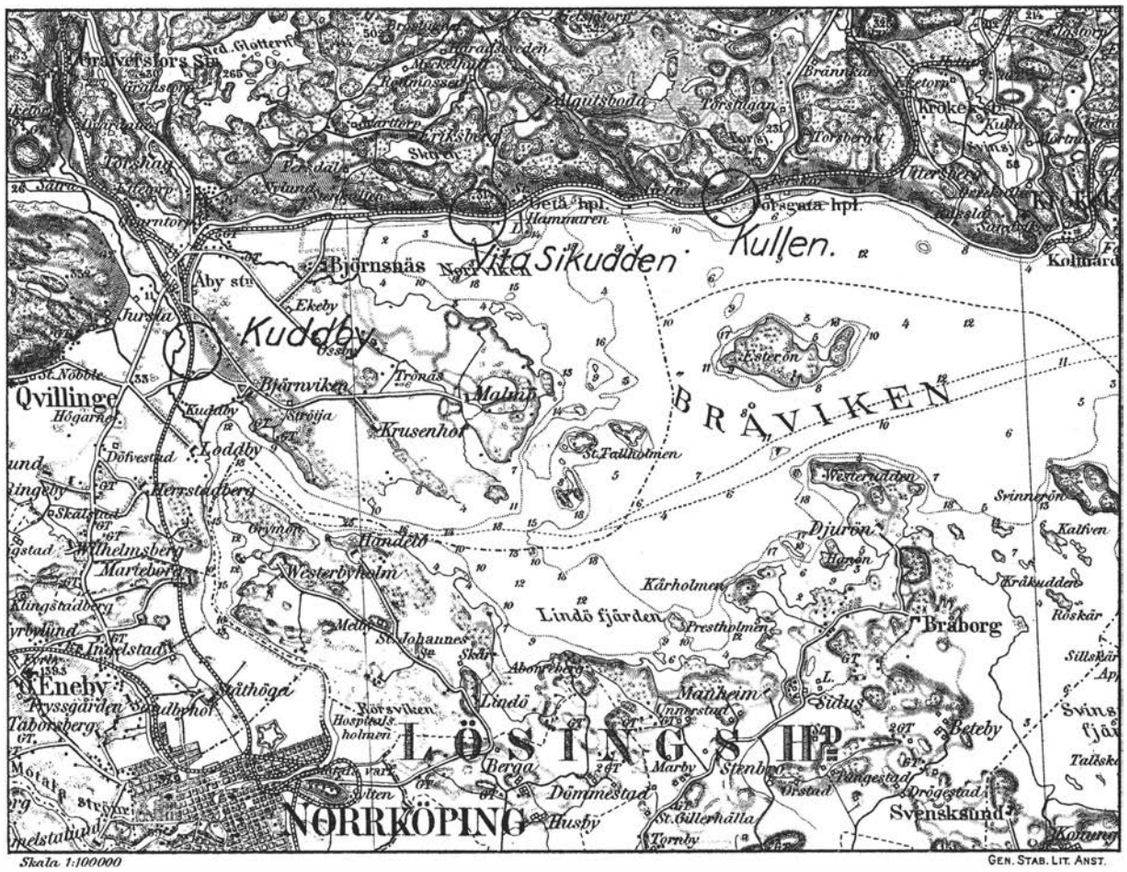


Fig. 42. Top. karta 1: 100,000.

Vid katastrofen dödades 41 människor, varjämte ett lika stort antal blevo mer eller mindre svårt skadade. Ensamt förlusten å rullande material uppskattades till inemot en halv million kronor.

Omedelbart efter olyckshändelsen erhöll geotekniska kommission av Kungl. järnvägsstyrelsen i uppdrag att utföra erforderliga undersökningar i och för utredning dels beträffande förloppet av markförskjutningen och anledningen därtill, dels beträffande erforderliga åtgärder för banans iståndsättande.

För att möjligast uttömmande och exakt registrera de förhållanden, under vilka skredet inträffade, utfördes en noggrann kartering av området samt särdeles ingående undersökningar av grundförhållandena genom provgropar och borrningar i tvärsektioner på var 10 m av hela bankens längd. Dessa undersökningar, sammanställda å ett stort antal ritningar, åtföljde kommissionens skrivelser till Kungl. Järnvägsstyrelsen angående skredet. Här återgivas endast tre kartor (Pl. 7 och Pl. 8) och tre sekt. (Pl. 9).

Skredets omfattning och topografi.

Den sträcka, som i samband med utredningen om skredet undersöktes, är belägen mellan km 103+680 och 103+850 och begränsas i öster av skärning i morän, i väster av skärning i berg.

Banan är här framdragen å den skarpt lutande jordsluttningen nedanför Kolmårdens bergbrant och var inom det av skredet berörda området anlagd dels i raklinje, dels i en mot sjösidan konkav kurva med 600 m radie. Övergången mellan raklinje och kurva låg ungefär mitt i skredområdet. Linjen var inom skredområdet utbyggd på sådant sätt, att banans högra (i det följande »inre») sida, landsidan, inschaktats i jordsluttningen till växlande djup, medan dess vänstra (i det följande »yttre») sida, sjösidan, bildats genom bankfyllning. Endast några få 10-tal meter öster om skredområdet börjar en c:a 400 m lång jordskärning. Väster om skredet vidtager hel bank, vilken sträcker sig fram till km 103+850. Denna överkorsar en djup, vattenförande dalravin, till vilken det inre bankdiket har sitt avlopp. Denna dalravins ytvatten avrinner genom en vid inre bankfotens lägsta punkt under banken framdragen stentrumma (0,9 × 1,2 m). Mellan sjöstranden och banken, intill

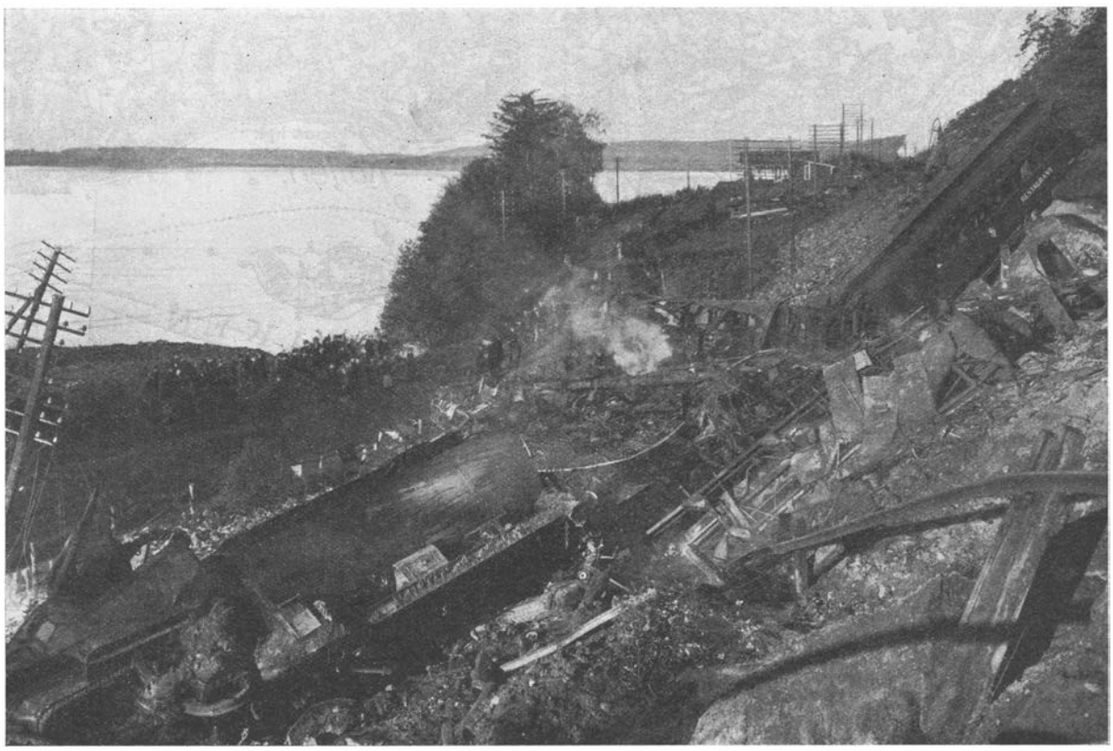


Fig. 43. Katastrofen vid Vita Sikudden. Till vänster i förgrunden bakre delen av det nedstörtade loket jämte tendern. Mellan denna och den över skredkanten nedhängande restaurantvagnen synas spillrorna av de nedstörtade och uppbrända vagnarna.

dennas yttre fot, framgick stora landsvägen mellan Nyköping och Norrköping. Bråviken bildade vid skredplatsen en svag bukt in emot banan. Minsta avståndet från spårmitt till sjöstranden var knappt 30 m.

Genom skredet förstördes banvallen, i spårmitt räknat, mellan km 103+704 och km 103+749, d. v. s. å en längd av 45 m. Längs denna sträcka nedsjönk yttre delen av banken under samtidig glidning utåt. Inre skredkanten föll i regel inom överbyggnadens inre hälft, sträckvis dock i banketten mellan ballastgruset och skärningsdiket, endast på en sträcka av c:a 8 m, nämligen i skredområdets östra del, innanför skärningsdiket.

Jämte utglidningen av banvallens yttre del inträffade en bågformig utskjutning å en sträcka av c:a 60 m av järnvägsstängslet och landsvägen, varvid jämväl dessa partier något sjönko. Av sjöstranden utanför försköts ett ännu något längre stycke, c:a 65 m, bågformigt ut emot sjön och höjdes samtidigt till högst c:a 2 m över medelvattenståndet.

Utanför det utskridna strandpartiet blev havsbottnen intill c:a 35 m från den ursprungliga stranden upplyftad (Fig. 45) och leran, varav densamma består, sönderbruten i ribbor, vilka dels längs båg-

formigt förlöpande sprickor hopveckades och inbördes förskötos i höjdled, dels uppdelades av radierande töjningssprickor. Inom vissa partier, särskilt ut emot det upplyftade bottenpartiets rand, uppstodo krossningszoner, inom vilka leran sönderskjuvades i ett otal smärre block (Fig. 46).

I de vid markytans deformering uppkomna sänkorna uppstodo vattensamlingar, särskilt en större innanför landsvägen. Ytan å denna vattensamling låg dagarna efter skredet inemot 1 m över havsytans dåvarande nivå.

Sidoförskjutningen i skredets mittparti, där denna förskjutning var störst, uppgick, enligt mätningar av identifierbara punkters (såsom ledningsstolpar m. m.) förflyttning, till ungefär 13 m.



Fig. 44. Katastrofen vid Vita Sikudden. I förgrunden den nedglidna bankslänten med spillrorna av tåget, i bakgrunden skredärret i järnvägsbanken.

De förändringar av markytans höjdläge, som i samband med denna förskjutning inträffat, voro, såsom redan antytts, i skredets inre delar sänkning, i de yttre höjning.

Sålunda voro de vertikala förskjutningarna i skredets mittlinje:

för bankkrönet	sänkning	c:a	7 m,
» bankfoten	»	»	3 m,
» landsvägens mitt	»	»	2 m,
» sjöstranden	höjning	»	1 m.

I östra delen av skredområdet, där ytterdelen i allmänhet var något mera upplyftad, uppgick höjningen av sjöstranden till c:a 1,5 m.

Vid den deformation, det utskridna partiet sålunda undergått, har markytan, även där jordmassan icke eller endast obetydligt sönderbrutits, undergått en kantring inåt, å vilken följande mått må anföras:

bankslänten	15° till 20°,
landsvägen	20° till 30°,
stolpparet »A» (se Pl. 7):	c:a 15°,
träd invid stranden	c:a 15°.

Genom skredet brötos järnvägens samtliga telegraf- och telefonledningar ävensom telegrafverkets telegrafledningar och interurbana telefonledningar.

Det förolyckade tågets läge.

Det förolyckade tåget bestod av lok (litt. F) med tender, en kombinerad post- och resgodsboggievagn, en resgodsfinka, sex personvagnar, en restaurantvagn samt en täckt godsvagn. Det nedstörtade loket låg på den utskridna banken med längdriktningen i ungefär 25° vinkel mot spåret samt utåtstjälpt och med framänden nedborrad i marken c:a 5 m från den östra skredkanten och c:a 19 m från spårmitt. Av tågsättets vagnar nedstörtade de sex främsta i skredet, den sjunde, restaurantvagnen, hängde över skredets västra kant. De tre sista vagnarna stodo kvar på banvallen. De nedstörtade vagnarnas läge i skredet framgår av kartan (Pl. 7), som utvisar läget av vagnarnas boggier och ramverk, nästan det enda, som återstod av dem efter branden. Vid tågets nedstörtande avsletos skenorna över den raserade bansträckan vid de bägge skenskarvarna invid västra skredkanten samt revos ned i skredet. Den yttre skenan hade fångats av loket samt uppböjts i en stor båge framför detta och vridits jämnt ett varv utåt, den inre var mindre utböjd, icke vriden, men S-formigt krökt med brott i en skenskarv i S-ets ena båge. De nedrivna skenorna ävensom lokets och tenderns underreden voro delvis begravda i metermäktigt lager av rasjord, som tydligen härledde sig från mindre ras i samband med tågets nedstörtande.

Tidpunkt för skredet.

Något åsyna vittne till skredhändelsen fanns icke. Genom sammanställande av uppgifter, som på olika vägar erhållits, beträffande tidpunkten för skredet, har kunnat fastslås, dels att markförskjutningen antagligen börjat vid pass 20 minuter före det förolyckade tågets ankomst, dels att efter ytterligare 10 minuter åtminstone inga större rubbningar ägt rum, dels ock att stora partier måste hava varit utskridna c:a 7 minuter före tågets inträffande på skredplatsen. En del mindre ras i skredbankens inre vägg, såsom å den ovannämnda sträckan innanför skärningsdiket, torde dock hava skett i samband med tågets nedstörtande.

Geologi.

Den branta byggnaden av Bråvikens norra strand är betingad av en längs denna löpande gammal förkastning, som genom långvarig vittring före istiden blivit i viss grad utjämnad, så att bergytan nu vid denna bildar en brant sluttning i trappstegsformiga avsatser. Berggrunden har anträffats vid undersökningsgrävningar i jordsluttningen innanför spåret och går i dagen i en bergbrant vid pass 20 à 30 m innanför banan. Bergytan synes hava en lutning av 30 à 40°. De lösa jordlagren i sluttningen nedanför bergbranten, vilkas geologiska byggnad i icke oväsentlig grad varit betingad av deras läge på den branta lutningen, bestå, räknat uppifrån, av följande:

1) postglaciala sediment: svallgrus och s. k. östersjöavlagringar, huvudsakligen sandig mjäla och sandig lera, växellagrande med sand och grus,

2) glaciala sediment: glaciallera och morängrus.

Med undantag av svallgruset tilltaga lagren i mäktighet successivt ned mot stranden.

Det närmast berggrunden liggande morängruset, som under istiden medsläpades av glaciärisen, består av två bäddar, en undre av finsandigt material, inmängt med större eller mindre stenar samt en övre, bestående av blockrikt, grovt grus. Moränen ökar ned mot Bråviken till avsevärd mäktighet; vid undersökningen nedfördes borrhål vid stranden flera meter i lagret, utan att berget nåddes. Ytan av morängruset (fasta bottnen) bildar, såsom framgår av medföljande karta (Pl. 8), en brant och tämligen jämnt lutande yta. Mellan banan och stranden bildar moränytan två svagt markerade svackor, en större mellan sekt. 103 + 699 och sekt. 103 + 759 och en mindre väster om sistnämnda sektion. Fasta bottnens lutning avtager i stort sett från bergbranten ned mot Bråviken samt från öster mot väster. Å området mellan banan och stranden förefinnes den brantaste lutningen inom den nämnda större svackan, där lutningen uppgår till c:a 30°.

Glacialleran, som avlagrades över moränen vid glaciärisens avsmältning, då landskapet låg nedsänkt c:a 130 m lägre än nutiden, har utanför stranden å Bråvikens botten en mäktighet av upp till 5 m samt avtager i tjocklek småningom upp mot jordsluttningen, i någon grad även be-

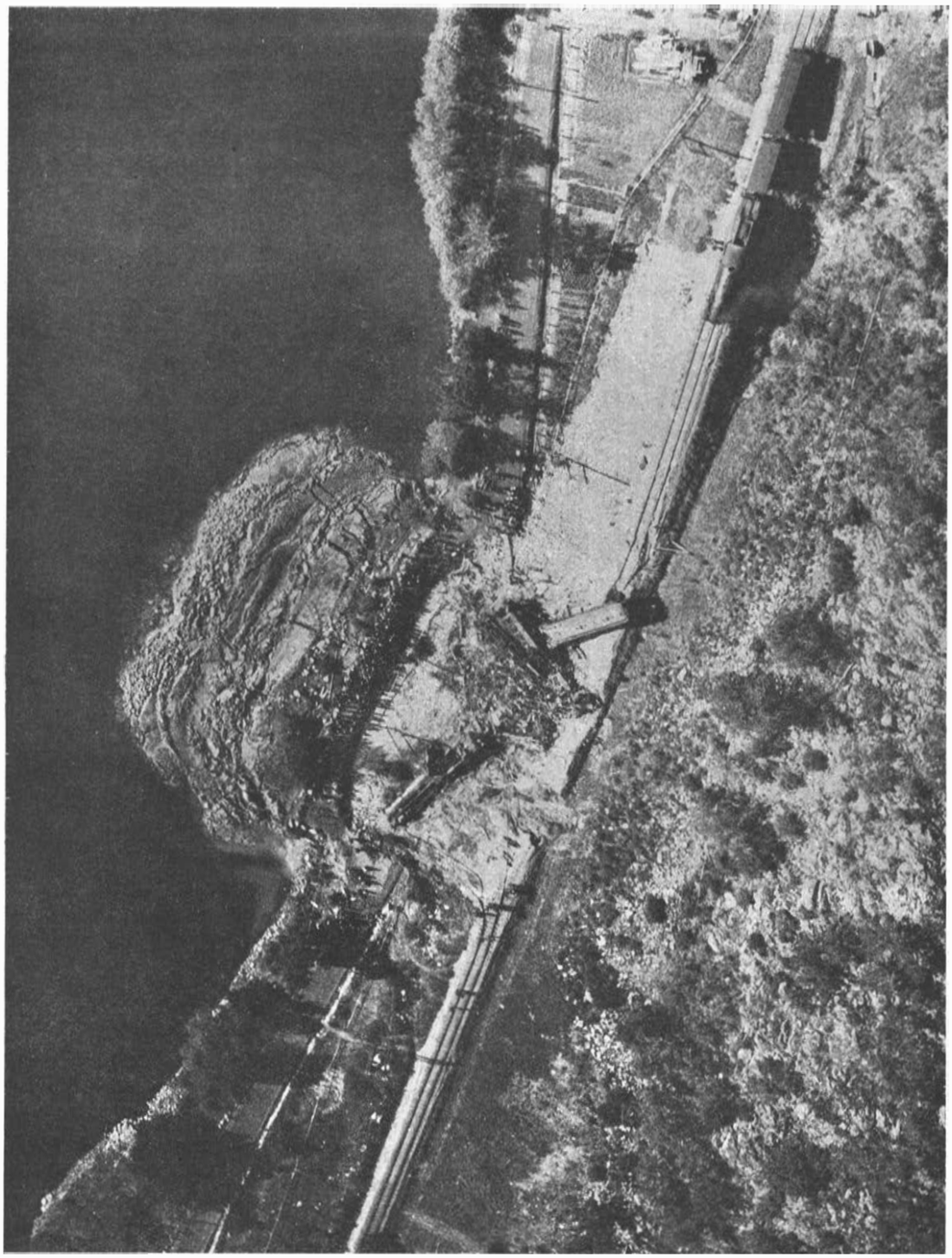


Fig. 45. Skredplatsen vid Vita Sikudden. Fotografi taget från flygmaskin vid 300 m höjd. Å bilden synes, huru det upptryckta partiet av sjöbottnen är uppdelat i sönderbrutna, bågformiga valkar.

roende på uttorkning, och utkilar vanligen något nedanför bergbranten. Vid bankens insida uppgår mäktigheten till föga mer än 0,5 m.

De postglaciala avlagringarnas material härleder från glaciallera och morän, som ursprungligen förefunnits över större delen av den gamla havsbottnen och under landhöjningen helt eller delvis blivit bortsköljda av vågorna från den högre liggande terrängen. Till följd av bildningssättet och läget på den branta sluttningen hava de över glacialleran liggande s. k. östersjöbildningarna erhållit mycket växlande sammansättning och mäktighet. De oregelbundet avlagrade sand- och grusskikten, som närmast bergbranten äro övervägande och övergå i vallgruset, bliva ned mot stranden allt mer underordnade, under det att materialet i övrigt i samma riktning tilltager i mäktighet och successivt blir allt mera finkornigt. Lagrens mäktighet vid bankens insida, där deras huvud-



Fig. 46. Skredplatsen vid Vita Sikudden. Detaljfotografi av den uppressade sjöbottens randparti, visande sönderbrutna lerstycken med repade glidytor.

beståndsdel är sandig mjäla med grus- och sandskikt, uppgår högst till 1 m. Vid stranden, där lagret till största delen består av delvis gyttjig lera, äger det en tjocklek av inemot 7 m samt ökar i mäktighet ytterligare under Bråvikens botten.

Det överst liggande svallgruslagret är även av växlande beskaffenhet, på vissa ställen sandigt och mjäligt. I övre delen av sluttningen, där lagrets mäktighet kan uppgå till 2 m, är det delvis inlagrat med och övertäckt av stenras av kantiga stenar, som frosten under tidernas lopp lössprängt från den högre upp belägna bergbranten. Lagret uttunnas mot sluttningens lägre del och utkilar på Bråvikens botten något utanför stranden.

Såväl glacialleran som östersjöbildningarna visade, att under deras bildningstid vid upprepade tillfällen skred och utglidningar av material hade ägt rum från högre liggande terräng ut på den gamla havsbottnen, varvid på flera ställen grovblockiga grusinlagringar uppstått och den naturliga lagerföljden i mer eller mindre grad blivit omgestaltad. Sådana företeelser förekomma ofta vid platser med liknande läge å branta sluttningar. Det är av vikt, att detta beaktas vid undersökningar för undvikande av misstag beträffande grundförhållandena, särskilt rörande läget av fast botten.

Med avseende på fastheten av de över moränen liggande jordlagren kunna inom området tvenne olikartade partier särskiljas. Ett yttre med mäktiga, lågt liggande och på grund därav vattenrika och mycket lösa jordarter samt ett inre, inom vilket jordlagren tack vare högt läge och brant lutning i betydande grad dränerats och uttorkats. Den ungefärliga gränsen mellan den lösare och den fastare leran är utmärkt å kartan Pl. 8 med linjen A-A. Längs större delen av sträckan synes den hava fallit något innanför bankfoten, i väster däremot, där fasta bottnen under banken ligger högre, betydligt utanför denna.

De finsandiga och mjäliga östersjöavlagringarna inom det inre området visade sig vid undersökningarna efter skredet vara delvis rikligt vattenförande, sannolikt tillfälligt genom infiltration av nederbördsvatten under hösten. Den egentliga grundvattenytan däremot låg i morängruset, inom det inre området på betydligt djup under dettas beröringsyta med den glaciala leran, men allt eftersom denna yta utåt sänker sig, allt närmare densamma. I stort sett torde kontakten mellan lerans botten och grundvattenytan i morängruset hava sammanfallit med den ovannämnda linjen A-A (Pl. 8). Vid undersökningarna inom skredområdet låg grundvattenytan vid denna linje på en höjd av c:a 1 m över havets medelvattenyta. Att densamma före skredet, genom vilket det impermeabla lerlagret å vissa delar bortrevs, så att grundvattnet fick friare avlopp, legat högre, har icke kunnat påvisas, men är sannolikt. Den har troligen växlat i höjd vid olika årstider allt efter nederbördsmängden. Tillfälliga högre vattenstånd torde dock icke hava utövat någon nämnvärd inverkan på den därav berörda glaciallerans konsistens.

Skredets gestaltning och orsaker.

Skredet är begränsat till ett område, som rätt väl sammanfaller med den tidigare omnämnda större svackan i moränens yta mellan sekt. 103+699 och 103+759, där även fasta bottnen mellan banlinjen och sjöstranden intar brantare läge än eljes å platsen. Vid detta parti var före skredet även avståndet från banvallen till stranden kortare än vid övriga delar av sträckan. Dessa omständigheter hava tydligen samverkat till att giva skredet dess begränsning.

Utglidningen skedde efter en brottzon, som vid skredets inre del i brant båge snett genomskar de över moränen liggande jordlagren: bankfyllningen, strandgruset, östersjöbildningarna och den glaciala leran till närheten av denna sistnämndas botten. Moränen hade icke på något sätt deltagit i markförskjutningen. Brottytan nådde redan något innanför linjen A-A ned till närheten av fast botten och fortsatte därifrån genom glaciallerans bottenparti åtminstone fram under landsvägens ursprungliga läge, till vilken punkt densamma genom undersökningsgrävningar i skredet direkt kunde iakttagas. I skredets yttre del under strandpartiet och sjöbottnen har undre begränsningslinjen för de utskridna massorna icke exakt kunnat fastställas, emedan i de lösa sedimenten därstädes endast borrningsundersökningar kunde utföras. Av vissa genom dessa i detta parti påträffade omgestaltningar i lagerserien såsom invertering (glaciallera liggande över postglaciallera) och exceptionellt högre vattenhalter i vissa skikt, möjligen orsakade genom omrörning i massan, syntes framgå, att skredbasen framgått snett uppåt genom lagerserien och framkommit vid Bråvikens botten 40 à 50 m utanför den gamla strandlinjen. Särskilt inom skredets yttre parti hava helt visst förskjutningar försiggått successivt efter olika glidzoner, varigenom valkigheten å den uppskjutna sjöbottnen uppkommit. I stort sett kan skredet alltså uppfattas som en glidning utefter en skålformig snittyta. Genom denna roterande rörelse sänktes det innanför stranden högre liggande partiet av jordskålen, under det att den lägre, utanför stranden liggande delen höjdes, så att ett jämnviktsläge inträdde.

Då skredet inträffade hade banken ägt bestånd allt sedan år 1914. Några sättningar eller andra svaghetstecken i banken hade aldrig visat sig, vare sig under byggnadstiden eller senare, under de år banan trafikerats. Då någon förändring i beskaffenheten och bärigheten hos de lågt liggande lösa jordlager under och utanför bankfoten icke torde kunnat äga rum, måste skredet hava föranletts av minskning i sammanhållningen eller av viktsökning i de högre liggande massorna i jordslänten eller av bådadera. Härigenom har trycket i allt för hög grad ökats mot de mindre bärkraftiga lagren vid och utanför bankfoten.

Anledningen till dessa förändringar torde hava varit en exceptionell vatteninfiltration, som under den ovanligt nederbördsrika månaden, september, närmast före skredet (Fig. 47) ägt rum dels i bankfyllningen, dels i östersjöbildningarnas sand- och mjällager ovanpå glacialleran i bankens

underlag. Denna vatteninfiltration hade säkerligen i hög grad befordrats därav, att föregående maj månad varit synnerligen torr, samtidigt som ett ovanligt lågt vattenstånd varit rådande i havet, vilka båda omständigheter medfört, att markens torksprickor vidgats och fördjupats. Samtliga nyssnämnda jordlager visade sig även vid undersökningen vara mycket vattenindränkta.

Banlinjens återställande.

Vid den västra, av skredet ej berörda delen av platsen, där undersökningarna visade, att grundförhållandena visserligen i någon mån voro bättre men dock sådana, att även där under ogynnsamma yttre förhållanden en katastrofartad markförskjutning icke syntes utesluten, prövades bankens stabilitet genom skjutning. Laddningen uppgick därvid till 200 kg dynamit, fördelad på 17 längs bankens båda sidor nedslagna rör. Genom skjutningen uppstod i yttre delen av denna bankssträcka en sättning, som var störst närmast skredet och uppgick till maximalt 1,7 m. Vidare undergick landsvägen en mindre förflyttning i höjd- och sidled, varjämte sjöbottnen närmast utanför denna höjde sig 1 m. Dessa icke oväsentliga verkningar av stabilitetsprovet syntes ge vid handen, att även sträckan mellan skredet och trumman hade ett osäkert läge.

Vid det definitiva återställande av banan förbi skredplatsen inflyttades linjen något, maximalt

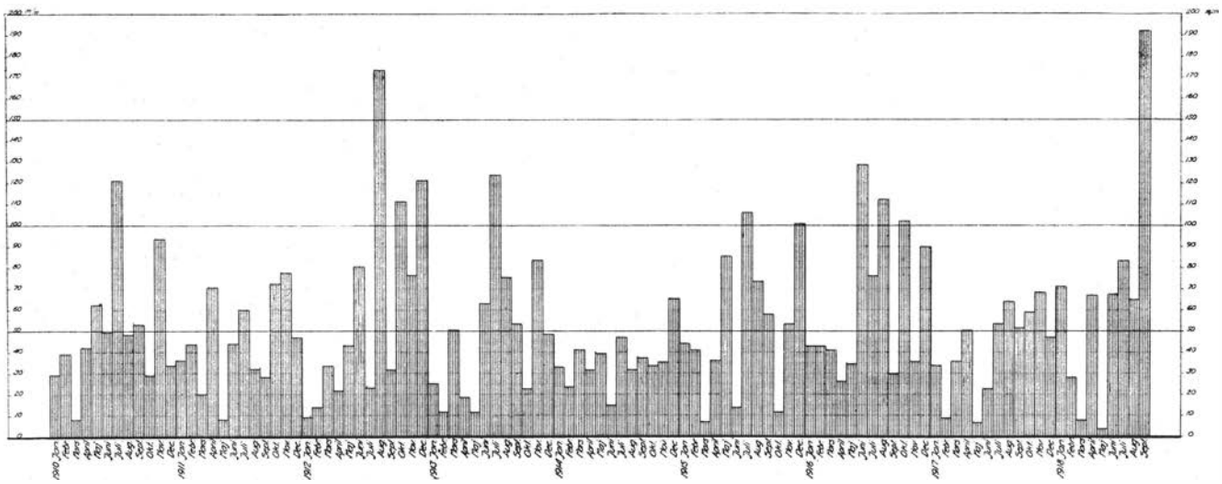


Fig 47. Diagram, angivande nederbördsmängden under varje månad för tiden jan. 1910—sept. 1918 vid Hults bruk, en mil väster om Vita Sikudden.

1,5 m, innanför den gamla sträckningen. För att giva den nya banvallen erforderlig stabilitet, anordnades längs foten av bankens yttre sida en stödfyllning av sten, vilande direkt på den fasta moränbottnen (se tvärsektionerna, Pl. 9, och kartan, Pl. 8).

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred, förorsakat dels av den statisk-dynamiska anledningen, att bankfyllningen och delar av den naturliga lagerserien blivit tyngre genom uppsamlad nederbörd (ökning av den aktiva belastningen), dels och framför allt av den anledningen, att sammanhållningen inom fyllningen och de övre sandiga, naturliga lagren nedsatts genom nederbördsvattnet (konsistensanledning), varvid sannolikt i någon grad friktionen men dock huvudsakligast kohesionen nedsatts. Skredet var framåtgripande till sin huvudkaraktär men även i någon mån bakåtgripande.

5. Skredet vid Härnasjön å Borås—Ulricehamns järnväg år 1919.

Å Borås—Ulricehamns järnväg inträffade den 24 april 1919 mellan kl. 7 och 8 på aftonen invid Härnasjöns sydvästra ände (Fig. 48) ett skred, i det att banvallen till ungefär halva bredden på 35 m sträcka utgled i sjön. Ordinarie persontåget på kvällen från Borås mot Ulricehamn, som vid 9-tiden skulle passera platsen, varskoddes icke i tid om skredet utan förolyckades.

Tåget bestod av ett lokomotiv, en godsfinka, en kombinerad II och III klass boggievagn samt en 2-axlig III klass personvagn med postkupé. Såvitt det kunnat utrönas, framfördes tåget vid olyckstillfället med en hastighet av omkring 30 km pr timme. Loket, godsfinkan och boggievagnens främre hjulpar urspårade (Fig. 49). Loket slungades av farten efter urspårningen en 20 m framåt, gled ned efter skredslänten samt välte på sidan ut i sjön och nedsjönk i den lösa sjöbottnen, så att endast högra sidan av förarhytten syntes över vattenytan. Därvid omkom lokföraren, som inklämts i hytten. Godsfinkan medföljde loket i sjön och ställde sig snett ut från banvallen i c:a 30° lutning framåt samt nedborrade främre änden i sjöns botten; finkans bakre ände intrycktes och upphängdes å boggievagnens främre plattform. Boggievagnen stannade i ett svagt framåtlutande läge på den raserade banvallen med främre änden delvis krossad och intryckt mot godsfinkan. Även plattformarna mellan boggievagnen och den efterföljande personvagnen skadades. Skenorna voro

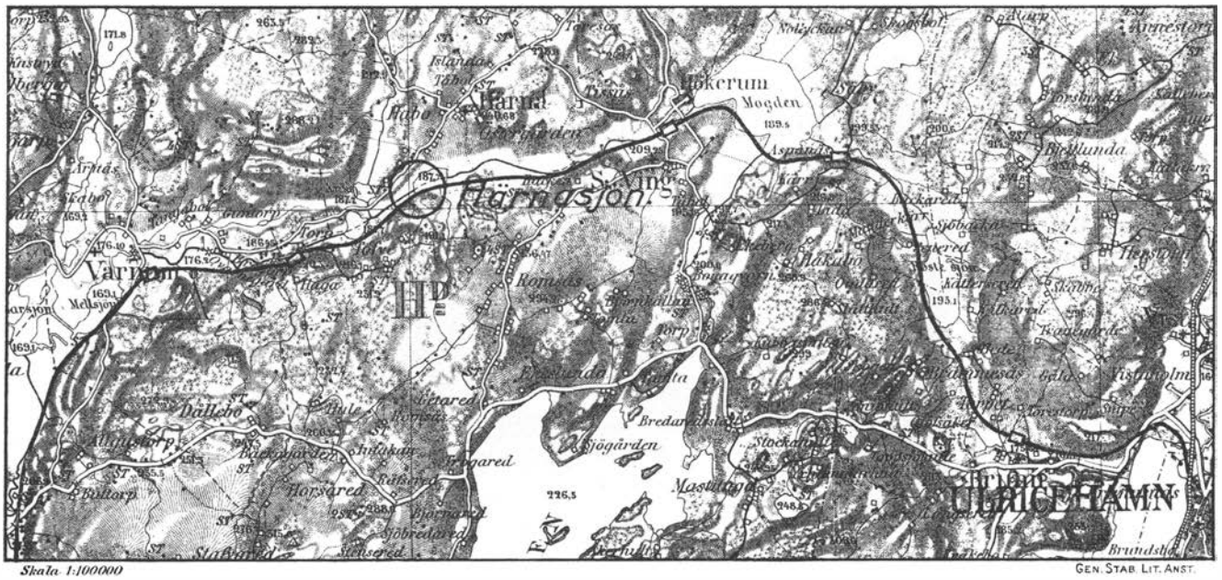


Fig. 48. Top. karta 1 :100 000.

avslitna ungefär vid skredets mittparti. Inre skenan kvarlåg å skredslänten med en böjning utåt sjön. Yttre skenan fångades av loket vid urspårningen och uppviktes i en S-formig båge.

Då denna katastrof företedde en viss likhet med olyckan vid Getå å statsbanedelen Järna—Norrköping och i geotekniskt hänseende syntes böra ägnas ett beaktande, föranstaltade geotekniska kommissionen omedelbart efter katastrofen en undersökning av platsen. Resultaten av undersökningarna äro sammanställda å vidstående ritningar, 4 borrsektioner (Fig. 50), visande grundförhållandena, samt plankarta (Fig. 51), visande skredets omfattning och det urspårade tågsättets läge.

Geologi och topografi.

Härnasjön är belägen i övre delen av Viskans dalgång, i vilken Borås—Ulricehamns järnväg mellan stationerna Varnumskulle och Hökerum framgår (Fig. 48). Sjön utgör jämte de närbelägna Töve- och Ängesjöarna rester av en ursprungligen sannolikt sammanhängande större sjö, som upptagit ett betydande område av dalgången mellan Nitta och Hökerum. Dalpartiet ligger högt över marina gränsen. I den nämnda »fornsjön», vars vattenyta vid inlandsisens avsmältning något tid var uppdämd, avsattes, i den mån dalgången befriades från isen, glacial lera. Sedermera började fornsjön småningom igenväxa genom sedimentering å dess botten av organogena jordslag: gyttja, sjödy och slutligen torv. Denna igenväxning har successivt fortgått så långt, att av det ursprungliga större sjöbäckenet nu återstå endast de nämnda små grunda restsjöarna. Viskans åbädd ligger å ifrågavarande sträcka mestadels i de genom igenväxningen uppkomna jordlagren. Under högvatten översvämmas stora delar av de låglänta slänterna, vilka vid lågvatten, då Härnasjön är upplöst i små gölar, utgöras av gräs- och starrbevuxen mossmark.

Banlinjen framlöper i dalgången på södra sidan om vattendraget. Invid Härnasjön är banan på en mer än kilometerlång sträcka framdragen över ovannämnda låglänta mossmarker. Å denna sträcka var banlinjen endast på tvenne punkter, nämligen på ömse sidor om skredplatsen, där fastmarken gör ett par mindre utbuktningar mot sjön, utbyggd å fast mark. Mellan dessa tvenne fastmarksuddar framgick banlinjen i en mot sjön utbuktande kurva med 600 m radie. Genom banvallen hade avstängts en c:a 100 m lång, svag inbuktning av sjön mellan km 22+080 och 22+190 i banlinjens längdmätning, där, såsom kartan Fig. 51 visar, en mindre vattensamling uppstått utan kommunikation med sjön. I denna instängda bukt hade sjöns högvattenstrandlinje framgått i fastmark, morän eller berg, på högst 12 m avstånd från spårets mitt. Skredet inträffade inom västra hälften av denna sträcka. Banvallen hade här en höjd av c:a 2 m över den utanför (vänster om) densamma belägna, plana, vid högvatten översvämmade markytan. Banvallens fot



Fig. 49. Skredet vid Härnasjön. Det förolyckade tåget.

var mot sjösidan försedd med stenskoning längs större delen av sträckan. Sjöns högvattenyta nådde till ungefär bankens halva höjd.

De lösa jordlagren, som bilda den igenväxta sjöns botten och således banvallens underlag inom skredområdet, bestå, räknat uppifrån, av följande:

sjödy med ett helt tunt torvtäcke,
kalkgyttja,
gyttja, lerig och mjälig,
glac. lera, mjälig,
glac. sand och grus,
morängrus, vilande på berget.

Mitt för skredplatsen 20 m utanför spårets mitt är sjödyn 4,5 m, kalkgyttjan 0,3 m, det gyttjiga mjällagret 1,0 m och glacialleran 1,8 m mäktig. Utåt sjön tilltager sjödyn betydligt i mäktighet och i mindre grad även vissa av de underliggande lagren. Mot sjöns strandlinje innanför banvallen avtaga lagren småningom i mäktighet för att slutligen helt utkila; därvid övergå de över leran liggande lagren successivt i fastare, sandiga, grusiga och stenblandade strandbildningar. Av de undersökta jordproven framgår, att sjösedimenten, såväl leran som gyttjorna och sjödyn, särskilt utanför banken och även under bankens yttre del, varit av synnerligen lös beskaffenhet. På ömse sidor om skredplatsen och delvis även inom skredområdets sidopartier utkila leran och de över denna liggande lösa lagren redan under banvallen. Vid skredets mitt sträcka sig de lösa lagren till och med ett stycke innanför banken. Fasta bottnen, som kan anses sammanfalla med

glaciallerans bottenyta, företer brantare lutning inom ett c:a 20 m brett bälte närmast fastmarken. Inom detta uppgår fasta bottnens lutning inom skredplatsen till inemot 30°; denna lutning utflackar mot ömse sidor till 20° à 15°. Utåt sjön avtager småningom lutningen. Banvallen var just framdragen över det ovannämnda bälte, där fasta bottnen intar det brantare läget. Banken hade där-

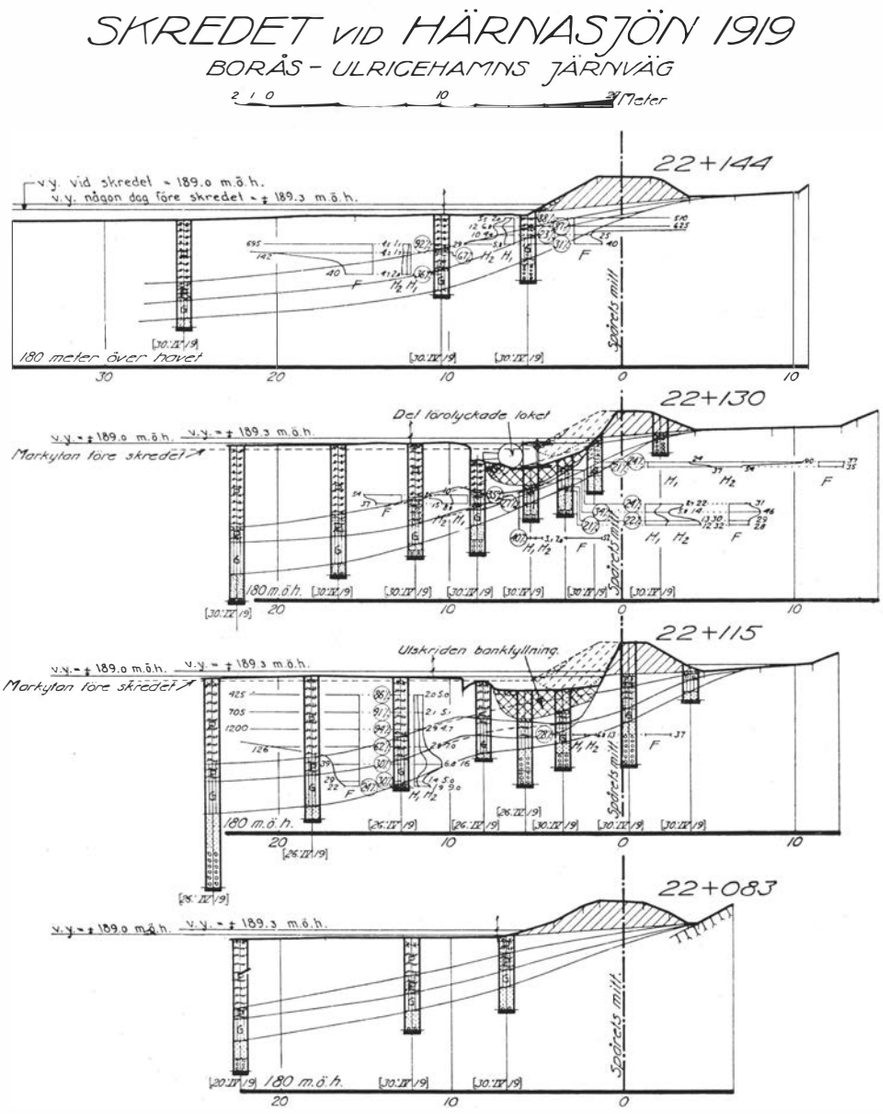


Fig. 50. Tvärsektioner å skredplatsen vid Härnasjön (lägen se kartan, Fig 51).

igenom kommit att vila med sin yttre del å de mycket lösa sjösedimenten, med sin inre del däremot å de mera fasta, sandiga och steniga strandbildningarna. Skredet skedde sålunda inom ett område, där fasta bottnen under grunden för banvallen hade brantare läge än i omgivningen, och där alltså de lösa jordlagren varit som mäktigast.

Skredets förlopp och orsaker.

Genom skredet nedsjönk banvallens yttre hälft och försköts c:a 3 m utåt sjön. Vid nedsjunkningen skedde en bristning genom de lösa sjösedimenten längs en linje omkring 1 m utanför bankfoten. Nedsjunkningen omedelbart innanför denna bristningslinje uppgick till omkring 1 m. Fyllningsmassorna undanpressade de underliggande lösa sjösedimenten: sjödyn, gyttjan och även större delen av den glaciala leran. Utanför bristningslinjen blevo sjösedimenten dels förskjutna utåt sjön, dels upptryckta. Upptryckningen, som maximalt belöpte sig till 0,3 m, och förskjut-

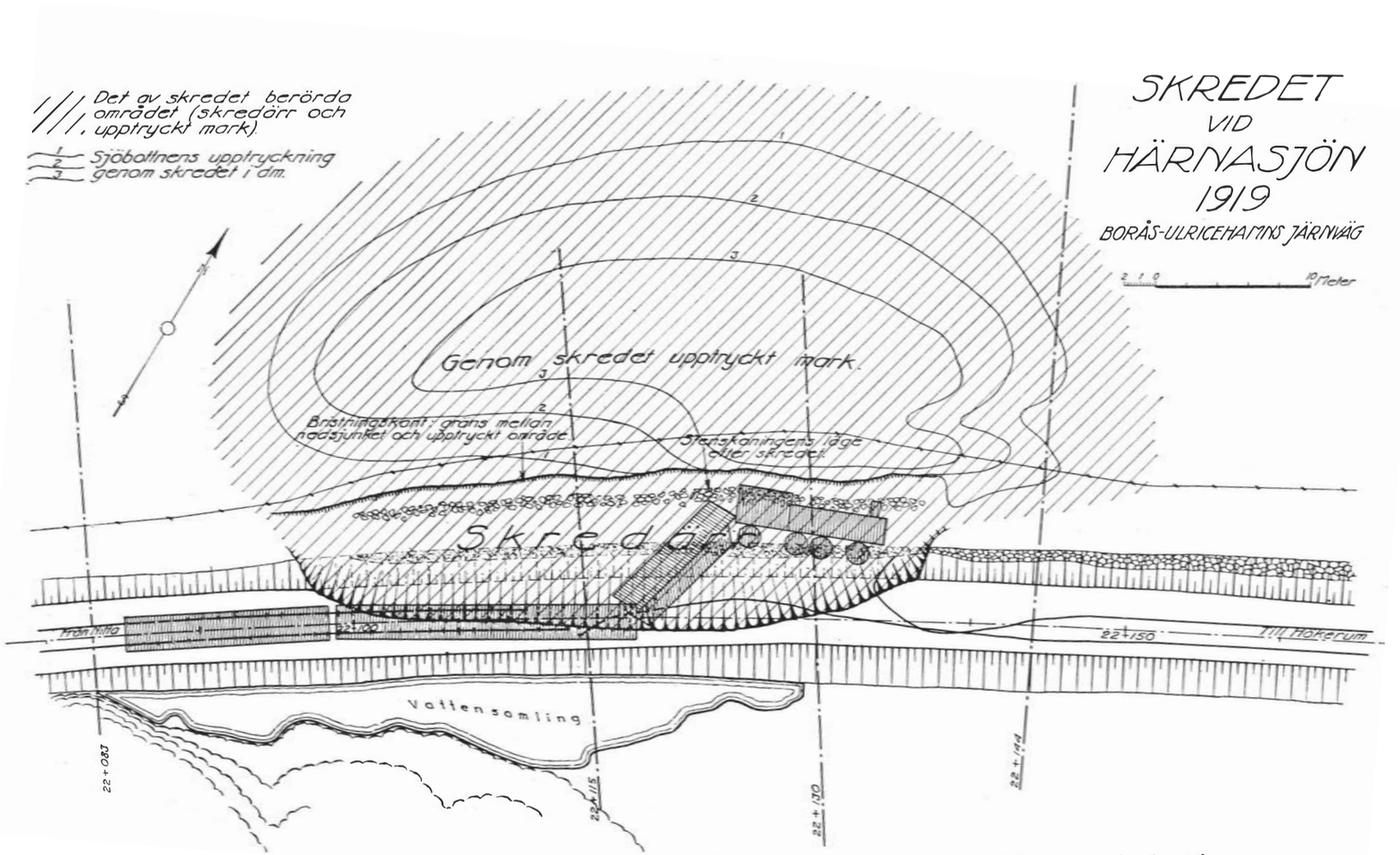


Fig. 51. Karta över skredet vid Härnasjön år 1919, utvisande skredets omfattning och det förolyckade tågets läge.

ningen, som närmast sprickan uppgick till c:a 3 m, förtonade småningom utåt sjön; deras verkningar torde hava sträckt sig till omkring 35 m utanför bristningslinjen. Upptryckningen hade, såsom nivåkurvorna å kartan visa, form av en långsträckt buckla, vars höjdrygg låg i en svagt utåtgående båge inom inre hälften av det upptryckta området. Av nivåkurvorna framgår även, att en mindre upptryckningsvalk förefanns å partiet närmast utanför det sjunkna lokomotivet. Denna hade troligen uppkommit sekundärt vid lokomotivets nedsjunkning.

Skredet skedde utan några iakttagna förebud. Då banvakten vid ordinarie inspektion vid 6-tiden på aftonen överfor platsen, hade inga bristningar eller sättningar i banvallen kunnat förmärkas. Skredet torde hava skett mycket plötsligt att döma av ett starkt dån, genom vilket ett par personer, som befunno sig i närheten, uppmärksamgjordes på det inträffade.

Banan hade vid skredtillfället varit i trafik ungefär ett halvt år. Att banken kunnat bestå under denna tid, torde hava berott därpå, att fyllningsmassorna vid banans byggande något nedsjunkit i sjödyn, som därvid hoppressats under bankens successiva påfyllning och erhållit en något fastare konsistens närmast invid fyllningens botten, så att banken och tågvikten nätt och jämt uppburits. Det har sedan endast erfordrats en obetydlig viktsökning i banken eller några ogynnsammare yttre omständigheter för att rubba detta osäkra jämviktsläge. Skredet inträffade kort efter tjällossningen, då ett samtidigt rådande högvatten hastigt sjönk 0,3 m. Impulsen till skredets utlösande torde därför vara att söka i den tillfälliga försämring i stabilitetsförhållandena, som bestod dels i minskning i fyllningens sammanhållning genom tjällossningen, dels i ökning av bankvikten genom indränkning av vatten vid snösmältningen och genom vattenuppdämningen, dels i den hastiga minskningen av mottrycket från sjön. Möjligen kan den omständigheten hava bidragit till skredets utlösande, att samma dag, skredet inträffade, en mindre påfyllning av banken för spårets lyftning och justering ägt rum.

Banlinjens återställande.

För spårets återställande på denna plats gjordes en inflyttning av linjen närmare fastmarken, varjämte yttre delen av bankkroppen genom överbelastning och skjutning med dynamit under banken bringades ned till fast botten.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred, förorsakat dels och huvudsakligen av den statisk-dynamiska anledningen, att bankfyllningen blivit tyngre, dels av den anledningen, att bankfyllningen erhållit minskad sammanhållning genom uppblötningen vid vattenuppdämningen och tjällossningen (konsistensanledning). Skredet var framåtgripande.

6. Skredet vid Södertälje kanal under utvidgningen år 1916.

Vid schaktningsarbetet för utvidgande och fördjupande av den närmast Saltsjön belägna delen av Södertälje kanal inträffade den 30 juni 1916 ett jordskred i södra kanalslänten invid landfästet för den då under byggnad varande järnvägsbron över kanalen (Fig. 55). Vid katastrofen omkommo 3 arbetare, varjämte ett 10-tal blevo mer eller mindre svårt skadade. Till följd av kanalsläntens rasering genom jordskredet vidtogos omfattande ändringar i det pågående brobygget.

Kort efter katastrofens inträffande uppdrog Kungl. Byggnadskommissionen för dubbelspåret Rönninge—Ström, vilken jämväl handhade ombyggnaden av denna del av kanalen, åt en nämnd sakkunnige, professorerna G. De Geer, W. Fellenius och H. Kreüger, att verkställa undersökning och utredning angående de åtgärder, som till följd av skredet borde iakttagas för arbetenas iståndsättande. I dessa utredningar ingick även en geologisk undersökning av platsen för klargörande av skredets orsaker, vilken undersökning utfördes av fil. lic. R. Lidén. Därvid uppgjordes en plankarta, visande skredets utbredning (Pl. 10), samt verkställdes undersökning av grunden i ett antal sektioner (Fig. 53 och Fig. 54). Med ledning av därvid framkomna resultat upprättades en karta, visande lerans läge i åsgruset vid platsen efter skredet (Pl. 11). För att belysa skredförloppet och dess orsaker har å sektionerna utförts en ungefärlig rekonstruktion av jordlagrens naturliga

utbredning före skredet. Å sektion 1+360 och 1+300 (Fig. 53 och Fig. 54) åskådliggöres resultatet av denna rekonstruktion.

Geologi. Kanallinjen är framdragen längs genom en grusås, Södertäljeåsen, som mellan den trånga viken av Mälaren norr om Södertälje och Igelstaviken söder om staden utfyllt den här i SSO-NNV-riktning framgående djupa berggrundsdalen (Fig 52). I likhet med övriga grusåsar, som utbildats under den senglaciala havsytan, består åsens inre och övervägande del av grövre grus- och sandmaterial, *åskärnan*, som under isens avsmältning successivt avsattes vid glaciärälvens tunnelmynning i radvis efter varandra anordnade ryggar eller kullar, *åscentra*. Åskärnan överlagras av *åsskalet*, vilket består av senare avsatt dels glacialt, dels yngre material, sand och lera, samt överst av postglaciala sand eller gruslager.

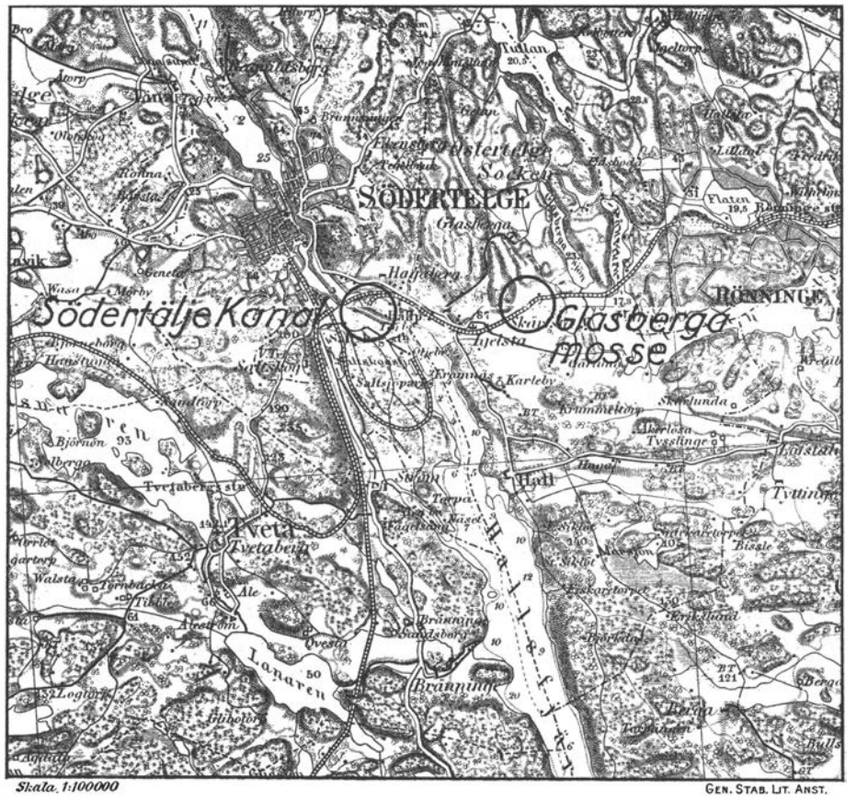


Fig. 52. Top. karta 1: 100 000.

I Södertäljeåsen mellan den lilla sjön Maren inuti Södertälje stad och Igelstaviken är ett flertal åscentra anhopade tätt intill varandra till en stor sammanhängande grusplatå, vars yta invid broläget nådde inemot 14 m över kanalens vattenyta. Lera förekommer dels å åspartiernas sidosluttningar, dels i sänkor i åsen, s. k. *åsgropar*, i vilka leran vanligen ligger dold av överlagrade postglaciala sand- eller gruslager. Åsgroparna äro betingade av från inlandsisen avsöndrade isblock, som inneslötos i åsgruset, då detta avsattes. Allt eftersom dessa isstycken smälte, nedsjönk leran, som ursprungligen hade avsatts som en mantel över hela åsen, och kom sålunda att bekläda bottnen och de vanligen branta sidorna av de på detta sätt uppkomna groparna. Leran övertäcktes senare under landets höjning av mer eller mindre mäktiga postglaciala sand- och grusavlagringar, som nedspolades från åsens högre delar. Åsgroparna hava ofta mycket oregelbundna former och kunna vara så helt fyllda av postglaciala sand- och gruslager, att de ej alls framträda å åsens yta. Till följd av de sålunda dolda, vanligen branta och ofta rätt lösa lerlager, som förefinnas i åsgroparna, kunna vanskligheter uppstå vid schaktning i grusåsar, om befintligheten av åsgropar ej vederbörligen beaktas.

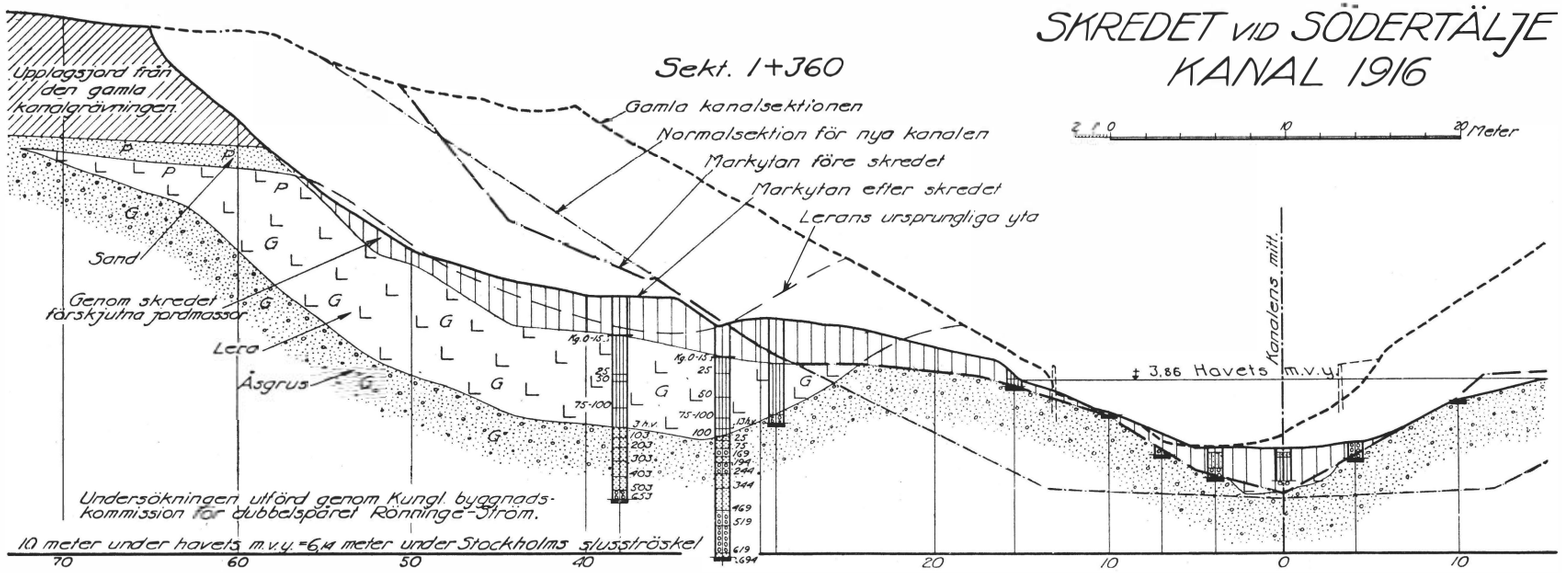


Fig. 53. Sektion ungefär mitt genom 1916 års skred.

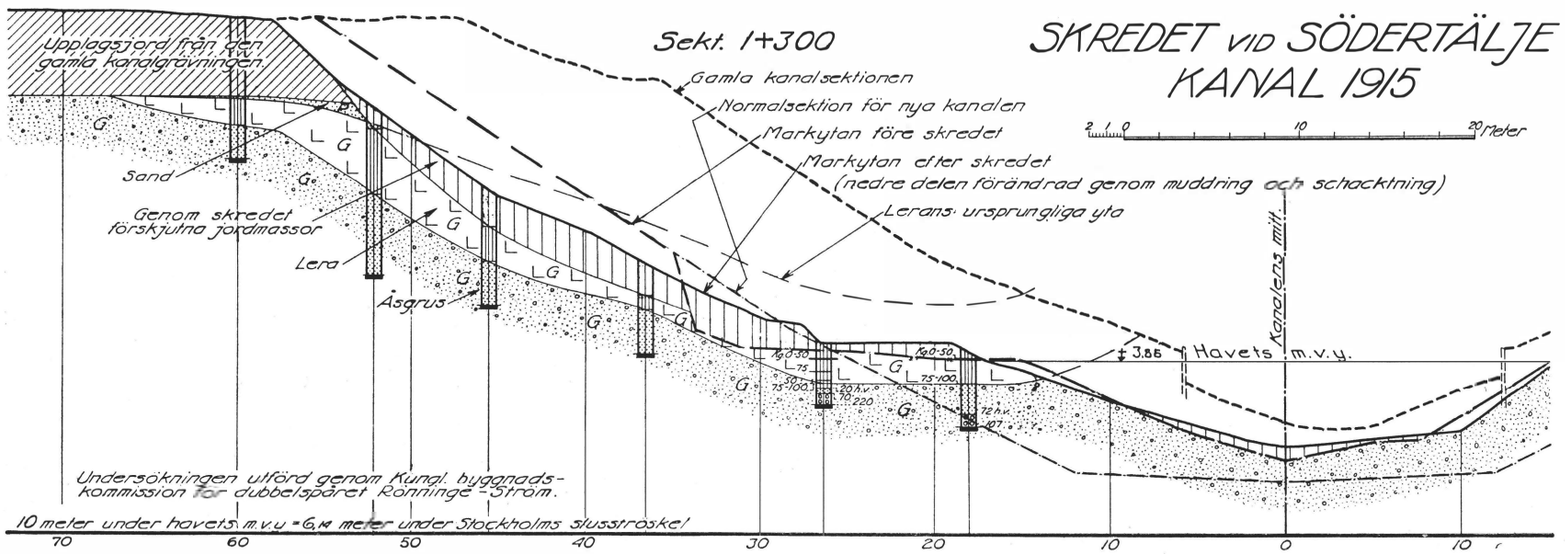


Fig. 54. Sektion ungefär mitt genom 1915 års skred.

Kanalsträckan mellan Maren och Igelstaviken är framdragen i nära väst-ostlig riktning genom en rad av dylika fyllda åsgropar, som nu till större eller mindre del ingå i kanalslänterna. Vid Södertälje kanals anläggande för över hundra år sedan upplades de utschaktade jordmassorna ovanför schaktningsslänterna. Vid platsen för det ifrågavarande skredet hade kanalslänten en höjd över vattenytan av c:a 20 m, däri inberäknat dessa upplagsmassor, vilka här hade en mäktighet av 7 m.

Olyckans förlopp.

Då katastrofen inträffade voro de nya kanalslänterna vid skredplatsen i stort sett utschaktade i lutning 1 : 1,5 ovan vattenytan och hade stått så ungefär ett år. Mellan släntfoten och kanalen fanns för transportspår ett schaktplan på ungefär 1 m höjd över vattenytan. Kanalens under vattenytan belägna parti var endast till mindre del uttaget. Brons landfästen på kanalens båda sidor voro färdigställda. Vid norra kanalsidan var inspåntning utförd. I denna pågick gjutning och murning av norra bropelaren. Vid södra sidan (skredsidan) var den inre spåntväggen för södra bropelaren nedslagen; arbetena å en spånt i fortsättningen västerut av nyssnämnda spåntvägg i och för skydd vid de pågående muddringarna i pelarläget hade just avslutats.

Beträffande katastrofförloppet må ur yrkesinspektörens berättelse till Kungl. Socialstyrelsen angående olyckshändelsen anföras följande skildring av ett åsyna vittne, verkmästaren B. F. Brodin.

> »På morgonen den 30 juni igångsattes arbetet som vanligt kl. 7,30 först med betonggjutning och stensättningen i den östra[1] pelaren och därefter vid pålkranen vid västra sidan av kanalen, där förut nedslagits en bjälkspånt, i och för utförande av den västra pelaren. Vid sidan av denna spånt mot kanalen var muddring påbörjad, och för att åstadkomma säkert skydd för urspolning vid ändarna av denna spånt hade vid dennas norra ända anbringats en s. k. säkerhetsspånt. Denna var redan färdig, och därför hade pålkranen flyttats till den motsatta ändan av spånten, för att även där anbringa en liknande säkerhetsspånt. För nedslagning av spånten, som utgjordes av 6-tums plank av 7 m längd, användes en ångkran med ångpanna placerad på kanalstranden, c:a 5 m från västra bropelarens norra ända. Vid ångpannan befann sig, då raset inträffade, eldaren Kolm sysselsatt med injektorn, och i närheten av ångpannan befunno sig 4 man, sysselsatta med utbaxning av spåret för pålkranen.
>
> Klockan några minuter före 11 sågs plötsligt en större grusmassa ur kanalslänten rasa mot ångpannan och i väldig fart rusa ut i kanalen. I samma ögonblick avbröts ångledningen till pålkranen, varvid ångan med öronbedövande larm rusade ut, och av den väldiga farten och jordtrycket slungades ångpannan tvärs över kanalen och sjönk först vid motsatta stranden. Eldaren Kolm syntes stående vid pannan, tills den försvann i djupet. De fyra män, som arbetade bredvid ångpannan, rycktes även med av grusmassan, men tre av dem lyckades åter taga sig upp, medan den fjärde försvann med jordmassan i i kanalen. När jordmassan sköt ut i vattnet, uppstod en väldig svallvåg, som först rusade rätt över kanalen mot grundläggningen till östra pelaren, där betonggjutning och stensättning som bäst pågick. Intill spåntkistan omkring grundläggningen låg en pråm, lastad med sten till pelaren, vilken pråm var utrustad med krananordning för nedläggning av stenarna. Då när vågen kom, kastades prämen mot spåntkistan med sådan kraft, att kistan krossades i småspillror. Svallvågen kastade sig över kistans spillror och högt upp på stranden.
>
> I spåntkistan befunno sig vid tillfället 8 man, sysselsatta med betong-, sten- eller träarbete. Av dessa blevo alla räddade, ehuru ett par svårt skadade och några lindrigt sårade.
>
> En gosse, Nils Gustav Lindgren, vilken tjänstgjorde som roddare mellan östra och västra landet, befann sig, då raset inträffade, i sin båt alldeles intill östra landet med en person ombord. Båten slungades av svallvågen högt i luften med sådan kraft, att gossen kastades över bord och drunknade, medan den man, som var med i båten, kunde hålla sig kvar. Båten kastades högt upp på östra stranden, där mannen lyckades komma ur

[1] I detta citat äro kanalsidorna benämnda efter kanalens huvudriktning, norr-söder, i stället för efter riktningen å ifrågavarande sträcka av kanalen, väster-öster.

båten, innan denna av den tillbakaskölјande svallvågen drogs tillbaka ned i kanalen. Även Brodin, som befann sig vid pålkranen, kom i vattnet, men kastades av svallvågen åter upp på land. Pålkranen blev däremot liggande kvar i kanalen. Svallvågen kastade sig fram och åter över kanalen flera gånger, innan vattenytan åter blev lugn.»

Skredets förlopp och orsaker.

Skredet var begränsat till ett i slänten kvarblivet sidoparti av en åsgrop med innesluten lera. Lerpartiet bildade innanför kanalslänten en avlång skålformig fördjupning, vars axel intog ett mot kanalen något snett läge. Vid skålens djupaste parti låg lerlagrets yta ungefär i nivå med det nämnda schaktplanet och steg därifrån i brant lutning, c:a 30°, in under slänten, där leran överlagrades av sand, som överst i slänten var belastad med den mäktiga upplagsjorden (Fig. 53). Under vattenytan var lerans fasthetsgrad (enligt ATTERBERGS normer för bestämning av lerors konsistens) något under flytgränsen, ungefär vid tjockflutenhetsgränsen; närmast ovan vattenytan var leran något fastare, ungefär vid flytgränsen, samt övergick uppåt i åsgropens sidor småningom till större fasthet. Mot utkilandet vid åsgropens överkant var leran mycket uttorkad och alldeles fast. Vid skredet utrutschade de över leran liggande massorna, sandlagret och upplagsjor-



Fig. 55. Skredplatsen vid Södertälje kanal, dagen efter katastrofen. Bilden visar skredärret nedanför det kvarstående södra landfästet.

den. Även vissa delar av lerlagret medföljde i skredet, huvudsakligen sådana högre i slänten liggande lerpartier, som vid skredskålens kanter lågo närmast sluntytan. Längs skredskålens djupaste partier ingrep skredet mindre djupt i lerlagret. Skredskålens bas nådde ungefär ned till slänтfotens nivå, men berörde ej schaktplanet eller de i slänten under dettas nivå liggande jordlagren. De utrutschade massorna uppgingo till ungefär 2 800 kbm, varav 2 100 kbm utskred i kanalen, 600 kbm stannade på schaktplanet och resten i urholkningen i slänten.

Beträffande skredets orsaker må följande anföras ur de ovannämnda sakkunnigas utlåtande.

»Undersökningar ha visat, att det framför rasplatsen utmed kanalen befintliga schaktplanet med däråg liggande spårsyllar liksom även där utanför anbragt spånt påträffats i nära nog orubbat läge, vilket visar, att därutanför i kanalen företagen muddring icke kan hava föranlett rasets utlösande.

Grundorsaken till raset är i stället, enligt vårt förmenande, att slänten uttagits i för brant lutning utan hänsyn till markens riskabla geologiska byggnad, som betingade förekomsten av de under den nedrasade slänten befintliga, brant lutande, slippriga lerlagren. Då ovanpå dessa inom åsgropen hopade sand- och grusmassor av nämnda branta sluntt genomskurits ända ned till underliggande lera, kommo de ovanpå denna

liggande sand- och grusmassorna att befinna sig i ett synnerligen osäkert jämnviktsläge, varför det säkerligen blott krävdes en jämförelsevis obetydlig yttre anledning för att sätta dem i rörelse.

Denna yttre anledning torde vara att söka i den starka nederbörden under tiden före rasets inträffande, varigenom tyngden av de å leran befintliga massorna ökats och underliggande lera blivit ytterligare uppblött. Alldeles uteslutet är nog ej heller, att den nedanför landfästet företagna spåntslagningen kunnat i någon mån inverka på massornas stabilitet».

Förutsättningen för skredet torde otvivelaktigt, såsom de sakkunniga framhållit, hava varit den omständigheten, att jordmassorna i slänten på grund av markens geologiska byggnad och till följe kanalutgrävningen erhållit ett osäkert jämnviktsläge, och impulsen till skredet var troligen, såsom även av de sakkunniga anförts, den icke oväsentliga ökning i tyngden av de över leran liggande jordlagren, som föranleddes genom uppsugning av vatten vid ett häftigt skyfallsliknande regn natten före skredet. Någon egentlig uppblötning av leran torde däremot icke hava ägt rum. Vattnet har säkerligen framrunnit genom sanden över leran, varvid dock den ökade vattenföringen kunnat minska sammanhållningen i gränszonen mellan sanden och lerlagret. Enligt uppgift av en vid kanalarbetet anställd schaktmästare, som åsåg katastrofen, skulle skredet hava börjat med en mindre utglidning vid släntfoten, varefter den ovanför liggande jordmassan nästan omedelbart utrutschade. Huruvida denna inledning till skredet ägde rum i sanden, vilken närmast över lerlagret var av fin och mjälig beskaffenhet och möjligen hade bringats i flytning av det framträngade vattnet, eller om den bestått i en utskålning av lera vid släntfoten, möjliggjord genom någon partiell inschaktning i slänten innanför släntlutningen 1:1,5, låter sig ej nu med bestämdhet avgöra. Sistnämnda förhållande har otvivelaktigt varit fallet vid ett närbeläget här nedan närmare omnämnt skred.

Under schaktningsarbetena inträffade vid flera tillfällen skred, ehuru i mindre omfattning, även på andra ställen i kanalen, där de likaledes förorsakades av lera i åsgropar, som genomgrävdes vid kanalens ombyggnad. Ett av dessa skred, vilket inträffade vid sekt. 1+300 (Pl. 10) den 4 februari 1915, må även här beröras.

Leran på detta ställe tillhörde den åsgrop, i vilken det ovan beskrivna skredet skedde, och vilken med ett mycket slingrande förlopp var utbredd över en betydlig sträcka längs kanalleden. Vid sekt. 1+300 hade ett sidoparti av åsgropens lerskål kvarblivit i slänten (Fig. 54). Slänthöjden uppgick även här till inemot 20 m, av vilka de översta 5 m utgjordes av upplagsjord. Skredet inträffade helt plötsligt under pågående schaktningsarbete, varvid förfarits på sådant sätt, att en hög vertikal lervägg bildats nere vid släntfoten. För arbetets underlättande hade även verkställts skjutning med dynamit av tjälen i slänten.

Vid detta skred utrutschade större delen av lerlagret i slänten, varjämte överliggande sand och upplagsjord medföljde. Anledningen till att detta skred inträffade och nådde så djupt ned i leran, var otvivelaktigt den vertikala inschaktningen i leran vid släntfoten.

De tvenne markförskjutningarna kunna i korthet karaktäriseras som:

Skred, förorsakade dels av den statisk-dynamiska anledningen, att genom för brant schaktning, särskilt nedtill i slänten, den passiva belastningen (stödet) minskats, varjämte beträffande 1916 års skred den aktiva belastningen ökats genom nederbördsvattnet, dels, beträffande detta sistnämnda skred, av den anledningen, att sammanhållningen inom sandmassan (framför allt kohesionen) minskats genom nederbördsvattnet. Skredet var huvudsakligen bakåtgripande.

7. Skreden vid dubbelspårsbyggnaden utmed stora Sävelången vid Norsesund å bandelen Göteborg—Alingsås åren 1914—1916.

Sjön Stora Sävelången är belägen i Säveåns djupa dalgång, genom vilken västra stambanan å större delen av sträckan mellan Göteborg och Alingsås är framdragen. Sjöns stränder äro i allmänhet branta och bergiga. Särskilt är detta fallet med den nordvästra stranden, längs vilken banan framgår (Fig. 56).

Vid anläggandet av dubbelspår mellan Göteborg och Alingsås måste banan uträtas på en hel del ställen, där allt för skarpa kurvor förekommo i den gamla linjesträckningen. Å västra delen

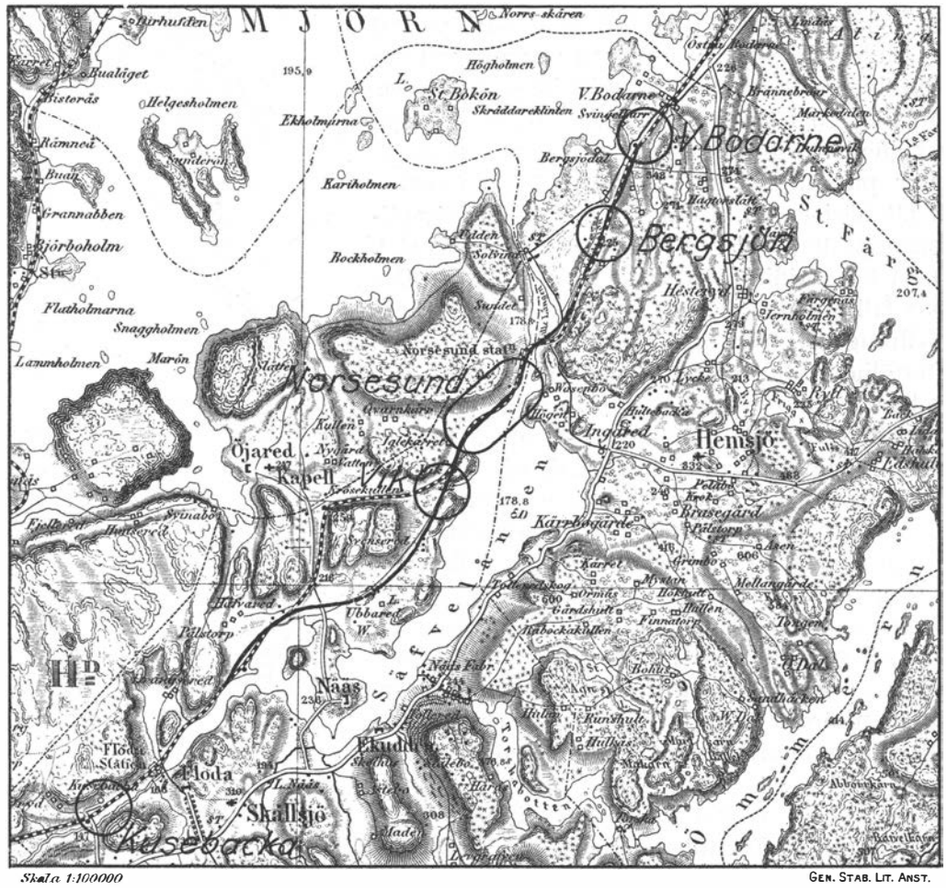


Fig. 56. Top. karta 1:100 000. Å den sträcka, där det nya dubbelspåret intager ett från det gamla enkelspåret skilt läge, är det förra angivet med heldragen linje.

av Norsesunds bangård och sträckan närmast väster därom kom linjen av denna anledning vid dubbelspårsanläggningen att utflyttas närmare stranden och sträckvis till och med ett stycke ut i sjön (Fig. 57).

Den av dubbelspårsbyggnaden omkring Norsesund berörda strandremsan av Stora Sävelången uppvisar, å sträckorna 31+180—31+500, 31+780—32+100 och 32+260—32+600 (dubbelspårsbyggnadens Olskroken (Göteborg)—Alingsås längdmätning), trenne grundare inskärningar med i allmänhet låga, sakta stigande stränder av sand eller lera och skilda åt av svagt utspringande, rätt höga berguddar.

När geotekniska kommissionen mot mitten av år 1914 igångsatte sina undersökningar på denna plats, hade bergsprängningarna i det närmaste avslutats och fyllningsarbetet pågått i rätt stor

omfattning. På grund av inträffade skred och sättningar under arbetet var man emellertid då betänkt på en eventuell inflyttning av linjen längre in från stranden. Emellertid skulle en inflyttning, genom vilken verkliga fördelar med hänsyn till banans säkerställande skulle vinnas, medföra högst betydande kostnader, huvudsakligen på grund av stora bergsprängningar. Arbetsledningen beslöt därför i samråd med kommissionen att söka bibehålla det ursprungligen fastställda läget för dubbelspåret. Arbetet skulle verkställas på så sätt, att vid den ena efter den andra av de ovannämnda vikarna ett trafikspår med skarpa kurvor provisoriskt inlades på fast grund, medan dubbelspårsbanken genom växlande utfyllning och skjutning nedtvingades i stabilt läge. Sedan genom sondborrning en första översikt över områdets geotekniska beskaffenhet vunnits, inriktades kommissionens undersökningar på att noggrant följa de pågående arbetena i avsikt att härigenom erhålla anvisning om lämpligaste tillvägagångssättet vid det fortsatta fyllningsarbetet.

Sedan arbetet fortskridit, så att viss del av banken färdigfyllts (i vissa fall med överbelastning), verställdes sprängning under fyllningen. Detta upprepades, tills stabilitet erhållits. I efterföljande tabeller, sid. 89—92 och 104—105, återfinnas, vad beträffar de två östligare vikarna, uppgifter angående tidpunkterna för sprängningarna, mängden fyllning, som mellan dem påfördes banken[1], dels inom banksektionen, dels i form av överbelastning, sprängrörens placering, rördiameter, dynamitladdningarnas storlek samt slutligen sprängningarnas effekt (se dessutom Pl. 12). Före och efter varje sprängning utfördes i regel undersökning medelst sond- och vattenspolningsborrning, lodning och provtagning av sjöbottnens ytlager, allt i avsikt att utröna förändringarna i sjöbottnen och de utglidna fyllningsmassornas läge.

Till en början utfördes undersökningarna mer summariskt, men allt efter som arbetet fortskred, skärptes undersökningsmetoderna.

Lodningarna utfördes i sektioner med i allmänhet 20 m inbördes mellanrum samt till en början ut till ett avstånd av 60 m från dubbelspårets mitt. Erfarenheten visade sedermera, att detta avstånd ej var tillräckligt, och att detsamma måste ökas till 150 à 200 m, för att önskade upplysningar skulle erhållas. Det befanns även nödvändigt att loda mycket tätt, särskilt närmast stranden. Sålunda utfördes å de 50 m närmast banken lodning vid varje $2\,^1/_2$ m samt å de därpå följande 50 m vid varje 5 m och där utanför vid varje 10 m. För att lodningarna vid förnyad mätning skulle falla så nära som möjligt i samma

[1] De i tabellerna lämnade massuppgifterna, som hänföra sig till lös massa, ha erhållits genom arbetschefen. I de fall, dessa uppgifter varit angivna i fast massa, har vid omräkning till lös massa beräknats en svällning av 50 % för sprängsten, 10 % för grus, 20 % för sand, 30 % för lera och »jord».

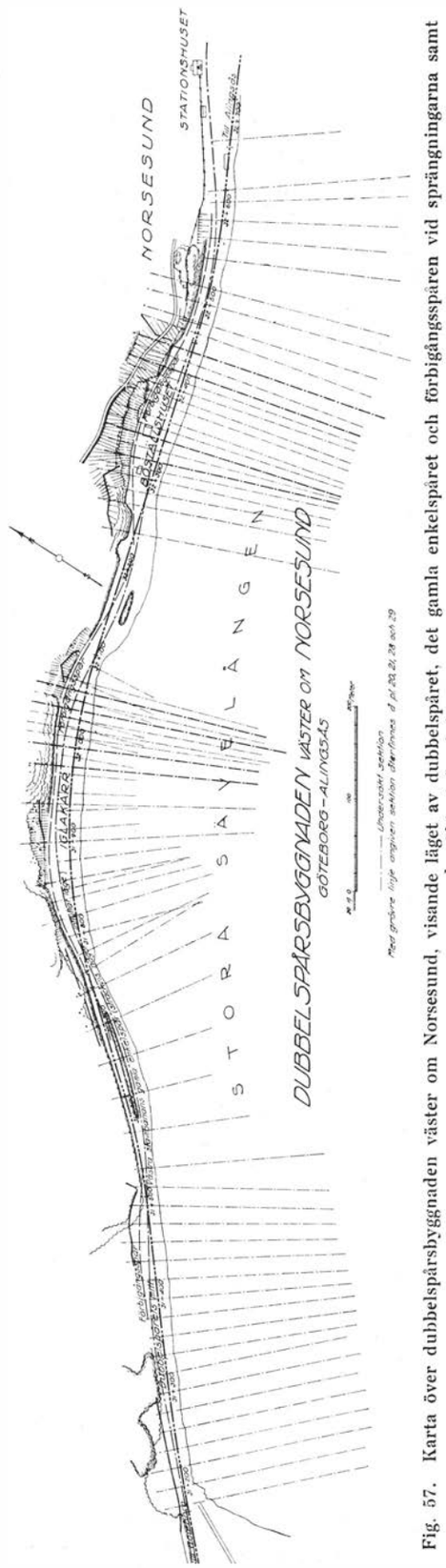


Fig. 57. Karta över dubbelspårsbyggnaden väster om Norsesund, visande läget av dubbelspåret, det gamla enkelspåret och förbigångsspåren vid sprängningarna samt undersökta tvärsektioner.

Sprängningarna vid Iglakärr (km 32), Norsesund enligt arbetsledningens rapporter.

Mängd fyllning (lös massa), påfylld efter föregående sprängning		Datum för sprängningen och vattenstånd	Sprängrörens läge i förhållande till dubbelspårets mitt V = vänster H = höger	Nedre rörändens djup under vattenytan m	Nedre rörändens djup under markytan resp. sjöbottnen m	Inre rördiameter mm	Dynamitladdning kg	Laddningens längd i rören m	Sprängningens förlopp och verkan
sträcka	kbm								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31+875—32+080	c:a 11 000 (varav c:a 9 800 sprängsten)	9 juli 1914	31+940 H. 16	8,3	5,1				Skotten å 32+023—32+100 bragtes först till explosion och återstående skott en timme senare. Vid den första salvan utskred fyllningen å 32+050—32+090 till en största bredd av c:a 15 m och å 32+030—32+050 till en bredd av c:a 3,5 m. Vid den andra salvan utskred fyllningen å 31+925—31+980 till en bredd av c:a 10 m (in till dubbelspårets mitt) och å 31+980—32+030 till en bredd av 4 m.
			+960 » 12	9,5	6,9				
			+980 » 13	7,7	5,2				
			32+003 » 15	7,6	5,2				
			+023 » 15	8,9	5,1		12	4,5	
		v. y. 52,8	+043 » 14	7,8	2,8	51			
			+053 » 15	11	7				
			+060 » 15	8	6,5				
			+070 » 14	10,5	6,5				
			+080 » 15	7	3,5		10,5	4	
			+100 » 20	9,5	6,5		10,5	4	
		15 juli 1914	31+980 H. 15	10,4	5,4				Alla skotten, summa 25 kg, d. v. s. c:a 0,3 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Å 31+980—32+030 utskred fyllningen till en bredd av c:a 4 m (intill dubbelspårets mitt).
			32+000 » 17	10,5	6,5				
		v. y. 52,8	+015 » 17	12,7	7,7	51	5	2,2	
			+025 » 16	12,2	7,2				
			+040 » 17	8,1	4,1				
		4 nov. 1914	31+795 H. 18	5,9	4,4				På grund av fel å tändhattarna exploderade skotten i sju omgångar. Mindre skred i bankfyllningen vid skjutningarna. Efter skjutningarna sjönk bankfyllningen å 31+825—31+900 till en bredd av 12 m och till ett djup av c:a 1 m under vattenytan.
			+803 » 17	5,8	4,3				
			+812 » 17	6,1	3,1				
			+825 » 17	6,2	3,2				
			+833 » 14	6,3	3,3				
			+839 » 13	7,6	3,6				
			+844 » 14	6,5	2,7				
			+850 » 14	8,4	4,2				
		v. y. 52,5	+859 » 14	8	3	76	10	2,3	
			+867 » 15	8,5	3,3				
			+875 » 18	8,4	2,4				
			+883 » 23	11,4	3				
			+895 » 21	12,2	3,4				
			+902 » 19	12,2	4,2				
			+906 » 21	11,5	3,5				
			+920 » 20	11,2	2,5				
			+927 » 19	11,3	2,6				
	c:a 9 700 (varav c:a 3 700 sprängsten)	12 mars 1915	31+740 H. 20	6	4,1			2,7	På grund av fel å tändhattarna tände ej rören i sekt. 31+740, 31+759, 31+782 och 31+931 samtidigt som de övriga, utan bragtes efteråt till explosion vart för sig. Å 31+780—31+920 var banken utfylld till full bredd och 1,5 m överhöjd. Mindre skred och sättningar utefter större delen av sträckan. Å 31+830—31+895 c:a 1 m sättning av hela den återutfyllda banken.
			+750 » 21	5,5	3,5				
			+759 » 19	6,5	4,8			2,5	
			+771 » 18	5,8	4,3				
			+782 » 19	5,5	3,8			2,6	
			+796 » 17	5,2	3,2			2,4	
			+806 » 19	6,5	4,5	81		2,5	
			+818 » 19	7	3,5			2,4	
			+828 » 17	6,7	2,6			2,5	
		v. y. 53,1	+832 » 14	4,3	1,3		8	2,6	
			+845 » 12	4,1	0,6			2,5	
			+856 » 11	4,9	1,9			2,5	
			+870 » 10	5	0,7			2,6	
			+877 » 14	5,6	1,6			2,5	
			+888 » 14	5,8	1,3	89		2,3	
			+895 » 10	6,1	2,4	76		2,8	
			+910 » 17	7,5	2,8	81		2,5	
			+921 » 17	9,3	1,3	81		2,5	
			+931 » 19	8,6	1,1	81		2,6	
			+952 » 6	8,3	5	51	5	2,3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		12 mars	32+055 H. 13	6,3	1			3	Alla skotten, summa 40 kg, d. v. s. c:a 0,9 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Mindre sättningar i den återutfyllda banken å 32+050—32+080; omkring sekt. 32+089 uppstod ett obetydligt skred.
		1915	+064 » 18	8,6	0,9	81	10	3	
		v. y. 53,1	+075 » 18	8,8	1,4			3,1	
			+089 » 19	8,1	3,4			3	
31+876—32+089	c:a 3 800 mjälsand	30 april	31+821 H. 17	4,7	1,7	63	7	1,6	Alla skotten, summa 56 kg, d. v. s. c:a 0,7 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. C:a 0,6 m sättning uppstod utefter yttre krönet av banken.
		1915	+829 » 16	5	1,9	63	9	1,9	
			+837 » 16	4,9	2	63	9	1,9	
		v. y. 53,1	+845 » 16	4,9	1,6	63	7	1,6	
			+855 » 16	3,2	0,8	81	5	0,8	
			+863 » 14	3,3	1,8	85	10	1,6	
			+887 » 14	3,5	1,4	85	9	1,5	
31+876—32+089	c:a 8 500 mjälsand	3 maj	31+839 H. 15	3,7	1,3	94		1,1	Skotten å 31+839—31+857 tändes i en omgång och de övriga i en annan. Å 31+835—31+860 uppstod en mindre sättning i banketten och å 31+930—31+980 mindre skred i de nyutfyllda massorna. C:a 20 timmar efter sprängningen inträffade ett nytt skred å 32+000—32+025, varvid 300 kbm av den äldre fyllningen medföljde.
		1915	+847 » 14	3,5	1,7	102		0,9	
			+857 » 16	4,1	1,5	89	10	1	
			+946 » 4	3	1,9	76		1,8	
		v. y. 53,1	+960 » 5	3,5	1,8	76		1,7	
			+970 » 10	8,2	3,5	76		1,8	
			+989 » 9	11	8	51	6	7,8	
			+998 » 7	3,4	1,6	76	10	1,6	
			32+020 » 8	2.5	0,9	89	9	1,1	
		25 maj	31+843 H. 18	4,2	1,2			0,7	Alla skotten, summa 30 kg, d. v. s. c:a 1,6 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Mindre sättning i banketten å 31+840—31+860.
		1915	+849 » 18	3,4	0,9	102	10	0,6	
		v. y. 53,1	+856 » 16	3,5	1,2			0,6	
		9 juni	31+844 H. 15	5,4	2,8		10	1,9	Skotten å 31+844—31+854 tände samtidigt. Å 31+845—31+855 obetydlig sättning i banketten. Omkring sekt. 31+985 obetydlig sättning i banken.
		1915	+850 » 14	2,8	1,4	70	7	1,3	
		v. y. 53,0	+854 » 14	3,8	1,4		6	1,2	
			+987 » 7	5,8	3,5	57	10	2,1	
		15 juni	31+846 H. 15	5,1	1,5	81	10	1,3	Sprängning för trumma. Alla skotten, summa 27 kg, d. v. s. c:a 1,5 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Sprickor i banken jämte obetydlig sättning i banketten å 31+845—31+860.
		1915	+854 » 16	4	1,3	73	7	1,2	
		v. y. 52,9	+858 » 15	5	2,6	81	10	1,3	
31+946—32+020	c:a 9 700 mjälsand	22 juni	31+942 H. 11	5,1	2,7				Alla skotten, summa 50 kg, d. v. s. c:a 0,4 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. C:a 1,5 m sättning utefter bankens mot sjön vettande sida.
		1915	+967 » 12	5,1	2,1				
		v. y. 53,0	+985 » 10	5,6	4,4	81	10	1,7	
			32+021 » 6	3,6	2,5				
			+036 » 8	4,7	2,4				
31+942—32+035	c:a 8 200 mjälsand	10 aug.	31+886 H. 11	4,9	1,7			1,9	Alla skotten, summa 60 kg, d. v. s. c:a 0,7 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Banken utfylld till 2 m överbredd samt överbelastad 1,8 m över balansplanet. Mindre sättningar å 31+880—31+930. Mindre sättningar i banken och skred i yttre slänten å 31+930—31+960.
		1915	+900 » 13	6,5	1,7			1,8	
		v. y. 53,0	+916 » 13	6	1,4	76	10	1,8	
			+928 » 14	7,7	3			1,9	
			+944 » 15	6	1,5			1,8	
			+959 » 16	7,2	2,8			1,8	
		10 aug.	32+044 H. 18	6,2	2,7	76	10	1,8	Skotten tände samtidigt. Banken utfylld till 2 m överbredd och överbelastad till 1,8 m över balansplanet. Mindre sättning å 32+040—32+060.
		1915	+064 » 18	9,8	1,6	76	10	1,9	
		v. y. 53,0							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31 + 885 — 32 + 063	c:a 9 100 mjälsand	9 sept. 1915	31 + 889 H. 20	6,4	1,2	81	8	1,8	Alla skotten, summa 124 kg, d. v. s. 0,8 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Å 31 + 880—31 + 920 hade till 1 m över vattenytan utlagts en 3 m bred bankett av sten, och å 31 + 920—32 + 060 var banken utfylld till 1 m överbredd och 1 m överhöjd. Å 31 + 880—31 + 920 uppstod sprickor i banken men ingen sättning, å 31 + 920—31 + 960 uppkommo mindre skred och sättningar och å 31 + 960—32 + 070 utskred större delen av banken.
			+ 908 » 20	8	1,3	81	8	1,9	
			+ 920 » 20	10	2,6	76	10	2,4	
			+ 932 » 14	6,5	1,5	81	8	1,8	
			+ 946 » 17	7,6	3,7	76		2,6	
			+ 959 » 17	7,6	3,4	76		2,2	
		v. y. 53,0	+ 973 » 18	7,4	3	81		2,1	
			+ 981 » 18	6,8	2,7	81		2	
			+ 990 » 18	7	2,3	81	10	2	
			32 + 000 » 18	7,3	3,7	81		2	
			+ 016 » 17	6,6	2,4	76		2,3	
			+ 031 » 15	7,5	3,7	76		2,4	
			+ 041 » 18	7,4	2,4	81		2,2	
31 + 889 — 32 + 040	c:a 3 400 mjälsand	11—12 okt. 1915	31 + 977 H. 5	5,2	2,2			1,4	Sprängningen avsåg att sarga lerlagret. Ett skott åt gången bragtes till explosion. Mindre sättning å 31 + 977—32 + 045 och mindre skred å 32 + 045—32 + 055.
			+ 984 » 5	7,4	2,6			1,4	
			+ 990 » 5	7,5	2,7			1,5	
			32 + 001 » 5	7,3	4,3			1,4	
			+ 008 » 4	6,4	2,5			1,4	
			+ 014 » 5	6,8	2,7			1,4	
		v. y. 53,0	+ 021 » 2	5,3	3,7	51	3	1,4	
			+ 027 » 4	5,6	2			1,5	
			+ 033 » 7	9,2	3,4			1,4	
			+ 038 » 7	10,3	3,9			1,5	
			+ 043 » 7	10,3	4,9			1,4	
			+ 050 » 6	10,3	5,3			1,4	
			+ 055 » 7	6,6	1,8			1,5	
31 + 977 — 32 + 055	c:a 14 100 mjälsand (varav c:a 200 som överbelastning)	7 dec. 1915	31 + 936 M.	—	3	76	5	1,3	Alla skotten, summa 157 kg, d. v. s. 1,2 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Å 31 + 930—31 + 975 uppstod närmast strandkanten c:a 1,5 m sättning. Å 31 + 975—32 + 060 uppstod större skred. Dessa sträckte sig å 31 + 975—32 + 020 ända intill dubbelspårets mitt, och deras inre gräns sammanföll där ungefär med skredkanten efter sprängningen den 9 sept. 1915. Å 32 + 020—32 + 050 nådde skredet icke mindre än c:a 8 m innanför dubbelspårets mitt.
			+ 939 H. 16	10,2	7	51	10	5,8	
			+ 951 » 20	13	7,5	51	10	5,3	
			+ 960 » 19	8,1	4,1	51	8	3,9	
			+ 965 M.	—	3,4	76	4	1,2	
			+ 971 H. 18	9,8	5,8	51	10	6	
		v. y. 53,1	+ 982 » 16	13,3	9,9	51	10	6,3	
			+ 991 » 18	13	8,2	51	10	6,5	
			32 + 001 M.	—	3,9	76	5	1,3	
			+ 002 H. 16	12,7	8,7	51	10	6,1	
			+ 010 » 16	11,4	7,8	51	10	6,7	
			+ 019 » 17	12,2	7,6	51	10	6,4	
			+ 040 » 15	8,5	4,7	76	10	2,5	
			+ 041 V. 1	—	10,2	76	25	7,1	
			+ 050 H. 16	8,2	4,2	76	10	2,5	
			+ 060 » 15	7,1	2,3	76	10	2,4	
	c:a 11 000 (varav c:a 6 600 sten och därav som överbelastning c:a 4 200)	29 mars 1916	31 + 889 H. 15	6,2	2,6	76	11	2,7	Alla skotten, summa 238 kg, d. v. s. 1,1 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Banken utfylld med sprängsten till c:a 5 m överbredd och 1 m överhöjd å 31 + 890—32 + 090. Mindre sprickor och sättningar i bankfyllningen. Å 31 + 940—32 + 060 uppgingo förskjutningarna ut mot sjön och sättningarna vid den yttre krönkanten till respektive 0,5 à 1,2 m och 0,6 à 1 m och i dubbelspårsmitten till respektive 0,2 à 0,8 m och 0,2 à 0.5 m.
			+ 906 » 15	7,7	2,9	76	12	3	
			+ 921 » 2	—	9	63	17	6,5	
			+ 926 » 17	6,1	1,5	76	6	1,5	
			+ 940 » 3	—	7,6	63	16	4,6	
			+ 946 » 16	7,2	3,9	76	15	4	
			+ 967 » 18	6,9	3,4	76	13	3,5	
			+ 980 » 1	—	5,1	63	7	2,3	
			+ 987 » 18	9,5	3,7	76	15	3,8	
			32 + 001 V. 5	—	5,2	63	14	3,4	
		v. y. 53,0	+ 001 H. 25	12,7	3,9	51	8	3,8	
			+ 011 » 21	9,6	2,5	76	10	2,6	
			+ 030 V. 3	—	6,5	63	14	3,9	
			+ 034 H. 19	6,6	2,1	76	9	2,3	
			+ 040 » 35	15,1	8	51	10	—	
			+ 049 V. 5	—	4,3	63	6	1,8	
			+ 052 H. 18	7,5	2	76	8	2	
			+ 060 V. 5	—	7,7	63	8	5,3	
			+ 070 H. 31	13,3	2,3	51	5	2,4	
			+ 074 » 21	9,9	2,1	76	8	2,1	
			+ 092 » 21	9,9	3,6	76	14	3,7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	c:a 34 000 mjälsand	15 maj 1916	31 + 900 H. 17	6,6	2,1	76	9	2,1	Alla skotten, summa 177 kg, d. v. s. c:a 0,9 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Mindre sättning i bankfyllningen. Utmed yttre krönkanten uppgingo sättningarna till 0,5 à 1 m och i dubbelspårets mitt till ett par cm.
			+ 920 » 21	9,3	1,3	76	5	1,3	
			+ 940 » 18	5,5	2,1	76	8	2,1	
			+ 960 » 21	6,6	3,1	76	11	3,1	
			+ 975 » 20	6,8	2,2	76	8	2,2	
			+ 980 V. 0,5	—	3,4	70	4,5	1,2	
			+ 990 H. 20	8,9	2,2	76	7	2,2	
			32 + 001 V. 1	—	6	70	13,5	4	
		v. y. 53,1	+ 005 H. 24	10,1	2,5	76	10	2,5	
			+ 020 » 21	8,8	2,9	76	11	2,9	
			+ 029 V. 3	—	5,4	70	13	3,7	
			+ 035 H. 19	7	2,2	76	8	2,2	
			+ 049 » 18	8,6	3,8	76	14	3,8	
			+ 050 V. 2	—	7,5	70	19	5,8	
			+ 060 » 2	—	7,4	70	19	5,6	
			+ 060 H. 16	5,5	1,8	76	7	1,8	
			+ 073 » 18	6,1	2,7	76	10	2,7	

punkt som förut, voro sektionernas riktningar fixerade medelst i marken nedslagna pålar. Vidare spändes vid varje mätningstillfälle en på var 5 m uppmärkt wire från stranden ut till en på c:a 200 m avstånd från denna fast förankrad flotte. För att hindra wiren att nedsjunka i vattnet, förseddes den med flottörer (svagdrickskaggar) på varje 50 m och sträcktes med hjälp av ett enkelt spel å flotten. Lodlinan utgjordes av en smäcker wire, märkt med mässingsbrickor för varje meter. Som lod användes en tämligen tunn järnplatta (D. 8). Den platta formen valdes för att i möjligaste mån förhindra lodets nedsjunkande i den lösa sjöbottnen.

Trots dessa försiktighetsmått visade det sig, att olika mätningar, som borde ha givit samstämmande resultat, kunde angående bottnens läge skilja på ända till 1 m. Främst torde detta bero på svårigheten att rätt inorientera lodpunkten och blott i mindre mån på felobservation vid själva lodningen. Visserligen inträffade detta blott undantagsvis samt endast vid större vattendjup (20 m) och å längre avstånd från stranden (100 m), men det visar dock, att, då det gäller att genom lodning någorlunda noggrant konstatera profilförändringar, man måste nedlägga stor omsorg på lodningen samt utöva betryggande kontroll, då annars lätt felaktiga resultat erhållas.

Utfyllningsarbetet omkring km 31 + 200.

Den västligaste av de förutnämnda vikarna (Fig. 57) var ur geoteknisk synpunkt förmånligast. Marken, som bestod av lera av tämligen godartad beskaffenhet och med en medelmäktighet av c:a 2 m i spårets mitt, hade inom vikens västra del en mycket svag lutning ut mot sjön, medan den inom den östra delen stupade något brantare. Spårmitten kunde utefter hela den ifrågavarande sträckan förläggas innanför den naturliga strandkonturen; sländkanten mot sjön och en där som strandskydd tjänande låg bankett lågo däremot helt eller delvis utanför. Banken kom på så sätt att till sin större del vila å lera med torrskorpa av ej obetydlig bärkraft. Balanslinjen ligger inom vikens östra del 55,2 m ö. h., endast 1,6 m över sjöns högvattennivå[1], men höjer sig inom den västra delen till nära 58 m ö. h.

Banken utfylldes med sprängsten utan störningar av sättningar eller skred.

På grund av erfarenheter från övriga områden utmed Stora Sävelången hystes emellertid betänkligheter angående säkerheten i bankens läge. Densamma utsattes därför trenne gånger för sprängningar med dynamit med för varje gång allt större laddningar. Ehuru dynamitmängden vid sista tillfället uppgick till 263 kg, fördelad å en sträcka av 245 m, uppstodo blott mindre sättningar, högst 1 dm, och sprickor. Bankläget ansågs då fullt betryggande.

Utfyllningsarbetet omkring km 32 vid Iglakärr.

Svårare hinder hade byggnadsarbetet att övervinna inom närmast östligare liggande vik eller omkring km 32 vid Iglakärr (Fig. 57, Pl. 12). Denna vik är i dubbelspårsläget omkring 300 m bred. Å större delen av denna sträcka kom spårmitten att falla utanför strandlinjen.

[1] Stora Sävelångens högvattenyta ligger 53,6 m, medelvattenytan 52,9 m och lågvattenytan 52,3 m ö. h.

Genom ett framskjutande berg uppdelas viken i tvenne grunda bukter. Inom dessa hade stranden svag lutning och bestod ända in till högvattenlinjen av lös lera. Leran var i spårets mitt högst c:a 6 m mäktig samt uttunnades och steg brantare in mot berget. Över vattenytans nivå hade den torrskorpekaraktär.

Inom den ostliga bukten uppvisade lerlagret omkring berget i vikens mitt strax utanför strandlinjen en stark ansvällning (Pl. 17 Fig. A, Pl. 20 och Pl. 21). Då denna till stor del föll inom den blivande banksektionen, låg däri en av orsakerna till svårigheterna vid arbetet å denna sträcka.

Balansplanet ligger över hela sträckan 55,2 m ö. h. (1,6 m över sjöns högvattennivå).

Den första utfyllningen för dubbelspåret skedde under åren 1912—1913. Fyllningen utgjordes då huvudsakligen av sprängsten, vilken erhållits från skärningarna i de viken omgärdande berguddarna. Under utfyllningsarbetet inträffade (1912) flera skred och sättningar inom vikens ostligare parti samt intill berget i vikens mitt.

Sprängningarna den 9—15 juli 1914. 31+930 —32+110.

Under år 1914 hade banken utfyllts till nära full bredd, men man vågade ej fortsätta längre utan att dessförinnan verkställa sprängningar under fyllningen för att pröva stabiliteten. Den första sprängningen skedde den 9 juli 1914 (se tab. sid. 89 och Pl. 12). Sprängrören voro placerade c:a 2,5 m utanför banken eller så nära denna, som det på grund av stenfyllningen var möjligt att driva ned dem. Dynamitladdningarna nådde, med ett par undantag, ej upp ovan sjöbottenytan.

Anordnandet av förbigångsspår å fast grund visade sig vara en välbefogad åtgärd, ty vid den första salvan uppstod mellan sekt. 32+050 och 32+090 ett gapande hål i bankfyllningen, vilket på en längd av c:a 5 m nådde in under det gamla trafikspåret.

Vid den andra salvan inträffade ett skred, som mellan sekt. 31+940 och 31+980 nådde in till dubbelspårets mitt. Härvid blottades berget i skredkanten mellan sekt. 31+950 och 31+970.

Då mellan sekt. 32+030 och 32+050 endast smärre kantskred inträffade och mellan sekt. 31+980 och 32+030 blott den yttersta remsan av banken till en bredd av c:a 4,0 m gled ut, men då här sättningar och stora sprickor uppstodo långt in i bankfyllningen, utsattes hela sträckan den 15 juli för förnyad sprängning med resultat, att skredkanten inflyttades överallt mellan sekt. 31+980 och 32+030 till dubbelspårets mitt (se tabell sid. 89, Pl. 12 och Pl. 13).

Genom sprängningarna skedde följaktligen en mer eller mindre djup inflyttning av hela strandlinjen utom mellan sekt. 32+030 och 32+050, där den förblev ungefär oförändrad, och där genom sprängningen ett skarpt utskjutande hörn bildades. Vid första påseendet är detta resultat ganska överraskande. De geologiska förhållandena utanför denna kvarstående del av banken voro nämligen likartade med dem utanför de utskridna delarna, och mellan sekt. 32+040 och 32+080 stodo sprängrören till och med på hälften så stora avstånd från varandra som i övrigt.

Granskar man emellertid laddningarnas lägen i rören i förhållande till sjöbottenytan, finner man strax förklaringen. I sekt. 32+043 eller mitt framför den kvarstående pynten stod nämligen ett rör, i vilket dynamiten höjde sig ej mindre än 1,7 m ovan sjöbottnens nivå. Från det röret sprutade vid sprängningen upp den högsta och grannaste vattenkaskaden, och troligen härrörde från detsamma även de järnflisor, som yrde omkring över 100 m från platsen för sprängningen, och av vilka en skadade en person, som befann sig på ungefär detta avstånd från skottstället. På grund av laddningens höga och därför olämpliga läge i detta rör gick sålunda här den huvudsakliga sprängverkan förlorad för banken. En bekräftelse härpå ligger däri, att vid en följande sprängning (9 sept. 1915) med riktigt anbringad laddning just denna utskjutande udde helt skred ut.

Förändringarna i bankfyllningens läge och sjöbottnens höjdläge genom sprängningarna 9—15 juli 1914.

De efter sprängningarna den 9 och den 15 juli 1914 utförda undersökningarna ådagalade, att sjöbottnen närmast banken avsevärt sänkts. Förändringarna i sjöbottnen framgå av kartan Pl. 13.

Störst voro sänkningarna utanför de ställen, där skredkanten blev starkast inbuktad. Man kan urskilja fyra mera markerade sänkningsområden. Det mest betydande av dessa låg mellan sekt. 31+950 och 31+975 och med sitt centrum, där sänkningen uppgick till icke mindre än c:a 8,5 m, c:a 25 m utanför dubbelspårets mitt. Nämnvärd höjning visade sjöbottnen blott på ett ställe inom det upplodade området, nämligen utanför det djupa ärret omkring sekt. 32+070. Höjningen uppgick här, c:a 45 m från dubbelspårets mitt, till c:a 2 m.

Tyvärr kan man ej på grundval av de utförda lodningarna fota en uttömmande diskussion över sprängningens resultat. Därtill var det upplodade området för snävt tilltaget. Dessutom var mät-

ningsresultatet ej så tillförlitligt, då den ovan beskrivna noggrannare lodningsmetoden ännu ej kommit till användning. Med hjälp av de erhållna fakta finnas mycket små möjligheter att bedöma, hur långt de utskridna delarna av banken glidit ut och hur stor del av sjöbottnen, som deltagit i utglidningen. Det enda, man kan säga, är, att dessa processer mellan sekt. 31+930 och 32+030 försiggått i mycket stor skala och sträckt sina verkningar ett gott stycke på andra sidan den 60 m breda remsa utanför dubbelspårets mitt, som mätningen denna gång omfattade. Den strax utanför den förutvarande strandlinjen omkring sekt. 32+070 begynnande höjningen gör det sannolikt, att bankfyllningen där sjunkit tämligen rätt ned och utpressat underlagrande lera. Detta antagande

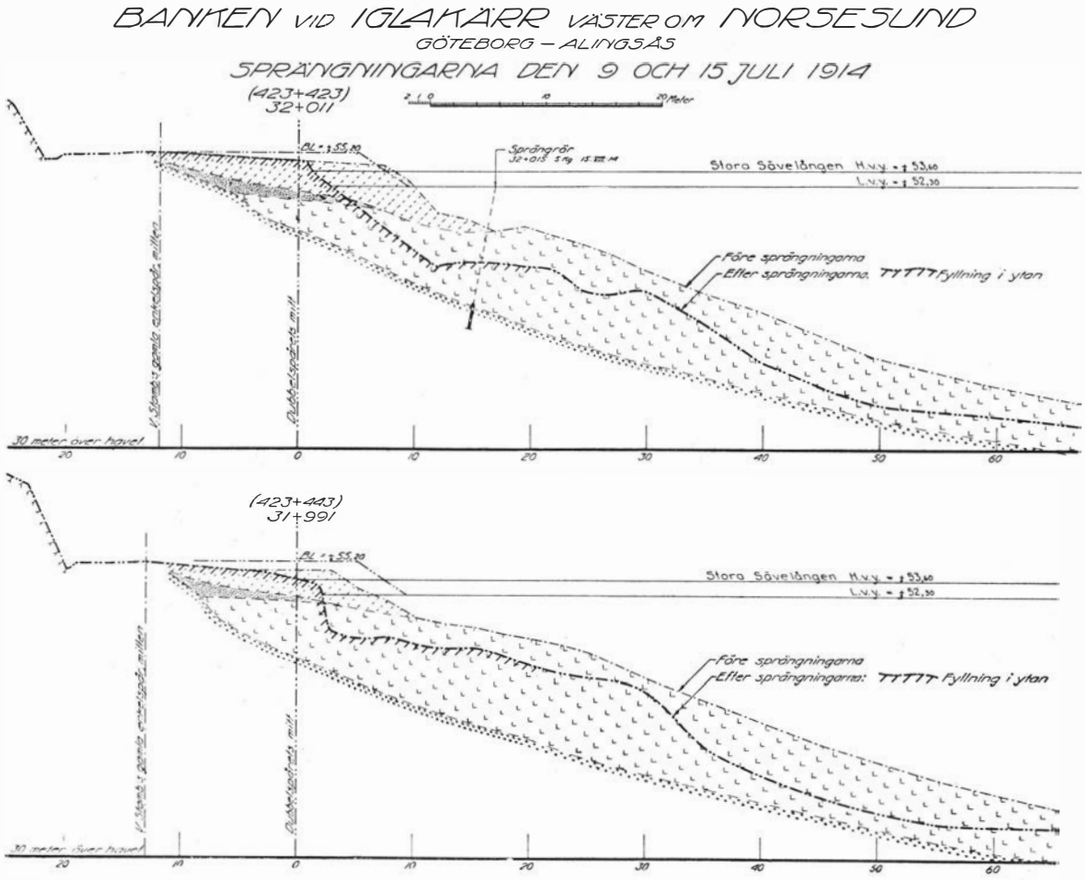


Fig. 58. Tvärsektioner över banken vid Iglakärr, visande sjöbottnens höjdförändring genom sprängningarna den 9 och 15 juli 1914.

har bekräftats genom senare vattenspolningsborrningar och därigenom, att den återutfyllda banken på denna plats vid efterföljande skjutningar icke nämnvärt rubbats.

Genom sprängningen försköts å hela sträckan gränslinjen mellan fyllning och lera i sjöbottenytan endast 5—10 m utåt, och detta förhållande jämte den omständigheten, att sjöbottnen därutanför avsevärt sänkts, antyder att fyllningen själv ej glidit nämnvärt längre ut (Fig. 58 och Pl. 20). Sänkningen av sjöbottnen torde till stor del hava berott på sekundära skred, framkallade genom de lermassor, som utpressades vid fyllningens nedsjunkning. Senare sprängningar och borrningar visade, att likväl lera av ända upp till ett par meters mäktighet kvarlegat under den utglidna fyllningen, utom omkring den ovannämnda sekt. 32+070.

Sprängningen den 4 november 1914. 31+790—31+930.

Nästa sprängning skedde den 4 november 1914 och gällde den återstående (västra) delen (sekt. 31+790 och 31+930) av banken inom viken. Som tidigare framhållits, voro utsikterna för ett lyckligt förlopp av sprängningen här större än inom vikens östra bukt, i det att här lerlagret

uttunnades in mot stranden. Dess medelmäktighet under banken i det blivande dubbelspårets mitt var c:a 2,5 m. Mäktigheten ökades sakta mot öster, så att den mellan sekt. 31+870 och 31+920 uppgick till c:a 4 m.

På grund av fel å en del av de elektriska tändhattarna tändes emellertid ej alla skotten samtidigt, utan sprängningen kom att ske med respektive 6, 2, 3, 2, 1, 1 och 1 rör åt gången. Såsom framgår av tabellen (sid. 89) började bankfyllningen efter skjutningarna sakta sjunka mellan sekt. 31+825 och 31+900 med en bredd av c:a 12 m och till ett djup av ungefär 1 m under vattenytan. Till ett avstånd av c:a 80 m utanför dubbelspårets mitt sänktes sjöbottnen c:a 1 m, och mellan 80 och 130 m utanför dubbelspårsmitten ägde en motsvarande höjning av densamma rum. Efter sprängningen utförda borrningar visade, att fyllningen i stort sett sjunkit rätt ned, och att sjunkningen högst uppgått till c:a 3 m. Av det ursprungligen till c:a 4 m mäktighet uppgående lerlagret måste sålunda under fyllningen hava återstått betydande rester.

Sprängningen den 12 mars 1915. 31+735 —31+915.

Detta antagande bekräftades vid påföljande sprängning, som företogs den 12 mars 1915. Banken hade då återfyllts medelst sprängsten och grus. Av tabellen över sprängningarna framgår, att — förutom smärre skred och sättningar intill bankslänten utefter större delen av sträckan — en till 1 m uppgående sättning, berörande hela den återutfyllda bankens bredd, inträffade mellan sekt. 31+830 och 31+895. Sänkningsområdet sammanföll sålunda ungefär med det, som uppkom vid skjutningen den 4 november.

Av de följande sprängningarna framgick, att fyllningen å denna sträcka nu tagit fast botten, enär vid dessa trots överbelastning blott mindre släntskred och sättningar vid fyllningens yttre kant inträffade (se tabellen sid. 90 och Pl. 12).

Den sista skjutningen i denna del av viken ägde rum den 9 september 1915 och ingick i den nedan beskrivna skjutningen för hela sträckan 31+890—32+040. Enär därvid endast smärre sprickor i fyllningen uppstodo i den här ifrågavarande delen av banken, ansågs denna stabil.

Karta över de förändringar, som ägde rum å sjöbottnens yta i denna västligare del av viken, har tillfölje mätningarnas mindre tillfredsställande noggrannhet icke kunnat upprättas. Undersökningarna visa dock otvetydigt, att området för de större sättningarna vid sprängningarna sammanfallit med området för lerans ursprungliga största mäktighet, och att fyllningsmassorna sjunkit nära rätt ned med endast obetydlig dragning utåt.

Sprängningarna den 12 mars och den 10 augusti 1915. 32+040 —32+090.

Under det att nu senast skildrade återutfyllningar och sprängningar ägt rum inom vikens västra del, hade inom dess östra del det gapande hålet, som uppstod den 9 juli 1914 omkring sekt. 32+070, igenfyllts med sprängsten. Tvenne gånger utsattes detta parti för skjutning, nämligen den 12 mars och den 10 augusti 1915. I båda fallen inträffade endast mindre sättningar och kantskred i den återutfyllda banken (se tabellen sid. 90 och Pl. 12). Före varje sprängning hade banken återutfyllts till ungefär full banksektion. Då sålunda inga större sättningar uppstodo, bekräftades det på grund av bottenkonfigurationen efter sprängningen den 9 juli 1914 gjorda antagandet, att leran så gott som fullständigt hade utpressats.

Sprängningen den 9 september 1915. 31+880—32+045.

Den övriga delen av banken, som vid skjutningarna den 9 och den 15 juli 1914 gled ut, återutfylldes medelst grus och mjälsand från statens järnvägars grusgrop vid Torp, norr om Alingsås. Den i bergskärningarna utmed sjön erhållna sprängstenen hade nämligen helt tagits i anspråk för bankens första utfyllande, och de sprängstenstillgångar, som på andra håll funnos, voro ej större, än att de knappt räckte till beklädnad av den blivande strandslänten. Banken utsattes den 3 maj, den 9 och den 22 juni, den 10 augusti och den 9 september 1915 för sprängningar (Pl. 12), sedan den för varje gång återställts till full sektion. Vid sprängningarna inträffade större skred och sättningar (se tabellen sid. 90—91).

Vid den sista av dessa skjutningar skedde i bankfyllningen mellan sekt. 31+970 och 32+070 ett stort skred, som, där det var djupast inskuret, sträckte sig ett par meter innanför dubbelspårets mitt.

Kommissionen hade begärt utförande av lodningar före och efter skjutningarna samt meddelat detaljerade föreskrifter för desamma. Sådana lodningar kommo emellertid ej till utförande, förrän efter sprängningen den 9 september 1915. Huru förändringarna av sjöbottnen genom utfyllningarna, skreden och sättningarna dessförinnan fortskridit, vet man således ej.

Förändringarna å sjöbottnen under tiden från och med den 16 juli 1914 till och med sprängningen den 9 september 1915.

På grundval av de lodningar, som företogos dels efter sprängningarna den 9—15 juli 1914, dels efter sprängningen den 9 september 1915 har uppgiorts en karta (Pl. 13), som visar det totala beloppet av sjöbottnens höjdförändring mellan nämnda tidpunkter. Denna karta ådagalägger, att på sjöbottnen från sekt. 31+930 till fram emot sekt 32+070 uppstått en ända till 6 m hög och över 40 m bred rygg, vilken vid den förstnämnda sektionen slöt sig tätt intill stranden och därifrån i en vid båge avlägsnade sig från denna, så att dess krön vid sekt. 32+000 befann sig på ett avstånd av c:a 50 m från dubbelspårets mitt (Pl. 20 och Pl. 21). Sjöbottnen hade inom detta höjningsområde åter bragts upp till närheten av eller på en del ställen till och med högre än den nivå, den intog före julisprängningarna 1914. Mellan stranden och höjdryggen hade sjöbottnen sänkts och låg nu djupare än efter sistnämnda sprängningar. Största sänkningen här uppgick till c:a 6 m.

Efter sprängningen den 9 september 1915 utfördes på förslag av geotekniska kommissionen sond- och vattenspolningsborrningar jämte provtagning från sjöbottnens yta för att söka utröna dels läget av de utglidna fyllningsmassorna, dels mäktigheten av under desamma närmast banken

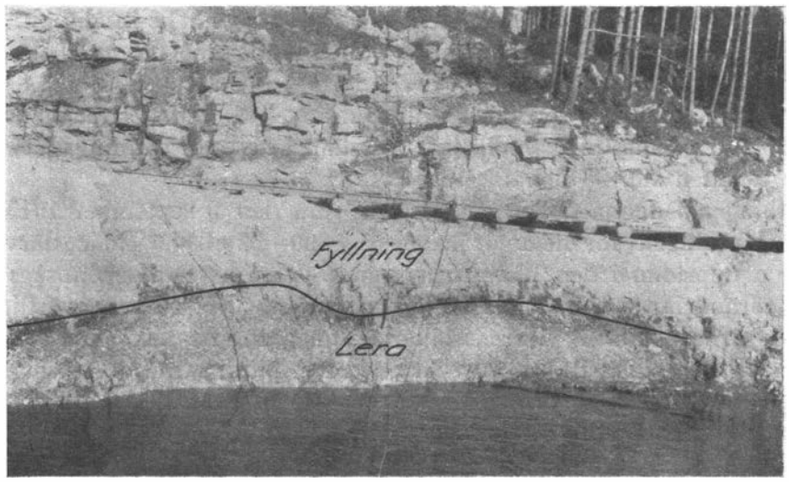


Fig. 59. Lera under fyllningen omkring sekt. 32+010, blottlagd vid sprängningen den 9 september 1915.

ännu kvarliggande lerlager. Resultatet av denna undersökning blev i flera hänseenden synnerligen överraskande.

Ända ut till ett avstånd av 80 à 150 m från dubbelspårets mitt anträffades mellan sekt. 31+980 och 32+070 fyllning i sjöbottenytan. Ju längre ut från strandlinjen man avlägsnade sig, desto finkornigare voro de fyllningsprov, som erhöllos. Någon svårighet att skilja sjöbottenlagren från fyllningen förefanns ej. Samtliga de i fyllningen ingående jordslagen voro glaciala bildningar från grusgropen vid Torp. Fyllningen utgjordes sålunda av vanligen rostfärgat grus och sand samt brunfärgad mjäla och lera ofta i klumpar, i vilka varvighet tydligt kunde iakttagas. Sjöbottenlagren åter bestodo överst av ett tunt (0,5—1 m tjockt), svart, gyttjigt lerslam, vilket underlagrades av en lös, blåsvart postglacial lera av växlande mäktighet, som nedtill småningom övergick i en likaledes lös, blågrå eller grå glacial lera, vilande direkt på morän eller skild från denna genom ett lager av glacial sand.

Redan att fyllningen anträffades på så stort avstånd från dubbelspårsmitten antydde, att lerlagret närmast banken ej undanpressats utan kvarlåg med rätt stor mäktighet.

De utförda borrningarna visade också, att detta var fallet.

I den uppborrade sektionen 31+980 (Pl. 20) i närheten av västra gränsen för det vid denna sprängning utglidna området fanns vid skredkanten och i dubbelspårsmitten ännu kvar ett 1 m mäktigt lerlager, som utåt sjön hastigt ökades i tjocklek. Mellan sekt. 31+990 och 32+010 (se sekt. 32+001, Pl. 20) var leran nästan fullständigt bortskalad inom en zon, som ungefär omfattade

den yttre hälften av platsen för den blivande bankkroppen. Härifrån tilltog leran i mäktighet såväl utåt sjön som inåt stranden. I den senare riktningen ökades mäktigheten raskare, och på ett par ställen höjde sig lerlagret i skredärret delvis över vattenytan, varest sålunda kontakten mot den överliggande fyllningen var blottad (Fig. 59). Lerlagret var där c:a 3 m tjockt, upptill av torrskorpekaraktär, segt och fast. Mellan sekt. 32+020 och 32+050 (se sekt. 32+040, Pl. 21) kvarlåg inom området för banken ett 1—2 m mäktigt lager av lera, som sträckte sig in till eller något innanför dubbelspårets mitt. Omkring sekt. 32+060 (Pl. 21) var leran genom skreden bortförd inom den utanför strandlinjen fallande delen av banksektionen. Här vilade alltså fyllningen direkt å morän eller å den glaciala sanden, som närmast överlagrade denna.

Som synes återstod alltså ännu inom området för banken ett tillräckligt lager av lera, för att utglidningar skulle kunna befaras ske å detsamma vid kommande utfyllning. Detta lerlager bildade närmast intill skredkanten sjöbottnens yta och täcktes där blott här och var av mindre skollor av fyllningen. Längre utåt sjön åter doldes leran fullständigt av de utskridna fyllningsmassorna.

Undersökningen visade sålunda ett synnerligen nedslående resultat av det utförda fyllningsarbetet. Vid sprängningarna den 3 maj, den 22 juni och den 9 september 1915 hade fyllningen vid skreden ej eller blott obetydligt förmått bortriva underliggande lera, utan glidit ut å densamma till ett avstånd av 80 à 150 m från banlinjen. Orsaken till detta förhållande kan ligga dels i beskaffenheten hos fyllningen och leran, dels i tillvägagångssättet vid sprängningarna.

En okulär granskning av det använda fyllnings-»gruset» visade en synnerligen stor halt av finkorniga beståndsdelar. Mekanisk analys å trenne prov, tagna å banken vid tre olika tillfällen och strax efter tippningen av vagnarna, visade nedanstående resultat.

Mekanisk analys av fyllning från gropen vid Torp, använd som bankfyllning vid Iglakärr (km 32), Norsesund.

Kornstorlek i mm	Jordslag	Prov I (38,9 g)	Prov II (47,5 g)	Prov III (17,9 g)
		Viktsdel i %	Viktsdel i %	Viktsdel i %
0,0—0,002	Lera	0,30	0,72	1,51
0,002—0,02	Mjäla	0,54	1,04	0,55
0,02—0,5	Finsand (mo)	*55,62*	*36,11*	*43,18*
0,5—1,0[1]	Fin sand	*31,48*	*19,00*	*25,31*
1,0—1,5[1]	Medelfin sand	8,88	15,22	13,07
1,5—2,5[1]	Grov sand	1,73	7,51	4,48
2,5—3,5[1]	Fint grus	0,62	3,77	4,16
> 3,5[1]	Grovt grus	0,82	16,66	7,81

[1] Uppdelningen erhållen medelst en sållsats för angivna kornstorlekar.

Som synes, utgöras proven till övervägande del av partiklar tillhörande storlekarna 0,02—0,5 mm och 0,5—1,0 mm. Icke mindre än 36—56 % falla inom den förstnämnda storleksklassen, finsand (mo). Detta jordslag utgör jämte mjäla huvudbeståndsdelen i våra mest flytningsbenägna jordarter. Välgrundad anledning fanns sålunda att antaga, att stora delar av fyllningen direkt flutit ut över sjöbottnen.

Den stora utbredningen av fyllningen torde vidare och kanske förnämligast berott på dennas förhållande till den underlagrande leran på så sätt, att fyllningen tillfölje finkornigheten och därav föranledd brist på sammanhållning icke förmått att i högre grad sarga leran. Vidare har sannolikt vid de skedda stora förskjutningarna de utskridande massorna — och kanske ett och annat sprängskott, som kommit att nedföras till större djup — åstadkommit så pass kraftig omknådning och bearbetning av ytlagren av den underliggande leran, att dessa kommit i flytning. Därvid ha de, tack vare fyllningens ringa sammanhållning, med lätthet kunnat transportera denna långt ut på sjöbottnen. Att fyllningen icke förmådde skala av lerlagret till något större djup, samman-

hängde helt säkert därmed, att den kvarvarande delen utgjordes av glaciallerans bottenvarv, vilka voro starkt finsandiga och i följd därav relativt svårare att bearbeta.

Slutligen berodde nog det relaterade förhållandet även på anordningen av själva sprängningen. Visserligen hade sprängrören med ungefär jämna mellanrum varit fördelade utanför den del av banken, som vid varje tillfälle utsattes för sprängning, och dynamitladdningarna hade, med blott ett par undantag, legat under sjöbottnens nivå. Men efter sprängningarna den 9—15 juli 1914 hade rören i allmänhet ej drivits ned genom den utskridna fyllningen och in i den underlagrande leran (Pl. 20 och Pl. 21). Detta förhållande hade helt visst haft menligt inflytande å verkan av sprängningen. Till följd av laddningarnas grunda lägen hade vid sprängningen endast det ytligare partiet av fyllningen utsatts för kraftigare stöt- och lyftverkan, och den del av stöten, som fortplantat sig genom undre delen av fyllningen ned till lerlagret, hade betydligt försvagats, innan den nådde leran. Skottverkan resulterade huvudsakligen i en deformation av fyllningens ytlager, vilka därvid, tack vare sin sammansättning, kommo i flytning.

På grund av vad som genom den utförda undersökningen sålunda framkommit, tillrådde geotekniska kommissionen, att lerlagret, innan vidare utfyllning efter sprängningen finge ske, skulle »sargas genom» tätt anbragta »mindre skott», samt att banken därefter skulle »utfyllas med möjligast god fyllning». »Sedan banken utfyllts till full höjd och bredd samt överbelastning å densamma anordnats, borde en förnyad sprängning med större skott företagas, varvid skotten borde placeras så nära bankens mitt och så djupt ned som möjligt.» Önskvärt hade enligt kommissionens mening varit, att utfyllningen kunnat ske med sprängsten, men på grund av den allt fortfarande ringa tillgången på sådan, ansåg kommissionen kostnadsskäl tala för att ännu ett försök gjordes med den bästa fyllning, som kunde erhållas från gropen vid Torp.

Sprängningen den 11—12 oktober 1915. 31+970—32+055.

Sedan sargning av lerlagret utförts medelst sprängning den 11—12 oktober 1915 (se tabellen sid. 91 och Pl. 12), bedrevs utfyllningsarbetet så, att man den 7 december 1915 var färdig att låta skjutning av banken äga rum enligt de av kommissionen lämnade anvisningarna. Under grustippningen hade den 20 oktober ett mindre släntskred inträffat mellan sekt. 32+020 och 32+060, varvid fyra vagnar följde med i sjön. Närmaste anledningen till skredet hade sannolikt varit, att spåret, från vilket grusningen skedde, baxats för nära intill strandkanten. Sedermera framdrogs icke spåret så nära kanten.

Sprängningen den 7 december 1915. 31+930—32+065.

För sprängningen den 7 december 1915 drevos sprängrören ned under vattenspolning, och som regel lyckades man på detta sätt bringa ned dem till fasta bottnen. Fyra rör hade nedspolats i dubbelspårsmitten eller strax innanför denna. Övriga rör stodo som vanligt utanför banken men så nära intill bankslänten som möjligt (Pl. 20 och Pl. 21).

Genom sprängningen uppstodo större sättningar och skred, vilka med sin inre gräns ungefär sammanföllo med skredkanten efter skjutningen den 9 september 1915. Omkring ett rör (32+041 V 0,5), i vilket laddningen uppgick till betydligt mera än i vart och ett av de övriga, nämligen 25 kg, öppnade sig ett gapande hål i bankfyllningen, vilket nådde 8 m innanför dubbelspårets mitt (se tab. sid. 91 och Pl. 12).

På grund av en rad ogynnsamma omständigheter blevo lodningar före sprängningen blott verkställda i några få punkter i sekt. 32+030. Efter sprängningen åter utfördes lodningarna enligt den för undersökningarna fastställda planen i samtliga tidigare lodade sektioner. Vid bedömandet av de förändringar, som drabbat sjöbottnen, måste man därför utgå från det läge, denna hade efter sprängningen den 9 sept. 1915, och jämföra detta med resultatet av lodningarna efter den senaste sprängningen.

Karta (Pl. 14) har upprättats över förändringen av sjöbottnen mellan nämnda tidpunkter och omfattar sålunda en period, under vilken dels verkställts utfyllning, varvid smärre skred inträffat, dels utförts den senaste skjutningen med av densamma framkallat större skred.

Så gott som hela området från stranden och ut till 80 à 150 m utanför denna hade höjt sig. Inom detsamma kunde flera olika höjningsområden urskiljas. Det största av dessa låg mellan sekt. 32+020 och 32+060 eller mitt framför nyssnämnda gapande hål i bankfyllningen och nådde, mycket skarpt avgränsat från de omgivande mindre upplyftade delarna av sjöbottnen, ut till ett avstånd av c:a 50 m från stranden. Den starkaste höjningen var här 6,5 m. Längre ut på sjö-

bottnen uppstodo mindre höjningsvalkar, mellan vilka i ett par fall svagt markerade sänkningsområden inkilade. Närmast bankslänten låg sjöbottnen överallt högre än förut, och höjningen ökades mot strandlinjen. Ett undantag utgjorde omgivningen omkring sekt. 32+040, där skredet åstadkommit en c:a 4 m djup, oval nedsänkning.

De konstaterade förändringarna av sjöbottenytan lämna en ganska god bild av det sätt, på vilket dessa skett. Granskar man läget av de större höjningsområdena, finner man nämligen, att dessa äro belägna över förutvarande svackor i sjöbottnen. Tillsammans med utsträckningen och kontinuiteten av höjningsområdet i övrigt antyder detta, att fyllningen fortsatt att flyta. Förekomsten av växelvis liggande höjnings- och sänkningszoner tyder på att sättningar och förskjutningar av sjöbottnen alltjämt ägt rum. Dessa torde huvudsakligen ha förorsakats av utfyllningen men till icke ringa del ägt rum i samband med sprängningen, och i varje fall har det utanför det markerade skredet omkring sekt. 32+040 liggande höjningsområdet därvid ansenligt förstorats.

De efter sprängningen företagna provtagningarna å sjöbottnen samt vattenspolnings- och sondborrningarna bestyrka ovan gjorda, på lodningsresultatet grundade slutsatser. Dels visa de nämligen, att fyllningstäcket å sjöbottenytan betydligt ökats i mäktighet (Pl. 20 och Pl. 21), dels lämna de följande upplysningar angående det sätt, på vilket detta skett.

Å den sträcka, 31+900—31+940, där strandlinjen förblev oberörd vid sprängningen, kan någon förändring av lagerföljden ej skönjas, såvida man bortser från en genom grustippningen direkt förorsakad mindre höjning av fyllningslagret närmast strandkanten. I den öster om denna belägna sträckan åter skedde stora omvälvningar. I samtliga sektioner, där lera efter sprängningen den 9 september 1915 kvarlåg till nämnvärd mäktighet inom den blivande banksektionen, bortskrapades lerlagret helt eller till större delen inom det område, där utglidning skedde. Omkring sekt. 32+040, varest förut av sprängningarna oberörda delar av marken nu utgledo, utpressades den under den därvarande gamla fyllningen liggande leran nätt och jämnt förbi ytterkanten av den nedsjunkna remsan av denna. Härigenom anhopades leran inom yttre delen av den blivande banksektionen och kom sålunda att intaga ett för det fortsatta fyllningsarbetet betydligt ogynnsammare läge, än om den kvarlegat på sin ursprungliga plats (Pl. 21).

Närmast utanför banken hade fyllningens mäktighet avsevärt ökats. Den på ett avstånd av c:a 50 m från dubbelspårsmitten och ungefär parallellt med denna löpande fyllningsvallen å sjöbottnen hade därvid ytterligare påbyggts, höjts och breddats särskilt i riktning in mot strandlinjen (Pl. 20 och Pl. 21). Huruvida härvid endast en utflytning av fyllningen ägt rum, eller dessutom skred uppstått i de tidigare utskridna fyllningsmassorna och den under dessa belägna leran, är ej möjligt att avgöra. Att betydande flytningar i fyllningen ägt rum, är däremot konstaterat.

Kommissionen styrktes härav ytterligare i sin åsikt angående nödvändigheten att använda ett bättre fyllningsmaterial. Som följd av den sargning av lerlagret, som föregått utfyllningen före sprängningen, hade man visserligen kunnat förutse, att större skred vid densamma borde inträffa, varför denna omständighet i sig ej innebar något direkt oroande. Men den även nu konstaterade utflytningen och utsvämningen av fyllningen jämte dennas oförmåga att tränga igenom det på sina ställen till endast ringa mäktighet kvarliggande lerlagret gjorde, att man började misströsta om möjligheten att medelst sådan fyllning ernå erforderlig stabilitet. Kommissionen föreslog därför, att utfyllningen skulle slutföras med sprängsten. Angående sättet för fyllningsarbetets bedrivande framhöll kommissionen, att man endera borde »utlägga stenen som en fristående bank utanför den nuvarande strandkanten med beräkning att, sedan denna bank bringats att sjunka till fast botten, kunna fullborda utfyllningen med grovt grus, eller också tippa stenen från nuvarande strandkanten, varvid förutsättes, att hela återstoden av dubbelspårsbanken å denna sträcka utfylles av sten». Sedan utfyllning till full sektion jämte överbelastning verkställts, skulle sprängning företagas.

Det senare alternativet att uttippa sprängstenen direkt från strandkanten följdes i fortsättningen.

Sprängningen den 29 mars 1916. 31+880—32+100.

Den 29 mars 1916 avslutades detta fyllningsarbete. Banken hade då utfyllts till 4 m överbredd och 1 m överhöjd utöver normalsektionen. Innan skjutning företogs, verkställdes lodningar och avvägningar i några av de vid de tidigare sprängningarna upplodade sektionerna. Härvid framgick, att utanför den nya strandlinjen uppkommit en höjning av sjöbottnen, begränsad till ett 10—20

m brett band utmed denna. Höjningen var starkast närmast strandkanten och uppgick där till högst 6 m. Fyllningen hade alltså stannat invid stranden (Pl. 15).

Sprängrören neddrevos även nu under vattenspolning och så långt ned mot fasta bottnen som möjligt. Liksom vid föregående sprängning voro en del rör även nu nedborrade innanför eller strax intill dubbelspårsmitten. Laddningarna i sjön nådde praktiskt taget ej över sjöbottnen, och i de rör, som nedborrats i land, nådde de högst till 1,8 m under markytan.

Genom sprängningen uppstodo i bankfyllningen endast sprickor och mindre sättningar (se tabellen sid. 91 och Fig. 60).

Sjöbottnen hade blott drabbats av mindre förändringar bestående i långsträckta, svagt markerade höjningsryggar och sänkningsdalar, vilka kunde spåras ut till ett avstånd av c:a 60 m från dubbelspårsmitten (Pl. 15).

På grund av att bankfyllningen denna gång utgjordes av sprängsten, var det omöjligt att medelst borrning avgöra, huruvida den under vissa delar av densamma vid uttippningen förefintliga leran genom sättningarna utpressats eller ännu kvarlåg.



Fig. 60. Banken vid Iglakärr omedelbart efter sprängningen den 29 mars 1916.

Genom resultatet av skjutningen, var det emellertid sannolikt, att banken nu intagit ett ganska stabilt läge. Möjligheten, att under delar av banken ännu förefanns lera, gjorde emellertid, att man beslöt att ytterligare överbelasta banken samt utsätta densamma för en förnyad skjutning.

Sprängningen den 15 maj 1916. 31+890—32+080.

Sedan banken överbelastats medelst c:a 15 kbm mjälsand pr lm bana, utlagd så nära den yttre krönkanten som möjligt, ägde skjutning rum den 15 maj 1916. Samtliga rör nedborrades under vattenspolning, och liksom vid närmast föregående skjutningar placerades även nu några rör innanför dubbelspårets mitt. Dessa lyckades man driva ned till närheten av fasta bottnen, medan övriga rör, som stodo så nära intill den mot sjön vettande bankslänten som möjligt, stannade 2 à 4 m djupt i sprängstensfyllningen (se tabellen sid. 92). Genom skjutningen uppkommo blott helt obetydliga sättningar i bankfyllningen och mycket små förändringar på sjöbottnen (Pl. 16, Pl. 20 och Pl. 21). Bankens stabilitet ansågs i anledning härav tryggad.

Sammanfattning.

För att få en föreställning om mäktigheten av den lera, som ännu kunde tänkas kvarligga inom banksektionen, uppgjordes på grundval av de före sprängningen den 29 mars 1916 utförda borrningarna en karta över lerans dåvarande mäktighet (Pl. 17, Fig. B). Då vid de två senaste sprängningarna ytterligare någon lera kan ha utpressats, är det sannolikt, att det inom banksektionen slutligen kvarliggande lerlagret i verkligheten är något tunnare, än vad kartan angiver. Å stora delar av sjöbottnen var dock leran redan före dessa sprängningar fullständigt bortskalad. Dessa avskalade partier voro belägna omkring sekt. 31+940, 32+010, 32+040 och 32+060 och hade sin största utsträckning vinkelrätt mot stranden. Mellan dem kvarlågo tunna partier av lera.

Av intresse är att jämföra lertäckets mäktighet, sådant det tedde sig före och efter bankens utfyllning (jämför Pl. 17, Fig. A och Fig. B). Man finner därvid, att detsamma på sina ställen inom banksektionen avtunnats med ända till 8 m. Där dess ursprungliga mäktighet var som störst, nämligen omkring sekt. 31+980 och 32+030, hade det kvarliggande lerlagret också sin största tjocklek av respektive 4 och 2 m. På bägge ställena förefinnas svackor i fasta bottnen, vilket helt naturligt gav den där befintliga leran ett visst skydd vid sprängningarna. Utanför banksektionens område hade leran ut till ett avstånd av 80 à 100 m från dubbelspåret avsevärt minskats i mäktighet.

Ehuru lerlagret inom bankens område på sina ställen sålunda ej helt bortförts, var det emellertid genom bankkroppens förhållande vid de två sista sprängningarna tydligt, att denna intagit ett stabilt läge. De glidningstendenser å leran, som ännu möjligen kunna förefinnas, motverkas helt visst av det stöd, den vid övergången till den plana sjöbottnen huvudsakligen av fyllning, bestående nybildade vallen erbjuder.

Utfyllningsarbetet i viken vid boställshuset.

Redan medan ännu utfyllningsarbetet pågick omkring km 32 vid Iglakärr, hade arbetet vid den närmast öster därom belägna viken, nämligen viken utanför boställshuset (Fig. 57, Pl. 12), tagit sin början. Men på grund av vissa trafiktekniska omständigheter kunde sprängningar här företagas och arbetet sålunda taga större fart, först sedan detsamma avslutats vid Iglakärr.

Viken är obetydligt inskuren i en svagt markerad sänka å dalsidan. Dubbelspåret är framdraget invid strandlinjen. Bergen, vilka begränsa sänkan, stupa tvärbranta mot sjön, och stora sprängningsarbeten ha måst utföras för att få fram banan.

I sänkan och å de angränsande delarna av sjöbottnen täckes berggrunden av morän, grus och sand samt lera. Markytan i sluttningen bakom boställshuset utgöres av något svallad morän. Lerlagret, som tilltog i mäktighet utåt sjön, nådde ungefär in till foten av denna sluttning (Pl. 24, Pl. 28 och Pl. 29). På två ställen var den glaciala sanden, som normalt bildar ett tunt lager mellan moränen och leran, starkt förtjockad. På dessa ställen nådde den ytan, såväl i land som närmast stranden och långt ut på sjöbottnen (Pl. 24). Så var fallet vid sänkans östra gräns omkring sekt. 32+400 (se sekt. 32+420, Pl. 29), där sandlagret i form av en 40 m bred rygg sköt ut från berget till ett avstånd av c:a 85 m från dubbelspårsmitten, varest det dök ned under lertäcket. Mellan sekt. 32+480 och 32+612 eller fram till ostligaste änden av det nu till behandling föreliggande området förefanns även sandlagret, i detta fall såsom en jämnsides med stranden och dalsidan liggande 50—70 m bred lins, som bildar sjöbotten till c:a 40 m utanför dubbelspårets mitt. Innanför strandlinjen och ovan grundvattenytan var lerlagret ganska fast och segt och överlagrades där av 1,0—1,5 m strandgrus och strandsand. Västra stambanans ett par meter höga enkelspårsbank av grus och sten var delvis utlagd å detta strandsandlager.

På sjöbottnen överlagrades leran av ett 1—2 m tjockt, svart, något gyttjigt slamlager. Leran var av mycket lös konsistens samt hade en blåsvart till gråblå färg. Som vanligt hade leran mot gränsen till moränen en ganska stor sandhalt. I dubbelspårets mitt hade leran (Pl. 24) en mäktighet, som mellan sekt. 32+270 och 32+380 uppgick till minst 2 m och högst 5 m. Mäktigheten ökades i riktning mot den sistnämnda sektionen och samtidigt ökades sandinlagringen, så att leran ytterligare 20 m österut omkring sekt. 32+400 helt hade ersatts av sand. Sträckan km 32+400 och 32+430 intogs av den förutnämnda sandryggen. Omkring den sistnämnda punkten började inlagringar av lera i sanden och vid sekt. 32+444 (Pl. 29) förelåg leran åter tämligen ren. I sekt. 32+480 var dess mäktighet under den blivande bankkroppens yttre del 5—6 m. Dubbelspårsmitten framgick här på gränsen mot fastmarken. Åt öster tunnades lerlagret ut närmast strandlinjen och omkring sekt. 32+518 utgjordes sjöbottnen, såsom tidigare nämnts, av sand.

Någon ansvällning av lerlagret såsom vid Iglakärr förekom icke här. De oregelbundenheter, som t. ex. förefunnos i sekt. 32+365 i form av förtjockningar av lertäcket, berodde på fördjupningar i moränlagret.

Utsikterna för ett gynnsamt förlopp av utfyllningsarbetet voro här sålunda betydligt ljusare än

vid Iglakärr. På grund av den där vunna erfarenheten angående Torpfyllningens olämplighet, och då gott grus i tillräcklig mängd ej stod att erhålla, kom så gott som uteslutande sprängsten till användning som fyllning. Stenen måste till viss del anskaffas genom sidotag i närheten av arbetsplatsen.

Sprängningen den 5 juni 1916. 32+280—32+610.

Banken utfylldes till ungefär full bredd, och å sträckorna 32+310—32+390 samt 32+435—32+505 anordnades mindre överbelastningar för att öka åverkan å underlagrande lera. Sprängning skedde den 5 juni 1916 (Fig. 61 och Fig. 62). Samtliga rör hade neddrivits under vattenspolning i leran så nära ned till fasta bottnen som möjligt och i sanden så djupt, som erfordrades, för att laddningen ej skulle nå över sjöbottnen. Genom sprängningen uppstodo skred, som mellan km 32+310 och 32+350 sträckte sig in till 1 m och mellan km 32+435—32+505 in till 6 m utanför

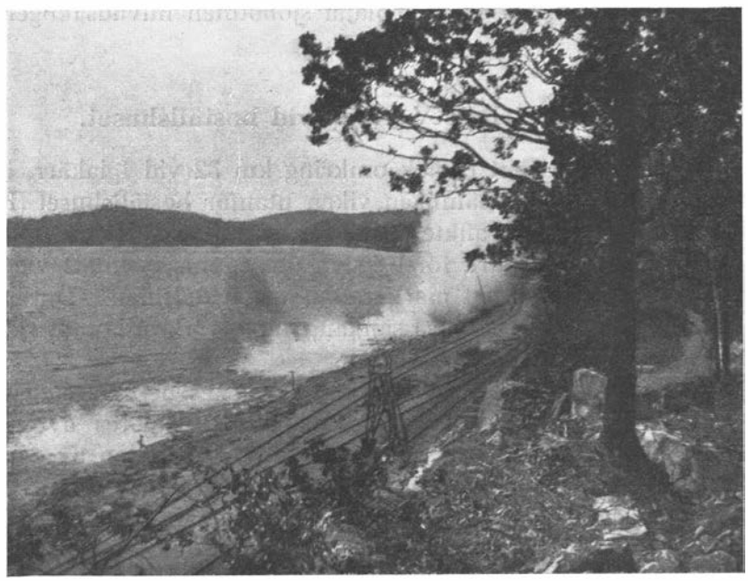


Fig. 61. Sprängningen vid boställshuset den 5 juni 1916.

dubbelspårets mitt (se tabellen sid. 104 och Pl. 12). Detta motsvarade i bägge fallen en inflyttning av stranden av c:a 10 m. I övrigt uppstodo blott mindre sättningar och sprickor, de senare ända in till 4 m innanför dubbelspårsmitten.

Skred inträffade alltså endast å de sträckor, där banken vilade på lera.

Såväl före som efter sprängningen företogos lodningar och avvägningar, och lägeförändringarna hos sjöbottnen hava sammanställts å en karta (Pl. 22). I likhet med vad som var fallet vid Iglakärr efter den först företagna sprängningen därstädes, uppstodo även här invid de sträckor, där de ovan angivna större skreden inträffade, djupa nedsänkningar av sjöbottnen närmast utanför strandlinjen. I båda de uppkomna sänkorna var största nedsänkningen c:a 6 m. Den västliga sänkan nådde c:a 80 m och den östliga c:a 50 m utanför dubbelspårsmitten. Utanför sänkorna och även mellan dem hade sjöbottnen höjts, dock högst 1,5 m.

De efter sprängningen utförda vattenspolningsborrningarna visade, att den utskridna bankfyllningen sjunkit nästan rätt ned och stannat intill den förutvarande strandlinjen (Pl. 28 och Pl. 29). De förändringar, som utanför denna genom sprängningen drabbat sjöbottnen, hade följaktligen åstadkommits genom att sjöbottenlagren försatts i rörelse.

Läget, formen och utsträckningen av de därvid uppkomna höjningsområdena särskilt det omkring sekt. 32+400, där sjöbottnen ursprungligen utgjordes av sand, synes antyda, att dessa uppstått genom anhopning av lera, som åtminstone i någon grad kommit i flytning. Sannolikt har förloppet varit följande.

Som följd av den belastning, som åstadkoms å sjöbottnen genom utpressningen av leran under

fyllningen, har sannolikt en skolla av sjöbottnen lösbrutits, pressats snett upp och i sin tur givit upphov till liknande rörelser längre ut. Dessa ha fortplantat sig till dess belastningsökningen ej längre förmådde framkalla ytterligare uppressning. Så snart lerskollorna kommit i rörelse, ha de utsatts för deformation. Genom fortsatt sönderbristning, knådning och ältning med vatten har sannolikt leran till stora delar råkat i flytning och vällt ut över sjöbottnen.

Sprängningen den 7 juli 1916. 32+435—32+520.

Utfyllningsarbetet koncentrerades därefter till en början på att igenfylla de hål i banken, som vid sprängningen den 5 juni uppstodo mellan km 32+300 och 32+390 och mellan km 32+430 och 32+520, och som till sin utsträckning så gott som helt sammanföllo med lerlagren i linjesträckningen. Igenfyllningen fullbordades först å den sistnämnda sträckan och för att pröva den nyutfyllda bankens stabilitet företogs här den 7 juli en sprängning (se tabellen sid. 104 och Pl. 12).

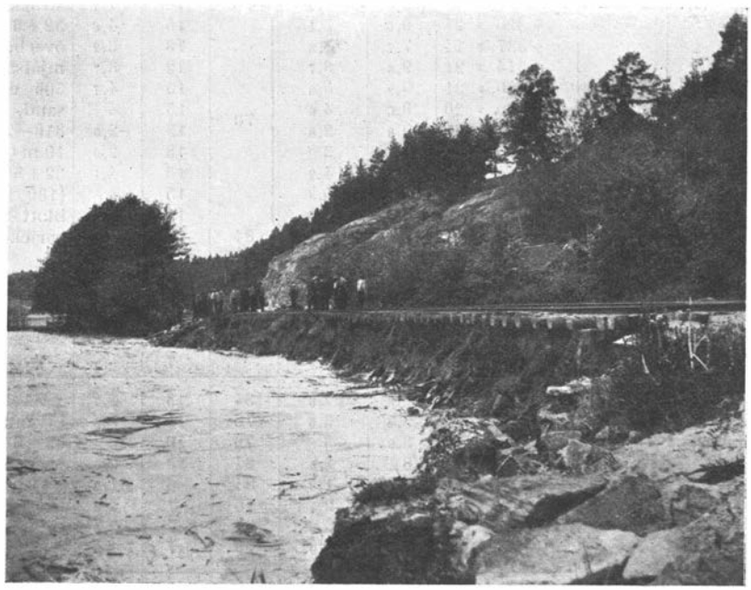


Fig. 62. Skredärret mellan 32+300 och 32+390 omedelbart efter sprängningen den 5 juni 1916.

Genom denna uppstodo endast högst obetydliga sättningar i fyllningen utmed bankens yttre krönkant och i slänten närmast omkring sprängrören. Man hade därför anledning antaga, att den lösa lera, som här under vissa delar av banken från början förefunnits, redan genom skredet vid sprängningen den 5 juni undanpressats i den grad, att banken erhållit säkert fäste mot fasta bottnen.

Sprängningen den 23 augusti 1916. 32+410—32+505.

Bekräftelse å detta antagande erhölls genom skjutning den 23 augusti, då, trots att en överbelastning av c:a 10 ton pr längdmeter upplagts utefter den yttre krönkanten, blott obetydliga sättningar inträffade i yttre bankslänten (Pl. 29).

Då förnyad skjutning redan den 19 juni verkställts å sträckan 32+515—32+625, utan att några nämnvärda sättningar därvid uppstått, måste följaktligen numera hela banksträckan 32+400—32+620 anses hava erhållit tillfredsställande stabilitet.

Skredet den 31 augusti 1916. 32+280—32+340.

Vid denna tidpunkt var igenfyllningen av skredärret mellan km 32+300 och 32+390 i det närmaste avslutad, och man gjorde sig beredd att omkring den 2 september utsätta de nyutfyllda massorna för inverkan från en sprängning. Denna plan gick emellertid delvis om intet genom ett tidigt på morgonen den 31 augusti inträffat skred, som i strandlinjen sträckte sig mellan sekt. 32+280—32+340, och som nådde djupast in i banken omkring sekt. 32+320, där blott en 1 m bred remsa kvarstod mellan skredkanten och dubbelspårets mitt. Tack vare den omständigheten, att lodningar för att fixera bottenläget för den planerade sprängningen kommit till utförande redan dagen före skredet, var det möjligt att noggrant fastställa den genom detsamma orsakade förändringen av sjöbottnen (Pl. 23).

Sprängningar vid boställshuset, Norsesund, enligt arbetsledningens rapporter.

Mängd fyllning (lös massa), påfylld efter föregående sprängning		Datum för sprängningen och vattenstånd	Sprängrörens läge i förhållande till dubbelspårets mitt V = vänster H = höger	Nedre rörändens djup under vattenytan m	Nedre rörändens djup under markytan resp. sjöbottnen m	Inre rördiameter mm	Dynamitladdning kg	Laddningens längd i rören m	Sprängningens förlopp och verkan
sträcka	kbm								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32+280—32+410	c:a 10 900 (varav c:a 9 800 sten)	5 juni 1916	32+286 H. 16	3	1,3	76	7	1,3	Alla skotten, summa 251 kg, d. v. s. c:a 0,7 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Å 32+310—32+390 var banken överbelastad med c:a 7 kbm/lm mjälsand och å 32+435—32+505 med c:a 11 kbm/lm mjälsand. Banken utskred å 32+310—32+350 till en bredd av 10 m (250 kvm) och å 32+435—32+505 till en bredd av 9 m (130 kvm). I övrigt uppstodo blott mindre sättningar och sprickor.
			+296 » 15	3,6	1,6	70	8	1,6	
			+316 » 16	2,6	1,2	76	10	1,4	
			+320 » 21	9,5	5,1		15	4,6	
			+337 » 14	7,7	3,3		13	3,2	
			+344 » 21	9,6	3,7		12	3,7	
			+360 » 21	9,9	5,6		15	4,7	
			+380 » 20	9,6	4,6	70	15	4	
			+401 » 21	9,3	2,9		13	2,9	
		v. y. 53,0	+420 » 19	9,4	3		13	2,9	
			+444 » 17	7,2	4,2		15	4,1	
			+466 » 17	9,6	5,8		15	4	
			+480 » 18	8,8	6,7		15	4	
			+500 » 19	7,9	5,4	84	15	3	
			+518 » 20	7,8	4,7	82	15	3	
			+530 » 18	9,5	2,7		10		
			+550 » 18	8,9	3,9		15		
			+575 » 17	7	3		12		
			+592 » 14	5,5	2,8		11		
			+608 » 15	7,2	1,7		7		
32+419—32+508	1 000 (mjälsand som överbelastning)	19 juni 1916	32+519 H. 17	6,6	2,6	84	13	2,7	Skotten bragtes till explosion i tvenne omgångar. Å 32+510—32+630 överbelastning utlagd över det yttre spåret med c:a 1 410 ton över blivande ballast. Blott mindre sättningar uppstodo utefter bankens yttre del.
			+513 » 19	9,6	3,5	76	11	3,5	
			+545 » 19	8,9	3	76	10	3	
		v. y. 53,1	+560 » 19	8	2,5	84	13	2,5	
			+575 » 21	6,2	1,2	84	6	1,2	
			+590 » 23	8,4	2,4	70	7	2,3	
			+605 » 20	7,8	2,3	70	7	2,3	
			+620 » 22	8,3	1,9	76	7	1,9	
		7 juli 1916	32+440 H. 18	6,9	1,4	70	6	1,4	Alla skotten, summa 54 kg, d. v. s. 0,6 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Obetydliga sättningar utefter bankens yttre del.
			+455 » 16	9,5	4,3	70	14	4,3	
		v. y. 53,0	+470 » 16	7,2	2,2	76	10	2,2	
			+485 » 15	7,7	2,8	76	7	2,7	
			+500 » 17	6,9	2,5	70	9	2,5	
			+515 » 18	4,6	1,4	81	8	1,4	
		23 aug. 1916	32+415 H. 17	7,3	3,4		14	3,4	Alla skotten, summa 76,5 kg, d. v. s. c:a 0,8 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Överbelastning utefter bankens yttre krönkant c:a 10 ton pr lm ovan blivande ballast. Obetydliga sättningar utefter bankens yttre del.
			+425 » 17	7,1	3		13	3,1	
			+440 » 15	6,5	2,4		8	2,4	
		v. y. 53,1	+455 » 14	6,6	3	70	11,5	3	
			+470 » 15	6,6	2,9		10	2,8	
			+485 » 19	9,2	3		10	3	
			+500 » 16	7,2	2,8		10	2,9	
32+285—32+410	c:a 2 100 (varav c:a 1 800 sten och som överbelastning c:a 300 mjälsand)	2 sept. 1916	32+340 H. 17	9,4	2,2		9	2,2	Alla skotten, summa 44 kg, d. v. s. c:a 0,6 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Överbelastning utefter yttre krönkanten. Intill 0,5 m sättning utefter bankens yttre krön.
			+355 » 14	7,3	1,7		7	1,7	
		v. y. 53,1	+370 » 15	6,9	1,9	70	7	1,9	
			+385 » 14	7	2,2		9	2,2	
			+400 » 20	9,2	3,1		12	3	
32+340—32+400	c:a 900 sten	4 okt. 1916	32+300 H. 18	7,3	5,5	51	7	5,5	Alla skotten, summa 42 kg, d. v. s. c:a 0,6 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Överbelastning c:a 10 ton pr lm över bankens yttre del. Kort efter skottlossningen sjönk banken till en bredd av 5 m å 32+290—32+320. I övrigt uppkommo blott sprickor och mindre sättningar i banken.
			+310 » 16	7,6	5,2	51	7	5,2	
		v. y. 53,0	+320 » 22	9,3	4	51	5	4	
			+332 » 18	9,9	2,7	63	7	2,9	
			+344 » 15	8,8	2,7	63	6	2,7	
			+361 » 18	6,1	2,7	76	10	2,7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32+290—32+320	c:a 300 mjälsand	12 okt. 1916 v. y. 53,1	32+340 H. 16	8,4	2,2	51	5,5	2,2	Alla skotten, summa 35,5 kg, d. v. s. c a 0,7 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Överbelastning c:a 15 ton pr lm över bankens yttre del. Blott mindre sprickor och sättningar i bankfyllningen.
			+350 » 14	9	3,2	51	6	3,3	
			+360 » 16	7,3	2	70	7	2	
			+370 » 19	8,2	1,9	70	9	1,9	
			+380 » 15	7,2	1,7	70	8	1,7	
		1 nov. 1916 v. y. 53,2	32+290 H. 16	5,3	3,8	115	26	3,7	Alla skotten, summa 52 kg, d. v. s. c:a 1 kg/lm skjutningssträcka, tände samtidigt. Banken överbelastad med c:a 12 ton pr lm. Endast mindre sprickor i bankfyllningen.
			+300 » 21	7,9	6,8		9	6,8	
			+310 » 15	5,3	2,1	51	4,5	2,2	
			+320 » 15	7,8	3,6		7	3,5	
			+330 » 17	8,7	2,6		5,5	2,6	

Det visade sig, att närmast intill och innanför den förutvarande strandlinjen uppkommit en djup sänka, som sträckte sig mellan sekt. 32+285 och 32+355, och som ägde sitt största djup, 6,5 m, ungefär i sekt. 32+320. Utanför denna sänka hade uppstått ett par breda, svagt välvda upphöjningar, skilda av en flack insänkning.

Sjöbottnens yta utgjordes överallt i skredet av lera eller löst, svagt gyttjigt lerslam, utom närmast stranden, där den bestod av sprängsten och annan bankfyllning. Efter skredet utförda borrningar visade, att bankfyllningen glidit längst ut i sekt. 32+320 och 32+344, där den påträffades ända ut till ett avstånd av 28 m från dubbelspårets mitt (Pl. 28). I den sistnämnda sektionen kunde genom borrningarna ej konstateras någon lera under den utglidna fyllningen, vilket däremot var fallet inom den förstnämnda, varest i borrhål på avstånd av 7,0 och 21,5 m från dubbelspårets mitt anträffades ett kvarliggande lerlager av resp. 0,4 och 1,0 m mäktighet. På den senare punkten var lerans undre del starkt sandhaltig.

Av de relativt få borrningar, som hunno verkställas, innan fyllningsarbetet åter måste upptagas, framgick emellertid, att det under fyllningen kvarvarande lerlagret hade sin största mäktighet, c:a 1,0 m, omkring sekt. 32+320, samt att leran var av ganska lös beskaffenhet.

Man hade för att göra den tillämnade sprängningen så effektiv som möjligt utlagt en överbelastning av c:a 10 ton pr m utefter den yttre krönkanten av banken. Tydligen hade denna överbelastning varit för stor för lerans bärighet. Storleken av insänkningen av sjöbottnen närmast stranden i förhållande till höjningarna längre ut tydde på att leran till betydlig mäktighet utpressats vid fyllningens nedsjunkning.

Sprängningen den 2 september 1916. 32+335—32+405.

Genom skredet hade följaktligen å sträckan 32+280—32+340 ungefär den effekt uppnåtts, som avsetts med den tillämnade sprängningen. Sprängning kom därför denna gång blott till utförande utanför den kvarstående delen av banken och ägde rum den 2 sept. 1916 (se tabellen sid. 104 och Pl. 12). Genom sprängningen uppkommo dels mindre sprickor här och var inom bankens yttre del, dels sättningar, uppgående till högst 0,5 m, omkring yttre krönkanten mellan sekt. 32+360 och 32+370. Å sjöbottnen uppkommo endast obetydliga förändringar.

På grund av den ringa åverkan, som sprängningen — trots den till 10 ton pr längdmeter uppgående överbelastningen — förmådde utöva å banken, måste dennas stabilitet anses tillfredsställande. Samtidigt med att sprängningar verkställdes vid återutfyllningarna efter skredet, företogos emellertid för säkerhets skull sprängningar jämväl i den närmast skredplatsen liggande delen av banken (32+340—32+380), under vilken lera möjligen kunde förefinnas till större mäktighet.

Sprängningen den 4 oktober 1916. 32+295—32+365.

Den första av dessa sprängningar skedde den 4 okt. 1916, sedan banken återutfyllts till ungefär samma bredd som före skredet den 31 aug. 1916 och en överbelastning av c:a 10 ton per längdmeter upplagts utmed den yttre krönkanten. Banken utskred mellan km 32+290 och 32+340, så långt in som överbelastningen nådde, medan i övrigt blott mindre sprickor och sättningar uppstodo.

Omedelbart utanför den del av banken, som gled ut, sänktes sjöbottnen högst c:a 1,5 m ut till ett avstånd av c:a 20 m från dubbelspårets mitt. Sänkningsområdet begränsades utåt av en skarpt markerad, långsträckt höjningsvalk. I övrigt skedde blott mindre förändringar i sjöbottnens yta. (Pl. 23).

Emedan borrningar genom den utglidna sprängstensfyllningen ej kunde företagas, är det svårt att avgöra orsaken till de av sprängningen framkallade förändringarna i sjöbottnens yta. Mellan sekt. 32+285 och 32+344 ligger emellertid den nyss nämnda, långsträckta höjningsvalken omedelbart utanför gränsen mellan fyllning och lera och utgöres helt av detta senare jordslag. Den torde därför ha uppstått, genom att under fyllningen befintlig lera utpressats under sättningarna vid sprängningen. I fortsättningen framemot sekt 32+400 består den av fyllning, vilket ock är förhållandet med den omkring sekt. 32+320, c:a 13 m från dubbelspårets mitt, belägna förhöjningen. Å dessa ställen torde höjningen ha uppstått på sådant sätt, att en eller flera ytskollor inom fyllningen lossnat genom skakningen vid sprängningen och glidit ut ett stycke. Härför talar, vad den förstnämnda platsen beträffar, den omständigheten, att någon rörelse å sjöbottnen ej kunnat konstateras utanför höjningsvalken.

Sprängningen den 12 oktober 1916. 32+335—32+385.

Sedan å banken mellan km 32+340 och 32+380 överbelastningen ökats till 15 ton pr längdmeter, underkastades denna del av sträckan en förnyad skjutning den 12 oktober. Härvid uppstodo blott mindre sättningar och sprickor.

Sprängningen den 1 november 1916. 32+285—32+335.

Sedan banken vid den mellan sekt. 32+290 och 32+340 belägna skredplatsen återutfyllts och överbelastats med 12 ton pr längdmeter, utsattes densamma för skjutning den 1 november. Härvid uppkommo blott mindre sprickor i överbelastningen, medan banken själv blev orubbad (Pl. 28).

De efter de båda sistnämnda sprängningarna å sjöbottnen uppmätta förändringarna voro små och falla samtliga inom mätningsfelets ram. Då sprängningarna sålunda ej förmådde framkalla nämnvärd förändring i bankens läge å dessa sträckor, ansågs detta tillfredsställande.

Sprängningen den 1 november 1916 var den sista i den långa rad av dylika, som alltsedan 1914 verkställts i bankarna utmed Stora Sävelången invid Norsesund. Den betecknar alltså det lyckliga avslutandet av det sega och ihärdiga byggnadsarbete, som under de fyra gångna åren (arbetet påbörjades 1912) med växlande framgång pågått å denna relativt korta sträcka.

Sammanfattning.

Liksom för banken vid Iglakärr hava för banken vid boställshuset upprättats kartor visande lerlagrets mäktighet vid arbetets påbörjande och vid dess avslutande. (Pl. 24 och Pl. 25). Såsom tidigare framhållits var det icke å hela den över 300 m långa sträckan i denna vik, som lera förekom inom den teoretiska banksektionen. De sträckor, där lera förekom, voro belägna mellan sekt. 32+270 och 32+400 samt mellan sekt 32+430 och 32+500. Å övriga delar hade leran utkilat redan vid den yttre bankfoten. Liksom beträffande Iglakärr är det sannolikt, att kartan över lerlagrets mäktighet efter utfyllningsarbetets fullbordande även för denna vik framställer mäktigheten större, än den i verkligheten är. Orsaken härtill ligger däri, att det efter de senaste sprängningarna icke var möjligt att utföra borrningar genom den utglidna sprängstensfyllningen, varför till grund för kartan måst läggas de observationer, som kunde göras före sprängningen den 2 september 1916. Såväl vid denna sprängning som vid sprängningarna den 4 och den 12 oktober hade emellertid mellan sekt 32+300 och 32+380 uppstått sättningar i banken, vilka vid den yttre krönkanten uppgingo till sammanlagt c:a 1 m. Vid sprängningen den 4 oktober utskred banken dessutom till en bredd av 5 m mellan sekt. 32+290 och 32+340. Det är på grund därav tydligt, att lerlagrets mäktighet sedan den 2 september minskats, samt att bankens läge följaktligen är fördelaktigare, än vad som av kartan kan utläsas. Av denna karta (Pl. 25) framgår emellertid, att leran inom den yttre bankdelen mellan km 32+430 och 32+480 blivit så gott som fullständigt bortskalad, samt att det mellan km 32+300 och 32+400 omkring strandlinjen kan kvarligga ett högst c:a 1 m mäktigt lerlager, som dock omkring sekt. 32+365 under bankens yttersta del ökas i mäktighet. Detta innebär, att inom de båda områdena lera till en mäktighet av ungefär 6 m bortskrapats, vilket haft till följd, att lerlagret på den förstnämnda platsen fullständigt genombrutits, och att å den sistnämnda endast sannolikt mycket obetydliga rester återstå.

Även utanför bankkroppens område hade lerans mäktighet inom de båda lervikarna minskats genom utfyllningsarbetet, fastän blott i mindre grad. Såväl mellan sekt. 32+444 och 32+480 som omkring sekt. 32+320 hade lerlagret sålunda ut till ett avstånd av c:a 30—35 m från dubbelspårets mitt avskalats med c:a 3 m. Längre ut på sluttningen ned mot den plana sjöbottnen och ungefär till gränsen mot denna hade en obetydlig ökning (högst c:a 0,5 m) av lerlagrets tjocklek ägt rum.

Bankens stabilitet betingas sålunda därav, att fyllningen undanpressat leran och bitit sig fast i underliggande sand- och gruslager.

Jämförelse mellan resultatet av utfyllningsarbetet vid de olika vikarna.

Vid en granskning av den *totala förändringen av sjöbottenytan*, som genom de verkställda utfyllningarna och skjutningarna uppstått i de här behandlade trenne vikarna framgår följande.

I den västligaste viken har ingen nämnvärd förändring skett.

Vid Iglakärr (Pl. 19) har sjöbottnen mellan den ursprungliga strandlinjen och den, som genom fyllningsarbetet uppstått 4 à 12 m utanför denna, höjts med ända upp till 6 m. Utanför och utmed nuvarande strandlinjen har å sträckan 31+950—32+020 å ett c:a 10 m brett bälte en sänkning av högst 2 m skett. Än längre ut å strandsluttningen och fortsättande ett stycke ut å den förut plana sjöbottnen till ett avstånd av c:a 110 m från dubbelspårsmitten har höjning ägt rum till ett ansenligt belopp. Även utanför detta område ha rörelser skett å sjöbottnen (fyllning är sålunda påträffad ända ut till 200 m), men de förändringar i vertikal led, som därigenom förorsakats, äro mycket små. Störst har höjdförändringen varit omkring sekt. 32+001 och 32+040 c:a 40 à 60 m från dubbelspårsmitten och uppgår där till respektive 5 och 7 m.

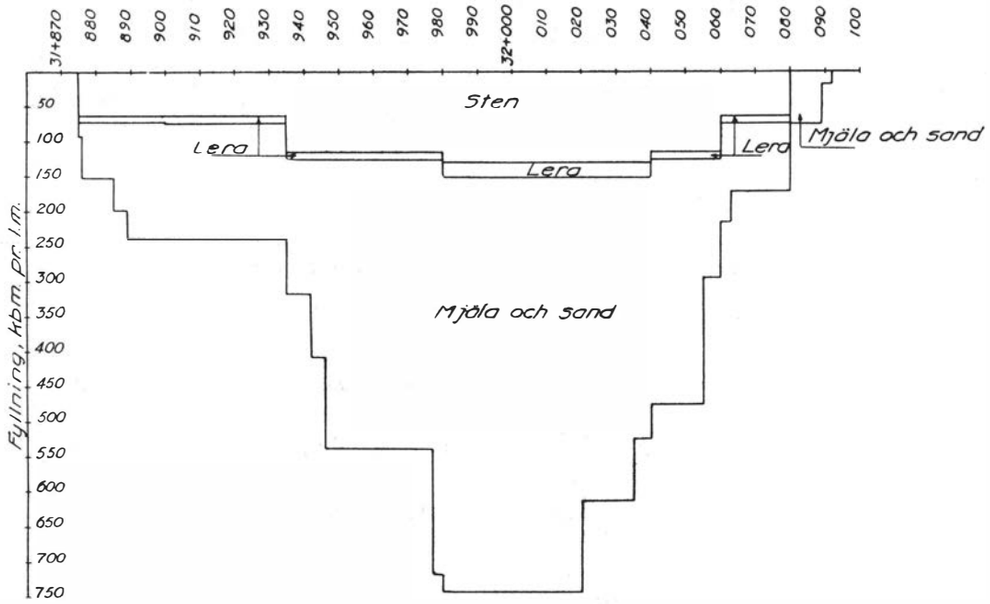


Fig. 63. Grafisk framställning av fyllningsmängden i dubbelspårsbanken vid Iglakärr.

Den höjdförändring, som sjöbottnen utanför boställshuset undergått (Pl. 27), har helt annan karaktär. Här förblev strandlinjen i ungefär samma läge som förut eller ock skedde en större eller mindre inflyttning. Detta senare var fallet å de ställen, där sjöbottnen intill banken utgjordes av lera, d. v. s. mellan sekt. 32+270 och 32+400 samt mellan sekt. 32+430 och 32+500. Å dessa ställen sänktes sjöbottnen högst 4 m. I förra fallet sträckte sig sänkningen 50—60 m ut från dubbelspårsmitten och avtog sakta i bredd mot sekt. 32+400, i senare fallet nådde sänkningen ungefär lika långt ut men företedde en tämligen oregelbunden form, i det att den omkring sekt. 32+444, 32+480 och 32+518 lobformigt bredde ut sig å sjöbottnen. Å sträckan utmed strandlinjen i övrigt inskränkte sig höjdförändringen i stort sett till mindre sänkningar inom ett 10 m brett bälte utmed själva strandkanten.

Utanför sänkningsområdena vidtog överallt höjning. Sitt största belopp, c:a 1 m, och vidsträcktaste omfång hade denna utanför de bägge stora sänkningsområdena och kunde där följas 120 à 130 m ut från dubbelspåret.

Granskar man *läget och mäktigheten av bankfyllningen* i de tre vikarna, finner man följande.

Vid den västligaste viken förblev fyllningen kvarliggande å den plats, där den uttippats, alltså till största delen innanför strandlinjen. Orsaken härtill torde i främsta rummet böra tillskrivas den här befintliga torrskorpans bärförmåga.

Vid Iglakärr sträcker sig fyllningen (Pl. 18) inom ett område, som når ända ut till 120 à 130 m från dubbelspåret (undantagsvis ända ut till 200 m) och 70 à 80 m utanför det teoretiska släntplanets skärningslinje med fasta bottnen. Fyllningen har sin största mäktighet, 10 à 14 m, invid den nyblivna strandlinjen. Utåt avtager mäktigheten som regel tämligen hastigt, så att den redan vid ett avstånd av 40 m minskats till c:a 3 m. Omkring sekt. 32+001, 32+040 och 32+060 är den dock på detta avstånd ännu respektive 9, 8 och 6 m.

Vid boställshuset åter (Pl. 26) sammanfaller fyllningens yttre gräns tämligen noga med det teoretiska släntplanets skärningslinje med fasta bottnen och når följaktligen blott c:a 20 à 25 m ut från dubbelspårsmitten. Dess mäktighet uppgår till högst 6 m, undantagsvis 7 à 8 m.

De å fig. 63 och 64 återgivna grafiska framställningarna över *mängden och slaget av fyllning* vid Iglakärr och vid boställshuset, visa att dessa platser även i detta avseende förete stora skillnader. Vid Iglakärr utgör fyllningen i medeltal c:a 325 kbm pr lm bana, varav ej mindre än c:a 220 kbm eller omkring 68% består av mjälsand, »Torpgrus», medan resten till övervägande del är sprängsten. Vid boställshuset kan man särskilja tvenne sträckor, å vilka mängden fyllning fördelar sig avgjort olika. Å den västra sträckan mellan km 32+280 och 32+400, uppgår fyllningen till c:a 120 kbm pr lm, varav blott c:a 13 kbm eller omkring 11% utgöras av mjälsand och lera, medan resten så gott som uteslutande är sprängsten. Å den östra sträckan mellan km 32+400 och 32+620 åter är fyllningen blott 7,5 kbm pr lm, varav dock c:a 4 kbm eller omkring 63% utgöras av mjälsand. Å den förstnämnda sträckan vid boställshuset uppgår följaktligen fyllningen

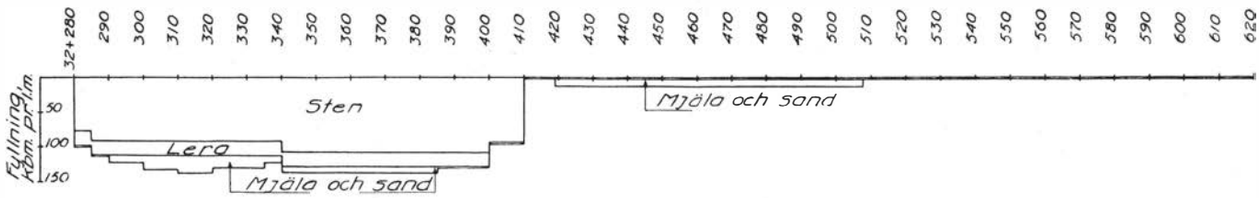


Fig. 64. Grafisk framställning av fyllningsmängden i dubbelspårsbanken vid boställshuset.

pr lm bana till omkring 38% och å den sistnämnda sträckan till endast 2,3 % av fyllningsmängden pr lm bana vid Iglakärr.

Orsaken till att så olika fyllningsmängder erfordrats i dessa två vikar är att söka dels i grundförhållandena, dels i fyllningens beskaffenhet.

Å östra sträckan (32+400—32+620) vid boställshuset består grunden ovan moränen å större delen av sträckan av sand. Då å denna sträcka fyllningen till c:a $^2/_3$ utgjordes av mjälsand, förklaras den ringa mängden erforderlig fyllningsmassa huvudsakligen av de fördelaktiga grundförhållandena. Vid Iglakärr och å den västra sträckan (32+280—32+400) vid boställshuset utgjordes grunden av lös och djup lera. Vid Iglakärr låg leran i brantare lutning och hade delvis inom banksektionen större mäktighet än vid den senare platsen. Dessa förhållanden samverkade till att kraftigare förhindra lerans fullständiga borteroderande vid Iglakärr och kunna sålunda till en del förklara det gynnsammare förloppet av utfyllningsarbetet vid den här berörda västra sträckan vid boställshuset. Det är emellertid att märka, att den första sprängningen vid Iglakärr gav ungefär samma resultat i avseende å den utglidna fyllningens läge och lerans borterodering som den första sprängningen å västra sträckan vid boställshuset. Vid den förra platsen skedde till och med en kraftigare avskalning av lerlagret än vid den senare. I bägge dessa fall utgjordes fyllningen så gott som uteslutande av sprängsten. Det synes därför rätt troligt, att ett fortsatt användande av sprängsten vid Iglakärr skulle givit ett resultat liknande det, man ernådde med den omedelbart fortsatta utfyllningen av sprängsten vid boställshuset. Detta förefaller ännu mer sannolikt, om man besinnar, att de ovan framhållna större svårigheterna vid Iglakärr genom denna första skjutning i hög grad avlägsnats, i det att lerlagrets mäktighet avsevärt minskats, och den tidigare befintliga ansvällningen av lerlagret med åtföljande brantare yta icke längre förefanns.

Det ogynnsamma utfyllningsförloppet vid Iglakärr torde därför i väsentlig mån bero därpå, att utfyllningen i fortsättningen här bedrevs med mjälsand. Dennas olämplighet såsom fyllning i

föreliggande fall har tidigare här framhållits, särskilt vid beskrivningen av sprängningen vid Iglakärr den 9 sept. 1915, då bevisligen stora delar av sådan fyllning varit i flytning långt ut på sjöbottnen.

8. Skreden vid grusutfyllningen för Statens järnvägars kolkaj i Örnsköldsvik åren 1916—1919.

Vid utfyllandet av grusbank för Statens järnvägars nya kolkaj i Örnsköldsvik (Fig. 65) inträffade omfattande skred av en synnerligen säregen karaktär. Ett preliminärt meddelande rörande dessa har tidigare lämnats i Geologiska Föreningens förhandlingar häfte 5, band 40, maj 1918, C. CARLZON: Skreden vid Statens järnvägars kolkajbygge i Örnsköldsvik. (Beträffande själva kajbyggnaden se C. V. J. MALMBERG: Statens järnvägars nya kolkaj vid Örnsköldsvik, Teknisk Tidskrift, 50 årg., avd. för väg- och vattenbyggnadskonst, häfte 9, 15 sept. 1920.) Då vid tidpunkten för detta med-

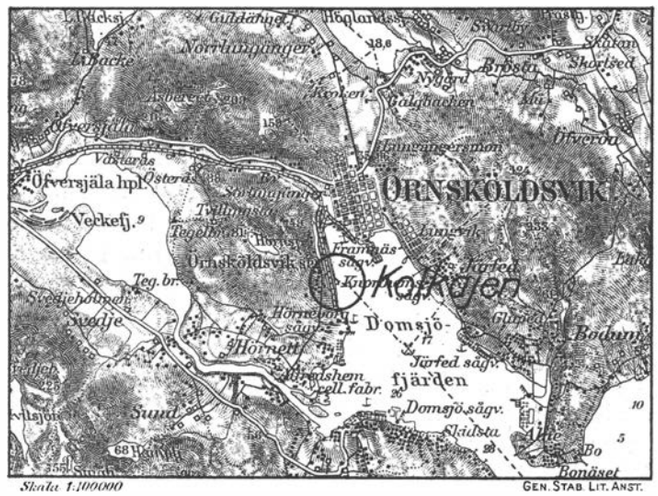


Fig. 65. Top. karta 1 : 100 000.

delande utfyllningen av grusbanken ej var fullbordad, och något definitivt resultat av utfyllningsarbetet sålunda då ej kunde meddelas, har det ansetts lämpligt, särskilt för jämförelse med de här ovan beskrivna skreden vid Norsesund (H. 7), att i detta sammanhang lämna en kortfattad redogörelse för detsamma.

Den nya kolkajen är utbyggd i fortsättningen söderut av en gammal träkaj, vilken i nord-sydlig riktning parallellt med och omedelbart utanför bangården sträcker sig c:a 270 m söder om stationshuset. Den nya kajlinjen har dock förlagts ungefär 5 m utanför den äldre. Den nya kajen har en längd av 105 m och är avsedd för ett vattendjup av 7 m.

Kajen skulle grundläggas på till fast botten nedslagna pålar. För att giva dessa nödigt stöd skulle å sjöbottnen utfyllas en grusbädd. Arbetet med denna påbörjades under hösten 1916 och tillgick sålunda, att gruset från en för ändamålet utbyggd träbrygga uttippades samtidigt över kajsträckans hela längd. Redan i början av fyllningsarbetet inträffade flera skred och sättningar av sådan styrka, att träbryggan raserades, och att grusvagnar störtade i vattnet På grund av dessa svårigheter uppgjordes i november 1916 nytt förslag till kajkonstruktion. Det nya förslaget skilde sig från det förra väsentligen däri, att grusutfyllningen skulle bringas ned till fast botten. För att därvid i möjligaste mån inskränka utglidningarna, hade det ansetts önskvärt, att före grusuttippningen det lösa sjöbottenslammet bortmuddrades. Då det emellertid visade sig omöjligt att till arbetsplatsen erhålla mudderverk i så god tid, att, såsom ansågs nödvändigt, grusbanken skulle hinna färdigställas före isläggningen hösten 1916, verkställdes grusutfyllningen utan föregående muddring. För att minska omfattningen av eventuellt inträffande skred och därigenom inskränka

åtgången av fyllnadsmaterial verkställdes utfyllningen från ändtipp, varigenom grusbanken stycke för stycke skulle fullbordas till full sektion. Grusbanken skulle sedan medelst upprepade sprängningar bringas ned till fast botten.

Under utfyllningsarbetet inträffade flera mindre skred och sättningar. Den 30 november 1916, när banken utfyllts till en längd av 45 m från den gamla kajen, skedde ett större skred, varvid så gott som hela den utfyllda grusmassan försvann i djupet.

På grund av de stora dimensioner detta skred ägde, blev arbetsledningen betänksam angående lämpligheten av den dittills använda utfyllningsmetoden och ansåg en ingående utredning av händelseförloppet av behovet påkallad. Lodningar och borrningar utfördes därför för att utröna läget av de utfyllda grusmassorna samt den förändring, som genom skreden drabbat sjöbottnen. Därvid befanns det, att denna senare utanför platsen för grusbanken sänkts maximalt 2—4 m ut till ett avstånd av mer än 100 m från kajlinjen. Tyvärr hade de lodningar, som utförts, innan utfyllningen började, ej omfattat hela det område av sjöbottnen, som sedan visat sig påverkat av skreden. Av det insamlade undersökningsmaterialet framgick emellertid, att skredärret vidgade sig utåt. Mot söder bildade skredärret en markerad 2—3 m djup brant. Medan längden av den utskridna grusbanken blott utgjorde 45 m, hade skredet inemot 80 m utanför densamma sträckt sig över ett nära 100 m brett område. Den utglidna grusmassan hade rutschat ut vinkelrätt mot grusbankens längdriktning och kunde i form av en svagt avsmalnande tunga spåras till ett avstånd av c:a 75 m från kajlinjen.

Sedan arbetet med grusutfyllningen stått stilla under vintern, utfördes i april 1917 genom geotekniska kommissionen provkanneborrningar, och därvid ådagalades, att de naturliga jordlagren å platsen utgöras av den för traktens älvdalar karaktäristiska lagerserien (Pl. 32). Närmast ovan fasta bottnen, vilken kan anses ligga vid övre gränsen av ett här förefintligt mycket fast lager av isälvssand, vilande å morängrus eller direkt å berget, förekommer ett 3—4 m mäktigt lager av grå glacial mjäla med lerränder. Denna mjäla är seg och fast, i sin övre del finkornigare och något lösare än i sin undre del, där den blir finsandig och småningom övergår i den underlagrande sanden. Mot mjälans övre gräns bli lerränderna allt talrikare och undanträngа slutligen mjälan nästan helt, så att en ren leravlagring föreligger. Detta lerlager är mycket löst, har en mäktighet av ungefär 1 m och bildar övergångszon mellan de glaciala och postglaciala sedimenten. Upptill blir lerlagret mjäligare och ersättes småningom av en lös, brungrå postglacial mjäla, vilkens mäktighet varierar mellan 3 och 4 m. Denna täckes i sin tur av ett högst 0,5 m tjockt, svart, löst, gyttjigt mjälslam, som bildar sjöbottenytan utom närmast stranden, där det övergår i ett 2—3 m mäktigt lager av strandsand.

Lerlagret och mjällagren luta svagt och konformt med fasta bottnen utåt sjön (c:a 1 : 10 à 1 : 15). Deras mäktighet är oförändrad till c:a 100 m utanför stranden, där den sakta ökas. In mot land utkila småningom dessa lager. Ända till 100 m söderut från den gamla kajens ändpunkt sträcker sig lerlagret ett stycke in under bangården. Längre åt söder når det ej så långt in mot land.

Grusbankens mitt skulle infalla ungefär vid strandsandens utkilande.

Ovan skildrade naturliga lagerföljd med ett lösare lerlager mellan tvenne mjälbäddar och med samtliga lager i lutning bör erbjuda särskilt gynnsamma betingelser för utlösandet av häftiga skred.

Inom den centrala delen av det nämnda skredet den 30 november 1916 befanns det övre mjällagret bortskalat och sjöbottnen nederoderad i lerlagret, så att blott obetydliga rester av detsamma återstodo. De utrutschade massorna lågo i form av ett par parallellt med varandra löpande, svaga valkar å ett avstånd av 80—120 m från den blivande kajlinjen.

Av grusbanken återstod blott en några meter bred remsa närmast stranden i form av en låg, men skarp rygg, som höjde sig en knapp meter ovan vattenytan. Bredast var denna rygg, intill den gamla kajen, som tydligen verkat skyddande och hindrat skredets vidare utbredning åt detta håll.

Det utskridna gruset var i sin undre del inmängt med lera. Detta blandningslager, som var ända till $^1/_2$ m mäktigt, måste hava uppkommit vid grusets utskridande.

Kontakten mellan detta och leran framgick med smärre ojämnheter parallellt med och ungefär invid kontakten mellan leran och den denna underlagrande glaciala mjälan. I skredärrets innersta

del åter stod kontakten mellan fyllningsgruset och de kvarstående naturliga jordlagren mycket brant, och när den nådde ned till leran, böjde den hastigt om till den ovannämnda riktningen parallellt med lerlagret.

Det framgick alltså tydligt, att det undre, fasta mjällagret hindrat skredet att skära sig djupare ned i lagerserien. Då den närmast den lösa leran liggande delen av det övre mjällagret även var ganska fast, kunde grusbanken till relativt stor mäktighet utfyllas, innan bristning i mjällagret skedde. När detta emellertid givit vika, kunde skredet, tack vare lerlagrets ringa sammanhållning och mjälans lättrörlighet i vatten, nå den katastrofartade omfattning, det erhöll.

Då kostnads- och lämplighetsskäl talade för bibehållandet av den en gång uppgjorda kajkonstruktionen, fanns blott ett sätt att i fortsättningen undgå större skred, nämligen att å platsen för grusbanken medelst muddring avlägsna de övre lagren ned till den undre mjälan. Man vidtog därför denna åtgärd. Utfyllningen av gruset skulle ske successivt, allteftersom muddringen fortskred, då fara för utglidningar i strandslänten kunde förefinnas, om muddringsrännan lämnades öppen till större längd.

Under sommaren och hösten 1917 bedrevs arbetet medelst muddring av ränna och uttippning av grus med sådan fart, att vid inträdandet av den kalla väderleken och därmed följande isläggning större delen av banken var utfylld till full bredd och till en höjd av c:a 2 m ö. h. Bankens längd uppgick då till c:a 150 m. Under detta fyllningsarbete hade inträffat större och mindre skred. De flesta av dessa skedde vid änden av grusbanken och hade karaktären av släntskred. Större eller mindre skollor av fyllningsgruset gledo därvid ut i muddringsrännan. Några skred inträffade även vid yttre sidan av banken mellan sekt. 375 och 425[1], särskilt under det att utfyllningen pågick därstädes. Ett av dessa hade rätt stora dimensioner, i det att c:a 8 000 kbm grus på en gång gled ut i sjön. Så vitt man kunde iakttaga, skedde rörelserna vid dessa yttre släntskred snett utåt fjärden.

Under vintern utfördes av banbefälet sondborrningar i sektioner på 12,5 m avstånd från varandra för att utröna läget av det utfyllda gruset. Dessa borrningar lämnade ett gynnsamt resultat (Fig. 66), i det att grusfyllningen enligt dem syntes ha pressat sig ned 3 — 4 m under muddringsrännans botten genom de här vid muddringen kvarliggande lagren av fast mjäla och fin sand. Därjämte skulle muddringsrännans yttre slänt hava genom grusfyllningen utpressats 5 à 10 m, och denna utpressning skulle hava skett i form av en parallell förflyttning utan deformation av slänten. Så långt ut å sjöbottnen, som undersökningen sträckt sig, hade några höjningar eller valkar ej iakttagits.

Dessa borrningsresultat gåvo alltså det bästa vitsord beträffande säkerheten i grusbankens läge.

Så fort förhållandena under våren 1918 tillåto, fortsattes utfyllningen av den återstående delen av grusbanken. Därvid inträffade den 17 maj ett skred, som drabbade större delen av den utfyllda banken (Fig. 67). Vid skredet gled banken utåt med så stor hastighet, att fyra arbetare, som dock sedermera räddades, följde med grusmassorna ut i vattnet. En ofantlig svallvåg bildades, genom vilken några å vikens andra sida förankrade pråmar lössletos.

Sett mot bakgrunden av den nyssnämnda undersökningens borrningsresultat syntes det inträffade skredet oförklarligt.

Ritningar, visande tvärprofiler av muddringsrännan omedelbart före grusets uttippning i densamma, gåvo emellertid en del värdefulla upplysningar. Med hjälp av dessa kunde nämligen konstateras, att större delen av lerlagret måste ha kvarlegat mellan sekt. 375 och 425, samt att det icke inom någon sektion av rännan varit fullständigt bortmuddrat (se sekt. 400, Pl. 32). Vederbörande arbetsbefäl hade visserligen insett vikten av lerlagrets avlägsnande, men längden av mudderverkets ram hade blott tillåtit muddring till 8,5 à 9,0 m djup, vilket var för grunt, för att leran till hela sin mäktighet skulle kunna bortskaffas. Då emellertid genom den verkställda muddringen en del av lerlagret avskalats, hade man likväl hoppats, att den kvarvarande resten av detsamma skulle undanpressas genom fyllningens tyngd.

De provkannelodningar av sjöbottnen utanför skredplatsen, som strax efter skredet genom geotekniska kommissionen verkställdes, visade, att detta berört ett synnerligen stort område (Pl. 30).

[1] Sektionerna äro vinkelräta mot kajlinjen. Längdmätningen utgår från stationshusets mitt.

Närmast den gamla kajen och söderut till ett avstånd av c:a 50 m från denna var grusbanken helt oberörd av skredet. I övrigt hade den försvunnit till nästan hela sin bredd, eller så, att blott en ett par meter bred rygg närmast stranden återstod av densamma. Det i den kvarstående delen av grusbanken inskurna skredärret företedde tvenne inbuktningar, skilda åt av en c:a 25 m bred, skarpt utskjutande udde. Detta tydde på att skredet skett i tvenne omgångar. Ögonvittnen till detsamma berättade också, att så varit fallet, ehuru tidsskillnaden ej torde ha uppgått till mer än högst en eller ett par minuter, samt att den södra delen av grusbanken först glidit ut.

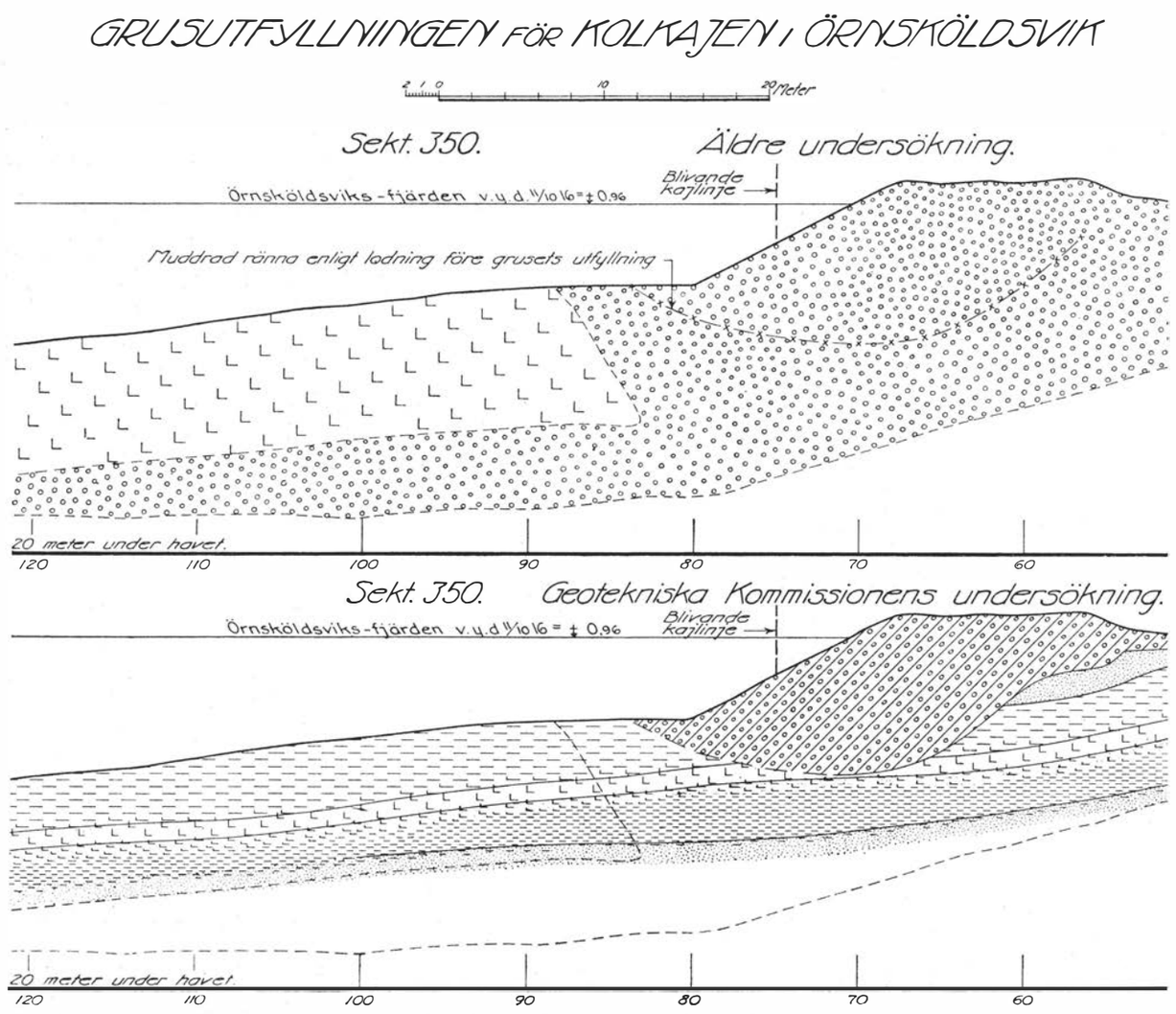


Fig. 66. Jämförelse mellan resultaten av den äldre undersökningen och geotekniska kommissionens undersökning av läget av grusfyllningen för kolkajen i Örnsköldsvik före skredet den 17 maj 1918.

Såväl åt norr som åt söder, hade skredärret synnerligen skarpa, c:a 3 m djupa begränsningsbranter å sjöbottnen. Mellan dessa var sjöbottnen till ett avstånd av c:a 90 m från kajlinjen sänkt 2,5 à 3,5 m. Längre ut, eller mellan 120 och 180 m från kajen, hade höjningar skett å sjöbottnen, i det att flera höjningsvalkar här uppstått, varav några voro ända till 2,5 m höga. De skredet begränsande branterna gingo i ungefär väst-ostlig riktning, utvisande, att skredet skett nästan rakt utåt fjärden, dock kan en dragning något snett åt söder förmärkas.

Provkanneborrningar genom den vid stranden kvarliggande remsan av grusbanken ådagalade, att ej blott den undre, fasta glaciala mjälan utan också mer eller mindre mäktiga rester av det denna överlagrande lerlagret kvarlågo under grusfyllningen (Pl. 32). Såsom man på grund av det

inträffade skredet hade haft anledning misstänka, var alltså resultatet av de genom banbefälet under vintern utförda sondborrningarna missvisande (se närmare härom D. 9 och Fig. 66). Den därvid använda borrningsmetoden (nedstötning av ett sondborr) är heller icke tillförlitlig, när det gäller att undersöka den eventuella förekomsten av ett finkornigare jordlager under ett mäktigare lager av ett grovkornigare dylikt. Särskilt är detta fallet, när det underliggande lagret, såsom här, är någorlunda fast. Friktionsmotståndet mot borret i det övre lagret kan nämligen — såsom här tydligen varit fallet — vara så stort, att något tydligt utslag ej erhålles vid genomborrandet av det undre lagret. Bättre är i sådant fall att använda geotekniska kommissionens metod för sondborrning med vikter och kringvridning. För att fullt tillförlitligt bestämma en grusutfyllnings undre gräns erfordras dock provtagning.

Inom den nu sänkta delen av sjöbottnen hade, liksom vid det tidigare skredet, det postglaciala mjällagret och övre delen av lerlagret bortskalats, så att nu av detta senare endast halva mäktigheten återstod. Den återstående delen av lerlagret täcktes av c:a 0,2—1 m mäktig utgliden grusfyllning, som närmast leran var intimt blandad med denna, så att härigenom en ungefär 0,5

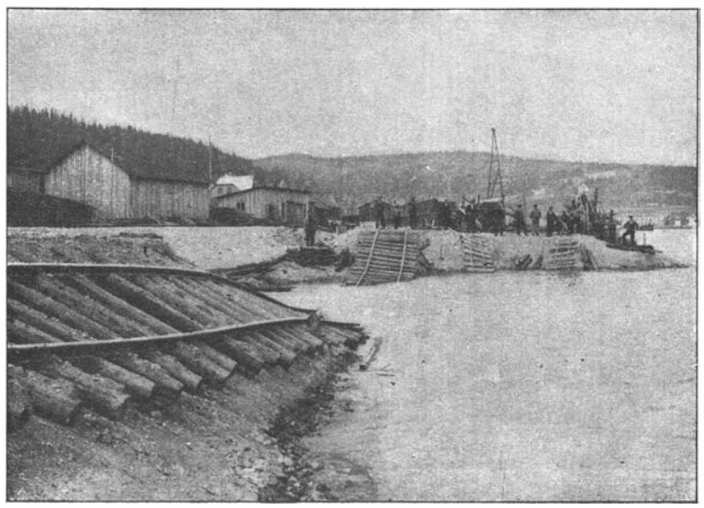


Fig. 67. Grusbanken efter skredet den 17 maj 1918.

m mäktig blandningszon av lera och grus uppstått. Det utglidna gruset anhopade sig vid ett avstånd av 120 à 140 m från kajlinjen till en långsträckt 2—3 m tjock lins, som kilade sig in under utrutschade mjäl- och sjöbottenslamlager. Denna gruslins kunde följas söderut ända till sekt. 450, vilket antyder, att rörelseriktningen vid skredet varit något snett utåt fjärden.

Även denna gång hade följaktligen deformationen av sjöbottenlagren sträckt sig ned i lerlagret. Orsaken till skredet måste även helt visst tillskrivas det förhållandet, att lerlagret inom muddringsrännan icke fullständigt bortmuddrats.

Vid skredet syntes leran inom muddringsrännans yttre del ha bortskrapats åtminstone till så stort djup, att den lera, som ännu kvarlåg, var helt omrörd och genomträngd av fyllningsgruset. Först vid muddringsrännans yttre kant vidtog lera, som icke berörts av skredet.

Den vid katastrofen den 17 maj kvarstående delen av grusbanken var begränsad till området för skredet i november 1916. Grusfyllningen låg här i direkt kontakt med den under lerlagret befintliga glaciala mjälan. Som denna visserligen var mycket seg och fast men i sin övre del även ganska finkornig och innehöll talrika lerränder, fanns anledning misstänka, att utglidningar möjligen skulle kunna ske å eller inom densamma. I avsikt att utreda detta förhållande provades denna bankdels stabilitet den 21 juni medelst sprängning. Dynamitmängden uppgick till 15 kg, fördelad i tre sprängrör, placerade vid bankens yttre sida på 10 m inbördes avstånd.

Vid sprängningen utskred större delen av banken. Omedelbart före och efter sprängningen utförda lodningar visade (Pl. 31), att sjöbottnen höjt sig c:a 1,0 m, eller något mera, inom ett

område mellan 15 och 35 m utanför bankens ursprungliga läge. Därutanför hade blott smärre rörelser av sjöbottnen ägt rum. Genom borrningar konstaterades, att tjockleken av de under den utglidna grusfyllningen befintliga resterna av lerlagret något minskats, och att den övre delen av den glaciala mjälan under banken på sina ställen något avskalats. Bristningsytan föll i inre delen av grusbanken. En c:a 6 m bred remsa av de förut oberörda naturliga lagren medföljde skredet. Den vid de tidigare skreden utrutschade, på ett avstånd av 120 à 140 m från kajlinjen belägna gruslinsen syntes ej hava rubbats vid sprängningen.

Den lägeförändring, som sjöbottnen genom sprängningen nu undergick, hade en helt annan karaktär än vid de förut beskrivna skreden. Vid dessa uppstod varje gång ett sjunkningsområde, upptagande en areal många gånger större än den påfyllda grusbankens, och ett lågt, på stort avstånd från grusbanken beläget höjningsområde. Vid sprängningen åter bildades ett sjunknings-

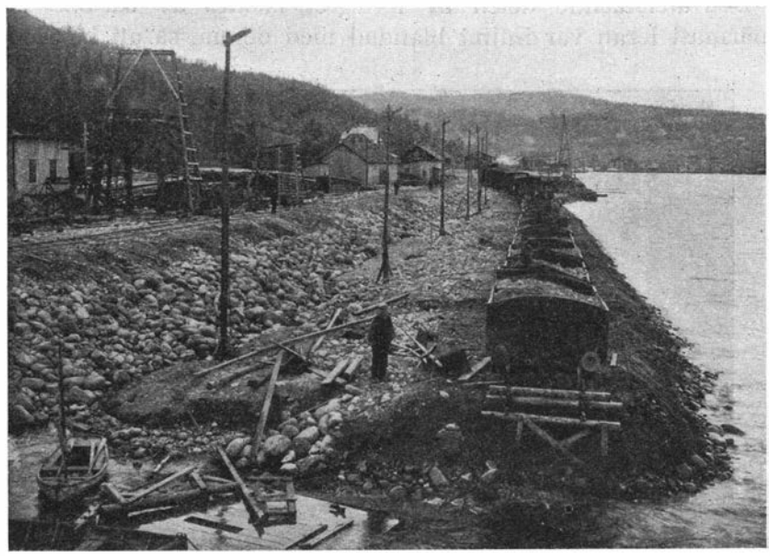


Fig. 68. Grusbanken, ännu ej fullt utfylld, före sprängningen den 31 okt. 1918.

område, som var strängt bundet till platsen för den förutvarande grusbanken, och ett höjningsområde, som fanns tydligt markerat strax utanför denna.

Sjöbottnens olika höjdförändring sammanhänger med skredens olika förlopp.

Vid de så att säga frivilliga, enbart av belastningen framkallade skreden, har den utåtglidande grusmassan lösslitits från banken och rutschat ut c:a 110 à 120 m på lerlagret, rivande upp och vältrande framför sig den postglaciala mjäla, som förut täckte detta. Rörelsen synes i detta fall ha hejdats, genom att den framskjutna mjälan tornat upp sig till sådan mäktighet, att den stjälpt över den framglidande gruslinsen, varigenom denna slutligen fastkilats. Huru vid själva skreden i övrigt tillgått, är svårt att säga. Sannolikast synes dock vara, att en bristning skett under banken ned genom lerlagret, och att därigenom en jordskolla lossnat och satt sig i rörelse utåt och snett uppåt. Då den nått närheten av sjöbottnens yta, har dess tryck å framförliggande lager blivit för starkt, och en ny skolla frampressats. På sådant sätt har skredet utvecklat sig, till dess den plana sjöbottnen nåtts. Detta skredförlopp bör ha gynnats och kanske möjliggjorts genom mjälans benägenhet att vid omröring i vatten råka i flytning.

Vid det av sprängningen framtvingade skredet åter har en större grusskolla lossnat och åkt ut ett stycke, men ej längre än att den fortfarande hängt samman med den kvarstående delen av grusbanken. Det var alltså tydligt, att betingelserna för utglidning ej voro lika goda vid tillfället för sprängningen som tidigare. Som förut framhållits, vilade grusfyllningen vid sprängningen direkt eller medelst ett par decimeter tjockt blandningslager av grus och lera å den glaciala mjälan, vilken tack vare sin konsistens och sammansättning ej erbjöd lika goda glidningsmöjlig-

heter som leran. Blandningslagret av grus och lera liksom den genom tidigare skred utglidna grusfyllningen bidrogo naturligtvis i sin mån till det ökade motståndet.

Trots att genom sprängningen större delen av grusbanken utskred, syntes man sålunda ha all anledning vänta, att en å den sprängda bankens plats återutfylld grusmassa skulle drabbas av en jämförelsevis ringa deformation vid en förnyad skjutning. De geologiska förhållandena å den sträcka, som berördes av skredet den 17 maj, voro likartade med dem å platsen för sprängningen. I händelse av förnyad utfyllning av grus syntes därför det vidare förloppet å den södra delen kunna bringas att utveckla sig i överensstämmelse med vad som å norra delen skett eller kunde väntas ske.

Grusutfyllningen återupptogs följaktligen. För att i möjligaste mån undvika skred uttippades gruset till en början i en låg bank c:a 15 m innanför kajlinjen. Härtill användes småkärror och decauvillevagnar. Denna bank höjdes och breddades sedan, varvid gruset sidotippades från järnvägsvagnar.



Fig. 69. Grusbanken omedelbart efter sprängningen den 31 okt. 1918.

Den 31 oktober skedde sprängning med sammanlagt 65 kg dynamit, fördelad i 13 sprängrör å 10 m inbördes avstånd, å hela den sålunda till ungefär full sektion utfyllda grusbanken (Fig. 68). Denna utskred därvid å sträckan sekt. 300—425 till större delen (Fig. 69). Resultatet av före och efter sprängningen utförda undersökningar visade, att förloppet av det genom sprängningen framkallade skredet varit i stort sett detsamma som det å den norra bankdelen vid sprängningen den 21 juni. Det utglidna gruset hade sålunda stannat strax utanför kajlinjen.

Sedan banken återuppfyllts, företogs den 13 januari 1919 åter en sprängning med ungefär samma omfattning och skottfördelning som vid den föregående. Vid sprängningen inträffade större utglidningar blott omkring sekt. 300 samt från sekt. 370 och fram till grusbankens södra ände, d. v. s. inom de delar av grusbanken, vilka varit utfyllda vid muddringsrännans båda ändar. Rörelserna å sjöbottnen uppmättes genom stenar om 30 kg vikt, som från isen sänktes å denna medelst järntrådar, med vilka stenarnas lägen noggrant kunde bestämmas. Det visade sig, att utanför den utglidna delen av grusbanken mindre sidorörelser skett ut till ett avstånd av c:a 40 m från kajlinjen. Av de borrningar, som efter sprängningen utfördes, framgick, att det ännu inom grusbankens södra del innanför kajlinjen under gruset förefanns ett c:a 0,5 m mäktigt blandningslager av grus och lera, medan under fyllningen omkring sekt. 300 nu icke anträffades någon lera.

Ytterligare tvenne sprängningar måste utföras, innan bankens stabilitet kunde anses tryggad. Vid den första av dessa, som omfattade bankens södra del, skedde blott mindre skred och vid den senare, som omfattade hela sträckan, blott mindre sättningar, trots att dynamitmängden nu ökats till 10 kg pr rör, eller dubbelt så mycket, som tidigare hade använts.

Den grusmassa, som utfyllts, utgjorde c:a 100 000 kbm (lös massa).

I den på ovan beskrivet sätt stabiliserade grusutfyllningen verkställdes, såsom planerat var, pålning, och kajen fullbordades i övrigt enligt den fastställda planen. Under den tid kajen, hittills varit i bruk, har någon rörelse hos densamma ej iakttagits. Kol har dock ännu ej upplagts å kajen, utan endast lossats direkt i järnvägsvagnar.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred, som, där de icke varit framkallade av sprängning, haft den statisk-dynamiska anledningen, att den aktiva belastningen genom den fortsatta grusutfyllningen blivit för stor. Framåtgripande utveckling, grundad på successivt utanför varandra uppkommande skred av liknande statisk-dynamisk anledning. Utvecklingen underlättad genom att den övre mjälan vid deformationen i stor utsträckning kommit i flytning.

9. Markgenombrott vid utfyllandet för utdragsspår vid Järna å bandelen Stockholm—Mölnbo år 1919.

Denna plats är belägen vid norra änden av Järna bangård å bandelen Stockholm—Mölnbo, vid km 47+500 i banlängdmätningen från Stockholm (Fig. 70). Banan övertvärar här å bank en c:a

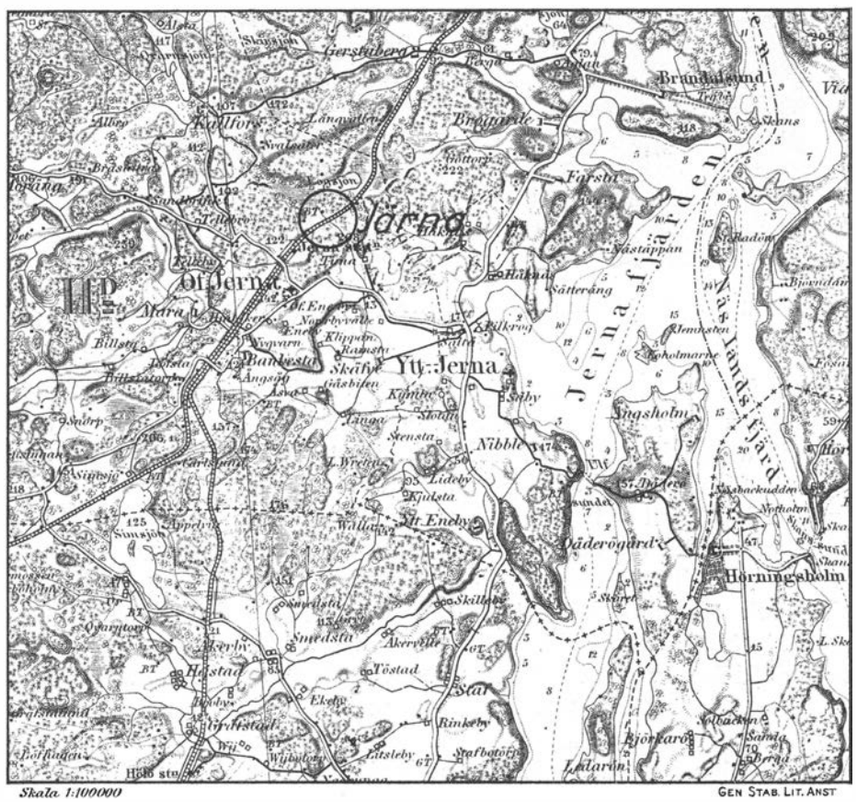


Fig. 70. Top. karta 1: 000 000.

100 m bred, i ungefär nordväst-sydostlig riktning gående, flack dalsänka. Denna är utfylld av huvudsakligen glacial, tydligt varvig lera av lös beskaffenhet, och vars största mäktighet uppgår till omkring 10 m. Torrskorpan är 1,0 à 1,5 m tjock. I lerans undre del uppträda skikt av mjäla och sand; den underlagras av glacialsand och morängrus, vilka utgöra fast botten. Denna senare

lutar något, under bankens norra del mot öster, under dess södra mot väster; i dalgångens mitt har den ingen nämnvärd lutning. Bankens höjd uppgår till c:a 6 m över markytan, som ligger 30 m ö. h.

Då den gamla, enkelspåriga stambanan åren 1910—1911 här ombyggdes till dubbelspår, skedde detta genom breddning av banken åt höger (väster) sida. År 1919 breddades banken ytterligare åt samma sida för framdragande av utdragsspår från Järna bangård.

Vid enkelspårets byggande omkring år 1860 inträffade här en banksjunkning, som synes hava berört nästan hela ifrågavarande banksträcka. Därvid skedde de uppvalkningar av marken, som förekomma på banans vänstra sida (Pl. 33). Enligt de knapphändiga uppgifter, som kunnat erhållas om detta skred, hade banken utfyllts till full höjd och gjorts trafikfärdig, då sättningen plötsligt inträffade. Genom detta skred förstördes en vid bankens mitt anlagd trumma. Då banken sedan återställdes, flyttades trumman till det nuvarande läget å fast botten vid bankens norra ände. Detta skred kan möjligen sättas i samband med befintligheten på nämnda (vänster) sida om banken av en äldre urschaktning (lertag el. dyl.). Några större sättningar hava senare ej förekommit i enkelspåret. Den gamla banken synes bestå av lera, sand och grus.

Å dubbelspåret har ingen nämnvärd sättning inträffat vare sig under byggnaden eller senare. Fyllningen för det högra (nya) huvudspåret består av grus och sten.

Fyllningen för utdragsspåret, vilken består uteslutande av sprängsten, började utläggas i jan. 1919, och fyllningsarbetet var slutfört vid mitten av juni samma år. Därunder inträffade inga sättningar. Grusningen av spåret påbörjades i sept. och skedde från högra huvudspåret. Den 15 sept. inträffade plötsligt ett skred, i det att fyllningen nedsjönk å nästan hela det nyutfyllda bankpartiet, nämligen mellan sekt. 47+420—47+510. Samtidigt förskötos massorna även något utåt. Vid krönkanten uppgick nedsjunkningen till maximalt 2,5 m och sidoförskjutningen till c:a 1 m. Vid den spricklinje, som utgjorde inre gränsen för nedglidningen, och vilken sträckte sig ungefär fram till högra kanten av dubbelspårsbankens krön, uppgick sättningsbeloppet till c:a 1 m. En mindre sättning och en samtidig sidoförskjutning av det högra huvudspåret, vardera uppgående till högst 4 cm, ägde dessutom rum. Genom fyllningsmassornas nedsjunkning upptrycktes och försköts marken mellan bankfoten och ett c:a 15 m utanför denna liggande, längsgående dike. Upptryckningen uppgick till inemot 1 m och sidoförflyttningen till maximalt c:a 3 m. Nyssnämnda dike blev därigenom delvis hoptryckt och uppdämt. Den förskjutna jordmassan företedde i ytan ett stort antal djupa remnor och sprickor.

Geotekniska kommissionen har åren 1919 och 1921 mera ingående låtit undersöka detta skred genom borrningar i ett flertal tvärsektioner över banken (två av dessa återgivas å Pl. 33). Därvid upprättades även bifogade karta (Pl. 33). Vid dessa undersökningar utfördes även vissa grävningar samt särskilda borrningar för upptagande av orubbade och sammanhängande jordkärnor genom lerlagret i avsikt att söka fastställa de inre förskjutningarna inom jordmassan.

Dessa borrningar utfördes med ett på längden kluvet, 6 m långt 76 mm järnrör, hophållet med löstagbara band. Nedtill var röret förstärkt med en sko, vars inre genomskärning var något litet mindre än rörets, för att lerkärnan bättre skulle kvarhållas vid rörets uppdragning. Denna anordning visade sig här även vara fullt ändamålsenlig, i det hela den i röret inträngda lerkärnan alltid medföljde upp. Röret neddrevs med hejare. Vid djupare borrning skarvades röret med ett icke kluvet 76 mm rör. Genom friktionen mot rörets väggar blev den i röret inträngande lerkärnan något hoppressad, utan att dock lerans skiktbyggnad därigenom förstördes. Lerytan i röret sjönk sålunda successivt vid neddrivningen. För att fastställa de olika lerzonernas nivålägen giordes därför vid nedslagningen upprepade mätningar av lerytans läge i röret. För att i möjligaste mån minska friktionen undanskaffades genom grävning eller förborrning med skopborr det övre fastare lerlagret.

Sådana borrningar utfördes i sekt. 47+470 på tre ställen, nämligen vid bankfoten (nr I, se Pl. 33), vid mitten av det upptryckta markpartiet (nr II) samt i diket (nr III); det sistnämnda således utanför uppvalkningens framkant. Vid förstnämnda ställe drevs röret ned till lerans sandiga bottenvarv, vid de övriga något mindre djupt. Tack vare lerans utmärkt tydliga varvighet voro glidzonerna mycket väl markerade i de upptagna lerkärnorna. De anträffade glidzonernas lägen

och mäktigheter äro utmärkta i respektive borrhål å medföljande sektionsritning (Pl. 33). I borrhålet närmast banken anträffades tre glidzoner, i det mellersta fem samt vid diket tre. Glidzonernas nivålägen sänka sig i flack lutning in mot banken. Vid bankfoten förefanns den lägsta glidzonen 7 m under markytan, och vid diket anträffades den lägsta glidzonen på 2 m högre nivå. Under dessa nivåer syntes inga nämnvärda förskjutningar i lerlagren hava ägt rum.

Utom dessa borrningar utfördes i samma sektion trenne grävningar, en vid skredärrets övre kant, en vid bankfoten samt en vid yttre kanten av det upptryckta markpartiet.

I den senare gropen visade sig markens fasta ytlager genomskuret av en glidyta, längs vilken den upphöjda jordvalken blivit framskjuten c:a 2 m över utanförliggande mark. Glidytan fortsatte ned genom den lösa leran i flack lutning in under banken. Dess läge i denna riktning fastställdes i denna grop på en sträcka av c:a 4 m. Till c:a 2,5 m djup under markytan visade lerlagren här ingen störning i annan mån, än att varven voro böjda parallellt med markytan å den upptryckta jordvalken samt något släpade invid glidytan. Under dessa av glidningsrörelsen föga påverkade lager förefanns en zon, där varven ned till glidytan sträckvis voro i hög grad veckade och omrörda, särskilt invid glidytan och i zonens övre del. De under glidytan liggande lervarven voro av denna mycket skarpt avskurna och till synes alldeles opåverkade av glidningsrörelsen.

Att döma av glidytans lutning, enligt vad denna grop visade, synes det troligt, att densamma i fortsättningen framgick vid undre kanten av dels den näst översta glidzonen i det mellersta borrhålet (II), dels den översta i borrhålet närmast banken (I). Därifrån torde glidytan slutligen böja om och fortsätta i båge uppåt genom lermassan och fyllningen upp till skredärrets övre kant. I gropen vid sistnämnda ställe anträffades också en skarpt markerad glidyta genom fyllningsmassorna, vilken inåt banken begränsade utglidningen. Invid glidytan befanns dubbelspårsbankens slänt hava nedsjunkit c:a 1 m.

I gropen invid bankfoten visade lerans övre del till c:a 3 m djup under markytan störningar endast så tillvida, att lervarven voro nedböjda i lutning c:a 1 : 1,3 in under den nedsjunkna bankfyllningen. Därunder vidtog en till synes mäktig zon av sträckvis omrörd lera liksom i gropen vid upptryckningens yttre kant. Zonens övre begränsningslinje stupade brant in under bankfyllningen, ungefär parallellt med de ovanför liggande, ej omrörda lervarven. Till följd av lerans nedåt allt lösare beskaffenhet utfördes här ej grävning till erforderligt djup för att fastställa denna omrörda zons undre gräns. Av det omrörda partiets läge synes otvivelaktigt framgå, att detsamma jämte den översta omrörda zonen i borrhålet närmast banken (I) och de två översta i mellersta borrhålet (II) samt den omrörda lernivån i gropen längst ut tillsammans utgöra ett större mer eller mindre omrört parti, där lermassan till följd av förskjutningen och uppvalkningen ovanför ovannämnda glidyta blivit ansvälld och omrörd genom varvens veckning och inskjutning i varandra.

Huru de lägre glidzonerna, som anträffades i borrhålen I och II skola anknytas sinsemellan och med dem, som anträffades i borrhålet III vid diket, kan ej med bestämdhet avgöras. De synas emellertid antyda, att lermassan vid skredet uppdelats i skålformiga lerlameller, som inbördes förskjutits. Rörelserna längs de djupare liggande glidzonerna hava slutligen förtonat och upphört, innan dessa nått upp till markytan.

Efter skredet hava några sättningar icke iakttagits. Genom nedsjunkningen och upptryckningen av marken utanför bankfoten har bankkroppens läge synbarligen stabiliserats. Sedan banken återuppfyllts och utdragsspåret iordningsställts, har banken ej heller visat någon nämnvärd sjunkning.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred av statisk-dynamisk anledning som följd av den ökade belastningen i och med ballastgrusets utläggande. Framåtgripande förlopp.

10. Markgenombrott vid tvenne bankar å banbyggnaden Järna—Nyköping.

Bansträckan mellan Järna och Nyköping, som byggdes under åren 1909—1913, framgår genom ett landskap rikt på småkulliga bergströk, vilka liksom skär ligga inströdda i den i stort sett

flacka omgivningen, och mellan vilka de många små dalgångarna och slätterna äro utfyllda av glaciala och postglaciala leror, som avsattes, då landskapet utgjorde havsbotten. Banprofilen visar rik växling mellan skärningar, mestadels i berg, och mer eller mindre höga bankar å nästan jämn lerterräng.

Då landskapet ligger föga högt över havsytan, hava vattendragen endast till ringa djup kunnat nedskära sina fåror i de lösa jordlagren. Till följd härav har naturlig dränering av lerterrängen icke kunnat äga rum till något större djup. Lerorna, som vanligen hava avsevärd mäktighet, äro också av synnerligen lös beskaffenhet.

Vid banlinjens framdragande över lermarkerna, särskilt vid övertvärandet av de mindre dalgångarna, där bankarna ofta måste erhålla stor höjd, inträffade på flera ställen betydande, plötsliga nedsjunkningar av bankfyllningen, därvid stora uppressningar av marken invid bankarna ägde rum. På flera sådana ställen erfordrades mycket stora massor, innan fyllningens nedsjunkning avstannade och bankarna erhöllo full stabilitet.

De nedan beskrivna bankarna vid Nora (södra banken) och vid Ödesby äro belysande för, huru sådana nedsjunkningar gestaltade sig. Platserna hava undersökts av geotekniska kommissionen, dels åren 1916—1917, dels år 1921, vid dess utredning över stabilitetsförhållandena å bandelen Järna—Norrköping.

a. Södra Norabanken.

Denna bank är belägen mellan Norrvrå hållplats och Vagnhärads station, omkring km 16+300 i banlängdmätningen från Järna (Fig. 71). Banan övertvärar här på c:a 200 m sträcka en i väst-ostlig riktning gående dalsänka mellan några låga fastmarksåsar av berg och morän. Bankens



Fig. 71. Top. karta 1 : 100 000.

höjd uppgår till 8 m över den ursprungliga markytan. Den flacka dalsänkan är utfylld av glacial och postglacial lera, vars yta invid banan ligger endast 7 m över havet och bildar ett jämnt plan med obetydlig lutning mot den 1 km öster om banken belägna Norrbosjön. Leran har en mäktighet av upp till 20 m. Torrskorpan är 1 till 2 m tjock. Under denna är leran av mycket lös beskaffenhet. Fasta bottnen under leran bildar en flack dal utan nämnvärd lutning i längdriktningen.

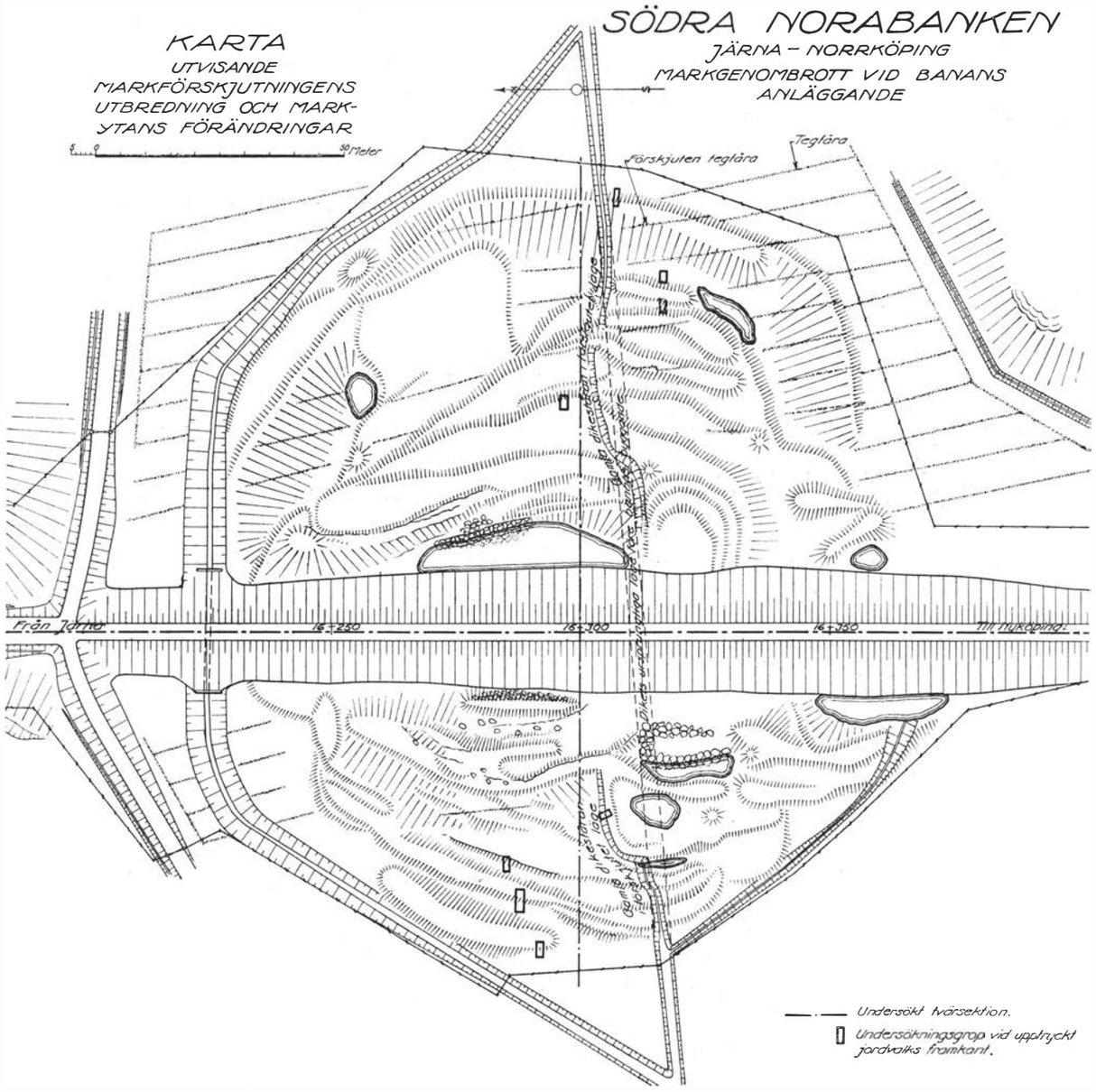


Fig. 72. Karta över Södra Norabanken jämte det deformerade markområdet.

Vid banans anläggande utfördes undersökningar över grundförhållandena medelst borrningar och provpålningar. Då dessa visade, att grunden var av lös beskaffenhet, och då ett betydande överskott av fyllningsmaterial från de närliggande skärningarna, huvudsakligen berg, förefanns, beslöt man att fylla banken till fast botten. Trumman förlades å fast botten vid bankens norra ände. Före banans byggande framgick ett dike ungefär vid bankens mitt nästan vinkelrätt mot banan. För att underlätta nedsjunkningen utgrävdes först lerans fastare ytlager i bankens mitt-

linje till en bredd av 3 m, varjämte banken till en början uttippades så hög och smal som möjligt. I regel sjönk banken successivt, men även häftiga sjunkningar förekommo, då den på en gång gick ned 3 till 4 m. Sjunkningen försiggick å en sträcka av c:a 100 m i dalens mitt och till synes nästan rätt ned med någon dragning utåt (åt vänster) i dalgångens lutningsriktning.

Då sjunkningen slutligen avstannade och banken beräknades hava erhållit full stabilitet, innehöll den under markytan belägna delen av bankfyllningen över 25 000 kbm fyllningsmassa, därav 15 000 kbm från skärning och 10 000 kbm från sidoschakt. Vid geotekniska kommissionens undersökningar utfördes en del borrningar snett in under banken för utrönande av bankkroppens läge. Av dessa synes framgå, att densamma med bred bas sjunkit tämligen rakt ned i leran till ett djup av 10 à 12 m under den ursprungliga markytan. Banken har tydligen genom den stora nedsjunkningen av fyllningsmassan och genom mottrycket från de betydande uppskjutningarna vid sidorna stabiliserats i detta läge, innan fasta bottnen nåtts.

Allt eftersom utfyllningen fortskred, upptrycktes och sönderbröts marken på ömse sidor om den nedsjunkande banken. Deformationen visade sig i valkar, som sträckte sig bågformigt ut på

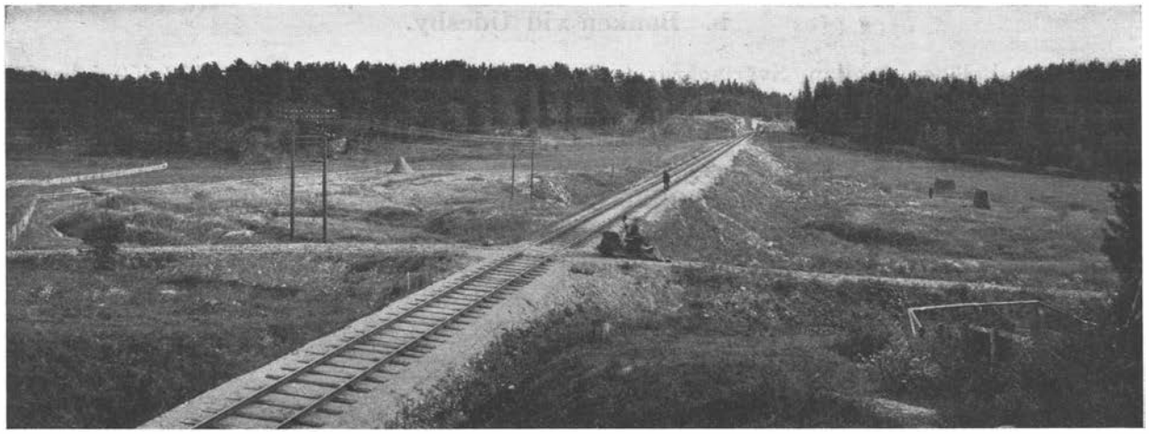


Fig. 73. Södra Norabanken. Å bilden synas de upptryckta markområdena på ömse sidor om banken.

bankens båda sidor, varvid markytan upplyftes och försköts utåt från banken. De höjda partierna av markytan lutade i allmänhet in mot banken, under det att valkarnas ytterkanter mestadels bildade branta avsatser. Upptryckningarna blevo högst i de kortare valkbågarna närmast banken, där uppskjutningen på en del ställen uppgått till 4 m över ursprunglig markyta, och avtogo småningom i höjd ut från denna. Deformationen sträckte sig till ett avstånd ut från bankens mittlinje av 90 m på bankens nedsida (vänster) och 60 m på översidan (höger).

Såsom närmare framgår av medföljande karta (Fig. 72), tvärsektionsriktning (sekt. 16+300 å Pl. 34) och fotografi (Fig. 73), resulterade markdeformationen i stort sett dels i en serie större, nära halvcirkelformiga valkar omkring bankens mitt, dels i en serie kortare valkar, som synes hava deformerat de större, liggande mellan sekt. 16+300 och 16+360. Genom dessa senare har det gamla tvärgående diket blivit hopveckat och förskjutet mot norr. Av utförda undersökningar har framgått, att markytan vid valkarna nästan undantagslöst brustit, och att valkarnas framkanter mer eller mindre skjutits ut över framförliggande mark (se detaljprofilerna, Pl. 34). Största iakttagna överskjutningen har uppgått till c:a 5 m.

Hur rörelserna vid markdeformationen försiggått inom lermassan under torrskorpan, kan icke med säkerhet avgöras utan synnerligen ingående undersökningar. Då bankfyllningen nedsjönk och tvingade lermassan åt sidorna, har sannolikt först hopveckningar skett i lermassan, vilka sammanhänga med torrskorpans valkar, från vilka de fortsätta mot djupet snett in under banken. Dessa veckningar hava troligen slutligen utlösts i bristningar, varigenom lermassan blivit uppdelad i en serie lamellformiga lerpartier, vilka inbördes förskjutits efter de genom bristningarna i vecken

uppkomna glidzonerna. Dessa glidzoner sträcka sig till stort djup under banken, möjligen ända ned mot lerans botten, samt hava skålformiga, sannolikt här och var i varandra övergående begränsningsytor, vilka utlöpa i överskjutningarna vid valkarnas framkanter.

Det är möjligt, att stabilisering av banken på denna plats skulle kunnat vinnas tidigare och med mindre massor, om vid bankens byggande överskottsmassorna från skärningen utlagts som tryckbankar.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred av den statisk-dynamiska anledningen, att bankbelastningen undan för undan ökades. Beträffande de efter första genombrottet inträffade skreden tillkommer dessutom den anledningen, att lerans hållfasthet alltmer nedsattes tillfölje den fortgående omknådningen (konsistensanledning). Framåtgripande förlopp.

b. Banken vid Ödesby.

Banken är belägen mellan Svärtagårds och Sjösa stationer, omkring km 46+450 i banlängdmätningen från Järna (Fig. 74). Banan framgår här på västra sidan av en dalgång, som från Svärtagårds station sträcker sig i nära sydlig riktning mot Sjösaåns utlopp i Sjösafjärden. I dalgången framrinner en bäck med c:a 1,5 m djup fåra på ett avstånd av c:a 50 från banlinjen Pl. 35. Vid platsen ifråga övertvärar banan en tillstötande mindre dalgång, i vilken före banans anläggande ett c:a 1 m djupt dike ungefär vid sekt. 46+430 framgick vinkelrätt mot den nämnda bäcken. Bankens längd är c:a 300 m och dess högsta höjd 6 m. Markytan lutar svagt mot bäcken.

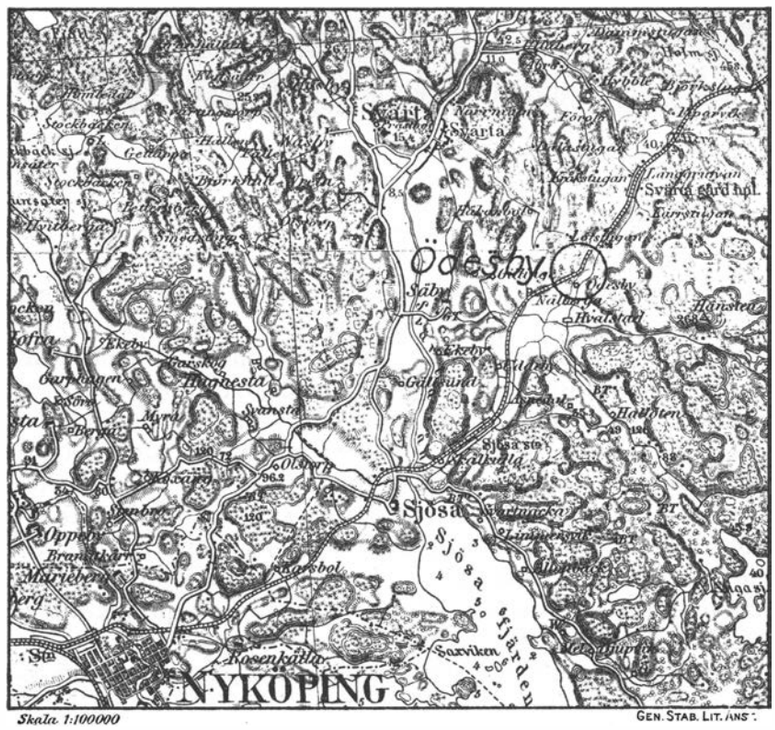


Fig. 74. Top. karta 1 : 100,000

Grunden består av glacial lera, på enstaka ställen täckt av ett tunt lager postglacial sandig mjäla. Torrskorpans tjocklek uppgår till 2 à 2,5 m. Under denna är leran av lös beskaffenhet. Fasta

bottnen bildar, såsom närmare framgår av kartan (Pl. 35), en skålformig sänka mellan sekt. 46+415 och 46+500 med största djupet på nedre (vänstra) sidan av banken ungefär mitt mellan denna och bäcken, där lerans mäktighet i sekt. 46+450 V 30 uppgår till c:a 11 m. Därifrån stiger fasta bottnen jämförelsevis brant åt alla håll. Vid foten av bankens övre (högra) sida är leran i nämnda sektion 6 m och vid bäcken endast 4 m tjock. Utanför sänkan synes djupet till fasta bottnen uppgå till högst 5 m.

Efter undersökningar, som utfördes vid banans anläggande, ansågos grundförhållandena vara så goda, att någon förstärkning av banken ej behövdes. Trumma förlades utan grundförstärkning c:a 30 m söder om det gamla diket, och ett nytt dike grävdes från trumman till bäcken. Banan hade färdigställts och därefter varit i grusningstrafik närmare ett år, utan att märkbara sättningar inträffat. Under våren 1912 började emellertid en del mindre sättningar visa sig, och en rätt avsevärd svacka i spåret uppkom. Under arbetet med utfyllandet av denna svacka sjönk banken plötsligt i början av juni 1912 på en 80 m lång sträcka mellan sekt. 46+415—46+495 under stark

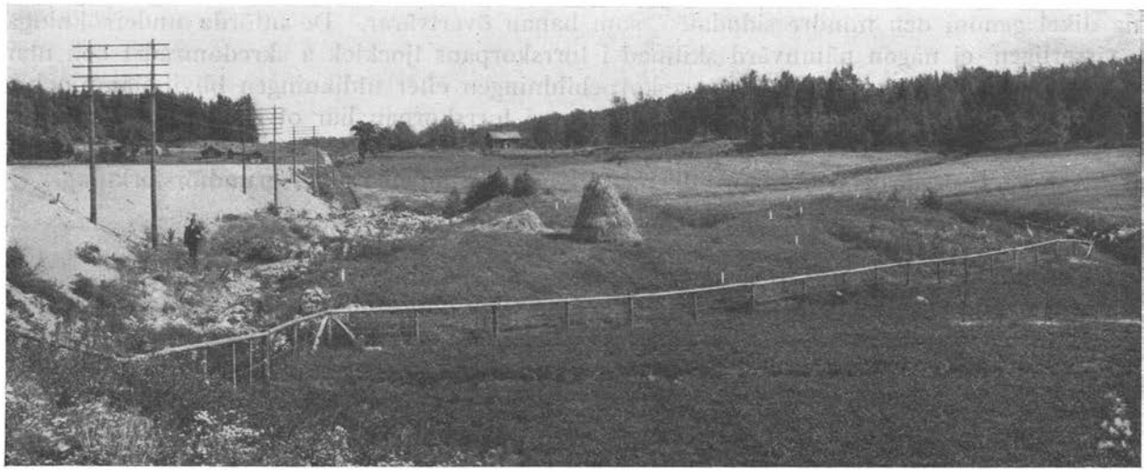


Fig. 75. Banken vid Ödesby. Å bilden synes det upptryckta markområdet på banans östra sida.

glidning utåt (åt vänster). Vid den stora nedsjunkningen av banken upptrycktes marken å ett 60 m brett område längs bankens yttre (östra) sida. Härvid igenfylldes en c:a 30 m lång sträcka av bäcken, som mitt för platsen ifråga hade rak riktning (se Pl. 35). Ett nytt dike för bäcken uppgrävdes sedan utanför det upptryckta partiet. I stället för den vid skredet förstörda trumman anlades sedermera en ny å fast botten söder om den sjunkna bankdelen. Sedan banken ånyo uppfyllts, har den stått utan några anmärkningsvärda sättningar.

Resultatet av markdeformationen vid bankens sjunkning åskådliggöres å bifogade karta (Pl. 35), tvärsektionsritning (Pl. 34) och fotografi (Fig. 75). Av geotekniska kommissionens undersökningar framgår, att fyllningen nedsjunkit till 5 à 6 m djup i leran, samtidigt som den förskjutits 12 m utåt. Deformationen av markytan på bankens utsida har resulterat huvudsakligen i två stora, en inre och en yttre, bågformiga valkar. Markytan har här dels upplyfts, dels mer eller mindre förskjutits ut från banken. Särskilt den inre valken företer en frontsida med brant stup. Vid den inre valken har största höjningen uppgått till 4,8 m och vid den yttre till 3,5 m. Av utförda undersökningar har framgått, att vid den inre valken, ävensom söder om sekt. 46+470 vid den yttre, uppböjning av marken skett, utan att förskjutning efter någon bristningslinje inträffat i torrskorpan. Vid den övriga delen av yttre valken däremot har torrskorpan vid upptryckningen brustit och förskjutits vid valkens framkant. Vid valkens yttre del har bristningslinjen gjort en utbuktning och längst ut framgått genom dikets botten. Längs bristningslinjen har den upptryckta jordmassan skjutits ut över utanförliggande mark. Överskjutningslobens längst ut liggande rand består av den gamla bäckfårans högra slänt — dennas vänstra slänt har befunnits kvarligga i orubbat läge under de överskjutna massorna. Vid bäcken uppgår överskjutningen till c:a 7 m.

Utanför den yttre loben synes marken hava blivit påverkad av markförskjutningen endast mellan sekt. 46+455 och 46+470, där en mindre höjning och förskjutning vid det gamla diket kunnat fastställas.

Det av markförskjutningen berörda området täcker, såsom synes av kartan (Pl. 35), nästan fullständigt platsen för sänkan i fasta bottnen. Vid skredet har troligen skett en bristning i torrskorpan något innanför bankens mitt, och banken har sjunkit ned i den lösa leran under glidning utåt i riktning mot fördjupningen i fasta bottnen. Lermassan i denna blev samtidigt tvingad åt sidan samt hopveckad och upplyft. Vid dessa rörelser synes lermassan hava förskjutits efter åtminstone *en* skålformig glidyta, som sammanhängt med bristningen i torrskorpan och överskjutningen vid den yttre valken. Glidskålens botten har säkerligen framgått å stort djup i den lösa lermassan, d. v. s. obetydligt över fasta bottnen.

Att banken kunnat bryta igenom det avsevärt tjocka och tillsynes bärkraftiga ytlagret, torde hava berott på förefintliga försvagningar i detta. Det av markförskjutningen berörda området har tidigare utgjort kärrmark, vilken under senare hälften av 1800-talet torrlades genom upptagande av det gamla diket genom den mindre sidodalen, som banan övertvärar. De utförda undersökningarna visa visserligen ej någon nämnvärd skillnad i torrskorpans tjocklek å skredområdet och utanför detsamma. Det är dock möjligt, att torrskorpebildningen efter utdikningen blivit ojämn och varit svagare å området under banken. En svaghetszon i torrskorpan har otvivelaktigt förefunnits vid det nyssnämnda gamla diket, och en annan sådan hade uppstått genom grävningen för den sedermera av skredet förstörda trumman, vilken, som nämnts, anlades utan grundförstärkning.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Ett skred av den statisk-dynamiska anledningen, att bankbelastningen i och med påfyllningen för utjämnandet av svackan i spåret blivit för stor. Framåtgripande förlopp.

11. Markgenombrott vid anläggandet av dubbelspårsbank vid Kuddby å bansträckan Nyköping—Norrköping åren 1912—1915.

Top. karta 1 : 100 000, se fig. 42, sid. 69.

Denna bank är belägen mellan Åby station och Loddby hållplats å södra stambanans nya dubbelspår mellan Åby och Norrköping, omkring km 175+600 i banlängdmätningen från Stockholm över Katrineholm (Fig. 42, sid. 69). Banan övertvärar här i nordsydlig riktning i lutning 1 : 100 en flack dalsänka i lerterräng. I riktning tvärs över banan ligger markytan i det närmaste horisontalt. Bankens högsta höjd uppgår till inemot 6 m, och markytan ligger på den punkten vid pass 6 m över havet. Stambanans gamla enkelspår framgick å en knappt 1 m hög bank väster om den nya linjen, vid 175+600 c:a 60 m från denna. Omedelbart söder om dubbelspårsbanken framgår dubbelspåret i det gamla linjeläget.

Banken, som byggdes åren 1912—1915, har erfordrat ansenliga fyllningsmassor. Fyllningen genombröt under utfyllningsarbetet markens fastare ytlager på en sträcka av c:a 350 m, och vid fortsatt påfyllning trängde bankkroppen allt djupare ned i grunden. Därvid uppstodo stora uppskjutningar på ömse sidor om banken, vilka maximalt sträckte sig på högra (västra) sidan om banan till c:a 65 m och på vänstra (östra) sidan till c:a 55 m från bankens mitt. I samråd med geotekniska kommissionen fullbordades arbetet på så sätt, att banken genom överbelastning tvingades att successivt nedtränga allt djupare i grunden. Därjämte utlades tryckbankar på bankens ömse sidor, vilka slutligen gjordes intill 10 m breda och c:a 2 m höga.

Nedsjunkningen skedde huvudsakligen genom plötsliga sättningar, som inträffade växelvis å bankens båda sidor. Den första sättningen skedde mellan sekt. 175+530 och 175+595 i okt. 1912, då banken utfyllts till 5 m höjd, varvid uppskjutning av marken på högra sidan ägde rum. Sedan denna sättning inträffat, påbörjade man utläggandet av tryckbankar.

Då uppskjutningarna år 1914 syntes kunna hota att deformera enkelspåret, överfördes trafiken å ett spår, som provisoriskt utlades på stort avstånd från dubbelspårsbanken. Detta visade sig även vara välbetänkt, enär de framträngande uppskjutningarna senare under utfyllningsarbetet upplyfte och raserade den gamla enkelspårsbanken på en ansenlig sträcka.

När slutligen banken visade sig stå för en överbelastning över balanslinjen av c:a 2,5 m, företogs den 20 april 1915 en sprängning med 250 kg dynamit inuti fyllningsmassorna på den sträcka av c:a 100 m av banken, där de största sjunkningarna visat sig. Sprängsatsen var lika fördelad på 11 rör, nedslagna vid bankfoten på ömse sidor om banken till c:a 6,5 m djup och något lutande in under banken. Genom sprängningen uppstod sättning endast omkring ett par av sprängrören och där blott med c:a 1 dm. Överbelastningen fick sedan kvarligga till början av augusti månad, under vilken tid inga sättningar iakttogos. Sedan banken därefter avplanerats och iordningställts, öppnades den nya linjen för trafik den 1 september samma år.

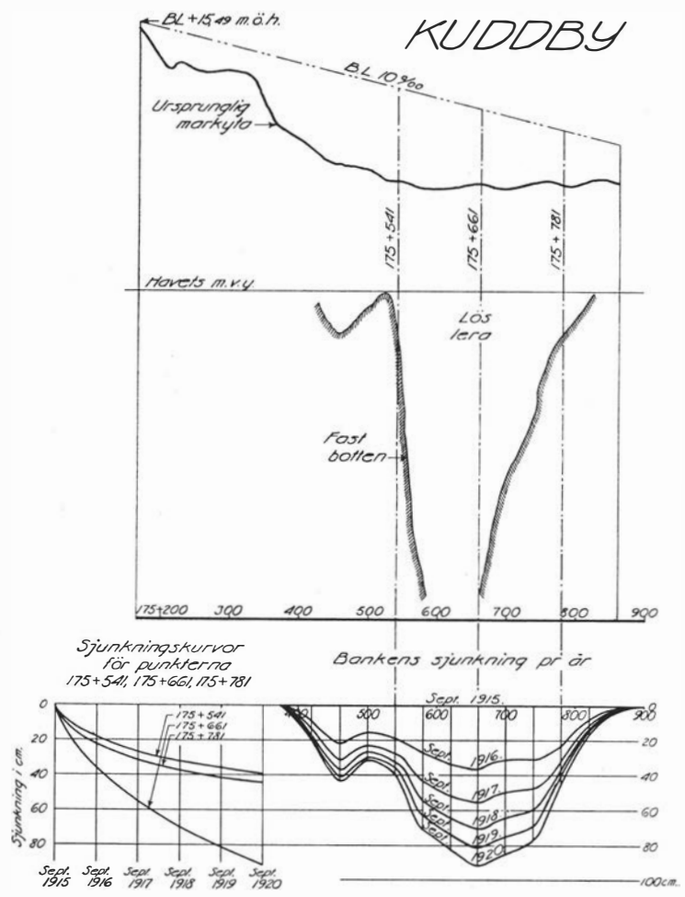


Fig. 76. Diagram, visande förloppet av Kuddbybankens sjunkning under tiden september 1915—september 1920.

Under byggnadstiden utfördes genom byggnadsbefälets försorg borrningar för att utröna grundförhållandena och bankfyllningens nedsjunkning. Under senare delen av år 1914 samt år 1915 gjordes observationer över markytans rörelser vid uppskjutningarna. Kommissionen har senare efter bankens färdigställande i tvenne sekt. (Pl. 36) mera ingående genom sondborrningar och provtagningar undersökt grundförhållandena samt bankkroppens läge. Dessa undersökningar hava, i vad de avse lerans mäktighet, i stort sett bekräftat de genom byggnadsbefälet utförda borrningarna. Däremot hava de sistnämnda befunnits vara missvisande beträffande fyllningens mäktighet, i det att banken visat sig hava nedträngt betydligt mindre, än vad dessa äldre borrningar angåvo (se sekt. 175+561, Pl. 36).

Grunden består av postglacial och glacial lera, som underlagras av sand och grus. Leran äger vid markytan en torrskorpa av föga mer än 1 m tjocklek. Under denna är leran till betydligt djup av lös beskaffenhet. Längst ned blir den mjälig och något fastare. Leran har på en c:a 100 m lång sträcka vid mitten av det nedsjunkna bankpartiet stor mäktighet, 16 till 26 m, men blir mot bankens båda ändar tunnare. Tvärs mot banan har fasta bottnen en svag lutning mot väster (höger). De å medföljande karta (Pl. 36) inlagda nivåkurvorna för fasta bottnen hava upprättats av byggnadsledningen.

Av kommissionens undersökningar har framgått, att fyllningen nedsjunkit till avsevärt djup. I sekt. 175+561 uppgår nedsjunkningen till 11 m under ursprunglig markyta. Banken vilar nu med bred bas i leran, och uppskjutningarna och tryckbankarna hava båda bidragit att stabilisera banken i detta läge. Av formen på de nedsjunkna fyllningsmassorna framgår, att banken sjunkit mera på högra än på vänstra sidan. Detta kan möjligen tillskrivas dels lutningen av fasta bottnen åt detta håll, dels en till synes något lösare konsistens hos leran på denna sida.

De av byggnadsledningen utförda observationerna av markytans rörelser visa, att både höjning och förskjutning åt ömse sidor ut från banken ägde rum. Rörelsen har i allmänhet varit störst närmast banken och småningom förtonat ut från densamma. Dessa observationer, som pågingo under senare delen av byggnadstiden, visa under denna tid (15 okt. 1914—19 juni 1915) en sammanlagd största sidoförskjutning av c:a 7 m och en största sammanlagd höjning av c:a 2 m. Av dessa mätningar framgick, att rörelserna utanför banken slutligen avtogo; under sista månaden av observationstiden hade de mestadels upphört eller voro mycket obetydliga.

Allt sedan banan öppnades för trafik, har geotekniska kommissionen genom avvägning å pålar, fast nedslagna i dubbelspårets mittlinje, följt själva bankens successiva nedsjunkning. Resultaten av dessa observationer åskådliggöras av diagrammen, fig. 76. Av denna figur framgår även, att sjunkningssträckan sammanfaller med svackan i fasta bottnen. Största sjunkningsbeloppet under tiden från den 4 sept. 1915 till den 25 okt. 1920, har uppgått till c:a 95 cm. Sjunkningarna visa överallt en kontinuerligt avtagande hastighet, men pågå ännu med högst c:a 1 dm per år. Anledningen till denna sjunkning torde vara en ännu fortgående långsam sammanpackning av fyllningen och komprimering av leran under densamma. Av vattenhaltssiffrorna och hållfasthetsdiagrammen för leran (Pl. 36) framgår också, att det under fyllningen kvarliggande lerlagret minskat något i vattenhalt och ökat i hållfasthet.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred av den statisk-dynamiska anledningen, att bankbelastningen undan för undan ökades. Beträffande de efter första genombrottet inträffade skreden tillkommer dessutom den anledningen, att lerans hållfasthet allt mer nedsattes tillfölje den fortgående omknådningen (konsistensanledning). Framåtgripande förlopp.

12. Markgenombrott vid anläggandet av dubbelspårsbank å mossen vid Vik å bandelen Göteborg—Alingsås åren 1911—1915.

Top. karta 1 : 100 000, se fig. 56, sid. 87.

Vid anläggandet av dubbelspår mellan Olskroken och Alingsås å västra stambanan måste delar av banan med allt för skarpa kurvor helt omläggas. Vid Viks mosse mellan Norsesund och Floda (se top. kartan Fig. 56) hade det gamla enkelspåret letts förbi själva mossen med dess mäktiga och lösa jordlager. Vid dubbelspårets anläggande drogs banan fram i tämligen rak linje på hög bank tvärs över östra delen av mossen och i tvenne tunnlar, Ubbaredstunnlarna, genom bergen söder om denna.

Vid utläggandet av banken över Viks mosse sjönk fyllningen till avsevärt djup, varvid de lösa jordlagren under och på sidorna om banken utsattes för betydande förskjutningar och deformationer.

Topografi. Viks mosse ligger ej långt från Stora Sävelångens västra strand i en till Säveådalen i nära väst-ostlig riktning stötande, mindre dalsänka (Pl. 37, Fig. A). I norr begränsas mossen av ned mot densamma sakta lutande lermark, i väster och söder av tämligen brant stupande moränklädda sluttningar och i öster inom den sydligare delen av ett brant uppstickande, delvis moränbetäckt berg samt i den nordligare delen av lågt liggande lermark, vilken i form av ett smalt näs skiljer den från Stora Sävelången. Mossen har sin största utsträckning (c:a 400 m) i dalsänkans längdriktning. Dess bredd, där dubbelspåret övertvärar densamma, uppgår till c:a 100 m. Mossens yta låg före dubbelspårsbankens utfyllande c:a 56 m ö. h. eller c:a 3 m över Stora Sävelångens medelvattenyta.

Markundersökningar. Borrningar, som av vederbörande arbetsbefäl utfördes år 1911 i samband med dubbelspårsstakningen, gåvo till resultat, att de lösa jordlagren skulle hava en maximal mäktighet i mossen av c:a 20 m, samt att de voro av mycket lös beskaffenhet.

Arbetet med bankens utfyllande igångsattes under år 1911 och fortsatte under de följande åren. Då sjunkningarna under år 1914 började bliva oroväckande stora, verkställdes i april månad detta

år förnyad undersökning medelst täta sondborrningar. Resultatet av dessa borrningar bekräftades i stort sett genom undersökningar av mera detaljerad natur, vilka för geotekniska kommissionens räkning utfördes under månaderna juni, juli och november samma år.

De sektioner, som därvid undersöktes, angivas å kartorna (Pl. 37, Fig. A och Fig. B). Deras lägen valdes dels vinkelrätt mot banan, dels tillfölje terrängen något snett mot denna. (Här medtages endast sekt. 30+340, Pl. 5).[1]

Fasta bottnens läge.

En överblick över fasta bottnens topografi erhålles av kartan Pl. 37, Fig. B, där kurvor med 5 m ekvidistans angiva fasta bottnens läge i meter över havet. Som synes av denna, sträcker sig det djupast belägna partiet ungefär i ost-västlig riktning samt skäres av dubbelspårets mittlinje omkring sekt. 30+360.

Lagerföljd.

Lagerserien i Viks mosse utgöres överst av ända upp till 6 m *torv* och *gyttja* samt därunder av *lera* av växlande mäktighet, högst uppgående till c:a 25 m (Pl. 5).

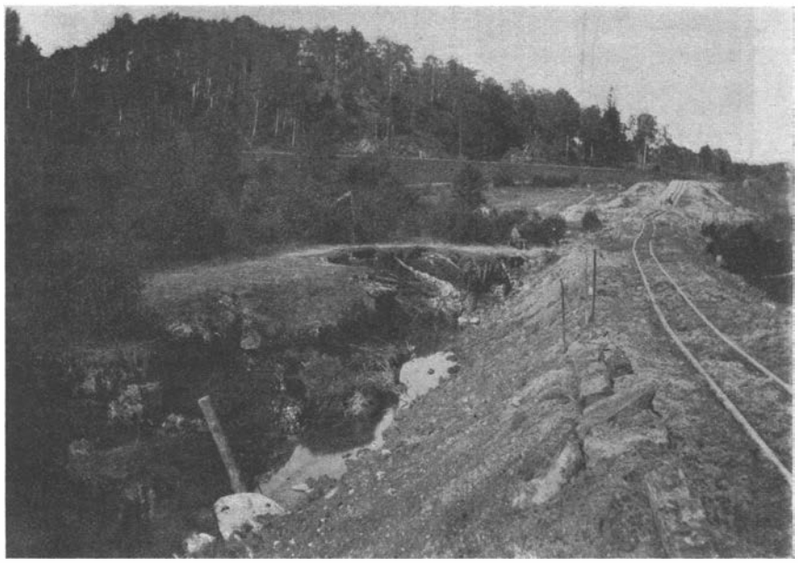


Fig. 77. Viksbanken, sedd från söder i tidigt stadium av utfyllningsarbetet. Mosslagren genombrutna.

Torvmosselagren bestå, där de äro som mäktigast, överst av c:a 0,5—1,0 m *vitmosstorv*, till större delen oförmultnad och av god sammanhållning (filttorv), och därunder av en tämligen väl multnad, dyartad *kärrtorv* med en mäktighet av högst c:a 3 m (dytorv). Denna underlagras i sin tur av c:a 3 m *gyttja*. Inom mossen är leran mycket lös med en vattenhalt, som varierar mellan 38 och 42 % (61 och 72 % vatn/trs). Vid mossens randparti, där leran närmar sig eller bildar markytan, erhåller dess översta del torrskorpekaraktär. Inom den sakta lutande lerterrängen norr om mossen är torrskorpan väl utvecklad.

Arbetets utförande.

Då balanslinjen låg 6 à 7 m över mossens yta, kunde man således antaga, att bankfyllningen skulle bryta sig igenom marklagret, helst som dettas enda mera bärkraftiga skikt utgjordes av den föga mäktiga vitmosstorven. Mosstäcket brast också, när banken nått en höjd av 1,5 m. Från år 1911 till och med mars 1914 sjönk fyllningen å mossen kontinuerligt, allt eftersom den uttippades. Den under denna tid med långa tidsintervaller utlagda fyllningen, som härstammade från närbelägna skärningar och från tunnelsprängningarna vid Ubbared, utkördes å mossen med decauvillevagnar samt utgjorde c:a 10 700 kbm sten och 36 700 kbm lera.[2]

[1] Sektionerna ha benämnts i enlighet med dubbelspårsbyggnadens längdmätning från Olskroken.

[2] Massuppgifterna, som här hänföra sig till lös massa, ha erhållits genom arbetschefen. I de fall, dessa uppgifter varit angivna i fast massa, har vid omräkning till lös massa beräknats en svällning av 50 % för sprängsten, 10 % för grus, 20 % för sand, 30 % för lera och »jord».

Denna fyllningsmassa uttippades mellan sekt. 30+125 och 30+625. Några detaljerade uppgifter, huru den fördelar sig å denna sträcka, ha ej stått till buds, men det är av flera skäl sannolikt, att största delen uttippades å sträckan 30+250—30+450. Jämnt fördelad å sträckan 30+125—30+625 skulle den utgöra nära 100 kbm per lm.

När banken å mossen ansågs hava nått tillräcklig stabilitet för utförandet av järnvägsvagnar å densamma, togs den huvudsakliga delen av fyllningen från grusgropen vid Torp, öster om Alingsås. Till en början fortsatte samtidigt tillförsel av sprängsten från Ubbaredstunnlarna å decauvillespåret, vilket nu flyttades ned utefter bankens västra (vänstra) sida. Under mars—maj 1914 uttippades sammanlagt 24 600 kbm mjälsand från Torp å den del av banken, där sättningarna skedde, eller mellan sekt. 30+250 och 30+450. Jämnt fördelad på denna sträcka utgjorde detta tillskott i fyllningen något över 120 kbm per lm. Banken sjönk enligt uppgift regelbundet med ungefär en veckas mellanrum, och vanligen skedde sjunkningarna omedelbart, sedan ett grussätt lossats, och så hastigt,

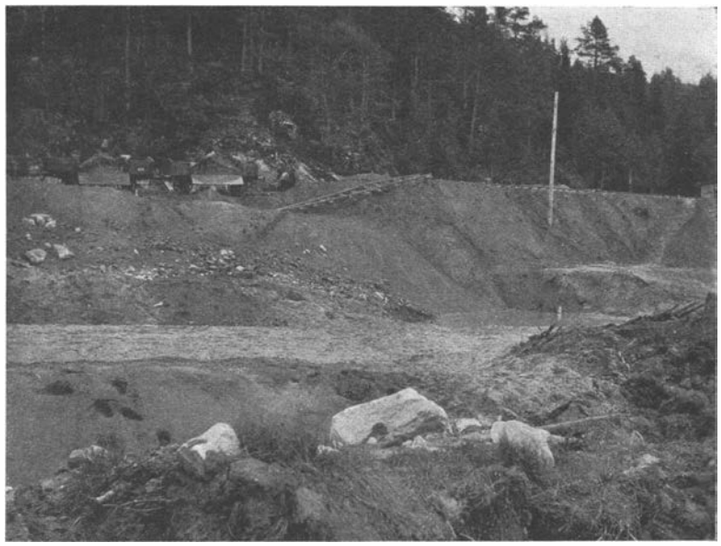


Fig. 78. Tvärt brott vid sjunkning i Viksbankens södra del (sett från norr).

att detsamma ofta ej hann dragas från banken. På grund härav inträffade en del urspårningar. Allt eftersom utfyllningsarbetet fortskred, började en allt tydligare deformation av mossens yta framträda. Mossen sprack sönder efter linjer, som radiellt och koncentriskt anordnade sig ut ifrån och omkring det område, där sjunkningarna voro störst (Pl. 37, Fig. A). Detta var beläget mellan sekt. 30+300 och 30+350, eller närmast det brant stupande berget, öster (höger) om mossen, invid vilket lerlagret hade sin största mäktighet.

Under nu skildrade utfyllningsperiod nådde tydligen banken en viss grad av stabilitet, ty hädanefter inträffade sjunkningarna ej så ofta, utan endast ungefär en gång i månaden. Den höjd, till vilken banken kunde bringas, innan sjunkning skedde, ökades successivt, dock utan att full höjd nåddes.

Under tiden juni—september 1914 uttippades å banken c:a 47 300 kbm mjälsand, vilket å den 200 m långa sträckan mellan sekt. 30+250 och 30+450 utgör nära 250 kbm pr lm. Under denna tid torde banken mellan sekt. 30+390 och 30+450 hava utfyllts till den tvärprofil, som den vid senare utförda snett in mot banken riktade sondborrningar visat sig inneha. Under senare delen av denna period bragtes banken upp till nära full höjd men sjönk, när denna väl var nådd. De största sjunkningarna, som berörde sträckan 30+260—30+360, och vilka varje gång uppgingo till högst c:a 4 m, inträffade den 15 juli, den 20 augusti och den 12 september.

Sprängningarna. Mot slutet av september 1914 hade banken åter uppfyllts till full höjd. Då några tecken till sättningar icke kunde förmärkas, beslöt man pröva dess stabilitet medelst sprängning med dynamit. Upprepade sådana sprängningar verkställdes. I efterföljande tabell återfinnas uppgifter angående

Sprängningar vid Viksbanken enligt av arbetschefen lämnade uppgifter.

Mängd fyllning (lös massa), påfylld efter föregående sprängningar		Datum för sprängningen	Sprängrörens läge i förhållande till dubbelspårets mitt V = vänster H = höger	Nedre rörändens		Inre rördiameter	Dynamitladdning	Laddningens längd i rören	Sprängningens förlopp och verkan
sträcka	kbm			djup under markytan m	höjd över havet m	mm	kg	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		29 sept. 1914	30+245 V. 39	5,9	49	102	10	2,1	Alla skotten (summa 150 kg, d. v. s. 1,2 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Ingen sättning och inga nämnvärda sprickor.
			+265 » 47	6	41	102	10	1,9	
			+282 » 53	22,7	23,8	76	35	7	
			+298 » 58	19,9	36	76	25	8,5	
			+318 » 64	21,9	34,9	76	35	8	
			+346 » 61	22,7	30,4	76	35	7	
		5 okt. 1914	30+328 H. 11	7	49	102	25	2	Alla skotten (summa 150 kg, d. v. s. c:a 1,1 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Sprickor i bankslänten. Ingen sättning.
			+378 » 22	12	43,5				
			+405 » 24	10	45,5				
			+432 » 25	9	46				
			+380 V. 28	10	45,5				
			+412 » 17	4	51				
c:a 30+250—30+450	c:a 8 900	22 okt. 1914	30+245 V. 39	7,2	47,7	102	10	1,4	Alla skotten (summa 155 kg, d. v. s 1,25 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Omedelbart efter skottlossningen längsgående sprickor i banken å 30+270—30+340. C:a 10 minuter efter skottlossningen sjunkning med tvärt brott till ett djup av 1,5 m vid sektion 30+270 och med utspetsning till sektion 30+340. Förskjutning av marken å bankens västra sida 1,5 m.
			+265 » 47	6	49,1	102	10	1,4	
			+282 » 56	21,9	34,6	76	35	6,9	
			+298 » 58	20,9	36	76	30	5	
			+318 » 64	23	33,8	76	35	8,5	
			+345 » 61	23	35,1	76	35	7	
c:a 30+250—30+450	c:a 6 400	7 nov. 1914	30+245 V. 43	4	50,9	127	9	0,5	Alla skotten (summa 94 kg, d. v. s. 0,8 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Omedelbart efter skottlossningen sprickor i banken. C:a 10 minuter efter skottlossningen sjunkning med tvärt brott till ett djup av c:a 3,5 m vid sektion 30+260 och med utspetsning till sektion 30+420. Obetydlig sättning å 30+220—30+260.
			+267 » 56	4,1	51,1	127	9	0,5	
			+283 » 60	15	40,5	102	19	2	
			+299 » 59	19	36	102	19	1,8	
			+318 » 66	22,2	34,5	102	19	1,9	
			+340 » 62	17,7	38,6	102	19	1,8	
c:a 30+250—30+450	c:a 11 600 (därav 2 600 såsom överbelastning)	20 jan. 1915	30+246 V. 35	6,5	48,5	76	16	4,7	Skotten vid 30+246 V. 35 och 30+258 V. 37 tände först, skottet vid 30+270 V. 22 senare (efter utbyte av tändhatt). Längsgående sprickor vid H. 1 och V. 5 å 30+260 och 30+290. Ingen sättning.
			+258 » 37	10	45		21	6,7	
			+270 » 22	3	54		10	1,5	
30+246—30+270	1 000 såsom överbelastning	26 jan. 1915	30+250 V. 44	7,5	47,8	63	15	4,5	Skotten vid 30+250 V. 44, 30+285 V. 60, 30+355 V. 53 och 30+430 V. 38 tände först, de övriga efter utbyte av tändhattar c:a 10 minuter därefter. Inga sprickor och ingen sättning.
			+285 » 60	29,3	27,5	76	30	7	
			+320 » 70	29,8	27,5	63	30	10	
			+355 » 53	23,8	34,3	63	20	8	
			+390 » 40	10	46,9	63	15	3,5	
			+430 » 38	7,2	47,2	63	15	3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c:a 30+300—30+440	c:a 300 såsom överbelastning	18 mars 1915	30+347 H. 21 +380 » 30 +420 » 32 +283 V. 57 +297 » 66 +350 » 53 +395 » 40	8,5 8,7 14,1 24,3 21,5 21,2 10,2	50 48,5 41,9 32,5 35,5 36,4 46,5	76 76 76 76 63 63 76	21,4 21,4 16,4 26,4 26,4 21,4 16,4	5 5 4 6,6 8,4 6,7 4	Alla skotten (summa 149,8 kg, d. v. s. c:a 1,2 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Vid påfyllning den $^1/_3$—$^{10}/_3$ uppkomna sprickor vidgades. Förskjutning 0,16 m åt höger samt sjunkning 0,15 m av högra bankhalvan å 30+290—30+370. Mossen uppbruten inom stora områden.
30+330—30+430	c:a 1 800 såsom överbelastning	7 juni 1915	30+330 H. 15 +348 » 19 +381 » 24 +407 » 27 +430 » 23	8,2 10,5 16,1 10,6 9,9	49,6 46,8 39,8 44,7 44,7	76	21 26 31 31 26	6,2 5 10 6,5 4	Alla skotten (summa 135 kg, d. v. s. c:a 1,1 kg/lm skjutningssträcka) tände samtidigt. Längsgående sprickor å 30+330—30+430. Sättning 0,3 m inom bankens högra del å 30+340—30+350.

tidpunkterna för sprängningarna, mängden fyllning, som mellan dem påfördes banken inom banksektionen och i form av överbelastning, sprängrörens placering, rördiameter, dynamitladdningarnas storlek samt slutligen sprängningarnas effekt.

Av tabellen framgår, att de båda första sprängningarna, den 29 sept. och den 5 okt. 1914, blott gjorde obetydlig åverkan å banken, i det att endast sprickor, men inga sättningar uppstodo. De därpå följande sprängningarna, den 22 okt. och den 7 nov. 1914, åstadkommo däremot avsevärda sättningar, nämligen respektive 1,5 m och 3,5 m. Då dynamitladdningarnas storlek och skottens anordning voro ungefär lika, torde orsaken till detta förhållande böra tillskrivas den under oktober påförda fyllningen. Vid de fyra sista sprängningarna, den 20 jan., den 26 jan., den 18 mars och den 7 juni 1915, anbragtes å banken överbelastning, som till slut uppgick till 35 à 50 kbm pr lm. Då trots detta blott mindre rörelser genom sprängningarna uppstodo i banken, ansågs den hava uppnått erforderlig stabilitet.

Bankfyllningens läge. Genom undersökningar av bankfyllningens läge, vilka utförts av geotekniska kommissionen i februari 1915, hade framgått att fyllningsmassorna redan då i allmänhet nedträngt i mossen till närheten av den fasta bottnen.

I sektion 30+320 sträckte sig fyllningen från berget höger (öster) om banken till 56 m vänster om dubbelspårets mitt och hade vid vänster 50 m en mäktighet av minst 10, högst 15 m. Vid denna punkt underlagrades den av ungefär lika mäktig lera. För sektionen i övrigt var det omöjligt att medelst borrningar närmare fixera fyllningens läge. Detta har sålunda icke kunnat fastställas, men på grund av fasta bottnens starka stigning mot höger kan det anses sannolikt, att banken vid vänster 10 m vilar direkt mot denna.

I sekt. 30+340, 30+360, 30+400 och 30+420 lyckades det att rätt väl fastställa bankkroppens begränsning. Det visade sig därvid, att den i sekt. 30+340 (Pl. 5) sjunkit med stark dragning åt vänster, så att den mellan vänster 5 m och vänster 30 m vilar å fast botten. I sekt. 30+360 äger den ungefär motsvarande läge. I den förstnämnda sektionen sträckte sig fyllningen ut till ungefär vänster 50 m och i den sistnämnda till vänster 45 m. I sekt. 30+400 och 30+420 hade bankfyllningen sjunkit med dragning åt höger, åt vilket håll den fasta bottnen i dessa sektioner lutar. I den förstnämnda av dessa sektioner gör borrningarnas resultat det sannolikt, att fyllningen mellan höger 10 m och höger 20 m vilar mot morän. I den sistnämnda åter synes det vara mera troligt, att bankkroppen intager ett tämligen ytligt läge.

Marklagrens deformation. Såsom av ovanstående skildring framgår, var Viksbankens utfyllande förenat med en omfattande deformation av grunden. Vid fyllningens nedsjunkning pressades leran undan, vilket orsakade en successiv upplyftning och sönderbristning av mossen samt starka sidoförskjutningar av mosslagren (Pl. 37, Fig. A). Mossen sönderbröts och försköts efter spricklinjer, vilka radierade ut från banken vid sekt. 30+320. Mossen upplyftades kupolartat såväl vänster som höger om banken, mest inom ett område, som vänster om banken ligger ungefär mellan sekt. 30+300 och 30+340

och höger om banken mellan sekt. 30+360 och 30+400. Genom inmätning i december 1914 av läget av observationspålar, nedslagna i mossen i juni samma år, har storleken av sidoförskjutningen av mosslagren under denna tidsperiod bestämts. Å kartan (Pl. 37, Fig. B) har resultatet av dessa observationer åskådliggjorts genom pilar. Pilbasen angiver pålens läge i juni 1914 och spetsen pålens genom mosslagrens rörelser ändrade läge i dec. 1914. Förskjutningarna äro störst närmast vänster om banken och uppgå där till 25 à 30 m samt avtaga mot mossens periferiska delar. De å mossen höger om banken under samma tid uppmätta rörelserna uppgå till högst 5 m. Mossens ytlager, vilket, såsom nämnts, består av vitmosstorv (filttorv) veckades genom den successiva deformationen ihop till långa valkar, som i koncentriska ringar anordnade sig omkring de områden vänster och höger om banken, från vilka rörelserna utgingo. Dessa valkar blevo ända till c:a 2 m höga och över 300 m långa, samt lågo tätast och voro vackrast utbildade inom mossens yttre delar. Ibland upprestes de så brant, att de sprucko sönder utefter ryggkammarna, och om rörelsen fortsattes ytterligare, inträffade överstjälpningar och överskjutningar. De tätt stående träden å mossen deltogo i ytlagrets rörelser och kommo på sådant sätt att bilda de mest fantastiska grupper (Fig. 79).



Fig. 79. Skog å det deformerade mosspartiet.

Kostnad.

Enligt de överslagsberäkningar, som av vederbörande arbetsbefäl utförts, har kostnaden för Viksbanken uppgått till något över 250 000 kronor.

Möjligen hade kostnaden något kunnat minskas, om bankens sjunkning redan i tidigt stadium underlättats genom sprängning. Någon större vinst torde dock knappast härigenom kunna hava uppstått.

Sedan banken öppnats för trafik ha endast obetydliga, långsamma sättningar av den natur, som i regel förekomma i nyutlagda järnvägsbankar, förmärkts.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred, som — där de icke varit framkallade av sprängning — haft den statisk-dynamiska anledningen, att den aktiva belastningen genom den fortsatta påfyllningen blivit för stor. Framåtgripande utveckling.

13. Markgenombrott vid anläggandet av bank vid Grohed å Bohusbanan.

Nordost om Groheds station har Bohusbanan framdragits utefter nordvästra kanten av en större mosse, de s. k. Häsleröds mader (Fig. 80). Mossen ligger i en i sydväst-nordostlig riktning löpande,



Fig. 80. Top. karta 1:100 000.

trång och djup dalgång och sträcker sig över nästan hela dess bredd. Banan framgår över mossens randområden, och här skedde vid banans byggande omfattande nedsjunkningar av bankfyllningen. De största inträffade omkring km 79+800 (banlängdmätning från Göteborg), c:a 1 km nordost om Grohed, varest banan övertvärar en c:a 175 m bred vik av mossen.

Geotekniska kommissionen lät år 1917 utföra undersökning av bankfyllningens läge samt av de naturliga lösa jordlagren (Pl. 38). I banans närhet visade sig därvid lagerföljden vara, räknat uppifrån, följande:

0,2—0,3 m *multnad torv*;
0,5—1,0 » tämligen *multnad skogstorv* med pinnar;
0,6—0,9 » *dyartad kärrtorv*, upptill med pinnar, nedtill med vass;
0,7 » *gyttja* upptill brun, nedtill grön;
2—7 » grön *gyttjehaltig lera* (postglacial);
10—20 » upptill grå, nedtill skär *lera* (åtminstone undre delen glacial);
därunder *morän*.

Lagren tilltaga i mäktighet mot dalens mitt. Sin ovan angivna mäktighet hava de 20 à 30 m

höger (sydost) om banan, varest de blott i mindre grad rubbats genom de omvälvningar, som förorsakats av fyllningens nedsjunkning.

Vänster om banan ha de flesta av de organogena lagren utkilat, och markytan bildas där av den gröna gyttjeleran, som intill banan dock oftast täckes av väl multnad skogstorv.

Samtliga lager äga ringa sammanhållning. Icke ens skogstorvlagret har nämnvärd bärighet, enär vedresterna i detta i allmänhet endast utgöras av pinnar och äro i hög grad multnade.

Av lerorna är gyttjeleran tämligen lös och den underlagrande grå och skära leran mycket lös. Även i gyttjeleran förekomma tunnare, mycket lösa skikt.

Sondborren sjunker utan belastning eller för 5 à 15 kg belastning till fast botten.

Vattenhalten och hållfasthetstalen för fullständigt omrört prov växla hos gyttjeleran mellan resp 49—59 % (96—144 % vatn/trs) och 3,9—6,4 och hos den underlagrande leran mellan resp. 38—47 % (61—89 % vatn/trs) och 0,3—1,7.

Där lerorna vid mossens kant gå i dagen, bildar deras ytskikt torrskorpa. Intill banan i sekt. 79+900 är torrskorpans tjocklek c:a 2,5 m.

Då fyllningen, som till huvudsaklig del består av sand och mjäla, vid banans utbyggande började sjunka, sökte man hindra detta genom att utlägga en rustbädd av timmer. Emellertid fortsatte sjunkningen trots detta. Rustbädden nedtrycktes och försköts utåt mossen, så att den nu återfinnes i helt omvänt läge vid högra sidan av bankkroppen 10 à 30 m utanför sin ursprungliga plats. Sedan försöket att hejda fyllningsmassornas nedträngande misslyckats, fortsattes utfyllningsarbetet, till dess sjunkningen upphörde. Detta inträffade ej, förrän de utfyllda massorna hade nått mycket stora dimensioner. Sin största storlek har bankkroppen inom mossvikens mittparti. Den har där en största genomskärningsarea av c:a 350 kvm, ett största djup av c:a 16 m och en största bredd av c:a 32 m. Vid sjunkningen har samtidigt en dragning utåt mossen ägt rum, så att $^3/_4$ av fyllningsmassan befinner sig höger om spårets mitt.

Vid fyllningens nedsjunkning har helt visst den mycket lösa, undre leran starkast deformerats och i större mängder pressats ut mot mossens centralare delar, varvid den upplyftat de överliggande lagren och förflyttat dessa utåt mossen. Även dessa lager hava emellertid närmast banken utsatts för betydande omvälvningar. Ett talande exempel härpå erbjuder sekt. 79+820, där vid höger 15 m markytelagret nu anträffades på ett djup av 5 m, täckt av uppressad, några meter mäktig, grå lera.

Trots de stora massor, som åtgått, har fyllningen dock ej nått fast botten, utan ännu återstår under densamma 6 à 9 m lös lera. Möjligen har sjunkningen hejdats av ett i leran under bankens vänstra del befintligt lokalt sandlager, vars läge och förekomst måhända även bidragit till att giva sjunkningen den sneda riktningen utåt mossen.

Orsaken till markens ringa bärförmåga å denna plats torde ligga i den ringa mäktigheten och sammanhållningen av torvlagren samt i frånvaron av torrskorpa. Den stora utbredning, fyllningen erhållit, torde dock även få tillskrivas dess egen ringa sammanhållning, enär den, som ovan nämnts, till övervägande del utgöres av sand och mjäla.

Hade banan förlagts längre ut å mossen, varest mäktiga filttorvartade lager, svagt förmultnad vitmosstorv etc., finnas, hade anläggningen sannolikt betydligt förenklats. Genom att man försökt kringgå mossen, har banan kommit att ligga just å de delar, där marken har sin minsta bärighet.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred, som haft den statisk-dynamiska anledningen, att den aktiva belastningen genom den fortsatta påfyllningen blivit för stor. Framåtgripande utveckling.

14. Utflytningar av fyllningen vid Västkustbanans anläggande utmed Sagsjön åren 1887—1888.

Vid byggandet av Västkustbanan mellan Göteborg och Kungsbacka under åren 1886—1888 inträffade på tvenne ställen utmed Sagsjön (Pl. 39), dels mellan sekt. 15+270 och 15+450, dels mellan sekt. 15+650 och 15+685, i banlängdmätningen från Göteborg, utglidningar av bankfyllningen, vilka i förhållande till bankens höjd och djupet till fast botten voro av synnerligen stor omfattning.

Topografi och geologi.

Sagsjön är belägen mellan Kållered och Lindome stationer i en sänka i den i ungefär nord-sydlig riktning framgående dalgång, genom vilken banlinjen Göteborg-Kungsbacka är framdragen (Fig. 81). Dalen har typisk västkustkaraktär med dalsidor av mestadels branta, föga jordklädda berg och med den merendels flacka dalbottnen utfylld av mäktiga glaciala och postglaciala jord-

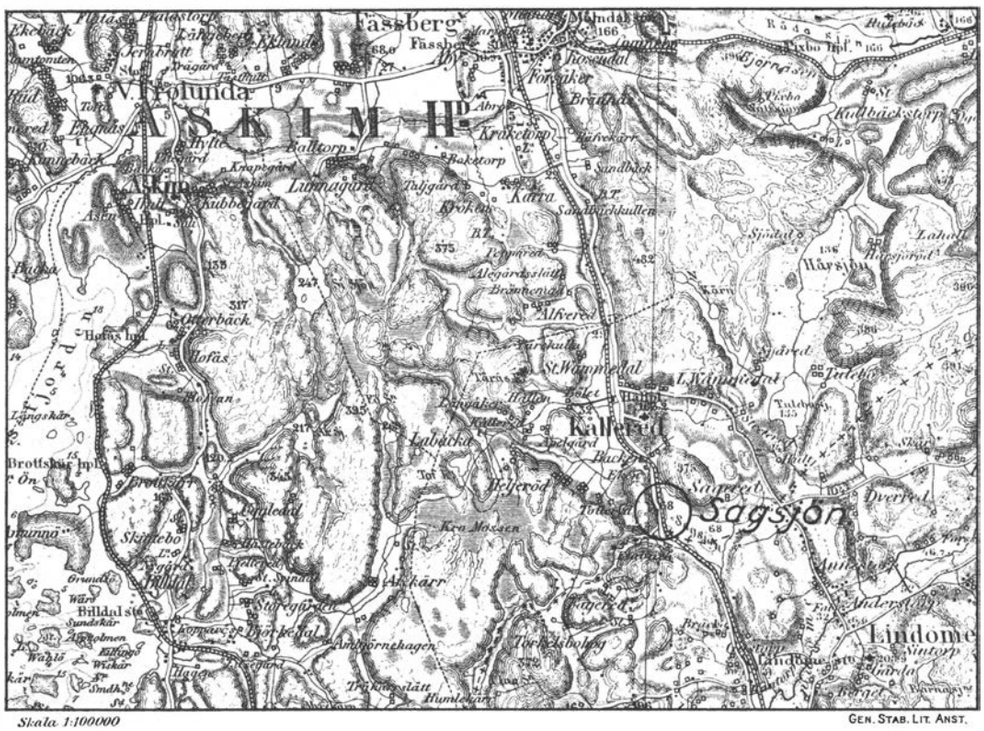


Fig. 81. Top. karta 1 : 100 000.

lager. Sjöns medelvattenyta ligger ungefär 19,5 m över havet. Genom fortgående bildning av organogena jordlager har sjön delvis växt igen och för övrigt mycket starkt uppgrundats, så att största vattendjupet nu uppgår till endast en eller ett par meter. Banlinjen framgår invid sjöns västra strand över kärrmark, vilken vid högvatten till betydliga delar översvämmas.

Vid utredningen för banlinjens ombyggande till dubbelspår utfördes i samråd med geotekniska kommissionen undersökningar av grundförhållandena i ett stort antal tvärsektioner å bansträckan utmed sjön.

Jordlagren bestå underst av morän, däröver av lera samt överst av gyttja, som upptill blir dyig. På vissa ställen överlagras gyttjan av ett ända till 1 m eller mera mäktigt sandlager. Gyttjan och övre delen av lerlagret äro av lös beskaffenhet. Lerlagrets undre del har till följd av riklig skal- och grusinblandning mera karaktären av lerigt grus. Någon egentlig torrskorpa förefinnes icke å den låglänta marken utefter sjöstranden. Den större bärighet, som markens ytlager här har i förhållande till den underliggande lösa gyttjan, är i huvudsak betingad av den decimeter-tjocka grästorven.

Mäktigheten av leran och gyttjan är rätt varierande inom området. Å sjöbottnen utanför västra stranden växlar deras sammanlagda mäktighet mellan 2 och 20 m. Gyttjans största tjocklek synes här uppgå till 7 m. In under västra stranden avtaga dessa lager småningom i mäktighet och utkila, där marken höjer sig över det låglänta strandpartiet. Under banan uppgår lagrens sammanlagda mäktighet till högst 13 m. Endast på några enstaka ställen ligger banan på fast mark. Såväl under banan som å sjöbottnen utmed västra stranden hade dessa lager sin största mäktighet å de sträckor, där utglidningarna ägde rum. I de å sträckan 15+270—15+450 undersökta sektionerna uppgick sammanlagda mäktigheten av leran och gyttjan under banan till 8 à 13 m samt ute i sjön till 8 à 20 m. Vid den å sträckan 15+650—15+685 undersökta sektionen var lagrens mäktighet både under banan och ute i sjön c:a 8 m. Djupet till fasta bottnen är i övriga sektioner i allmänhet jämförelsevis ringa, 1 à 6 m, på vissa ställen dock ända till 9 m. Det över gyttjan liggande sandlagret saknades vid de partier, där utglidningarna skedde. Eljes synes detta lager förekomma nästan överallt å sträckan längs sjön, åtminstone på banans högra sida. Det har tydligen ägt en icke oväsentlig bärande förmåga och har troligen i hög grad bidragit att förhindra bankens nedsjunkning och utglidning på ställen, där grundförhållandena i övrigt varit lika med dem å skredsträckorna. Ytan av morängruset, som utgör fast botten under leran och gyttjan, är under banan mestadels horisontal eller mycket svagt lutande. Endast vid den större skredsträckan är fasta bottnens lutning mera betydande, dock högst c:a 12°.

Utglidningens förlopp och orsaker.

Över förloppet av utglidningen vid banbygget har kommissionen erhållit en redogörelse från banmästare J. A. Kristiansson i Kungsbacka, vilken var förman för det arbetslag, som verkställde fyllningen. Enligt vad han meddelat, har förloppet varit följande.

Under sommaren 1887 rälslades hela sträckan utefter sjön och trafikerades därefter av gruståg. Mellan sekt. 15+285 och 15+375, där djupet till fast botten var störst, utlades en rustbädd. Denna, som bestod av två varv timmer, hade en bredd av 8 m. På timmerbädden lades ett mindre lager mossjord. Bädden påfylldes nämnda år med endast så mycket grus, att spåret kunde lyftas. Å detta parti ägde under året ingen nämnvärd sättning rum. Längs hela den övriga delen av sträckan vid sjön lyckades man under nämnda år uppfylla banan till full höjd — balanslinjen ligger c:a 1 m över sjöns m. v. y. — utan att några sättningar ägde rum, undantagandes å sträckan 15+650—15+685. Vid sistnämnda parti sjönk bankfyllningen oavbrutet, allt eftersom den påfylldes. Sättningen blev dock aldrig större, än att spåret kvarlåg c:a 0,4 m över vattenytan och grustågen kunde passera svackan. Sedan c:a 2500 kbm utfyllts vid detta parti, utan att sättningen visat sig vilja avstanna, upphörde man med utfyllningen här nämnda år. Under vintermånaderna ägde intet arbete rum å banbygget. Först i juni månad följande år började man åter utfyllning av banken vid sistnämnda plats och lyckades nu här färdigställa banan. Inga som helst sättningar förmärktes, ej ens då bankens stabilitet här prövades med överbelastning till 1 m höjd.

Vid sträckan med rustbädden återupptogos i slutet av mars månad 1888 arbetena för att här bringa upp banken till full höjd. Detta lyckades dock ej, emedan rustbädden nedsjönk i den lösa grunden, allt eftersom påfyllningen skedde. Sättningen fortplantade sig slutligen även till de angränsande bankssträckorna. Sålunda nedsjönk stycke efter stycke av sträckan söder om rustbädden fram till sekt. 15+450 och även av bankfyllningen norr om rustbädden fram mot sekt. 15+270. På dessa sträckor hade banken föregående år utfyllts till full höjd, utan att sättningar inträffat.

Man beslöt då att genom fortsatt utfyllning bringa massorna ned till fast botten. Denna utfyllning fortgick med vissa avbrott till slutet av juli månad, under vilken tid bankfyllningen ständigt successivt nedsjönk, så att spåret ej kunde bringas högre upp än till 0,3 à 0,4 m över vattenytan. Vid början av augusti månad syntes sjunkningen slutligen hava upphört å sträckan å och intill rustbädden (15+270—15+390), där banken då uppfyllts till full höjd och överbelastats c:a 1 m. Efter att på detta sätt hava stått i c:a 14 dagar, sjönk emellertid i mitten av augusti hela denna bankssträcka plötsligt ned till vattenytan eller något därunder, endast å 20 m i södra änden av sträckan kvarstod inre hälften av banken. Sedan banken därpå återuppfyllts till balanslinjen, inträffade här ingen ytterligare sättning.

Å den söder härom belägna sträckan (15+390—15+450) fortsattes utfyllningsarbetena under större delen av augusti, utan att sjunkningarna visade något tecken att avstanna. De fortgingo

ständigt i samma mån som fyllning tillfördes, så att spåret alltjämt kom att ligga c:a 0,4 m över vattenytan. Dock kunde banken, då avbrott i arbetet förekommit, exempelvis under söndagarna, fyllas nästan till full höjd, innan sättningen började. Denna skedde då plötsligt, så att banken på en gång gick ned till nyssnämnda höjd, 0,4 m över vattenytan. Då det i slutet av augusti icke syntes möjligt att genom fortsatt utfyllning här kunna färdigställa banken till den för trafikens öppnande utsatta tiden, företog man en inflyttning av banlinjen ett stycke in mot fastmarken, så att spåret mitt för sträckan kom att ligga c:a 7,5 m innanför den ursprungliga linjen. I det nya läget kunde banken utfyllas till full höjd och färdigställas, utan att några nämnvärda sättningar därvid ägde rum. Några sådana ha här ej heller senare inträffat.

Den å sträckan 15+270—15+450 utlagda fyllningsmassan är beräknad till c:a 80 000 kbm. Materialet har enligt uppgift bestått av grovt och fint grus till ungefär lika delar.

Vid geotekniska kommissionens undersökningar av banlinjen utfördes även borrningar för att utröna fyllningens läge vid skredplatserna. Av dessa borrningar framgår, att massorna nått fast botten endast å det korta parti (15+370—15+390), där banken delvis kvarstod vid den ovannämnda plötsliga sjunkningen i mitten av augusti 1888, och där även fasta bottnen under banken låg mindre djupt än å övriga delar av sträckan. Eljest hava de utfyllda massorna ingenstädes nedsjunkit till fast botten, utan stannat i lerlagret samt ligga förskjutna långt utåt sjön (se sektionerna, Pl. 39). Först har fyllningen tydligen småningom pressat sig ned genom gyttjan och möjligen något nedträngt i leran. Därefter hava massorna successivt förskjutits utåt sjön, i vars bottenlager de brett ut sig till en flackt liggande lob, på vissa ställen med någon lutning, som ungefär följer fasta bottnen. Närmast stranden hava massorna vid utglidningen undandrivit gyttjan och till visst djup även leran. Där utglidningen sträckt sig långt utåt sjön, såsom å sträckan närmast söder om rustbädden (15+370—15+450), ligga massorna längst ut inpressade mellan gyttjan och leran. Den stora utsträckningen utåt sjön av de utglidna massorna är å sistnämnda parti, liksom ock å sträckan 15+650—15+685, i förhållande till fyllningens jämförelsevis ringa tjocklek särskilt anmärkningsvärd. Vid sekt. 15+420 har fyllningen utglidit ända till 60 m från ursprungliga spårläget. Vid det parti, där rustbädden utlades, äro förhållandena något annorlunda; fyllningen vilar här på vissa ställen å lerlagrets undre, grusiga och fastare del. Rustbädden nedtrycktes och försköts i slutligen nästan helt omvälvt läge framför massorna, synbarligen utan att i större grad sönderbrytas. Den ursprungliga yttre kanten av rustbädden synes nu sticka upp vid vattenbrynet och bildar en sammanhängande nästan rak linje, som ungefär anger, huru långt fyllningsmassorna vid detta parti förskjutits utåt sjön. Vid norra änden av rustbädden uppgår förskjutningen till 6 m, vid södra änden till 28 m. Norr om rustbädden upphör sidoförskjutningen. Fyllningen har här sjunkit rätt ned. På kartan å Pl. 39 är angivet det område, inom vilket fyllningen utbrett sig.

Att fyllningen här utglidit så mycket i sidled, har otvivelaktigt huvudsakligen berott därpå, att gyttjelagret och lerans övre skikt voro av mycket lös beskaffenhet och gyttjan dessutom var mycket lätt (volymvikt c:a 1,1, d. v. s. obetydligt mer än vatten). Till följd härav har det för fyllningen varit lättare att undandriva dessa lager än att sjunka djupare ned i leran. Härtill torde även hava medverkat, att fyllningen delvis varit av finkornig beskaffenhet. Genom den ständiga utfyllningen hava dessa mindre goda fyllningsmassor troligen under utglidningen hållits vid flytjordstillstånd samt tillföljd därav även varit något lättare än i fullt sammanpackat tillstånd. Å sträckan 15+650—15+685 hade under det längre uppehåll, som under vintern 1887—1888 gjordes i utfyllningsarbetet, en konsolidering genom ökad kohesion och sannolikt även vattenutpressning i fyllningsmassorna samt i den omrörda gyttjan och leran otvivelaktigt försiggått. Dessa omständigheter ha troligen varit anledningen till, att banken på denna sträcka efter uppehållet kunde uppfyllas utan ytterligare sättningar.

Markförskjutningen kan i korthet karaktäriseras som:

Upprepade skred av den statisk-dynamiska anledningen, att den aktiva belastningen blivit för stor. Framåtgripande utveckling.

15. Markgenombrott vid södra delen och marksammanpressning vid norra delen av banken vid Smedseröd å Bohusbanan.

Top. karta 1 : 100 000 se Fig. 80, sid. 132.

Vid Smedseröd (se top. kartan, Fig. 80) omkring km 95+400 (banlängdmätning från Göteborg) mellan Uddevalla och Hogstorp övertvärar Bohusbanan på en ända till 5 m hög bank i S-formad kurva en bred dalgång. Vid banans anläggande skedde här upprepade nedsjunkningar och utglidningar av bankfyllningen till stor omfattning. Inom ifrågavarande parti av dalen stiger marken från söder mot norr. Markytans lägre del upptages av en föga djup mosse, vilken banan sneddar över ungefär mellan km 95+180 och 95+300. I övrigt utgöres markytan ända in till närheten av dalsidorna av lera.

De största sjunkningarna inträffade inom och intill mossen (sekt. 95+250, Pl. 40). Mossjordarterna bestå av en dytorvartad kärrtorv och något gyttja, vilka sammanlagt äro c:a 1 m mäktiga. De underlagras av mycket lös lera, som upptill är något gyttjig och nedåt mycket mjälig. I spårmitt är leran i de inom mosspartiet undersökta sekt. 95+250 och 95+320 c:a 15 m mäktig. Längre åt höger (öster) är leran i dessa sektioner ännu mäktigare. Sålunda uppgår mäktigheten 50 m höger om banan till c:a 25 m. Hållfasthetstalen å leran för fullständigt omrört prov variera mellan 0,6 och 5,2 och vattenhaltssiffrorna mellan 40 och 51% (67 och 104% vatn/trs). Torrskorpan, som är c:a 1 m mäktig, är föga utbildad, då leran inom den till större delen har flytgränskonsistens.

Utanför mossen tilltager torrskorpan i fasthet och tjocklek och blir ända till 1,5 à 2,5 m mäktig (sekt. 95+500, Pl. 40). Samtidigt minskas lerans mäktighet till 6 à 10 m, varjämte den alltigenom blir något fastare. Hållfasthetstalen å fullständigt omrört prov variera mellan 2,6—6,7. Vattenhalten uppgår högst till 38 à 39% (62 à 64% vatn/trs) men håller sig som regel omkring 30 à 34% (43 à 52% vatn/trs).

Genom fyllningens nedsjunkning inom mossen har uppstått en bankkropp, som har en genomskärningsarea av 500 à 600 kvm (sekt. 95+250, Pl. 40). Vid nedsjunkningen har fyllningen till stor del dragit sig i riktning utåt dalen (åt höger) och sträcker sig åt detta håll 30 till 50 m från spårets mitt. Av fyllningsmassorna ligga $^2/_3$ à $^4/_5$ på denna sida om spårets mitt. Vid fyllningens nedsjunkning pressades leran åt sidorna. På grund av den djupare liggande lerans lösa konsistens och den ringa sammanhållningen inom markytelagren kunde ytvalkarna ej nå någon större storlek. Området omkring banan upplyftades dock starkt, och erhöll till synes formen av en tämligen starkt kupolartad uppvälvning av marken. Höger om banan skedde sådan upplyftning ut till det stora avståndet av 150 m från spårmitt. På gränsen mellan fyllningen och leran utbildade sig vid nedsjunkningen och förskjutningen utåt dalen en kontaktszon, bestående av en blandning av fyllningsmaterial och lera. Inom denna zon synes leran vara särskilt starkt omrörd, och här anträffades vid provtagningen rundade stycken av den i fyllningen ingående fasta mjälan. Sannolikt ha sålunda betydande massförflyttningar ägt rum efter denna zon. Den utsträckning, deformationerna nått, har antagligen möjliggjorts av den ringa sammanhållningen dels inom den övervägande av sand och mjäla bestående fyllningen, dels hos lerlagret.

Utanför mossens område har fyllningen icke nedsjunkit djupare än c:a 2 m (sekt. 95+500, Pl. 40). Underlagrets eftergivning synes emellertid här icke i nämnvärd grad ha varit förenad med någon sidoförskjutning av leran, då några uppbullningar på sidorna om banken ej finnas. Fastmer synes banksjunkningen här så gott som helt betingas därav, att vattnet utpressats ur leran under banken. Särskilt tydligt framgår detta, om man jämför vattenhalt och hållfasthet (fullständigt omrört prov) i de prov i sekt. 95+500, vilka tagits av leran under torrskorpan dels i spårmitt, dels vid 6, 11 och 17 m höger om spårets mitt (Fig. 6). Medelvattenhalterna visa från bankmitten och utåt en successiv ökning och äro resp. 27,5% (38% vatn/trs), 30,8% (45% vatn/trs), 32,7% (49% vatn/trs) och 35,0% (54% vatn/trs), medan däremot hållfasthetstalen i samma riktning förete en lika tydlig minskning med medeltal resp. 11,2, 9,0, 6,0 och 5,2. En beräkning av torrsubstansen inom varandra motsvarande avsnitt av profilen under och på sidan av banken giver även till resultat, att nämnvärda kvantiteter lera ej kunna vara undanpressade (se vidare C. 1).

Varken å mossen eller å området norr därom märkes numera någon rörelse av banken.

Markförskjutningen omkring sekt. 95+250 kan i korthet karaktäriseras som:
Upprepade skred, som haft den statisk-dynamiska anledningen, att den aktiva belastningen genom den fortsatta påfyllningen blivit för stor. Framåtgripande utveckling.

16. Aspenbanken å bandelen Göteborg—Alingsås.

Vid geotekniska kommissionens undersökningar invid Aspens hållplats (Fig. 82) å bandelen Göteborg—Alingsås har på ganska stort djup under sjön Aspens yta påträffats en zon av mycket fast lera, härrörande från ett forntida markytelager. Då detta förhållande ur geoteknisk synpunkt är av synnerligen stort intresse, icke minst med hänsyn till tillämpningarna inom tekniken, har

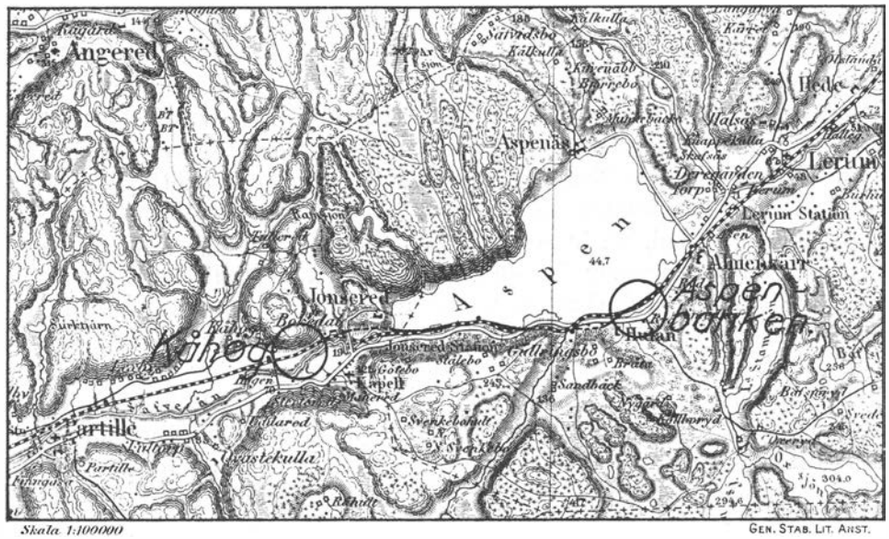


Fig 82. Top. karta 1 : 100 000.
Heldragen linje, streckad i tunnlarna, angiver läget av dubbelspåret, där detta icke sammanfaller med gamla enkelspårsläget.

det ansetts lämpligt att här närmare redogöra för de på denna plats utförda undersökningarna, särskilt i vad de avse detta markytelager.

Före den under åren 1912—1916 verkställda ombyggnaden av bandelen Göteborg—Alingsås från enkelspår till dubbelspår framgick banan vid den östra änden av sjön Aspen (invid nuvarande Aspens hållplats å sträckan Jonsered—Lerum) utmed stranden av denna sjö å låg bank, vilande på faskinbädd och pålar. Vid dubbelspårsbyggnaden flyttades linjen genom uträtning av den förutvarande kurvan med 1 500 fots (450 m) radie till en dylik med 600 m radie c:a 40 m längre ut i sjön och kom på detta sätt att övertvära den här befintliga sjöviken å sträckan 15 + 300—15 + 900 i dubbelspårsbyggnadens Olskroken—Alingsås längdmätning (c:a 439+540—440+130 i banlängdmätning från Stockholm).

Medelst borrningar, utförda dels genom professor G. De Geers, dels genom arbetsledningens försorg, hade utrönts, att vattendjupet i den nya linjesträckningen maximalt uppgick till 4 m, samt att lös jordart därunder vidtog till högst c:a 12 m djup, varefter fast grusbotten mötte.

Banken utfylldes såväl från den östra som från den västra stranden, och fyllningen utgjordes till övervägande del av sprängsten. Allt eftersom utfyllningsarbetet fortskred, utpressades de lösa sjöbottenlagren under fyllningen och upptornades till valkar dels framför, dels på sidorna om fyllningsmassorna. Blott vid ett ställe, och det på en jämförelsevis kort sträcka, inträffade skred vid utfyllningen.

Under år 1914 utsattes banken, sedan den utfyllts till full sektion, för sprängning med dynamit i 5 rör med laddningar om 1 à 2 kg och placerade 3 på nord- och 2 på sydsidan om banken utefter den 500 m långa sträckan närmast öster om Aspens hållplats. Genom sprängningen

uppstodo obetydliga sättningar, vilka voro störst inom bankens östliga del, eller omkring km 15+750 (c:a 439+690), och där uppgingo till 1 à 2 dm.

Vid geotekniska kommissionens första undersökning av denna plats år 1914 utfördes endast sondborrningar, vilka delvis bekräftade de resultat, som erhållits vid de tidigare borrningarna.

Genom undersökningarna kunde utefter linjens sträckning urskiljas trenne olika områden, inom vilka de lösa sjöbottenlagrens mäktighet visade sig olika, nämligen ett västligt och ett östligt med djupare sediment med en mäktighet av 6—10 m, skilda åt av ett grundare, varest mäktigheten blott uppgick till 2 à 4 m.

Av sondborrningarna, av vilka en del utfördes i sned riktning in under banken, syntes framgå, att bankfyllningen hade sjunkit rätt ned till närheten av fast botten. Ett undantag härifrån utgjorde den korta sträckan omkring själva hållplatsen, där skred inträffat, och varest sprängstensfyllningen syntes ligga i form av en mot sjön utsträckt, sakta avsmalnande tunga.

Borrningarna angåvo visserligen relativt lösa sjöbottenlager men dessutom, att nämnvärd lutning ej förefanns, vare sig hos sjöbottnen eller hos fasta bottnen. Genom arbetschefen erhållna upplysningar angående storleken av de utlagda fyllningsmassorna gåvo vidare vid handen, att fyllningen måste hava sjunkit djupt ned. Några nämnvärda sättningar eller sidoförskjutningar hade ej iakttagits, fastän banken dels varit utsatt för skjutning medelst mindre dynamitskott, dels hade provkörts med tung belastning. Med stöd av dessa omständigheter ansåg sig kommissionen ej vilja påyrka några särskilda åtgärder till förstärkning av banken.

Som följd av de ökade säkerhetskrav, vilka framkommo efter katastrofen vid Getå, igångsattes förnyade och mera ingående undersökningar på en hel del platser å de banor, över vilka kommissionen hade att yttra sig. Under sommaren 1919 verkställdes dylika undersökningar jämväl av några sektioner vid Aspenbanken, och genom desamma fastställdes noggrannare dels bankkroppens läge, dels de olika bottenlagrens beskaffenhet.

De till detaljundersökning utvalda sektionerna förlades till de båda områden, där bottenlagren hade sin största mäktighet. Fyllningen, vilken såsom nämnts till övervägande del bestod av sprängsten och därför ej kunde genomborras, bestämdes till sitt läge medelst sondborrningar i riktning snett in mot banken. Sjöbottnens lagerföljd undersöktes medelst provtagning med provkanna (genom rör).

Då det skulle föra för långt att här nedan beröra detta undersökningsresultat i dess helhet, skall här blott närmare skildras det, som nåddes genom borrningarna i sekt. 15+757,8 (439+681). Denna sektion är representativ för det område, inom vilket det forntida markytelagret förekommer.

Den lagerföljd, som här fastställdes, åskådliggöres genom sektionsritningen Pl. 41 och var av följande beskaffenhet.

Sjöbottnens ytlager utgiordes mellan enkelspårsbanken och stranden av ett tunt lager dytorv, högst 0,5 m tjockt, vilket underlagrades av ett sandlager, som från stranden med avtagande mäktighet sträckte sig ungefär fram till läget för enkelspåret. Under sandlagret fanns en gyttjig, lös mjäla, som dessutom sträckte sig utanför enkelspårsbanken och där bildade sjöbottnens ytlager samt uppnådde en ganska stor mäktighet eller c:a 5 m. Den gyttjiga mjälan underlagrades av lera, som på gränsen mot mjälan var mycket fast men i övrigt var av mycket lös konsistens. Leran, vilken upptill var postglacial och nedtill glacial, hade en mäktighet, som intill dubbelspårsbanken var 4—5 m, men längre ut åt sjön betydligt större. Vid sondborrning sjönk borret utan belastning ned till denna fasta lera. För att bringa det igenom denna erfordrades däremot en belastning av 100 kg och samtidig vridning. Väl nedkommet i lerlagrets undre, lösa del, sjönk borret åter utan belastning.

Leran underlagrades av glacialsand, vilande direkt å berget.

Bankfyllningen syntes ha sjunkit ned till gränsen mellan gyttjemjälan och den fasta leran. Den hade följaktligen förmått undanpressa gyttjemjälan men ej leran, på vilken den — så vitt man av undersökningen kunde döma — vilade.

Förekomsten av det fasta lerlagret under den 5 m mäktiga gyttjemjälan och på ett djup av 8—9 m under vattenytan var ett undersökningsresultat av överraskande natur. Med den under sommaren 1919 använda provtagningsmetoden medelst vanlig provkanna hade det emellertid ej lyckats att

erhålla fullt tillfredsställande prov, utan dessa hade varit mer eller mindre förorenade genom i borrkannan inträngt vatten. Lerlagret var nämligen så fast, att borret måste stötas ned, och därigenom omrördes och vattenblandades den del av leran, som begränsade borrhålet, och som givetvis i första hand ingick som beståndsdel i provet. Då det emellertid var av stort intresse att närmare konstatera mäktigheten, beskaffenheten och om möjligt även sättet för uppkomsten av detta fasta lerlager, vilket tydligen var det, som bar upp banken, lät kommissionens arbetsutskott göra särskilt detaljerade provtagningar av detsamma. Dessa utfördes från isen i februari 1920. Sådana anordningar träffades därvid, att proven erhöllos i, praktiskt taget, fullständigt oomrört tillstånd.

Provtagningen tillgick sålunda, att ett 102 mm rör medelst hejare neddrevs till gränsen mellan den gyttjiga mjälan och den fasta leran. Vattnet utpumpades ur röret, varefter den gyttjiga mjälan kunde urborras medelst en c:a 1 m lång skruvborr med obetydligt mindre diameter än rörets (Fig. 21, sid. 36). Oomrörda prov av lerlagret togos därefter medelst provtagningscylinder på 0,25 m inbördes avstånd i djupled.

Undersökningen bekräftade, vad man haft anledning misstänka, nämligen att lerlagret under gyttjemjälan ägde en mer eller mindre väl utvecklad torrskorpa. I samtliga de åtta utanför dubbelspårsbanken i sekt. 15+757.8 (439+681) upptagna borrhålen låg närmast över denna torrskorpa ett c:a 1 dm tjockt myllager med grenar och rötter, och leran var genomdragen av tydliga rotkanaler. Då mylla blott kan bildas ovan vatten, var det således ett markytelager, som anträffats, och detta befann sig nu sänkt c:a 8 m under Aspens yta.

Lagret har med all sannolikhet kommit i sitt nuvarande läge genom något forntida skred. De stora variationerna i tjocklek från 0,5 till 4 m samt den upprepade växellagringen av fastare postglacial och lösare glacial lera, som förefinnes inom den påträffade torrskorpan, få lätt sin förklaring såsom uppkomna genom över varandra skjutna, utglidna lerskollor. Ett ytterligare stöd för skredhypotesen giver den topografi, som den av lera bestående marken uppvisar å dalsluttningen ovan den innanför liggande stranden. Här förekomma nämligen några vida, nischformade fördjupningar, i vilka berget delvis är blottat, och vilka otvivelaktigt äro skredärr.

Omedelbart efter detta skred har den mäktiga gyttjemjäla, som nu överlagrar den gamla sänkta markytan, börjat att avsätta sig å densamma. Vid tidpunkten för skredets utlösande låg trakten omkring sjön Aspen i förhållande till havsytan betydligt lägre än nu. Gyttjemjälans bottenskikt innehålla nämligen skal av marina mollusker, vilket visar, att en fjord från Västerhavet sträckt sig in till denna del av dalgången vid tiden för gyttjemjälans avsättning. Med den kännedom, man äger om landhöjningen i denna trakt, har detta varit förhållandet senast för c:a 4 000 år sedan.

Förefintligheten på så stort vattendjup av en väl bevarad torrskorpa av så gammalt datum (minst 4000 år gammal) är av utomordentligt stort geotekniskt intresse. Med avseende på föreliggande speciella stabilitetsfall har torrskorpan sin betydelse, då den i det läge, den innehar, med all säkerhet kan betraktas såsom fullt bärande botten för banken. Sett ur en mera allmän synpunkt är det i fysikaliskt hänseende föga förändrade tillstånd, i vilket den tydligen befinner sig — vattenhalter och hållfasthetstal äro av samma storleksordning som inom motsvarande delar av nuvarande markytelager — ett bevis för att enbart beröring med vatten icke föranleder en leras uppblötning utan att härför även fordras mekanisk åverkan (omrörning, knådning).

17. Några fall av bankbelastningar å torvmossar.

Bland geotekniska kommissionens hållfasthetsundersökningar av olika jordslag förtjäna några jämförande undersökningar av torvmossejordarter ett särskilt omnämnande.

I förslaget till dubbelspårsanläggning å bandelen Hallsberg—Örebro, över vilket kommissionen hade att yttra sig, hade man utgått ifrån, att å mossen söder om Säbylunds hållplats det nya spåret av hänsyn till den svaga grunden icke kunde framdragas intill det befintliga, utan att i stället dubbelspåret måste utläggas c:a 30 m från det gamla spåret och fyllningen för detsamma bringas ned till fast botten.

Genom av kommissionen verkställda förberedande undersökningar framstod det emellertid såsom icke uteslutet, att det nya spåret utan risk skulle kunna förläggas utmed det gamla, och utan att fyllningen skulle behöva nedpressas i grunden. Då en sådan anordning förutom fördelen av en rakare linjesträckning skulle medföra en kostnadsbesparing, som enligt 1918 års priser beräknades till över 200 000 kronor, ansåg sig kommissionen närmare böra utreda möjligheterna för en lösning

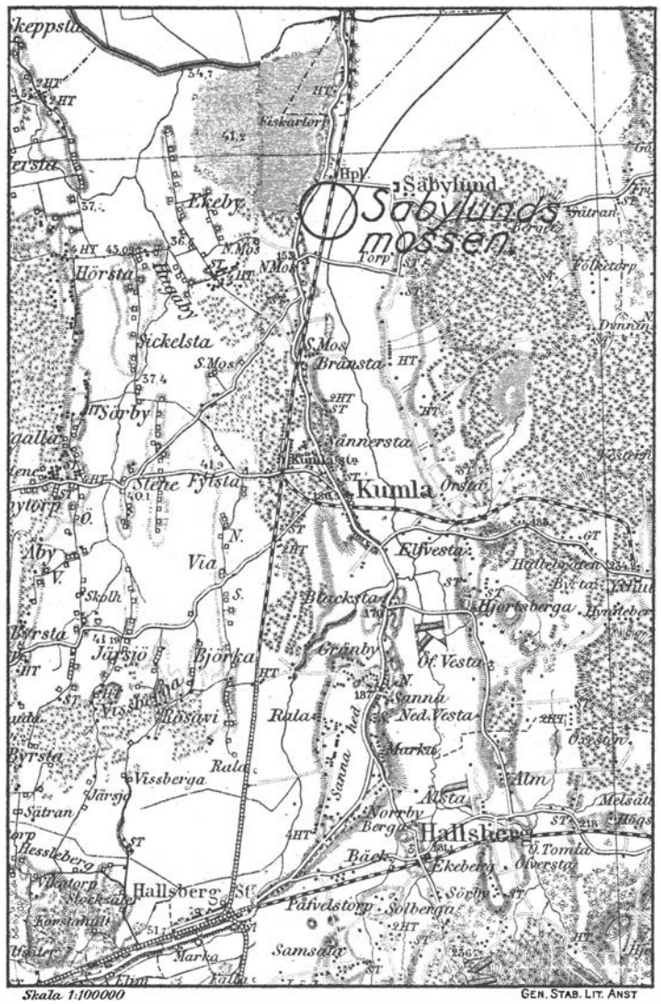


Fig. 83. Top. karta 1 : 100 000.

i denna riktning och lät i detta syfte bland annat verkställa en jämförande undersökning av bankbelastningens inverkan på torvmosselagren i Säbylundsmossen och å ett par likartade platser, nämligen mossen nordost om Västra Bodarne å bandelen Göteborg—Alingsås och mossen vid Glasberga å bandelen Stockholm—Mölnbo, på vilka sistnämnda båda ställen marken förmått uppbära högre bankfyllning än den, som ifrågasattes vid Säbylund.

Vid undersökningen av var och en av dessa platser tillgick så, att gropar upptogos dels mitt i banken, dels omedelbart intill bankfoten, dels så långt ut i mossen, att av banktrycket helt oberörda lager träffades. Torvmosselagren genomgrävdes ned till underlagrande oorganiska sediment. Prov utskuros ur groparnas väggar och undersöktes å platsen beträffande sin hållfasthet och å laboratoriet beträffande vattenhalten. I allmänhet togos flera prov av de olika lagren.

Trots att mossarna ej voro fullt jämställda beträffande lagerföljden, gav undersökningen dock rätt belysande resultat och framför allt ganska god vägledning för bedömandet av den närmast

föreliggande frågan, nämligen huruvida mossen vid Säbylund kunde uppbära den ifrågavarande belastningen av ett nytt spår utmed det befintliga.

Resultaten av undersökningarna på de tre platserna framgå av följande redogörelse.

a. Banken å mossen vid Säbylund å bandelen Hallsberg—Örebro.

Säbylundsmossen (Fig. 83) är sedan gammalt känd för osedvanligt stark gungning vid tågens passerande. För frågan om bankens bibehållande i ytligt läge å mossen var det av intresse att

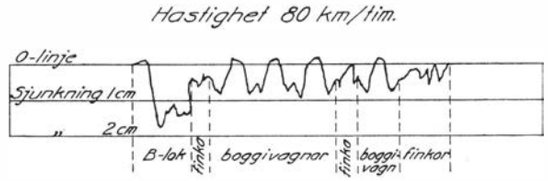


Fig. 84. Mossen söder om Säbylund. Sjunkningsdiagram för ett persontåg, bestående av B-lok med tender och 8 vagnar.

närmare undersöka den nedpressning av banken, som tågen åstadkommo. För detta ändamål konstruerades en enkel apparat, bestående av en hävstång, som uppbars å en till fast botten nedslagen järnstång. Hävstångens ena ände fästes medelst en i olika riktningar rörlig led vid rälen och i dess andra ände var fastsatt ett ritstift, som med hjälp av en fjäder hölls tryckt mot en

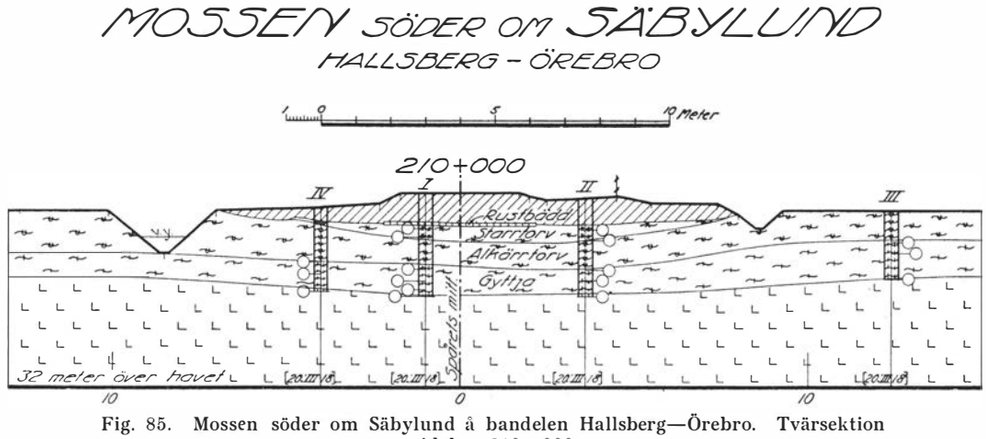


Fig. 85. Mossen söder om Säbylund å bandelen Hallsberg—Örebro. Tvärsektion vid km 210+000.

roterande trumma, omspänd med ritpapper. Hävstångsarmen kunde inställas för ritning i olika skalor. Fig. 84 visar ett av de sjunkningsdiagram, som på detta sätt erhållits, nämligen för ett persontågsätt bestående av ett B-lok med tender samt 8 vagnar. Loket, som är tyngst, har gjort den största nedpressningen uppgående till 1,8 cm. Den största sjunkning, som för ett å denna mosse framgående tåg uppmättes, uppgick till 2,2 cm.

Vid Säbylundsmossen upptogs i och för denna jämförande detaljundersökning en sektion genom torvmosselagren vid km 210+000 i banans längdmätning (Fig. 85). Lagerföljden undersöktes i gropar vid V. 4[1] (grop IV), V. 1,0 (grop I), H. 3,6 (grop II) och H. 12,4 (grop III). En närmare översikt över de olika lagrens art och mäktighet erhålles av nedanstående tabell (Tabell A).

Fyllningsgruset är tämligen hårt packat samt mycket grovt.

Rustbädden, som har en bredd av 4,5 m, utgöres av rundtimmer med en största diameter av 17 à 20 cm. Längs med spåret ligga tre stockar, en under vardera rälen och en i spårmitt, och under dessa ligga tvärgående stockar på c:a 0,5 m inbördes avstånd.

[1] V = vänster, H = höger om banan, sett i banlängdmätningens riktning.

Tabell A. **Säbylundsmossen.** Jordslagens mäktighet.

Jordslag	Mäktighet i meter			
	V. 4,0 (Grop IV)	V. 1,0 (Grop I)	H. 3,6 (Grop II)	H. 12,4 (Grop III)
Bankfyllning av grus	0,40	0,85 inberäknat rustbädd av timmer	0,75	Fyllning saknas
Starrtorv (Filttorv)	0,10	0,45	0,50	Lagret saknas
Alkärrtorv (Skogstorv)	1,00	0,75	0,75	0,85
Vassrik svämtorv[1] (Filttorv)	0,10	0,10	0,10	0,10
Gyttja { Detritus- / Plankton- }	0,75	0,75	0,70	1,05
Under gyttjan följer i samtliga gropar gyttjelera.				

[1] Svämtorven har ej särskilt angivits å tvärsektionen, fig. 85.

Starrtorven är upptill rik på oförmultnade brunmossor, vilket gör, att dess övre hälft erhåller filttorvkaraktär, medan dess undre hälft, där brunmossorna saknas och ersättas av talrika rottrådar, är mera dytorvartad.

Alkärrtorven innehåller i varandra inflätade stammar, grenar, pinnar och rötter av al och björk i riklig mängd och kan av denna anledning betraktas som en naturlig rustbädd.

Svämtorven, vilken uppträder i isolerade, smärre linser, är mycket gyttjeblandad och innehåller blad, rotstockar och rotfilt av vass i sådan utsträckning, att den har filttorvkaraktär.

Gyttjan utgöres till huvudsaklig del av en brun detritusgyttja, som nedtill ersättes av en grön planktongyttja, vilken nedåt småningom, under inlagring av sandränder, övergår i gröngrå gyttjelera.

Fyllningen ligger något nedsjunken i mossen, högst c:a 0,5 m.

Kontakterna såväl mellan de olika torvlagren som ock mellan gyttjan och den denna underlagrande gyttjeleran förlöpa under fyllningen i svagt nedåtböjda bågar. Starkast nedböjd är kontakten mellan starrtorvlagret och alkärrtorvlagret, medan de underliggande äro betydligt mindre nedböjda. Alkärrtorvlagret har i grop III, där det bildar markytan, numera en mäktighet av 0,85 m. Helt visst har dess mäktighet här minskats genom odlingen, och sannolikt har detta lager haft något större mäktighet, än vad det för närvarande har i grop IV, där det nu täckes dels av starrtorv, dels av 0,4 m fyllning och sålunda med säkerhet är något komprimerat. Man kan sålunda räkna med, att detta lager ursprungligen varit minst 1 m tjockt. I groparna I och II vid respektive V. 1,0 och H. 3,6 är lagret nu blott 0,75 m mäktigt och har följaktligen komprimerats så, att det i dessa gropar nu uppgår till högst 75 % av sin ursprungliga mäktighet.

Gyttjan har tydligen något hoppressats under banken, men, då dess mäktighet synes avtaga från höger mot vänster (i riktning mot den forntida stranden), är det svårt att sluta sig till graden av dess hoppressning.

Jämför man resultaten av de vattenhalts- och hållfasthetsbestämningar (Tab. B, C och D), som utförts å de i de olika groparna tagna proven, framgår följande.

Starrtorv- och alkärrtorvlagren undandraga sig jämförande undersökning. Det förra är till sin utbredning numera inskränkt till området under bankfyllningen och är utanför detta bortskaffat genom odlingen. Det senare är till sin sammansättning (genom den rikliga inblandningen av ved-

rester) så heterogent, att hållfasthetsundersökning medelst kon icke kunde verkställas. Av samma anledning ansågs icke vattenhaltsbestämning kunna lämna någon upplysning, varför sådan ej heller utfördes för detta torvlager.

Jämväl av vattenhaltssiffrorna (Tab. B), vilka visa sig vara högre utanför banken än under densamma, framgår, att lagren under banken komprimerats. Alkärrtorven har, som nämnts, icke underkastats vattenhaltsbestämning, men det bör anmärkas, att proven av densamma från groparna I och II okulärt framstodo som torrare än de från groparna III och IV. Märkligt nog synes trots den relativt ringa vattenurpressning, som försiggått i gyttjelagret, vatten även i någon grad ha pressats ur den gyttjiga leran under detta.

Tabell B. **Säbylundsmossen.** Vattenhalt.

Jordslag	Vattenhalt i viktsprocent å totalsubstans			
	V 4,0 (Grop IV)	V. 1,0 (Grop I)	H. 3,6 (Grop II)	H. 12,4 (Grop III)
Starrtorv (Filttorv) övre hälften	Vattenhalt ej undersökt	77	78,3	Lagret saknas
Starrtorv (Filttorv) undre »		75,6	78,9	
Alkärrtorv (Skogstorv)	Vattenhalt ej undersökt			
Vassrik svämtorv (Filttorv)	83,0	81	80,6	83,8
Gyttja Detritus-	75,1	72,0	73,1	75,5
Gyttja Plankton-	—	71,2	—	—
Gyttjig lera	48,0	47,5	46,3	51,9

Tydligare än av vattenhalten framgår komprimeringen dock av hållfasthetstalen, vilket nedanstående tabell (Tab. C), visande hållfastheten av oomrört prov, åskådliggör. Som synes hava ge-

Tabell C. **Säbylundsmossen.** Hållfasthetstal av oomrört prov.

Jordslag	Hållfasthetstal av oomrört prov (60 gr-60° kon)											
	V. 4,0 (Grop IV)			V. 1,0 (Grop. I)			H. 3,6 (Grop II)			H. 12,4 (Grop III)		
	∥	⊥	M	∥	⊥	M	∥	⊥	M	∥	⊥	M
Starrtorv (Filttorv) övre hälften	Hållfasthet ej undersökt			110	200	155	170	170	170	Lagret saknas		
Starrtorv (Filttorv) undre »				110	200	155	170	130	150			
Alkärrtorv (Skogstorv)	Hållfasthet ej undersökt											
Vassrik svämtorv (Filttorv)	69	90	79,5 (+7 %)	200	130	165 (+122 %)	200	110	155 (+108 %)	69	80	74,5
Gyttja Detritus-	76	90	83 (+63 %)	90	76	83 (+63 %)	120	110	115 (+123 %)	49	54	51,5
Gyttja Plankton-	—	—	—	90	80	85 (+67 %)	—	—	—	—	—	—
Gyttjelera	—	—	50 (+32 %)	—	—	69 (+82 %)	—	—	40 (+2 %)	—	—	38

∥ = provat parallelt med skiktytan.
⊥ = » vinkelrätt mot »
M = Medeltal av hållfasthetstalen vid dessa provningar.
Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+) resp. försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III.

nom komprimeringen hållfasthetstalen under banken stegrats till ungefär det dubbla mot omgivningens. Proven från grop IV, där marken varit ungefär hälften så mycket belastad som vid groparna I och II, intaga i hållfasthetshänseende en mellanställning mellan proven från dessa gropar och de från grop III utanför banken.

Hållfasthetstalen från de fullständigt omrörda proven (Tab. D) uppvisa ej fullt så stor skillnad som de från de oomrörda proven. Dessa tal från de av trycket påverkade proven från groparna I, II och IV ligga i regel rätt nära varandra, men äro betydligt större än de från den av banktrycket opåverkade gropen III. Även i detta avseende intager dock grop IV en mellanställning.

Tabell D. **Säbylundsmossen.** Hållfasthetstal av fullständigt omrört prov.

Jordslag	Hållfasthetstal av fullständigt omrört prov (60 gr-60°-kon)			
	V. 4,0 (Grop IV)	V. 1,0 (Grop I)	H. 3,6 (Grop II)	H. 12,4 (Grop III)
Starrtorv (Filttorv) övre hälften	Hållfasthet ej undersökt	69	30	Lagret saknas
Starrtorv (Filttorv) undre »		26	29	
Alkärrtorv (Skogstorv)	Hållfasthet ej undersökt			
Svämtorv (Filttorv)	14 (0 %)	26 (+86 %)	24 (+71 %)	14
Gyttja Detritus-	10 (+16 %)	13 (+51 %)	15 (+74 %)	8,6
Gyttja Plankton-	—	13 (+51 %)	—	—
Gyttjelera	12 (+85 %)	11 (+69 %)	10 (+54 %)	6,5

Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+) resp. försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III.

b. Banken å mossen nordost om Västra Bodarne å bandelen Göteborg—Alingsås.

Top. karta 1:100 000, se fig. 56, sid. 87.

Å mossen nordost om västra Bodarne (Fig. 56) upptogs en sektion genom torvlagren vid km 36+420 (dubbelspårsbyggnadens längdmätning från Olskroken eller 419+016 i banlängdmätningen

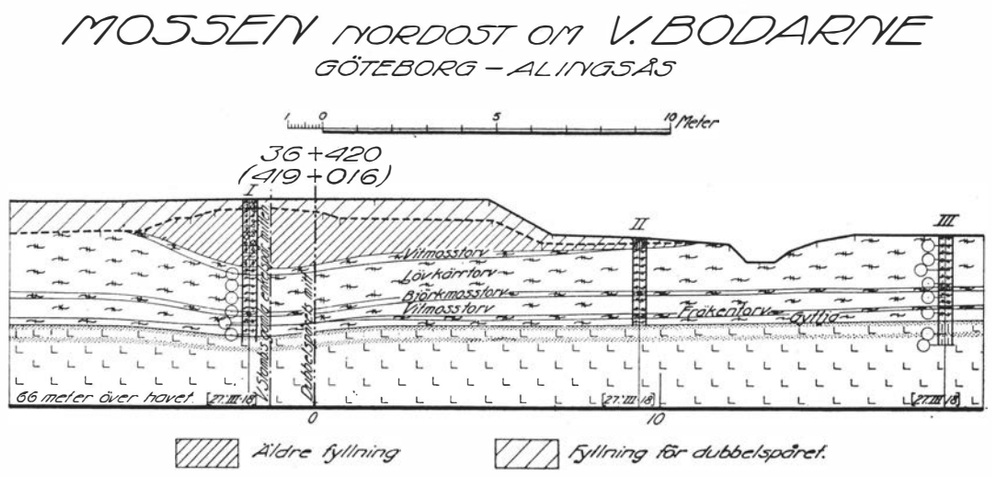


Fig. 86. Mossen nordost om Västra Bodarne å bandelen Göteborg—Alingsås. Tvärsektion vid km 36+420 (419+016).

från Stockholm), varvid tre gropar, belägna vid resp. V. 0,6 (grop I), H. 10,6 (grop II) och H. 19,4 (grop III), grävdes ned till den torven underlagrande lösa leran (Fig. 86).

Rälens nedpressning för tågbelastningen har undersökts å mossen vid passerandet av ett provbelastningståg, bestående av lok med tender och tvenne broprovningsvagnar (16 tons axeltryck).

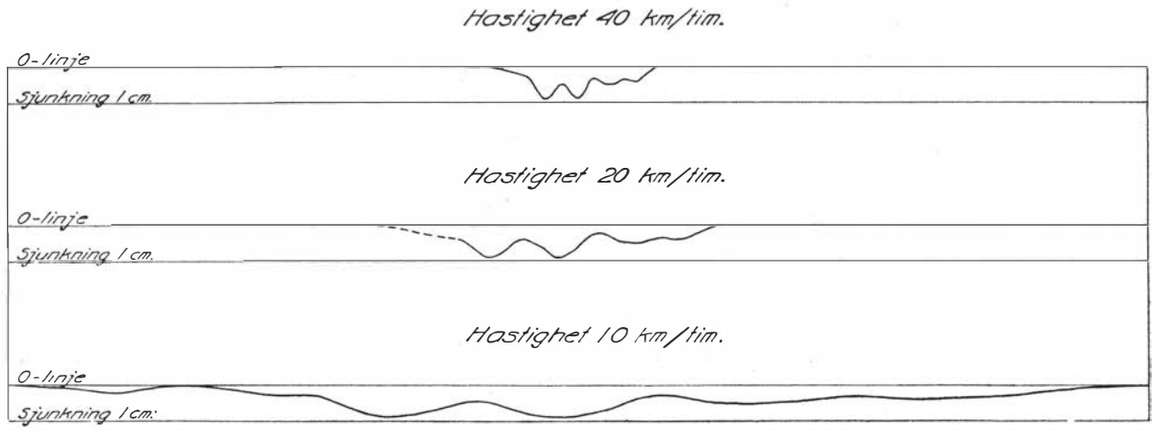


Fig. 87. Mossen nordost om Västra Bodarne. Sjunkningsdiagram för ett broprovningståg, bestående av lok med tender och två broprovningsvagnar (16 tons axeltryck).

Nedpressningen framgår av diagrammen, Fig. 87. Såsom synes är dess storlek oberoende av tågets hastighet.

Mossens lagerföljd och de olika lagrens mäktighet framgå av nedanstående tabell (Tab. E).

Tabell E. **Mossen nordost om Västra Bodarne.** Jordslagens mäktighet.

Jordslag	Mäktighet i meter		
	V. 0,6 (Grop I)	H. 10,6 (Grop II)	H. 19,4 (Grop III)
Bankfyllning (Övervägande grus)	1,66	0,33	Fyllning saknas
Vitmosstorv (Filttorv)	0,20	Lagret saknas	Lagret saknas
Lövkärrtorv (Dytorv) Björkmosstorv (Skogstorv)	1,25 (1,10 + 0,15)	1,33	1,60 (1,50 + 0,10)
Gungflytorv (Filttorv) (Vitmosstorv + Fräkentorv)	0,27	0,64 (0,54 + 0,10)	0,50 (0,45 + 0,05)
Gyttja (Detritus- + Plankton-)	0,29 (0,13 + 0,16)	0,20	0,35 (0,10 + 0,25)
Under gyttjan följer i samtliga gropar lera, överlagrad av ett mycket tunt sandskikt.			

Vitmosstorven är föga förmultnad och har god sammanhållning.

Lövkärrtorven är dytorvartad, men innehåller rikliga rester av ved, såsom stammar, grenar och pinnar av lövträd samt barkflagor.

Gungflytorven äger i likhet med vitmosstorven filttorvkaraktär. Den är en vitmosstorv, upptill stående på gränsen till starrtorv, nederst fräkentorvartad.

Gyttjan utgöres till sin övre och mindre del av detritusgyttja och till sin undre och större del av planktongyttja.

Banken ligger nedsjunken maximalt c:a 1 m.

Liksom vid Säbylund äro torvlagren under banken sammanpressade och kontakterna mellan dem nedböjda. Även kontakten mellan gyttjan och det denna närmast underlagrande tunna sandskiktet är något nedpressad.

Det ytliga vitmosstorvlagret är å mossen utanför banken bortodlat, varför det undandrager sig jämförande undersökning.

Lövkärrtorvlagret är under banken sammanpressat till 78 % av sin mäktighet utanför densamma, gungflytorvlagret till 54 % à 42 % och gyttjelagret till 83 %. Största sammanpressningen har sålunda, egendomligt nog, drabbat den nära torvlagrets bas liggande gungflytorven. Orsaken härtill ligger sannolikt i den stora porositeten hos detta torvslag, vilket gör att vattnet, som här även ingår i procentuellt större mängd än hos de övriga, lättare utpressas.

Vattenhalts- och hållfasthetsbestämningar hava utförts endast för groparna I och III (Tab. F, G och H).

Tabell F. **Mossen nordost om Västra Bodarne.** Vattenhalt.

Jordslag	Vattenhalt i viktsprocent å totalsubstans	
	V. 0,6 (Grop I)	H. 19,4 (Grop III)
Vitmosstorv (Filttorv)	81	Lagret saknas
Lövkärrtorv (Dytorv) upptill	83	(67)
» » nedtill	80	83, 83, 87
Björkmosstorv (Skogstorv)	81	Vattenhalt ej undersökt
Gungflytorv (Filttorv)	87	92
Gyttja	78	86
Lera	Vattenhalt ej undersökt	37

En jämförelse mellan vattenhalterna (Tab. F) hos de i lagren under (grop I) och på sidan (grop III) om banken tagna proven visa, att vattenhalterna i motsvarande lager äro genomgående mindre under banken än utanför denna. Ett undantag utgör det närmast ytan tagna provet av lövkärrtorv i grop III, vilket visar en vattenhalt av 67 %, medan det närmast med detta jämförbara provet i grop I har 83 %. Frånsett att detta senare genom sitt djupare läge i lagret möjligen kan ha ägt större ursprunglig vattenhalt än det förra, har dettas vattenhalt otvivelaktigt minskats genom den uttorkning av ytlagren, som skett, sedan mossen börjat odlas. Då vitmosstorvlagret blott förekommer under järnvägsbanken, måste detta odlingsarbete ha igångsatts först efter banans byggande.

Lövkärrtorven och gungflytorven visa under banken högst 5 %-enheter lägre vattenhalt än utanför, skillnaden inom gyttjelagret är något större, eller 8 %-enheter.

Hållfastheten har undersökts medelst provning med tvenne 60°-koner, vägande resp. 60 och 1 000 g.

Såsom framgår av efterföljande tabeller G och H, upptagande de därvid vunna resultaten, har genom lagrens hoppressning till följd av banktrycket en betydande förbättring inträtt i hållfasthetshänseende, och procentuellt ökas denna förbättring mot djupet. Detta förhållande torde, i

överensstämmelse med, vad som tidigare framhållits beträffande vattenhalten, finna sin förklaring i de olika torvslagens beskaffenhet, i det att de, som hava större porositet, i detta fallet gungflytorven, i högre grad låta sig sammanpressas.

Tabell G. **Mossen nordost om Västra Bodarne.**

Jordslag	Hållfasthetstal av oomrört prov											
	60 g-60°-kon						1 000 g-60°-kon					
	V. 0,6 (Grop I)			H. 19,4 (Grop III)			V. 0,6 (Grop I)			H. 19,4 (Grop III)		
	∥	⊥	M	∥	⊥	M	∥	⊥	M	∥	⊥	M
Vitmosstorv (Filttorv)	240	500	370	saknas			120	210	165	Lagret saknas		
Lövkärrtorv (Dytorv)	98	210	154 (+54 %)	90	110	100	67	64	65,5 (+19 %)	64	46	55
	170	170	170 (+63 %)	98	110	104	78	78	78 (+10 %)	78	64	71
	—	—	—	85	85	85	—	—	—	18	18	18
Björkmosstorv (Skogstorv)	210	140	180	Hållfasthet ej undersökt			120	78	99	Hållfasthet ej undersökt		
Gungflytorv (Filttorv)	180	200	190 (+320 %)	26	65	45,5	140	98	119 (+460 %)	22	20	21
Gyttja	180	180	180 (+379 %)	37	40	38,5	Hållfasthet ej undersökt					
Lera	Hållfasthet ej undersökt			—	—	27	Hållfasthet ej undersökt					

∥ = provat parallellt med skiktytan.
⊥ = » vinkelrätt mot »
M = medeltal av hållfasthetstalen vid dessa provningar.
Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+), resp. försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III.

Tabell H. **Mossen nordost om Västra Bodarne.** Hållfasthetstal av fullständigt omrört prov.

Jordslag	Hållfasthetstal av fullständigt omrört prov 60 g-60°-kon	
	V. 0,6 (Grop I)	H. 19,4 (Grop III)
Vitmosstorv (Filttorv)	37	Lagret saknas
Lövkärrtorv (Dytorv)	22 (— 8 %)	43
		14
	12 (— 8 %)	13
		9,2
Björkmosstorv (Skogstorv)	24	Hållfasthet ej undersökt
Gungflytorv (Filttorv)	54 (+260 %)	15
Gyttja	37 (+270 %)	10
Lera	Hållfasthet ej undersökt	1,7

Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+) resp. försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III.

Den stora förbättring, gyttjan undergått, får sannolikt ses i samband med dess läge mellan gungflytorven och sanden, vilka lager, särskilt det sistnämnda, torde hava gjort tjänst som dräner för densamma.

Relativtalen för de båda konerna ha uträknats på grundval av resultat, erhållna vid provningar i lera. Då samma relation använts för uträkningen av hållfasthetstalen för torven, är det mindre överraskande, att dessa icke så väl överensstämma.

En jämförelse av hållfasthetstalen hos de fullständigt omrörda proven (Tabell H) från groparna I och III giver vad gungflytorven och gyttjan beträffar ungefär samma resultat som för de oomrörda. För lövkärrtorven visa emellertid de omrörda proven i stort sett en försämring. Torvens sammansättning är emellertid så inhomogen, att prov från samma horisont knappast äro jämförbara, ännu mindre, såsom i detta fall, prov från något olika horisonter. Vid det särskiljande av partiklarna och sönderdelande av grövre beståndsdelar, kvistar o. s. v., som hos detta torvslag äger rum vid provens fullständiga omrörning, måste provningsresultatet givetvis bliva mer eller mindre missvisande.

c. Banken å Glasberga mosse å bandelen Stockholm—Mölnbo.

Top. karta 1 : 100 000, se Fig. 52, sid. 82.

Västra stambanans enkelspårsbank å Glasberga mosse (Fig. 52) breddades 1914 till dubbelspårsbank, varvid mindre sättningar, som ännu fortgå, ägde rum i bankfyllningen. De undersökningar, som kommissionen strax efter dubbelspårsbankens utfyllning verkställde av mossens lagerföljd, visade, att torvmosselagren i avsevärd grad sammanpressats, men att den lösa lera, som bildar torvmossens underlag, till synes ej alls hade deformerats (Fig. 88). Genom minutiösa borrningar

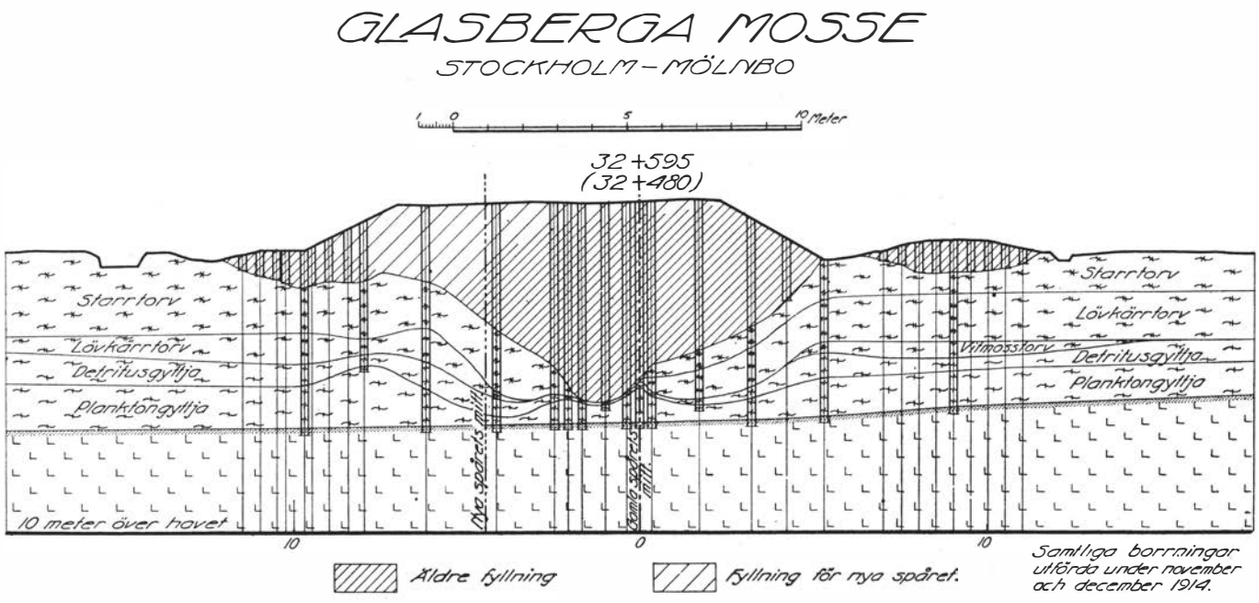


Fig. 88. Glasberga mosse å bandelen Stockholm—Mölnbo. Tvärsektion vid km 32+595 (32+480 i dubbelspårsbyggnadens längdmätning).

med ända ned till 0,3 m avstånd mellan borrhålen påvisades i flera tvärsektioner, att kontakten mellan torvmossen och leran var obruten och utan nämnvärd nedböjning under banken och detta i trots av, att i en sektion de ytligare torvmosselagren genombrutits och bristningar skett i lagren närmast ovan leran.

Å Fig. 89 och 90 återgivas några diagram, visande rälens nedböjning vid tågs passerande såväl för det å den gamla banken kvarliggande spåret som för spåret å den nyutfyllda banken.

Diagrammen visa, att nedböjningen är oberoende av den hastighet, med vilken tågen framförts, men att den är större å den nyutfyllda banken än å den gamla banken, tydligen till följe den ofullständigare sammanpackningen av underlagret för det nya spåret. De registrerade rörelserna äro mindre än hos mossarna vid Säbylund och vid Västra Bodarne.

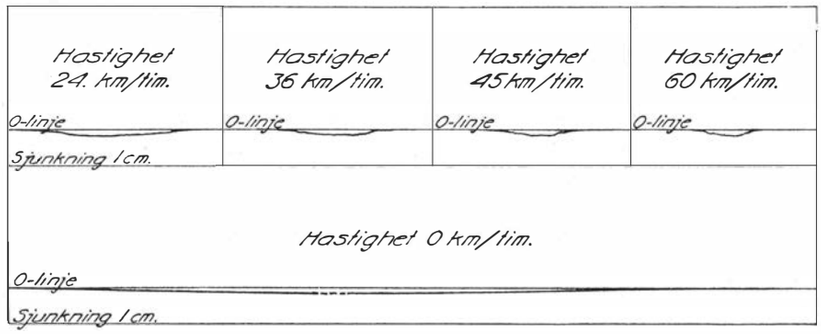


Fig. 89. Glasberga mosse, gamla spåret. Sjunkningsdiagram för ett B-lok.

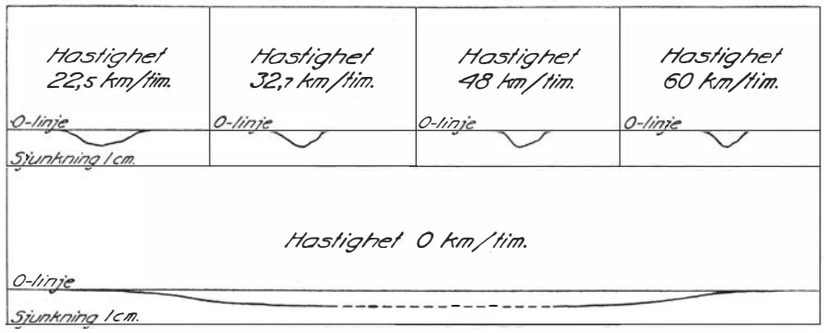


Fig. 90. Glasberga mosse, nya spåret. Sjunkningsdiagram för ett B-lok.

Tabell I. **Glasberga mosse.** Jordslagens mäktighet.

Jordslag	Mäktighet		
	c:a V. 3 (Grop I)	c:a V. 9 (Grop II)	c:a V. 17 (Grop III)
Bankfyllning	2,18	0,54	Fyllning saknas
Starrtorv (Filttorv)	1,31	0,64	Lagret saknas
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	0,75
Lövkärrtorv (Dytorv)	1,45	1,60	1,65
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	0,25
Vasstorv	Lagret saknas	0,12	Lagret saknas
Gyttja: Detritus-	0,17	0,83 (0,30 / 0,53)	0,45
Gyttja: Planton-			Lagret saknas
Gyttja: Kalk-	Lagret saknas	Lagret saknas	0,23

Under gyttjan följer i samtliga gropar ett tunt sandskikt, i grop II utbildat som ett 0,07 m tjockt grusskikt, och därunder lera.

I och för här omhandlade jämförande undersökningar upptogs en sektion genom torvlagren vid km 32+675 (km 32+560 i dubbelspårsbyggnadens längdmätning från Stockholm), varvid tre gropar, en genom bankfyllningen (grop I), en genom en mindre tryckbank (grop II) och en ute på mossen (grop III), undersöktes.

Den lagerföljd, som härunder blottlades, liksom ock de olika lagrens mäktighet, framgå av ovanstående tabell (Tab. I).

Såsom av tabellen framgår, är mossens lagerföljd ungefär densamma som vid Västra Bodarne. Emellertid är mossen vid Glasberga ej lika regelbundet uppbyggd, som mossen vid Västra Bodarne. Starrtorven i groparna I och II ersättes sålunda i grop III av vitmosstorv, och mellan lövkärrtorven och gyttjan förekommer i grop III ett 0,25 m tjockt vitmosstorvlager, som ej finnes utbildat inom de båda övriga groparna. Gyttjelagret är vidare inom de olika groparna synnerligen olika sammansatt.

Ovannämnda olikheter i lagerföljdens sammansättning ha emellertid ej visat sig vara så stora, att de inverka förryckande på resultatet av den jämförande hållfasthetsundersökningen.

Samtliga torvmosselager äro under banken komprimerade, starrtorven och lövkärrtorven i mindre grad (lövkärrtorvens mäktighet är under banken minskad till 90 % av dess mäktighet utanför banken) och gyttjan högst avsevärt (till c:a 23 % av mäktigheten utanför banken). Kontakterna mellan torvmosselagren äro under banken starkt nedböjda. Kontakten mellan gyttjan och leran visar däremot endast ytterst obetydlig nedböjning.

Torvlagrens komprimering under banken bekräftas jämväl här av det förhållandet, att vattenhalten i lagren under banken är genomgående mindre än utanför densamma (Tab. K). Vattenhalterna av proven från den omedelbart utanför banken liggande grop II, varest en mindre tryckbank finnes, äro större än vattenhalterna från proven hos den i spårmitt upptagna grop I, men mindre än hos proven från den ute på mossen liggande grop III. Lövkärrtorvlagret har under banken lidit den största vattenhaltsminskningen på gränsen mot ovan- och underlagrande porösa

Tabell K. **Glasberga mosse.** Vattenhalt.

Jordslag	Vattenhalt i viktsprocent å totalsubstans		
	c:a V. 3 (Grop I)	c:a V. 9 (Grop II)	c:a V. 17 (Grop III)
Starrtorv (Filttorv)	79	84	Lagret saknas
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	92
Lövkärrtorv (Dytorv)	76	84	—
	82	85	87
	82	87	88
	79	87	90
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	94
Vasstorv (Filttorv)	Lagret saknas	88	Lagret saknas
Gyttja: Detritus-	52	85	91
			89
Gyttja: Plankton-		60	Lagret saknas
Gyttja: Kalk-	Lagret saknas	Lagret saknas	80
Lera	39	43	Vattenhalt ej undersökt

torvslag. Den största procentuella minskningen av vattenhalterna under banken företedde gyttjan, vilken, som ovan nämnts, också visade den största procentuella sammanpressningen. Gyttjelagret är under banken fast och torrt, ej olikt föga fuktigt gråpapper. Även leran visade sig genom sin mindre vattenhalt mitt under banken vara påverkad av det tryck, belastningen utövat.

Tabell L, som upptager de hållfasthetstal, som erhållits vid provning av oomrörda prov med 60° 60 g kon, visar särskilt stark förbättring av lövkärrtorven. Jämför man hållfasthetstalen i groparna II och III, framgår, att de förra i medeltal äro 110 % bättre än de senare. Vid jämförelse av hållfasthetstalen för lövkärrtorven i grop I och i den av banktrycket helt oberörda grop III visar sig förbättringen vara ännu större eller i medeltal 1 420 %. Gyttjan är under banken, grop I, 464 % bättre än i grop III. Till och med i hållfasthetstalet för lerans allra översta del kan vid jämförelse mellan grop I och grop II en avgiord förbättring, 224 %, skönjas under banken.

Tabell L. **Glasberga mosse.** Hållfasthetstal av oomrörda prov.

Jordslag	Hållfasthetstal av oomrörda prov 60 g-60°-kon								
	c:a V. 3 (Grop I)			c:a V. 9 (Grop II)			c:a V. 17 (Grop III)		
	∥	⊥	M	∥	⊥	M	∥	⊥	M
Starrtorv (Filttorv)	1 000	1 000	1 000 (+400 %)*)	200	200	200	Lagret saknas		
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas			Lagret saknas			57	57	57
Lövkärrtorv (Dytorv)	850	750	800 (+1 980 %)	120	130	125 (+225 %)	45	32	38,5
	750	750	750 (+1 850 %)	98	98	98 (+150 %)			
	220	800	510 (+ 661 %)	54	90	72 (+ 7 %)	62	72	67
	750	1 000	880 (+1 210 %)	110	110	110 (+ 64 %)			
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas			Lagret saknas			23	30	26,5
Vasstorv (Filttorv)	Lagret saknas			140	110	125	Lagret saknas		
Gyttja – Detritus-	200	—	200 (+464 %)	110	110	110 (+210 %)	30	40	35
							34	37	35,5
Gyttja – Plankton-				52	52	52	Lagret saknas		
Gyttja – Kalk-	Lagret saknas			Lagret saknas			25	25	25
Lera	110	—	110 (+224 %)*)	34	34	34	Hållfasthet ej undersökt		

∥ = provat parallellt med skiktytan.
⊥ = » vinkelrätt mot »
M = medeltal av hållfasthetstalen vid dessa provningar.
Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+) eller försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III, vid *) dock i förhållande till grop II.

I likhet med vad som varit fallet inom de båda övriga mossarna, uppvisa de omrörda proven (Tabell M) ej så stora skillnader i hållfasthetshänseende under och på sidorna av banken som de oomrörda. Förbättringen framgår dock tydligt och uppgår i lövkärrtorven och gyttjan vid jämförelse mellan grop II och grop III till i medeltal resp. 210% och 147% och vid jämförelse mellan grop I och grop III till i medeltal resp. 1 040 % och 407 %. Även leran visar tydlig förbättring. Däremot kan någon förbättring ej skönjas hos starrtorven, vilken åter i oomrört tillstånd i grop I visar sig ha betydligt större hållfasthet än i grop II. Orsaken till denna anomali ligger sannolikt däri, att de relativt grova mossfibrerna genom omrörningen fullständigt skiljas från varandra.

Tabell M. **Glasberga mosse.** Hållfasthetstal för fullständigt omrört prov.

Jordslag	Hållfasthetstal för fullständigt omrört prov 60 g-60°-kon		
	c:a V. 3 (Grop I)	c:a V. 9 (Grop II)	c:a V. 17 (Grop III)
Starrtorv (Filttorv)	25	26	Lagret saknas
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	15,7
Lövkärrtorv (Dytorv)	26	25	—
	48 (+ 990 %)	15 (+240 %)	4,4
	22 (+ 57 %)	15 (+ 7 %)	14
	35 (+1 060 %)	15 (+384 %)	3,1
Vitmosstorv (Filttorv)	Lagret saknas	Lagret saknas	15
Vasstorv (Filttorv)	Lagret saknas	17	Lagret saknas
Gyttja: Detritus-	37 (+407 %)	18 (+147 %)	5,1
			9,4
Gyttja: Plankton-		8,6	Lagret saknas
Gyttja: Kalk-	Lagret saknas	Lagret saknas	8,1
Lera	4,4 (+76 %)*)	2,5	Hållfasthet ej undersökt

Inom parentes införda procentsiffror angiva ifrågavarande jordslags förbättring (+) eller försämring (—) ur hållfasthetssynpunkt i förhållande till motsvarande jordslag i grop III, vid *) dock i förhållande till grop II.

Gemensamt för lagerföljden i de trenne undersökta mossarna är alltså förekomsten av ett ytligt filttorvlager (starrtorv och vitmosstorv), underlagrat av dytorv (alkärrtorv, lövkärrtorv) och gyttjor. Vid Västra Bodarne är bankfyllningen ungefär dubbelt och vid Glasberga ungefär 2,5 gånger så mäktig som vid Säbylund. I samtliga mossar ha torvmosselagren komprimerats, störst har komprimeringen visat sig vara i Glasbergamossen. Förefintligheten av mindre förkastningar genom Glasbergamossens lager visa, att lagren här, fastän ej markgenombrott inträffat, dock på sina ställen ansträngts över bristningsgränsen.

Den jämförande undersökningen gav till resultat, att Säbylundsmossens lager i bärighetshänseende åtminstone icke kunde anses vara underlägsna dem å de båda övriga mossarna, och att desamma alltså borde kunna uthärda betydligt större belastning än, vad dittills varit fallet.

På kommissionens förslag har också dubbelspåret på denna sträcka utbyggts genom symmetrisk anordning av spåren på den gamla dubbelspårsbanken utan särskild grundförstärkning. Dubbelspåret har varit i trafik sedan år 1919, utan att några oroande sättningar eller dylikt förmärkts.

18. Bankar i Bratteforsådalen å Bohusbanan.

En av de mest omdebatterade delarna av Bohusbanan utgör den s. k. Bratteforsåpassagen (Fig. 91) mellan Svenshögen och Ljungskile. Vid banbygget uppstodo här på flera ställen rätt omfattande sjunkningar av bankfyllningen, vilka i mindre, ehuru dock oroväckande grad fortsatte, sedan banan år 1907 öppnats för trafik. I anledning härav har också tidigare allvarligt ifrågasatts att här omlägga banan in på fast mark.

Å hela den ifrågavarande sträckan framgår banan i närheten av Bratteforsån (Fig. 92), vilken bildar avlopp för sjöarna Stora och Lilla Hällungen samt utmynnar i Ljungskilen. Ån framrinner

till hela sin längd i en dalgång, som utgör den sydligaste delen av en vackert utbildad sprickdal, vilken, begränsad av brant uppstigande, höga, barrskogklädda berg, framgår med ringa bredd i nästan rakt nord-sydlig riktning.

Banan är utbyggd efter dalens östra sida och har i den utsträckning, som det med undvikande av större skärningar varit möjligt, förlagts å fastmark eller vid gränsen till denna. Sträckvis av-



Fig. 91. Top. karta 1 : 100 000.

lägsnar den sig emellertid från dalsidan, och det är å dessa å den lösa dalfyllnaden belägna delar, som svårigheterna för banbygget yppat sig.

Dalgången utfylles till stort djup av lösa jordlager. Dessa bestå huvudsakligast av *torv*, *gyttja, lera* och *grus*. Torvmosselagren bilda markytan inom dalens mitt, och på enstaka ställen utbreda de sig över dalgångens hela bredd. Ju större mäktighet torvmosselagren ha, ju större hava svårigheterna vid banbygget varit.

I Bratteforsåpassagen kunna särskiljas sex svagare partier (Fig. 92), vilka, räknat från söder mot norr, falla mellan resp. km 60+850[1] och 61+520 (A), 61+560 och 61+980 (B), 62+100 och 62+450 (C), 63+360 och 63+650 (D), 63+750 och 64+000 (E) samt 64+290 och 64+450 (F). De tvenne nordligaste av dessa sträckor erbjuda det största intresset. Inom dem hade linjen ursprungligen en rakare sträckning och ett högre läge samt framgick längre ut från östra dalsidan än nu. Men sedan utbyggnaden väl börjat, inflyttades och sänktes linjen till sitt nuvarande läge till följd av under arbetet förvärvad erfarenhet angående grundens dåliga beskaffenhet.

Geotekniska kommissionen har verkställt undersökning av Bratteforsåpassagen medelst sondborrning och provtagning samt genom periodiska observationer av banans och den omgivande terrängens rörelser. Observationssystemen utsattes år 1914, och observationerna fortgå alltjämt.

A, km 60+850 —61+520.

Inom sträckan 60+850—61+520 (Fig. 92) är banan förlagd intill gränsen mellan torvmossen och den mellan denna och dalsidan uppdykande leran och moränen. Torvmosselagren ha här blott mindre mäktighet, och leran, vilken nedtill är mycket lös, är upptill försedd med en väl utvecklad torrskorpa. Endast obetydliga nedsjunkningar av bankfyllningen torde ha skett och detta blott på enstaka platser. Observationerna sedan år 1914 av bankrörelserna å denna sträcka

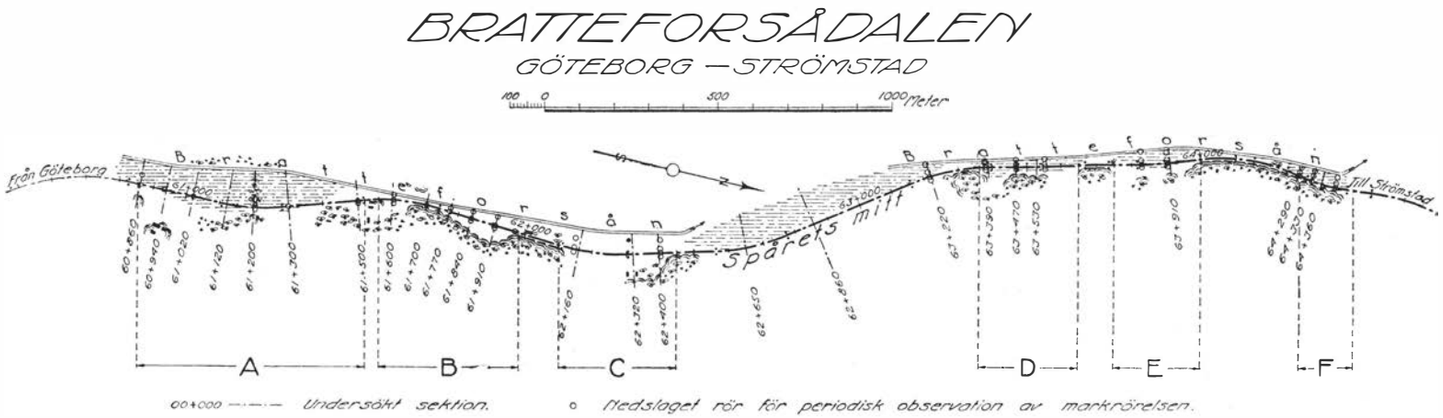


Fig. 92. Översiktskarta över bansträckan genom Bratteforsådalen.

visa, att dessa ej äro stora. Å de flesta ställena kunna några rörelser ej iakttagas. Där de ännu fortgå, förete de med få undantag avtagande tendens, och sjunkningen uppgår nu till högst 6 à 7 mm pr år.

B, km 61+560 —61+980.

Inom närmast nordligare belägna sträcka, km 61+560—61+980 (Fig. 92), framgår banan till en del å låg bank tätt intill ån, vilken till följe en ungefär mitt i dalgången uppstickande bergkulle sökt sig väg närmare östra dalsidan. Inom denna förträngda del av dalen (sekt. 61+770, Fig. 93) nå torvmosselagren en ganska stor mäktighet, ända till 5 m, och sträcka sig över dalens hela bredd. De bestå av *gyttja* och *mjälig gyttja*. Gyttjan täckes närmast ån av 1—2 mäktiga *sand-* och *gruslager*, och dylika, fastän av mindre mäktighet, finnas även inlagrade i gyttjan. Därunder följer en upp till 4 m mäktig lös *lera*, också den innehållande gruslager. Leran vilar å *moräng rus*. Å en över 100 m lång sträcka sticker berget fram omedelbart öster om järnvägsbanken. Under banken stupar berget mycket brant. Jordlagren ligga emellertid horisontalt in till kontakten mot berget.

Omkring km 61+600 har banken nedsjunkit c:a 1 m i underlaget. Ytsanden är här mjälig och blott $^1/_2$ m mäktig samt har följaktligen ringa bärighet. Inom den ej förträngda delen av dalen å den ovannämnda sträckan nå torvmosselagren ej så långt åt öster som fram till banan, vilken därför här framgår å lera. Denna äger en svagt utvecklad torrskorpa, är i övrigt mycket lös och har en mäktighet av c:a 10 m. Några större sjunkningar av bankfyllningen synes dock ej här hava skett.

[1] Banlängdmätningen från Göteborg.

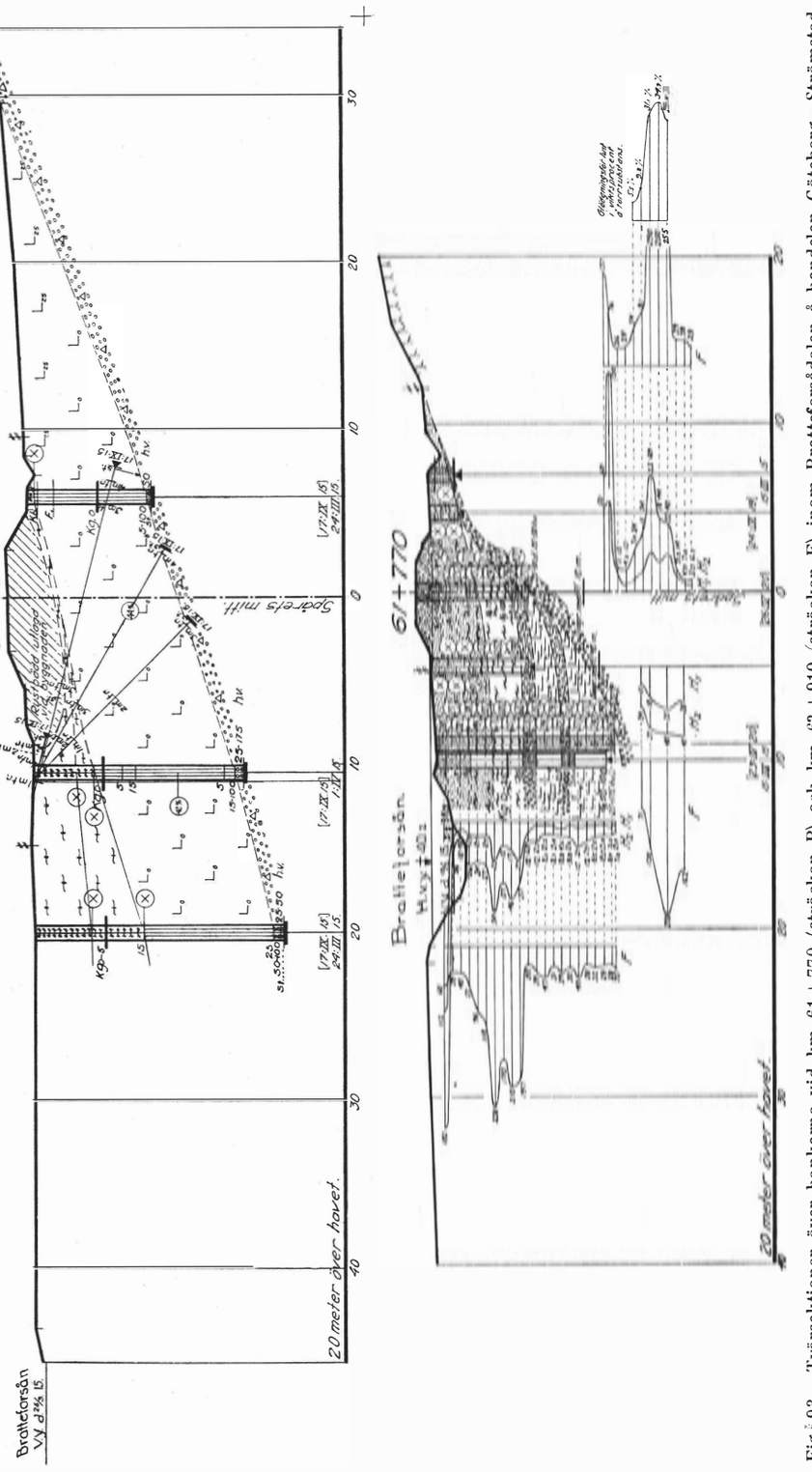


Fig. 93. Tvärsektioner över bankarna vid km 61 + 770 (sträckan B) och km 63 + 910 (sträckan E) inom Bratteforsådalen å bandelen Göteborg—Strömstad.

Enligt observationerna fortgår bankrörelsen ännu omkring km 61+600 i form av sjunkning med relativt stark intensitet (c:a 14 mm pr år), men är å sträckan i övrigt i avtagande eller har nästan upphört (nu 3—7 mm pr år).

Inom sträckan km 62+100—62+450 (Fig. 92) framgår banan å nära 1 m hög bank helt och hållet å lera. Denna, som är mycket lös och når en mäktighet av ända till 25 m, har en 1 $^1/_2$ à 2 m tjock torrskorpa. Bankfyllningens läge har ej undersökts. De periodiska observationerna visa, att banken alltjämt något sjunker (7 à 9 mm pr år), ehuru med avtagande intensitet. *C, km 62+100 —62+450.*

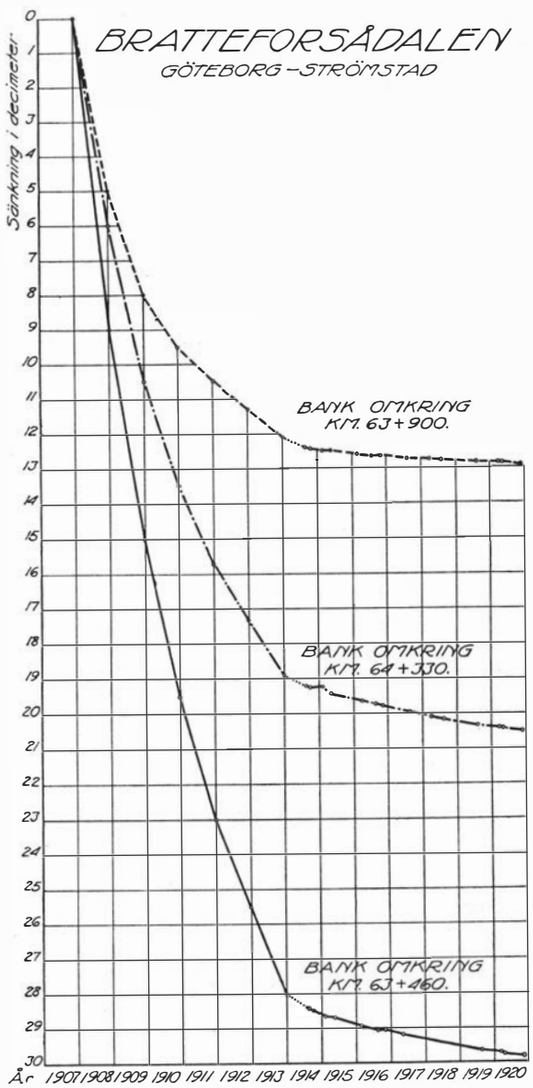


Fig. 94. Grafisk framställning av sjunkningen hos bankarna omkring km 63+460 å sträckan D, 63+900 å sträckan E och 64+330 å sträckan F inom Bratteforsådalen.

Inom sträckan km 63+360—63+650 (Fig. 92) har banan framdragits å c:a 1 $^1/_2$ m hög bank på *rustbädd* å torvmosselagren, som här nå mycket stor mäktighet. Till övervägande del bestå dessa av *gyttja* (4—8 m mäktig), som dock delvis har en mycket stor mjälhalt. Vänster om banken täckes gyttjan av ett föga mäktigt *vasstorvlager*. Gyttjan underlagras av ett $^1/_2$ —1 m tjockt, skalförande *sandigt gruslager,* som vilar på lös *lera* (2—10 m mäktig), vilken genomsättes av flera sand- och gruslager. *D, km 63+360 —63+650.*

Bankkroppens läge är ej närmare känt. De periodiska observationerna visa, att bankens sjunkning här till en början var mycket stor, under år 1908 ej mindre än 900 mm (63+460, Fig. 94). Sjunkningen avtog småningom, så att den år 1912 uppgick till c:a 250 mm pr år, år 1915 till 28 mm och år 1920 till 9 mm. Närmast utanför banken ha några nämnvärda markrörelser sedan år 1914 ej förmärkts.

Inom sträckan 63+750—64+000 (Fig. 92) är banan likaledes till större delen utbyggd å *rustbädd* (mellan 63+800 och 63+990) och framgår på c:a 2 m hög bank på gränsen mellan torvmossen och den mellan denna och östra dalsidan uppdykande leran. Torvmosselagren utgöras intill banans vänstra sida av 2—3 m *dytorvartad kärrtorv* (se sekt. 63+910, Fig. 93), underlagrad av 1—3 m *gyttja*. Ingendera har stor sammanhållning. Den under dem liggande *leran* är 7—8 m mäktig samt mycket lös, undantagandes å de ställen, där den bildar markytan, varest 1 $^1/_2$ m tjock torrskorpa är utbildad. Bankfyllningen har nedsjunkit ungefär 1 $^1/_2$ m. Sjunkningen har skett snett utåt dalen och är störst vid vänstra bankfoten. Innan rustbädden utlades, hade gjorts försök att draga fram banan utan bankförstärkning något väster om det nuvarande linjeläget. Då därvid sjunkningar inträffade, uppgavs detta försök, och linjen inflyttades till sitt nuvarande läge. *E, km 63+750 —64+000.*

Under åren 1908—1910 uppmättes å banken inom sträckan rätt avsevärda sättningar (63+900, Fig. 94). Dessa uppgingo under år 1908 till 500 mm, minskades under de följande åren, så att de år 1912 blott nådde en storlek av c:a 80 mm. Sedan har sjunkningsintensiteten hastigt avtagit och utgör nu, där sjunkningen ännu fortfar, blott 4 mm pr år.

Inom sträckan km 64+290—64+450 (Fig. 92) hade banbygget de största svårigheterna, och liksom inom den föregående sträckan E måste här det ursprungligen planerade linjeläget övergivas. Linjen sänktes och förlades närmare östra dalsidan. *F, km 64+290 —64+450.*

Banan framgår nu å c:a 2 m hög bank intill fastmarken (Fig. 95). Då fasta bottnen lutar mycket brant, tilltaga de lösa jordlagren mycket hastigt i mäktighet utåt dalen. Här nedan angivas lagerföljden ovan moränen och de olika lagrens mäktighet dels vid spårets mitt (uppskattad ursprunglig mäktighet före bankens utfyllning), dels vid 20 m vänster därom.

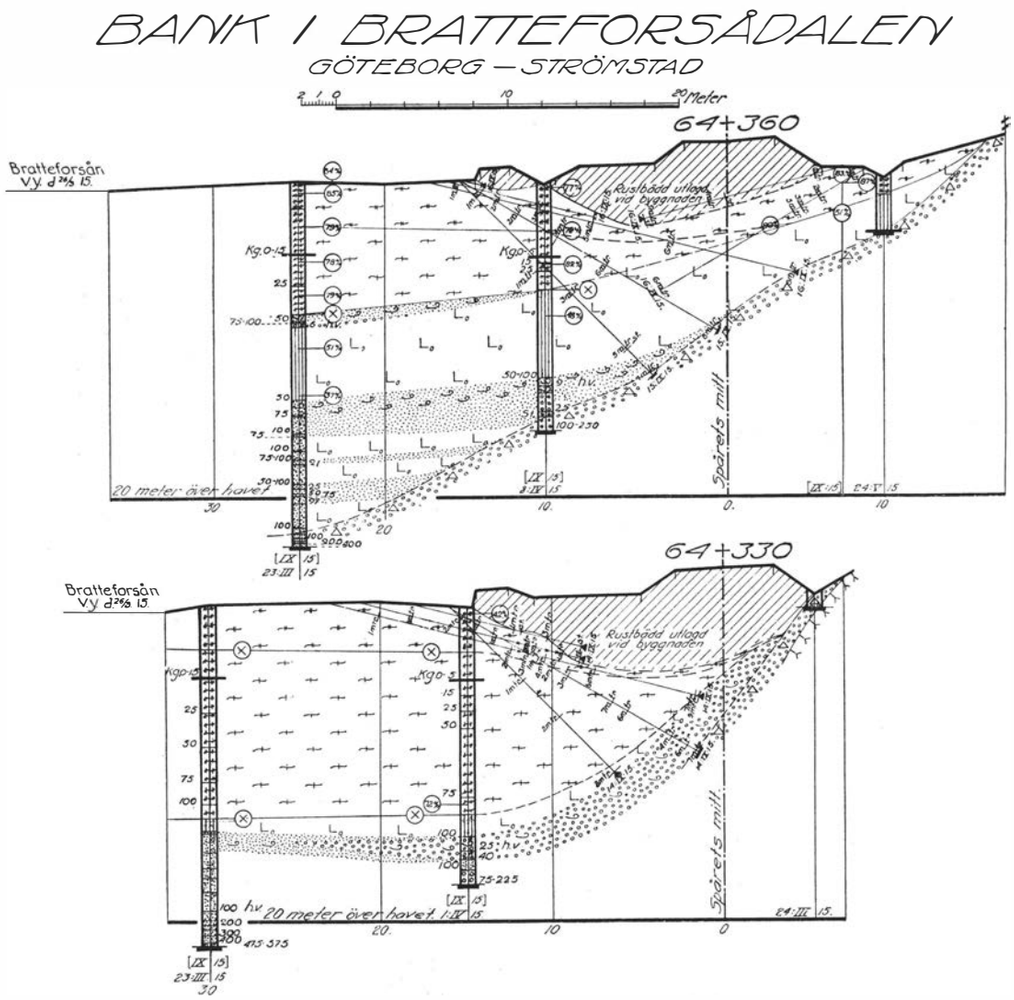


Fig. 95. Tvärsektioner vid km 64 + 330 och 64 + 360 över banken å sträckan F. inom Bratteforsådalen å bandelen Göteborg—Strömstad.

	Spårets mitt.	20 m vänster.
Kärrtorv	2—3 m	2— 3 m
Gyttja	1—2 »	5—10 »
Lera	0—4 »	3—11 »

Kärrtorven är dytorvartad, innehåller delvis rikligt med vedrester men har ändock mycket ringa sammanhållning.

Gyttjan, vars stora mäktighet är anmärkningsvärd, kan betecknas som tämligen lös.

Leran är i allmänhet mycket lös. Dess bärighet ökas dock av talrika och rikligt skalförande grus- och sandskikt. Där leran höger om banan når markytan, är torrskorpa utbildad (1,5 à 2 m tjock).

Vid det första försöket till utbyggnad av banan nedsjönk fyllningen 3 à 4 m i underlaget samt försköts något utåt dalen. Sedan linjen flyttats närmare dalsidan, rustbädd utlagts över den ned-

sjunkna fyllningen och banken utfyllts med kolaska, lyckades man erhålla en trafikabel bank. Å sträckan 64+265—64+430 (således även utanför den här behandlade banksträckan) förstärktes banken ytterligare genom pålar till fast botten i dubbla och fyrdubbla rader.

Under åren 1908—1913 sjönk banken ganska starkt (64+330, Fig. 94). Under år 1908 uppmättes sålunda en sjunkning av c:a 600 mm och under år 1913 av c:a 160 mm. Sjunkningshastigheten minskades sedan starkt, så att den nu blott utgör 6 à 14 mm pr år.

Där banan framgår å lera med väl utvecklad torrskorpa eller å torvmosselager med liten mäktighet, ha nämnvärda rörelser ej förekommit. Där banan åter blivit lagd å torvmosselager med större mäktighet har, såsom av det ovanstående framgår, till en början betydande, men sedan allt mindre sjunkningar ägt rum. De på dessa ställen till en början oroväckande sjunkningarna kunna sålunda med full visshet sägas bero på en från början hastigare och småningom allt långsammare komprimering av torvmosselagren genom utpressning av vatten ur dessa. Någon undanskjutning av de lösa jordlagren under bankfyllningen har sannolikt icke, åtminstone icke i någon högre grad, ägt rum, då några uppskjutningar på sidorna om banken ej kunnat förmärkas.

Genom den kraftiga komprimeringen ha torvmosselagren avsevärt förbättrats i hållfasthetshänseende och bankarna nått en stabilitetsgrad, som synts kommissionens flertal tillräcklig för den nuvarande trafiktyngden. Vissa försiktighetsåtgärder, såsom skärpt bevakning och nedsatt tåghastighet, anses av kommissionen dock ännu vara påkallade.

Skulle avsevärt tyngre trafik än den nuvarande införas å bandelen bör frågan om bankarnas vid Bratteforsån stabilitet ånyo prövas.

19. Några fall av sprickor och sättningar i bankfyllningar.

Geotekniska kommissionens undersökningar ha med få undantag avsett att fastställa den *naturliga grundens* bärighet. Blott i enstaka fall har stabiliteten *inom bankfyllningarna* varit föremål för närmare undersökning. Några av dessa fall ha emellertid ansetts vara av den art, att de kunna påkalla ett mera allmänt intresse, varför en redogörelse för desamma lämnas här nedan.

Dessa kommissionens undersökningar ha föranletts av, att tecken till instabilitet yppat sig, genom att sprickor och sättningar uppstått genom fyllningarna. På de flesta ställena har orsaken visat sig vara otillfredsställande dränering av i snedlutande terräng utlagd bankfyllning, i större eller mindre utsträckning bestående av jordslag, som förändra karaktär vid vattentillförsel. Rubbningarna hava varit så pass stora, att allvarsamma tågolyckor kunnat inträffa, om rörelserna icke i tid varsnats. Det är därför av vikt, att redan vid en banas byggande uppmärksamheten är fästad på hithörande spörsmål, så att i detta avseende lämpliga utbyggnadssätt väljas.

a. Sättning i banken vid Kusebacka å bandelen Göteborg—Alingsås år 1916.

Top. karta 1 : 100 000. Se Fig. 56, sid. 87.

Vid Kusebacka (Fig. 56) mellan Stenkullen och Floda å dubbelspåret Olskroken—Alingsås inträffade den 3 september 1917 å banken omkring sekt. 23+760[1] en sättning av allvarlig art (Fig. 96). Dubbelspåret över platsen var taget i bruk 1915. Banan framgår i kurva med 600 m radie på bank, som räknat från högra (södra) bankfoten är 7 m hög. Banken är belägen i snedterräng vid gränsen mellan morän- och lermark. Vid dubbelspårets anläggande breddades den gamla enkelspårsbanken genom påfyllning åt höger.

Sättningen, som drabbade de nyutfyllda massorna på en sträcka av 40 m och nådde in till ungefär 1 m från dubbelspårets mitt, belöpte sig till omkring 0,3 m. Den varsnades av tjänstgörande banvakten vid inspektion på morgonen den 3 september före nedgående nattsnälltåget. Trafiken avkopplades omedelbart från det yttre spåret, ständig bevakning infördes, och samtliga tåg

[1] Dubbelspårsbyggnadens Olskroken—Alingsås längdmätning (431 + 661 i banlängdmätning från Stockholm).

framfördes å det inre spåret, med iakttagande av största försiktighet. Sedan ett förbigångsspår hunnit iordningställas å moränmarken innanför banan, överfördes trafiken till detta.

Genom sättningen försköts bankens yttre slänt åt höger, vid bankfoten c:a 2 m (Fig. 97). Den utmed denna löpande stengärdsgården makades av trycket ned i det utanför gående diket samt stannade mot stammarna av där tätt stående alar. Sannolikt var det tack vare gärdsgårdens sammanhållning och det motstånd, alarna utövade, som förskjutningen hindrades att antaga större dimensioner.

Kommissionen hade tidigare uttalat, att en markförskjutning genom eftergivning av den naturliga grunden ej vore att befara å denna plats. Resultatet av den efter sättningens inträffande igångsatta undersökningen visade också, att sättningen bestått uteslutande i en utglidning av bankfyllningen på den naturliga marken.

För undersökning av orsaken till rörelsen i bankfyllningen upptogs ungefär mitt igenom den utglidna delen av banken ett tvärschakt, som grävdes ned till förutvarande naturlig markyta. I schaktets botten gjordes borrningar genom de naturliga jordlagren, varvid prov av dessa togos.

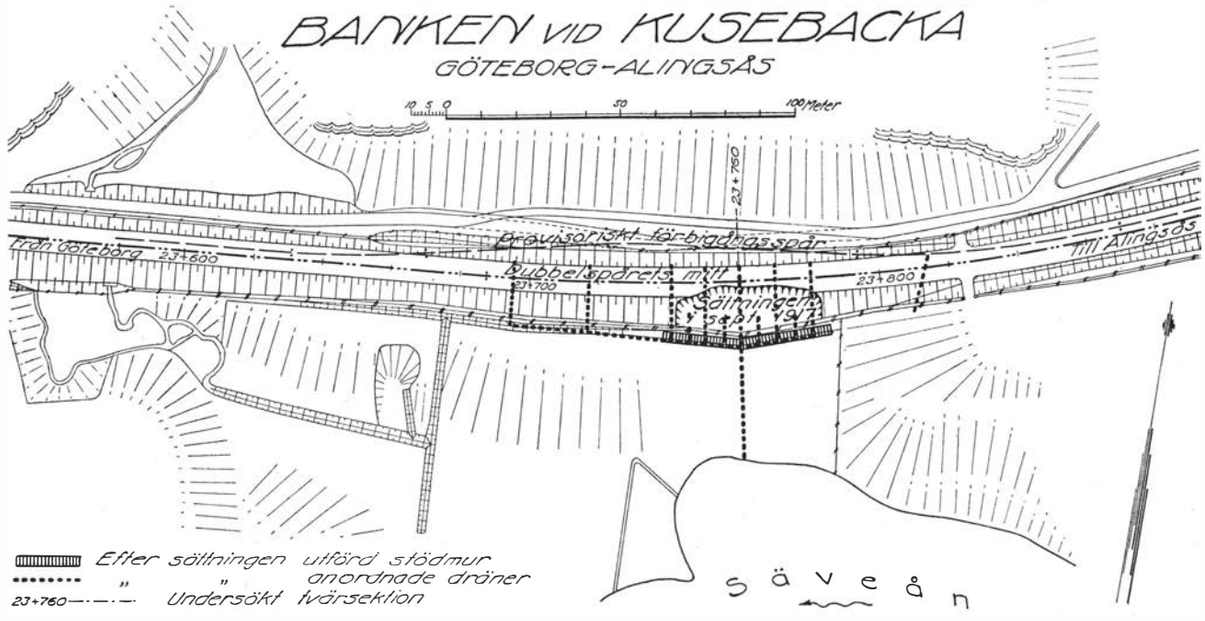


Fig. 96. Karta över dubbelspårsbanken vid Kusebacka, angivande läget av sättningen i september 1917 och därefter utförda förstärkningsarbeten.

Såväl öster som väster om det nedglidna partiet genomborrades fyllningen i dubbelspårets mitt å flera ställen, varjämte några borrhål upptogos å banans vänstra sida.

Undersökningen gav följande resultat (Fig. 97).

I det upptagna schaktet var gränsen blottad dels mellan den yngre och den äldre fyllningen, dels mellan fyllningen och den naturliga markytan. Det gamla matjordslagret med grässvålen var bibehållet.

De naturliga jordlagren under banken utgöras av *sand, sandig, mjälig lera* och *morängrus.* Sandlagret, som ligger överst, är c:a $^1/_2$ m mäktigt och rikligt vattenförande. Det vilar dels å moränen (åt vänster), dels å leran (åt höger) och sträcker sig ej utanför enkelspårsbanken. Leran, som under banken ända till fast botten är hård och fast, är under högra bankkrönet c:a 2 m och vid höger bankfot c:a 4 m mäktig. Längre åt höger tilltager den ytterligare i mäktighet. Morängruset går i dagen vid vänster bankfot. Det är i allmänhet hårt packat och stenigt. På ett djup av c:a $^1/_2$ m under markytan var det kraftigt grundvattenförande. Inom grundvattenzonen var morängruset tämligen luckert och grovt, därovan finkornigare och stoftigare.

Den äldre bankfyllningen utgöres till huvudsaklig del av *grus* med en mäktighet av c:a 2 m. Gruset är i sin övre del (den äldre ballasten) löst, men i sin undre del hårt packat.

Den yngre bankfyllningen utgöres av *sand* utom vid bankfoten, där en 0,6 m mäktig och c:a 5 m bred lins av *lera* förefinnes omedelbart intill den forna markytan. Längst åt höger vid bankfoten låg ett på sitt mäktigaste ställe 0,5 m tjockt *grus*lager mellan lerlinsen och den naturliga marken.

Sanden var så gott som alltigenom torr. Endast där den kom i beröring med den naturliga markytan, var den blöt. Då schaktet hade stått öppet några dagar, innan undersökning kunde verkställas, kan detta förhållande möjligen vara sekundärt, beroende på utluftning och sänkning av vattennivån vid genomgrävningarna.

I det öppnade schaktet framsipprade rikligt med vatten, dels vid den nedersta delen av den äldre bankslänten, dels å den naturliga marken nedanför denna. Den naturliga markytan var i följd härav slipprig och hal. Vattnet inkom i schaktet från sandlagret omedelbart under den gamla bankens hårt packade grusfyllning. Vid dubbelspårsbankens fot framträngde vatten, ej blott inom sättningsområdet utan ock väster därom.

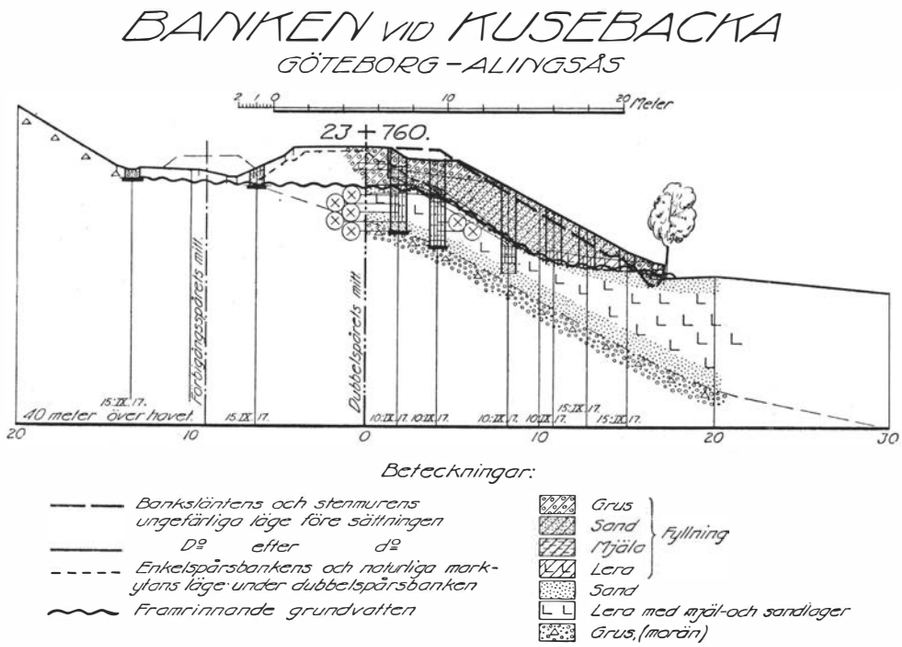


Fig. 97. Tvärsektion av dubbelspårsbanken vid Kusebacka, visande sättningen den 3 september 1917.

I de i banans mitt upptagna borrhålen vid 23+706 och 23+738 insipprade vatten vid den naturliga markytan, medan vid borrning till motsvarande nivå vid 23+788 och 23+811 intet vatten framkom.

I diket på bankens vänstra sida förekom ett rikligt flöde av ytvatten, som emellertid hade fritt avlopp genom trumman omkring sekt. 23+580. Vid grävning i dikesslänten konstaterades, att ingen infiltration från själva diket till bankfyllningen ägde rum. Den förut omnämnda grundvattenströmmen c:a $^1/_2$ m under markytan var sålunda omkring sättningsområdet isolerad från dikesvattnet och framrann ett par dm under dikets botten. Gropar, upptagna mellan diket och banken, $^1/_2$ m från dikeskanten, fylldes hastigt med uppstigande grundvatten, vars yta rätt snart nådde groparnas kanter, c:a 0,3 m över vattenytan i diket.

Den utförda undersökningen visade följaktligen, att grundvattnet från moränsluttningen norr om banan till en del framgick under den gamla banken, genomströmmade sandlagret vid dennas bas, fortsatte utefter den naturliga markens yta nedanför denna samt trädde i dagen vid dubbelspårsbankens högra fot. Tydligen hade före dubbelspårets anläggande grundvattenströmmen följt samma väg och då framkommit redan vid enkelspårsbankens högra fot.

Dagarna före sättningen hade rått osedvanligt stark nederbörd. Grundvattenströmmen bör därför ha stått under högre tryck än tidigare, och vattenflödet på gränsen mellan bankfyllningen och naturlig mark varit rikligare än under vanliga förhållanden.

Sättningens orsak var sannolikt den, att den mellan lerlinsen och den naturliga markytan förefintliga gränszonen av torrskorpelera med mylla och gräs, ävensom nedre delen av bankfyllningen uppblötts genom det rikligare vattenflödet. Härigenom har fyllningsmassans vikt ökats och lerlinsens friktion mot den underliggande naturliga marken minskats, och en utglidning därigenom framkallats. Denna förklaring av orsaken till sättningen styrkes av det långsamma sätt, på vilket denna tillgått.

På grund av undersökningens resultat beslöts att säkerställa banken medelst omfattande dräneringsanordningar, avseende dels att avskära och avleda grundvattenströmmen å bankens vänstra sida, dels att uttorka och stödja bankfyllningen.

Det å bankens norra sida förefintliga diket fördjupades så mycket, detta lät sig göra, varjämte drän inlades i dess botten. Å sträckan 23+700—23+810 anordnades i banken ett system av tvär-

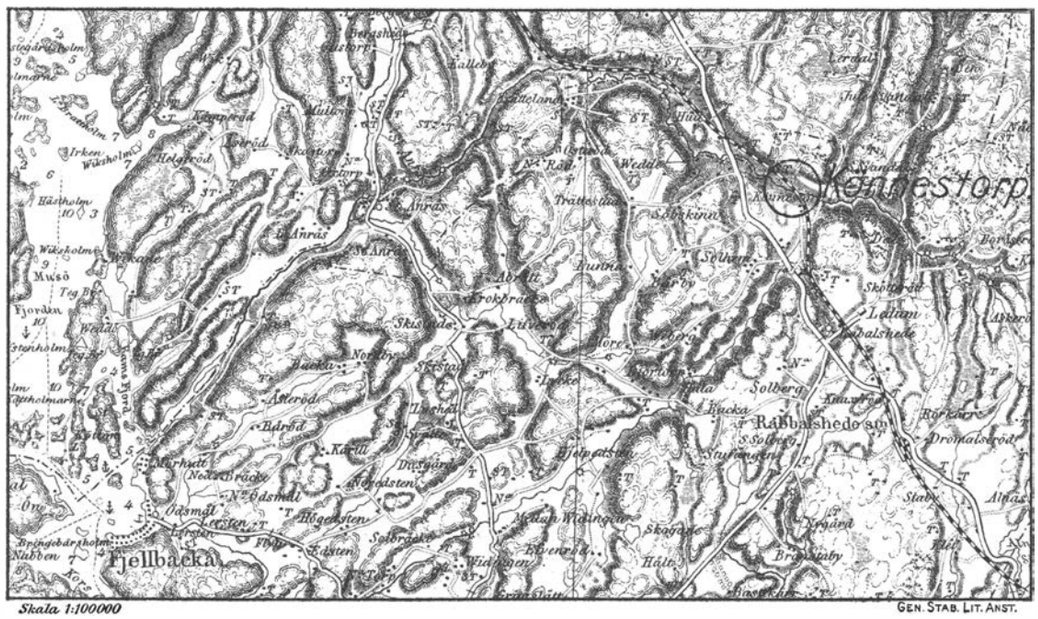


Fig. 98. Top. karta 1 : 100 000.

gående dräner, nående in till ungefär mitt under ballastens norra kant, inom området för sättningen belägna på 10 m men i övrigt på c:a 20 m avstånd från varandra. I mellanrummet mellan dessa dräner inlades inom sättningsområdet kortare dräner, vilka endast indrogos ett stycke in i högra bankslänten. Samtliga dräner förlades med sin bas ett stycke under den ursprungliga markytan och förbundos vid bankens fot medelst en långsgående drän. Medelst en mot denna vinkelrätt löpande drän erhölls avlopp till Säveån.

Dränerna bestodo av c:a 1 m breda gravar, till c:a 1 m höjd fyllda med sprängsten och inklädda med ris och mossa. Då relativt stor mjälhalt förefanns inom fyllningsjordarterna, inlades rör i dränernas botten för att om möjligt hindra igenslamning. Ovanpå den långsgående dränen anbringades en mindre stödmur av sprängsten.

b. Sättning i banken vid Könnestorp å bandelen Göteborg—Strömstad år 1920.

Vid Könnestorp (Fig. 98) mellan stationerna Rabbalshede och Orrekläpp övertvärar Bohusbanan å en ända till 13 m hög bank i 600 m kurva en djup sprickdal. Dennas botten täckes av mäktiga sediment, genom vilka en mindre å skurit sig djupt ned och nu slingrar fram mellan höga brinkar.

Utefter den branta norra åbrinken fortsätter banan i kurva ett stycke å bank, innan den omkring km 135+350[1] når in i skärning. Å denna i snedterräng belägna bank inträffade i januari 1920 en sprickbildning och sättning (Fig. 99), som under en kortare tid nödvändiggjorde vidtagande av utomordentliga försiktighetsåtgärder vid tågens framförande.

Förlopp.

Den 22 januari iakttogs omkring km 135+270 av tjänstgörande banvakten vid inspektionen en 30 m lång och c:a 3 cm bred spricka vid sylländarna vänster (väster) om spåret. Under loppet av dagen vidgades sprickan till minst sin dubbla bredd samt ökades följande dag, så att en man kunde krypa ned i densamma. Med sond kunde sprickan då följas till ett djup av c:a 3 m under ballastkrönet. Samtidigt som det utanför sprickan belägna partiet förskjutits, hade det sjunkit c:a 0,2 m.

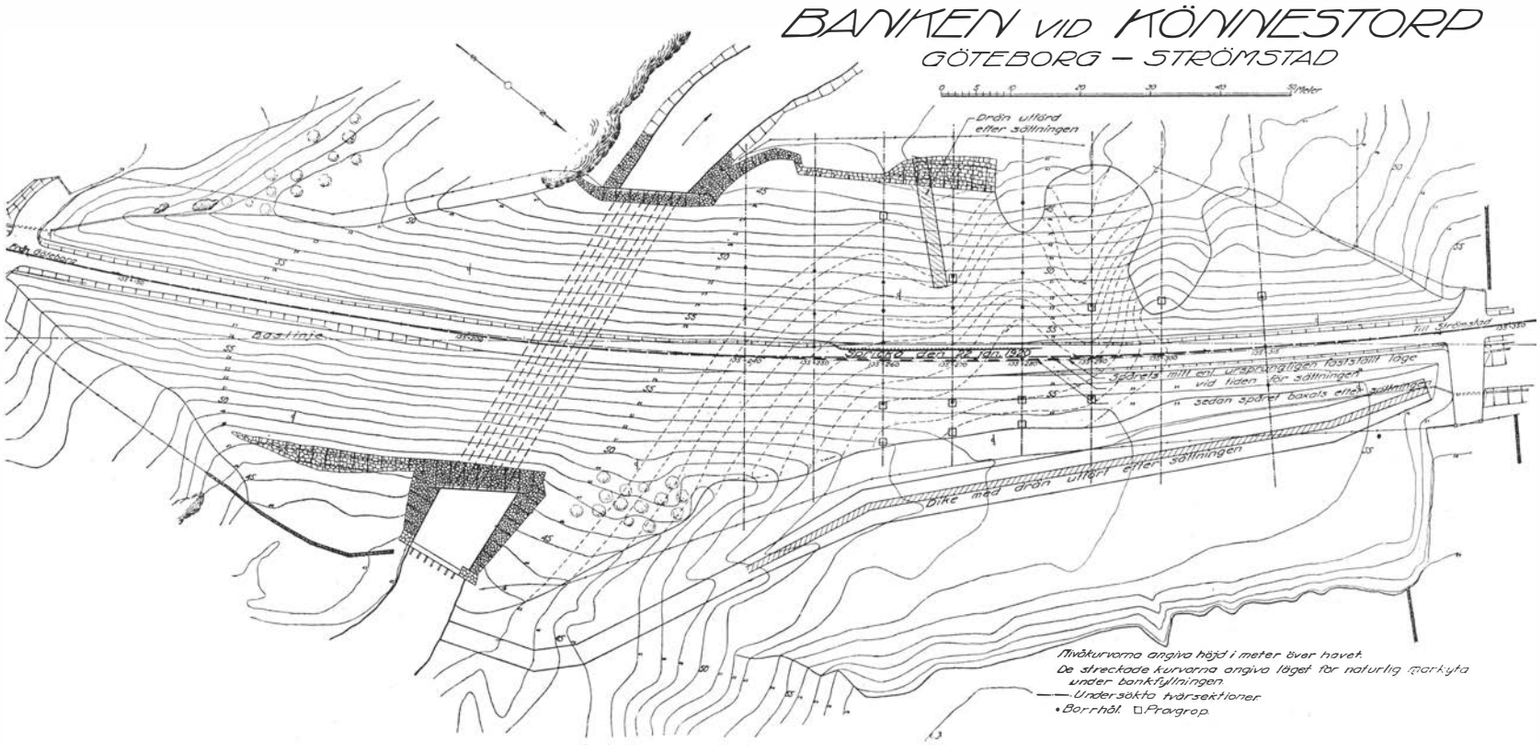


Fig. 99. Karta över banken vid Könnestorp, angivande sprickbildningen den 22 januari 1920 samt den därefter utförda dräneringen.

Spåret hade varje sommar måst lyftas och därvid även baxas åt höger. Lyftning och baxning hade emellertid med åren småningom kunnat minskas. Vid ifrågavarande tillfälle låg dock spåret något för långt åt vänster.

För att söka utröna orsaken till det inträffade utfördes grävningar och borrningar genom fyllningen i på 10 m avstånd från varandra belägna sektioner mellan 135+240—135+300 samt dessutom vid 135+315 (Fig. 99).

Redan under år 1915 hade verkställts sondborrningar på ömse sidor om banken i sektionerna 135+180, +220 och +260, och under år 1918 hade dessa borrningar kompletterats med provtagningar till 10 m djup i de naturliga jordlagren. Vid dessa undersökningar hade framgått, att bankens underlag utgjordes av över 10 m mäktig, finsandig mjäla med 2—3 m tjock torrskorpa, inom vilken mjälan ofta ersattes av grus och sand. Jordlagren från 10 m djup till fast botten visade sig vid sondborrningen vara av ganska fast beskaffenhet.

Resultatet av dessa undersökningar gjorde, såsom geotekniska kommissionen också med stöd av desamma uttalade, en eftergivning av den naturliga grunden osannolik. Det framgick även genom

[1] Banlängdmätningen från Göteborg.

de undersökningar, som verkställdes efter den inträffade sprickbildningen, att denna endast berodde på en sättning inom bankfyllningen.

De undersökningar, som omedelbart igångsattes, sedan sättningen iakttagits, visade, att bankfyllningen till övervägande del bestod av mjäla och finsand samt något grus (Fig. 100). Gruset täckte den övriga fyllningen i form av en 1—2 m tjock mantel. Hela den övre delen av fyllningen var torr och fast. Den undre, närmast den naturliga markytan liggande delen av mjälan åter var inom sektionerna 135 + 250—135 + 290 delvis mycket blöt.

Den vattensjuka mjälzonen hade sin största utbredning och mäktighet i bankens västra del i sektionerna 135 + 260 och 135 + 270. Åt norr steg denna zon utmed den naturliga markytan till

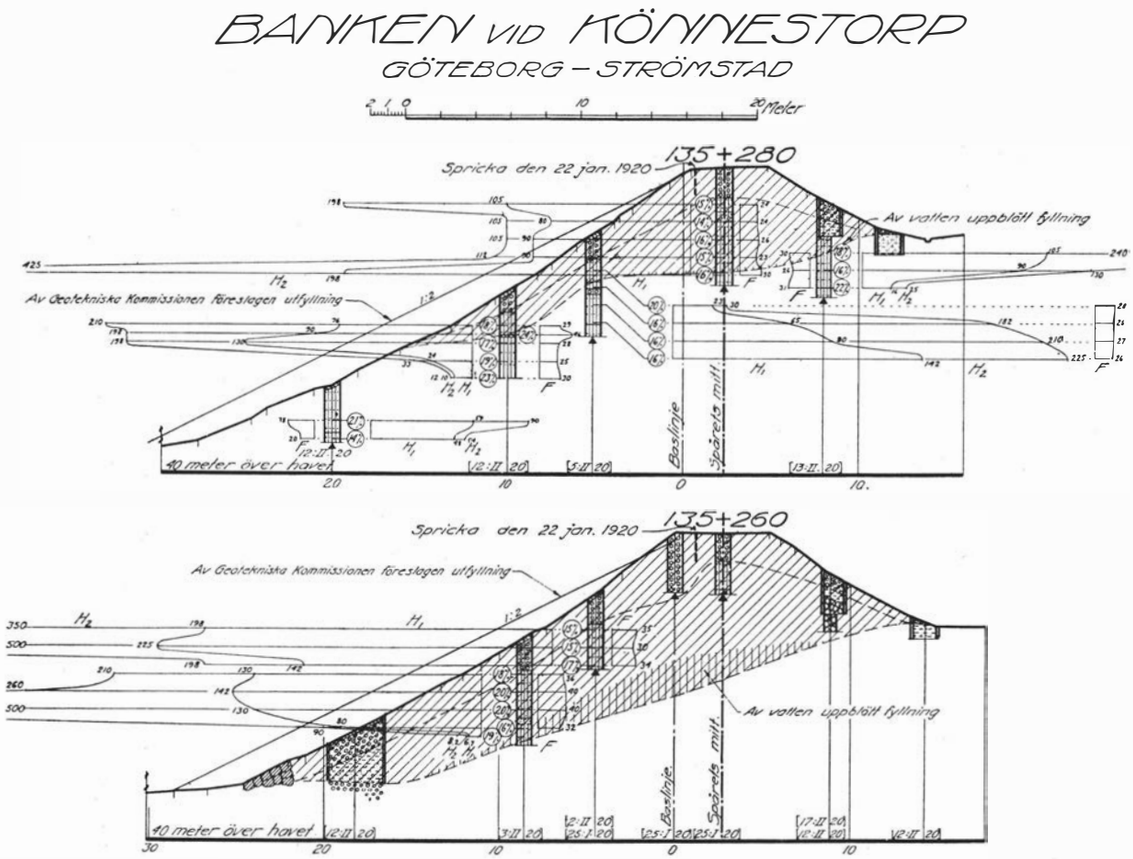


Fig. 100. Tvärsektioner av banken vid Könnestorp, visande resultatet av undersökningen genom bankfyllningen samt av Geotekniska kommissionen föreslagen släntutfyllning.

allt högre nivå och kom samtidigt allt närmare bankens högra sida. Då man medelst skopborrning nalkades denna zon, erhölls mot gränsen till densamma i de upptagna proven vatten å sprickytorna i mjälan, under det att mjälklimparna ännu voro fasta. Inom den vattensjuka zonen själv däremot visade proven av mjälan grötliknande konsistens. Någon uppblötning av den naturliga marken under fyllningen kunde däremot icke förmärkas.

Orsaken till att vattnet inträngt i banken, var ej svår att finna. Vid banans anläggande hade mellan sektionerna 135 + 240—135 + 340 å banans högra sida ett större sidoschakt upptagits (Fig. 99). I detta framträder på flera ställen ett rikligt flöde av grundvatten, som avledes i ett grunt dike ned till ån. Detta dike avbördar därjämte ytvattnet från en bäck, som från den branta sluttningen nedrinner i sidoschaktet vid sekt. 135 + 350 på östra sidan om banan.

Under senhösten 1919 inträffade i Bohuslän tillfölje den ömsom regniga, ömsom kalla väderleken en osedvanligt stark svallisbildning. Det ovannämnda sidoschaktets botten täcktes under för-

vintern helt av svallis, och denna nådde småningom en sådan omfattning, att det ytliga vattenavloppet tilltäpptes. Vid den undersökning, som efter sprickbildningen i banken företogs av svallislagret, befanns detta vara c:a 0,5 m tjockt. Det av detsamma indämda vattnet stod under tryck, ty vid upphuggning av isen sprutade vattnet fram i en meterhög, armstjock stråle. Vattnet från denna indämning hade helt visst sökt sig väg genom bankfyllningen och därvid helt eller delvis kvarhållits av denna.

Anledningen till den inträffade sättningen har tydligen varit den osedvanligt stora vattentillförseln till bankfyllningen och den härigenom framkallade uppblötningen av denna närmast ovan den naturliga markytan. Såsom bidragande till förutsättningarna till sprickbildningen torde förtjäna omnämnas den omständigheten, att banksläntens övre del genom under byggnadsarbetet inträffade ras och senare sättningar erhållit en brantare lutning än 1 : 1,5.

Omedelbart efter sedan sprickan upptäckts, bereddes vattnet i sidoschaktet avlopp, genom att en stor del av den täckande svallisen bortskaffades, och genom att diket fördjupades. Spåret baxades därefter så långt åt höger som möjligt innanför sprickan samt understöddes medelst långsyllar. Härefter tillätos tågen att passera, varvid passagerarna till en början ej fingo medfölja över det farliga stället. Då emellertid genom observation av i banken nedslagna pålar någon ytterligare rörelse ej förmärktes, ansågs den omedelbara faran överstånden, varför tågen fingo passera platsen med 5 km hastighet, vilken så småningom ökades till 20 km.

Följande ytterligare åtgärder hava verkställts för säkerställande av banken. För att effektivt avleda vattentillflödet från banans högra sida anordnades från vägövergången vid sektion c:a 135+350 och söderut ned mot åns strandbrink ett 0,5 till 1,0 m djupt dike med ytterligare 1,5 m djup drän i botten. Dränen försågs med rör och fylldes med sten och grovt grus. För att avleda det i fyllningen befintliga vattnet anbringades omkring sektion 135+265 snett upp mot slänten en drän. Denna nedfördes obetydligt under naturlig markyta samt fortsattes uppåt slänten till c:a 5 m djup under släntytan. Även denna drän försågs med rör och fylldes med sten och grovt grus. För att minska vattentillförseln till sidotaget leddes bäckens vatten mot norr in i skärningsdiket. Hit leddes också vattnet i skärningens överdike.

Härförutom har ifrågasatts en utflackning av vänstra slänten till lutning 1 : 2 genom påfyllning å en sträcka av 40 m.

c. Sättning i banken vid Kåhög å bandelen Göteborg—Alingsås år 1914.

Top. karta 1 : 100 000, se Fig. 82, sid. 138.

Den 6 december 1914 upptäcktes i banken vid Kåhögsberget (Fig. 82) mellan Partille och Jonsered å bandelen Göteborg—Alingsås, att en c:a 35 m lång och intill 3 cm bred spricka uppstått utefter högra (södra) krönkanten omkring km 10+600 i dubbelspårsbyggnadens längdmätning från Olskroken (Fig. 101). Undersökning av grunden hade utförts medelst sondborrning i början av år 1914. Under åren 1915, 1916 och 1921 kompletterades denna undersökning medelst provtagningar.

Järnvägsbanken är vid Kåhögsberget utfylld överst å strandbrinken till Säveån (Fig 102), vilken skurit sig ned 7 à 8 m under omgivande sedimentplan. Kåhögsberget reser sig högt och brant omedelbart intill banans vänstra sida. Vid dubbelspårsanläggningen förlades det nya spåret (det norra) å en del av sträckan å i berget insprängd pall. Tillfölje bergbottnens branta lutning tilltaga jordlagren i strandbrinken hastigt i mäktighet i riktning mot ån. I dubbelspårets mitt i sekt. 10+596 är deras mäktighet sålunda c:a 20 m och har vid höger 20 m ökats till något över 35 m. Underst utgöras lagren av glacial sand, som uppåt övergår i glacial mjäla med ler- och sandränder. Dessa lager överlagras vid en höjd ungefär motsvarande nuvarande havsytan av ett c:a 1 m tjockt skalgruslager, vilket täckes av något gyttjig postglacial mjäla med sandränder. Mjällagret blir uppåt allt sandigare och ersättes ovanför åns högvattennivå av sand- och gruslager med ränder av gyttjig mjäla. Dessa sand- och gruslager äro starkt vattenförande.

Bankfyllningen, som i dubbelspårets mitt är c:a 2 m mäktig, består av sand, sandig mjäla och till någon del av lera.

Då grundens beskaffenhet ingav farhågor för en markförskjutning, anordnades (under sommaren 1914) ett system av observationspunkter för inmätning av eventuella höjd- och sidorörelser i banken och den närmaste omgivningen.

Någon nämnvärd rörelse konstaterades emellertid ej förrän vid den mätning, som företogs, omedelbart efter det sprickan observerats. Det visade sig, att slänten utanför sprickan undergått såväl en sättning som en förskjutning utåt mot ån. Rörelsen var störst inom släntens högre belägna del och uppgick där i både horisontell och vertikal led till c:a 4 cm. Vid bankens bas hade rörelse blott ägt rum i horisontell led och till ett belopp av c:a 2 cm.

Under tiden närmast före sprickans uppkomst hade rått osedvanligt stark nederbörd. Det mellan banken och berget framgående diket, vilket ledde till en rörtrumma väster om berget, fylldes med vatten. Dagarna innan sprickan varsnades, syntes emellertid vatten framtränga såväl vid höger

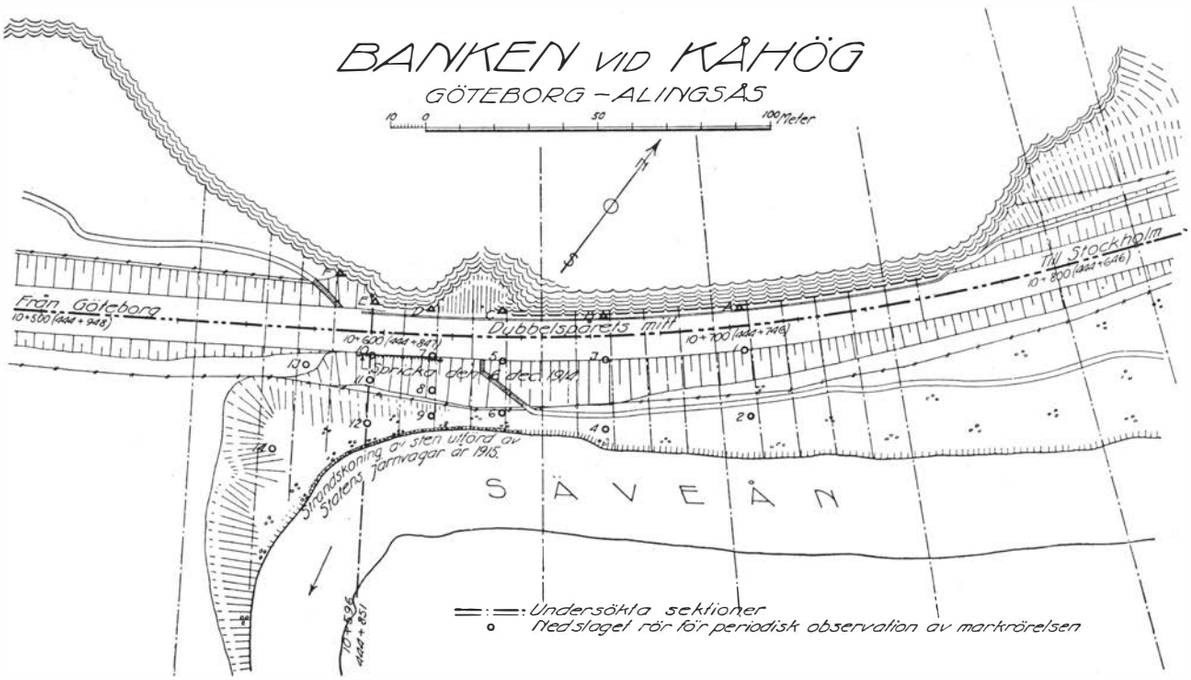


Fig. 101. Karta över banken vid Kåhög å bandelen Göteborg—Alingsås, visande läget av sprickan den 6 december 1914, undersökta sektioner och nedslagna rör för observation av markrörelser.

bankfot som längre upp å bankslänten, varjämte vatten började framströmma ur en igenlagd trumma ungefär mitt för berget.

Det, som iakttagits, giorde sannolikt, att sprickan uppkommit genom förskjutning inom bankslänten, framkallad därav, att vatten, som framsipprat under och genom bankfyllningen, ej obehindrat kunnat avrinna utan samlats i slänten och blött upp jordlagren i denna samt ökat deras vikt.

Åtgärder vidtogos att avleda vattnet medelst i slänten anordnade, 1,5 m djupa, stenfyllda dräner med rör i botten. Dränerna utgingo från bankslänten överkant samt fortsatte ned till stranden av ån. Den igenlagda trumman iståndsattes.

Sedan dräneringen verkställts, ha mätningarna av observationssystemet ej angivit någon nämnvärd ytterligare rörelse. Risken för denna punkt ligger dock ej så mycket i ett upprepande av det skedda som i möjligheten av en större markförskjutning, nämligen genom en eftergivning av de lösa jordlagren under banken.

En omläggning av linjen har ifrågasatts, men av kostnadsskäl ej föreslagits. Fört att säkerställa trafiken äro ständig bevakning och nedsatt hastighet införda. Punkten är en av dem, där i första hand skredvarningssystem är ämnat att anordnas.

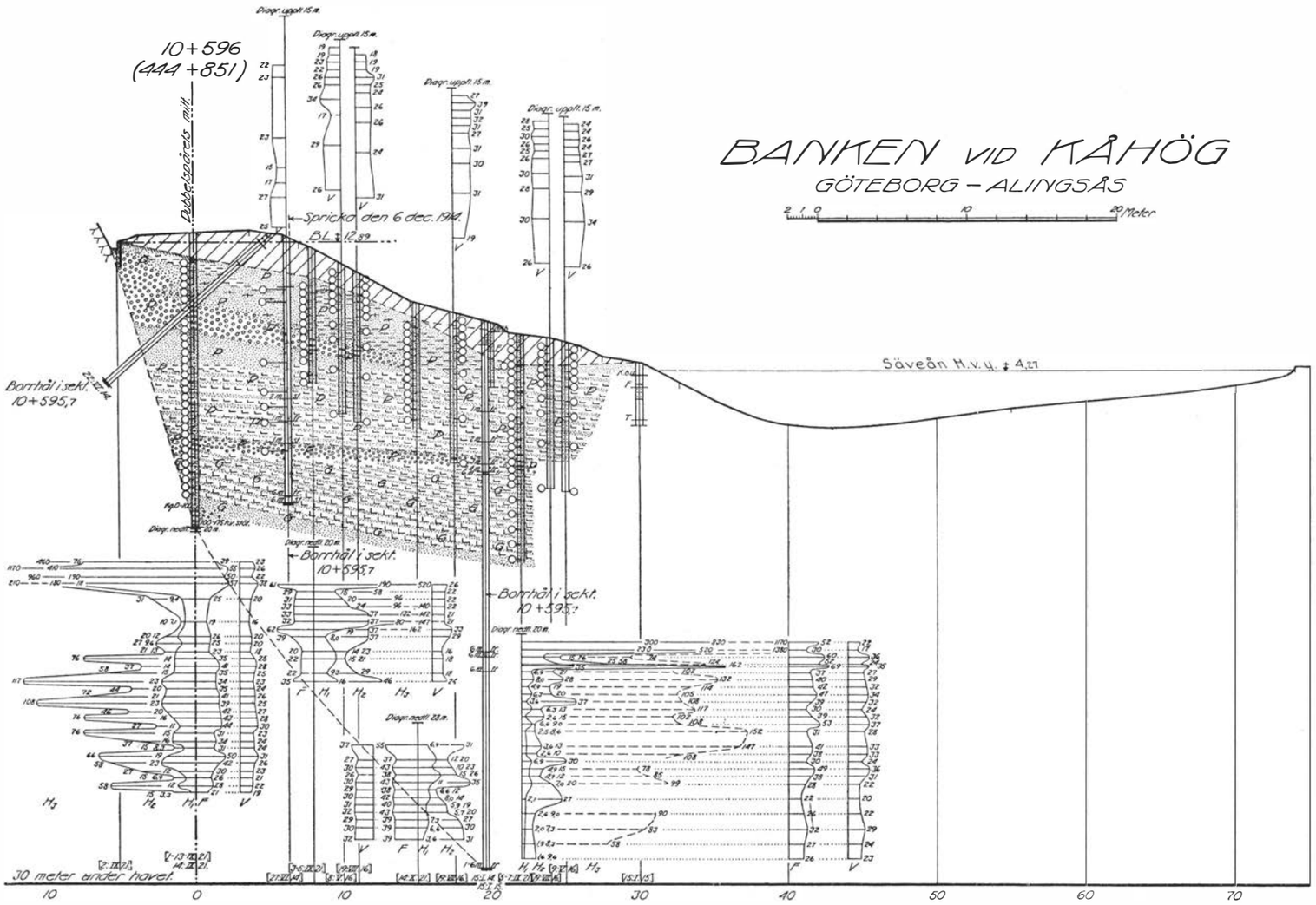


Fig. 102. Tvärsektion över banken vid Kåhög å bandelen Göteborg—Alingsås.

d. Sprickbildning i banken vid Bergsjön å bandelen Göteborg—Alingsås år 1919.

Top. karta 1 : 100 000, se Fig. 56, sid. 87.

I dubbelspårsbanken omkring sekt. 35+180[1] vid Bergsjön (Fig. 56) å bandelen Göteborg—Alingsås iakttogs i september 1919 längs banans vänstra (norra) krönkant en sprickbildning, som föranledde banbefälet att avkoppla trafiken från det närmast sprickan liggande vänstra spåret och införa hela trafiken på det högra spåret.

Bankläget och grunden hade tidigare undersökts.

De naturliga jordlagren visade sig ha en sammanlagd mäktighet av 6—7 m (Fig. 103) samt utgöras överst av en c:a 2 m mäktig, dytorvartad *kärrtorv* av relativt svag sammanhållning och därunder av 4—5 m mycket lös *lera*. Leran underlagras av *grus*.

Vid dubbelspårets anläggande utlades ny bank för båda spåren omedelbart vänster (norr) om den förutvarande enkelspårsbanken. Såväl den äldre som den nyutfyllda banken ha avsevärt nedsjunkit i torven men ej nämnvärt nedpressat kontakten mellan torv och lera. Undantag här-

[1] Dubbelspårsbyggnadens Olskroken—Alingsås längdmätning (420 + 262 i banlängdmätningen från Stockholm).

ifrån utgör dock områdets östra del, där — såsom av sektion 35+180 framgår — lerans övre gräns numera förlöper i en ganska djupt nedbuktad linje under den nya bankfyllningen. Under banken är torven starkt sammanpressad och har därigenom i hållfasthetshänseende väsentligt förbättrats På ömse sidor om den nedsjunkna fyllningen kunna svaga uppskjutningar iakttagas. Naturliga markytan lutar svagt från höger mot vänster.

Bankfyllningen består upptill av grus och därunder av sprängsten.

Hösten hade varit synnerligen regnig. Vid tiden för sprickans uppkomst liksom ock under dagarna närmast därefter var vattentillförseln så stark, att diket å banans högra sida ej tillräck-

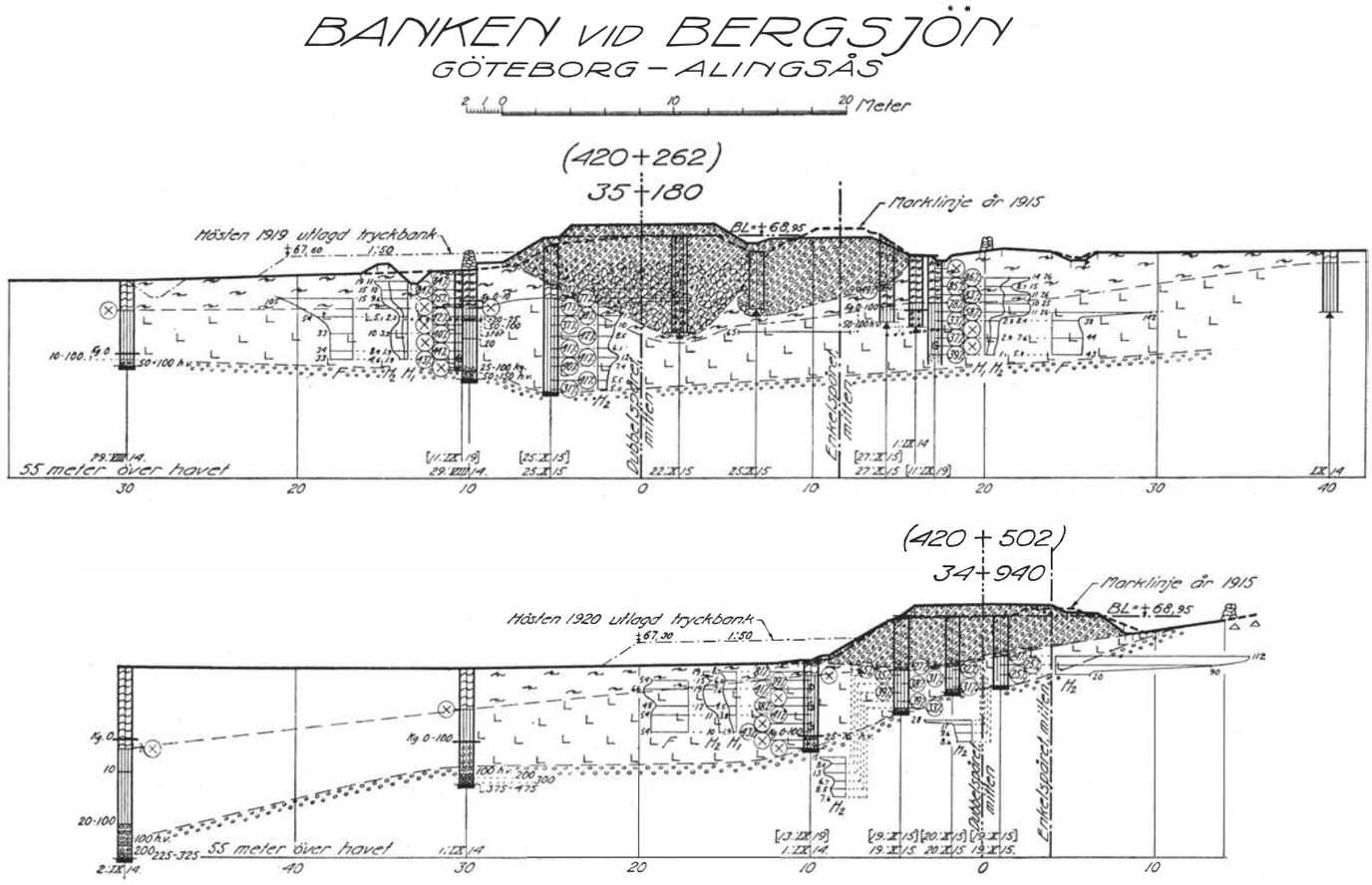


Fig. 103. Tvärsektioner av banken vid Bergsjön.

ligt hastigt kunde bortföra vattnet, varför detta uppdämdes ett stycke upp på bankslänten. Diket på banans vänstra sida förde likaledes ymnigt med vatten, vilket delvis framkom ur sprickor i den mot banan vettande dikesslänten.

Samtidigt med sprickbildningen och även dessförinnan hade vida, trattliknande hål uppstått i banken. Somliga av dessa voro så djupa, att man ej nådde botten med spett eller riktkäppar.

För att pröva bankens stabilitet företogos vid kommissionens besök ett par dagar efter sprickans uppkomst provkörningar å vänstra spåret med två kopplade lokomotiv (ett B- och ett G-lok) och ett par vagnar. Skenorna hade beströtts med grus för att öka skakningen. De största sättningar, som därvid uppstodo, belöpte sig till 9,5 mm efter det första tiotalet körningar av provningståget och ytterligare 7,5 mm efter det andra tiotalet. Genom provkörningarna uppstodo hålor i ballasten, vilka medelst spett kunde följas djupt ned (c:a 2 m) i fyllningen.

De utförda undersökningarna gjorde det sannolikt, att sprickan liksom hålorna i banken huvudsakligen uppkommit därigenom, att grus genom rinnande vatten transporterats ned mellan spräng-

stenarna i bankens undre del. Tydligt var ju, att det vid bankens högra sida dämda vattnet sökt sig avlopp genom bankfyllningen.

För att förhindra ett upprepande av det inträffade fördjupades diket å banans högra sida så, att vattnet icke vidare kunde rinna genom banken, utan erhålla erforderligt avlopp till trumman.

För att stärka den svaga grunden utlades å banans vänstra sida en tryckbank, vilken gavs en höjd av c:a 1,0 m och utsträcktes till ett avstånd av 20 m från dubbelspårets mitt. Torvlagren under tryckbanken dränerades med stenfyllda diken.

20. Banken vid Kullen å bansträckan Nyköping—Norrköping.

Top. karta 1 : 100 000, se Fig. 42, sid. 69.

Av geotekniska kommissionens undersökningar å den sträcka å statsbanelinjen Järna—Norrköping, som framgår å sluttningen utmed Bråvikens norra strand, visade det sig, att grundförhållandena därstädes på flera ställen voro likartade med dem, som varit rådande vid den ovan beskrivna skredplatsen vid Vita Sikudden (H. 4, sid. 69). För sådana av dessa platser, där en stabilisering av banan kunde för rimliga kostnader erhållas, verkställdes dylik, som regel bestående av å fast botten nedförd stödfyllning av sten på banans yttre sida. I något fall företogs även en mindre omläggning av linjen in på fastare grund. För hela Bråviksträckan hade strax efter Getåkatastrofen införts ständig bevakning och nedsatt tåghastighet. Allt eftersom förstärkningsarbetena fortskredo och del efter del sålunda stabiliserats, lät man dessa försiktighetsåtgärder successivt upphöra.

För några platser skulle emellertid ett fullständigt säkerställande av banan ställa sig så dyrbart, att detta åtminstone tillsvidare icke synes tänkbart att genomföra. För sådana platser måste allt framgent för trafikens säkerställande de ovan angivna, eller med dem likvärdiga, säkerhetsåtgärderna upprätthållas. En av dessa platser är banken vid Kullen omedelbart väster om Porsgata hållplats (Fig 42).

Topografi.

Denna bank omfattar en sträcka av c:a 700 m, km 100+000—100+720 i banlängdmätningen från Järna (Pl. 42), och är belägen inom östligaste delen av bansträckan vid Bråviken. Banan sänker sig här utför Kolmårdens sluttning ned mot Bråviken med maximilutning (1:100). Vid östra änden av platsen, km 100+000, där spåret ligger 18 m över havsytan, är avståndet till stranden något över 120 m. Detta avstånd minskas mot väster och uppgår vid km 100+720, där banan ligger 10,7 m över havet, till c:a 50 m. Stora landsvägen mellan Nyköping och Norrköping följer längs bankens östra del dennas inre (norra) sida, går under denna i vägport vid km 100+275 och fortsätter sedan utanför (söder om) banan utmed den västra delen av banken. Från vägporten österut framgår utanför banan en biväg mot Sandviken.

Järnvägsbanken är utlagd å jordlagren i den snedlutande terrängen. Å sträckan öster om vägporten är bankkroppen av avsevärd storlek (Pl. 42); dess största mäktighet vid den yttre (vänstra) krönkanten uppgår till 7 m. Även vägen utanför är utbyggd å bank, vars största mäktighet uppgår till 2,7 m. Vägen innanför banan jämte vägporten äro mer eller mindre djupt nedschaktade i jordsluttningen.

Den naturliga markytan lutar under banken 12° à 15°. Den högre liggande terrängen innanför banan är mestadels brantare, under det att markytans lutning utanför banan i regel minskas mot stranden. Bråviken är invid denna plats mycket långgrund. Ännu 100 m från stranden är vattendjupet endast 1 à 2 m.

Geologi.

De lösa jordlagren äro av avsevärd mäktighet och utbredda över nästan hela sluttningen ända upp till bergplatån.

Jordlagren äro vid denna plats likartade med dem vid Vita Sikudden och uppkomna under samma betingelser som dessa. Lagerföljden i jordsluttningen är, räknat uppifrån, följande.

1) Postglaciala avlagringar, bestående av överst strandgrus samt därunder sand, lera och mjäla.
2) Glaciala avlagringar: glaciallera och morängrus.

Moränen, som bildar fast botten för de överliggande jordlagren, synes hava betydlig mäktighet och är i regel underst av sandig beskaffenhet, i övre delen däremot grusig och blockrik. Dess yta har under banan en ganska jämn lutning av i medeltal 16°.

De över moränen liggande lagren, glacialleran och de postglaciala bildningarna, hava i banans mittlinje en sammanlagd mäktighet av 2 till 7,5 m, å större delen av sträckan omkring 5,5 m. Vid stranden äro motsvarande mäktighetssiffror resp. 3, 10,5 och 6,5 m. Utanför stranden ökas helt visst mäktigheten än ytterligare. Lagren avtaga successivt i tjocklek uppåt sluttningen, å vilken de vid denna plats sträcka sig till avsevärd höjd och till stort avstånd innanför banlinjen, innan de utkila. Allra översta delen av jordsluttningen består enbart av morän, mestadels övertäckt av strandgrus med blocksamlingar.

Glacialleran har under spårets mittlinje en mäktighet av högst 0,8 m, i medeltal 0,4 m. Vid yttre bankfoten äro motsvarande mäktighetstal resp. 1 m och 0.6 m samt vid stranden resp. 3,5 m och 2 m.

Den postglaciala lagerserien uppbygges av växellagrande skikt av grus, sand, mjäla och lera av varierande mäktighet. Vissa grus- och sandskikt hava stundom dominerande mäktighet i lagerserien, men äga delvis endast lokal utbredning. Inom varje skikt avtar kornstorleken i stort sett successivt nedåt sluttningen. Vanligen sträcker sig den grövre kornstorleken längre ut i ett övre skikt än i ett underliggande. Inom det högre belägna partiet innanför banan består den postglaciala lagerserien i huvudsak av sand, som mot markytan övergår i blockrikt strandgrus. Under banan och den yttre vägen utgöres lagerserien till övervägande del av finsand och mjäla, som utanför landsvägen småningom övergå i mjäla och lera. Utanför stranden består den postglaciala lagerserien så gott som uteslutande av lera. Översta ledet i serien utgöres av mer eller mindre mäktigt strandgrus och strandsand, som även är utbredd ett stycke ut över leran å sjöbottnen.

Såväl i glacialleran, som i de postglaciala lagren uppträda på vissa ställen blockrika zoner, som under lagrens bildningstid, då området ännu utgiorde havsbottnen, uppkommit genom skred eller ras från den högre liggande terrängen.

Inom det lägre liggande området utanför banvallen, där större delen av lagerföljden befinner sig under eller endast obetydligt över havsytans nivå, äro glacialleran och de leriga och mjäliga postglaciala sandlagren av mycket lös beskaffenhet. I jordsluttningen över nämnda nivå äro dessa jordlagers fasthetsgrad till stor del beroende av grundvattnet, som framrinner i tvenne nivåer, dels i morängruset, dels i de grusiga, sandiga och mjäliga postglaciala lagren. Dessa grundvattenzoner avstängas från varandra genom den impermeabla glacialleran. Vattenföringen i det övre grundvattenskiktet växlar intimt med nederbörden. De postglaciala lagren i jordsluttningen äro därför under vissa tider jämförelsevis torra och fasta, under andra perioder däremot mycket vattenrika. Det i morängruset framrinnande grundvattnet indämmes av den täta glacialleran, varför den nivå, vid vilken grundvattenytan träffar glaciallerans botten, ligger mer eller mindre högt över havsytan. Invid banlinjen anträffades vid undersökningarna grundvattenytan i moränen vid 4 m höjd över havet, vid en punkt t. o. m. över 5 m ö. h. Upp till den nivå, dit leran ständigt beröres av grundvattnet har uttorkningen hämmats, så att leran ända dit upp fortfarande har lös beskaffenhet. På kartan (Pl. 42) är med linjen A—A ungefärligt angivet, huru långt innanför stranden den lösa leran sträcker sig. Den lösa leran når, som synes, nästan överallt in under banvallen. I jordsluttningen ovanför denna linje är glacialleran av mycket fast beskaffenhet, vilken icke i någon nämnvärd grad torde ändras genom växlingar i grundvattenföringen, då ju en gång uttorkad lera icke torde öka sin vattenhalt annat än under mekanisk bearbetning.

Av ovanstående framgår, att grundförhållandena vid denna bank äro rätt mycket påminnande om dem, som rådde å skredplatsen vid Vita Sikudden. Benägenheten för skred är här dock säkerligen mindre än vid Vita Sikudden bl. a. därför, att fasta bottnens (moränytans) lutning är mindre brant. Allt sedan denna bandel öppnats för trafik, har vid platsen icke kunnat förmärkas några oroande tecken såsom sättningar eller förskjutningar av banvallen. Med våra nuvarande möjligheter att bedöma geotekniska gränsfall kan det emellertid ej avgöras, huruvida icke skred skulle kunna inträffa härstädes undet mycket ogynnsamma yttre förhållanden, t. ex. en långvarig, stark nederbörd. Banans läge vid denna plats måste därför nu i viss grad anses

vara förbunden med risk för markförskjutning. De utredningar, kommissionen låtit göra beträffande åtgärder för att verksamt betrygga banlinjen mot dylika risker, hava, såsom redan anförts, visat, att kostnaderna för dessa skulle bliva så stora, att de för närvarande ej kunna ifrågasättas. För trafikens tryggande är platsen därför ställd under ständig bevakning, varjämte tåghastigheten är betydligt nedsatt. Denna bevakning är avsedd att sedermera ersättas med automatiskt skredvarningssystem.

I. SLUTORD.

Ovan har framhållits, att det i många fall icke är möjligt att med större grad av skärpa bestämma jämviktsförhållandena vid belastningar å svag grund, och kommissionen har även såsom sin mening framfört, att det icke skulle vara berättigat att i varje fall genomföra förstärkningsanordningar i sådan omfattning, att varje tvekan beträffande stabiliteten vore undanröjd.

Såvitt kommissionen kunnat inhämta, är Getåskredet år 1918 (H. 4) den enda markförskjutning vid Statens järnvägar, vid vilken tågolycka inträffat. Den enda tilldragelsen av denna art vid de enskilda järnvägarna torde vara skredet vid Härnasjön år 1919 (H. 5). Med hänsyn till den stora tidrymd av c:a 70 år, under vilken järnvägsdrift här i landet ägt rum, och till det betydande järnvägsnät, som under denna tid framväxt, samt till de svårigheter, terrängen inom stora delar av vårt land erbjuder, måste det betecknas såsom ett med avsende på trafiksäkerheten ganska tillfredsställande resultat, att icke flera av geotekniska orsaker framkallade olyckor inträffat.

Ur rent ekonomisk synpunkt är det lätt att påvisa, att uppställandet av fordran på »absolut» trygghet icke är hållbar. De mest betydande — för att icke säga de enda mera betydande — markförskjutningar, som inträffat å Statens järnvägar, inföllo under tioårsperioden 1910—1919. Sålunda inträffade skredet vid Smedberg å Bohusbanan år 1911, skredet vid Svartå grindar invid Jonsered å bandelen Göteborg—Alingsås år 1913 och Getåskredet år 1918. En överslagsberäkning visar, att dessa skred kostat statsverket i runt tal 2 millioner kronor. Fördelas denna summa jämt över den ifrågavarande 10-årsperioden, motsvarar densamma 200 000 kronor pr år, vilket belopp efter en räntefot av 5% utgör årlig ränta å 4 millioner kronor. Det inses utan vidare, att ett förhållandevis så ringa kapital icke på långt när skulle täcka de kostnader, som vore förenade med ett »absolut» säkerställande av hela statsbanenätet.

Enligt verkställda utredningar, vilka givetvis i detta fall måste bliva rätt subjektiva, skulle kostnaderna för ett »absolut» säkerställande av enbart bandelarna Göteborg—Alingsås, Göteborg—Strömstad och Järna—Norrköping uppgå till inemot 20 millioner kronor. Man torde härav med kännedom om terrängförhållandena i allmänhet inom landet kunna draga den slutsatsen, att kostnaderna för ett sådant säkerställande av hela statsbanenätet snarare skulle överstiga än understiga 100 millioner kronor.

Jämför man härmed den på ovan angivet sätt framdeducerade kapitaliserade kostnaden för markförskjutningarna, 4 millioner kronor, vilken till och med torde vara för högt räknad, då den endast fördelats på en 10-års period i stället för, såsom kanske varit rättare, på åtminstone dubbla den tiden, framgår tydligt, att det skulle vara synnerligen oekonomiskt, att vid järnvägsbyggandet i varje fall uppställa fordran på »absolut» trygghet ur geoteknisk synpunkt.

För sådana platser, där ett fullständigt stabiliserande av banan skulle ställa sig orimligt dyrbart, och där man sålunda icke med visshet kan trygga sig mot en markförskjutning, är enligt kommissionens mening den riktiga vägen att lösa de vid markförhållandena bundna trafiksäkerhetsfrågorna den att söka urkoppla möjligheten för tågolyckor och därmed förbundna risker för människoliv. Detta kan ske genom införande av särskilda försiktighetsåtgärder i avseende å tåghastighet och bevakning. Effektivast i detta avseende torde vara de ovan (E) beskrivna skredvarningssystemen, vilka enligt kommissionens mening eliminera praktiskt taget varje risk för tågolycka av geoteknisk anledning och därför i många fall kunna ersätta en dyrbar ombyggnad eller förstärkning av banan.

Det blir dock till sist ett allt noggrannare fastställande av de verkligen föreliggande stabilitetsförhållandena, som leder till de gynnsammaste resultaten såväl vad beträffar kostnaderna som i

avseende å trafiksäkerheten, och det är därför av största vikt, att studiet av de geotekniska frågorna allt mer fördjupas och utvidgas. Bland annat i detta syfte har kommissionen velat belysa vissa sidor av de geotekniska problemen. Genom en fortsatt bearbetning av det av kommissionen hopbragta stora undersökningsmaterialet — på systematiskt sätt kompletterat — böra emellertid ytterligare sidor av dessa problem kunna klargöras. Den vid Statens järnvägar nyligen inrättade geotekniska avdelningen bör härutinnan söka en av sina viktigare arbetsuppgifter, och kommissionen vill särskilt kraftigt betona de icke minst ur ekonomisk synpunkt stora fördelar, som en hos denna avdelning vidgad och fördjupad insikt i hithörande frågor kan påräknas medföra för Statens järnvägar.

Till sist vill kommissionen framhålla såsom ett önskemål, att snarast möjligt även andra statens verk, vilka omhänderhava byggnadsfrågor av större utsträckning, inrätta dylika specialorgan för geotekniska utredningar. Härigenom skulle vinnas icke blott direkta fördelar för de ifrågavarande verken utan jämväl, att de olika geotekniska problemen inom landet bleve mera allsidigt belysta.

J. SUMMARY.

A. The appointment, work, members and staff of the Geotechnical Committee.

On December 29, 1913 the Royal Board of State Railways appointed a committee commissioned to

partly, geologically investigate the government railway lines mentioned by the Royal Board of State Railways, and to state whether there might be any fear of displacements of the road-beds in consequence of a land-slip or any similar occurrence,

partly, if such should be the case, to enter proposals for the steps which should be taken in order to secure the railway against such displacements.

B. General report of the investigations made.

1. General opinion.

Bearing in mind that the field of study, within which the work of the Geotechnical Committee lay, had hitherto been extremely little exploited, the Committee emphasizes the fact that the results which it has attained must in many instances be considered incomplete. The best way of making sure of successful work in this sphere lies in a comparative investigation between those cases of loading known with regard to their stability, and those to be judged. In this connection it is first and foremost a question of endeavouring to improve the methods of investigation themselves, and of making an attempt to procure as many illustrative examples, as possible in the different respects.

2. The extent of the investigations and the proposed steps.

Altogether over 300 places have been subjected to investigation and also almost 2,400 cross sections. Close upon 70 places have been considered in need of reinforcement in one way or other. Special precautions have been taken with regard to guarding the lines and the speed permitted in upwards of 100 places making a total distance of 56 km.

C. The general character of the movements of the ground.

1. The compression of the loose sediments.

It has been proved, partly by means of laboratorial experiments (Fig. 1), partly by means of field investigations, that wet clay emits water from additional pressure as soon as it can run off under less counter pressure than corresponds to the inner pressure of the clay particles. This is illustrated by means of examples (Figs. 2, 3, 4, 5, 6, 7), which show that the percentage of water has been diminished, and the consistence improved under loads of the embankment on clay ground, and this to a very considerable extent, in spite of these loads of embankment having existed for only the relatively short period of between 10 and 20 years.

In this connection it must be pointed out that to increase the percentage of water in »soft» clay by means of the presence of water only, however great a pressure this may be exposed to is an utter impossibility. An instance shows that a layer of very firm clay (the stiff surface clay) has retained firm consistence, in spite of its having been lying about 8 m. below the level of the water in a lake for more than 4,000 years (Pl. 41).

2. Displacement of loose sediments.

After a report on the combining forces within the body of earth, cohesion and friction (Fig 8) a table is given for the classification of the different displacements as follows.

Main Classification
on the basis of the internal character o the displacement.

- I Caving in (earth where the particles hang together by friction)
- II Slip (earth where the particles hang together by cohesion).

Sub. Classifications

With regard to the *causes*

A. Static-dynamic cause (Change of form and weight)
   a) Increase of the active load
   b) Decrease of counter pressure

B. Consistence factors (Reduced internal coherence).
   a) Decrease of friction.
   b) Decrease of cohesion.

With regard to the *course*

I Single displacement (Only one breach)

II Compound displacement (Two breaches or more following each other).
   a) Displacement spreading forwards (developing in the direction of movement of the sliding masses).
   b) Displacement spreading backwards (developing in the opposite direction of movement to that of the sliding masses).

D. Field methods for ground investigations for railway purposes.

1. Opinions as to the different methods of ground investigations.

With regard to this question it must be pointed out, that as a rule boring is the most suitable method. Test loading is furthermore criticized, emphasizing the general unsuitability of this method for other cases than those where test loading can be carried out on approximately the same scale as the future construction.

2. Geotechnical division of the layers of earth.

Following a brief report on the method of formation of the quarternary deposits, the Committee proceeds to give the following account of the geotechnically speaking more important kinds of earth.

ACCOUNT OF THE GEOTECHNICALLY SPEAKING MORE IMPORTANT KINDS OF EARTH.

Earths of Rock Material.

Earths of unsorted Material.

Moraine (moraine gravel, moraine sand, moraine clay), More or less angular, unsorted material of a gravelly, sandy or clayey nature, most often containing grains of all sorts of sizes, from boulders down to the very finest powdered rock.

If moraine is packed hard together, it is called »pinnmo».

Earths of sorted Material.

Gravel. Sediments whose principal body consists of grains of 2—20 mm in size.

Sand. Sediments whose principal body consists of grains smaller than 2 mm going down to the very minutest size, which if felt between the fingers or between the tongue and the lips make the grains of sand distinctly perceivable.

Silt. A material of an extremely fine sandy, dusty nature. When damp short in the breach and not tenacious or plastic.

Clay. The finest of fine grained rock material. When damp generally tenacious, with a greasy feeling.

The name of *Ose gravel* refers to every thing in the form of boulder, gravel and sand in our oses (eskers) usually consisting of rounded grains sorted according to sizes. The names of *Shore gravel* and *River gravel* refer to redeposited products of ose gravel or moraine.

Earths of Vegetable and Animal Remains.

Mud. A uniform earth, somewhat grainy in the breach, usually of a grey-green or brownish colour formed from decayed animal and vegetable remains, which if lightly pressed between the fingers when damp, feels rather elastic.

Amorphous Peat. Highly decayed brownish peat, which, when wet, is of a porridge-like or butter-like consistence.

Forest Peat. Peat containing considerable quantities of stumps and other tree remains.

Felt Peat. Slightly decayed peat of a felty, more or less tenacious consistence. Undecayed moss peat is classified under this heading.

Certain earths, such as muddy clay, clayey mud and others consist of a mixture af rock material together with vegetable and animal remains.

3. The General course of the investigations.

4. The organisation of the investigations.

In these two chapters directions are given as to the suitable course of the work when making an investigation for a railway from a geotechnical point of view, together with some standard statements regarding the borings.

5. Sound Boring.

The Committee has constructed a type of sounding borer of 19 mm round steel (Pl 1). When the borer does not sink from its own weight, it is charged with weights, so that it only just sinks. The series of weights are 5, 15, 25, 50, 75 and 100 kg. When the borer does not sink with a 100 kg. weight, winding must be resorted to, under simultaneous loading of 100 kg. It has been duly attended to by means of detailed directions that the registration of the resistance of the layers of earth received through the boring will be perfectly objective.

6. Boring through surface layers.

Sound boring is preceded by boring through the more consolidated surface layers of the earth by means of a borer of greater diameter.

7. Procuring of samples by borings.

In this chapter an account is given of the different instruments which the Committee has made use of during its investigations (Pl 2. Figs 18, 20) for procuring samples and also of the methods necessary in particular cases in order to obtain samples of earth.

8. Sounding.

An account is given of the process adopted in order to obtain sufficiently accurate results.

9. Comparison between investigation results attained, partly according to older methods, partly according to the methods of the Geotechnical Committee.

Examplas illustrate (Fig. 66 Pl 36 Fig. 27) the many times very misleading results which have been attained by using the older methods of investigation, especially when it has been a question of ascertaining the order of the underlying layers under bodies of earth more difficult to penetrate, for instance, banks which have been filled up.

10. Drawings.

Unit indications are recommended, and the indications which the Committee has made use of are to be found on Pl 3.

E. Arrangements for the observation of the movements of the earth.

By means of examining fixed points in the ground, slow movements have been ascertained, especially in clay soil. Marking takes place with iron pipes, put down to a depth of about 1—1 $^1/_2$ m. fastened at the bottom with a lump of cement. For more continual observations, so called »markpeglar» (ground gauges) (Fig. 28) have been put out in certain places, based upon relative movement between an iron pipe driven in through the surface layer and an iron bar driven down through this pipe to a solid bottom.

F. Laboratorial methods for geotechnical investigation of samples of earth.

1. Determination of water percentage.

This is done according to established norms.

2. Determination of consistence.

For this purpose a metal cone of a certain weight (Figs 29 and 30) is used, and is hung up over the sample of earth which is placed in a basin and levelled to an even surface. At the start of the proving the point of the cone must touch the surface of the sample. The cone must fall down of itself into the sample, and the depth of the impression thereby made gives the consistence. With the help of certain systematically performed investigations (Pl 4. Fig. 31) it has been possible from the impression thus received to obtain the standard strength of the clay in an arbitrarily chosen scale, relative strength.

3. Determination of the degree of fineness.

In order to determine the average grain size of clay, a method has been worked out based on the figures obtained for the water percentage, and those of the strength. With the help of constructed curves (fig. 32)

and tables, the relativity of the fineness of the sample can thus be calculated without any separate investigation.

4. Stability calculations.

After having stated the principles according to which hitherto current methods for stability calculations have been adopted, and after having pointed out their defects, the Committee states the methods by which it has performed its own calculations. These are based on the supposition of circular cylindrical breaches and friction resp. cohesion (Fig. 33) in these. The method is held out as being only a way of calculation, which, as a rule however, suits the actual conditions better than the older methods. The estimation of stability ought, as far as possible, to be based on comparison with known cases of stability, and in that case the calculations should by preference only serve as a help with this comparison.

H. Monographs on some places more closely examined.

1. The slip at Säm on the Bohus Railway year 1903.

At Säm the state line Göteborg—Strömstad (the Bohus Railway) runs close to the West side of a valley. During the construction of the railway, when excavating a 3 m. deep side-cutting, a slip in the slope of the cutting took place. At the slip about 2,400 sq. m. of earth slipped out from a side valley which had previously been entirely hidden by loose layers of earth (Fig. 35). The order and nature of the layers are illustrated. (Pl. 5.) The slip was of a backward spreading character, and took place so that the slices of earth loosened successively, and glided out over a stretch of about 5,000 sq. m. During this slip the slices of earth, which largely consisted of clayey silt, began to flow in streams. The cause of the slip appears to have been static-dynamic, and must have mainly depended on the excavation of the side-cutting, by which the support for the masses of earth in the valley where the slip took place was weakened.

2. The slip at Munkedal station on the Munkedal Railway year 1895.

The steep bank of the Örekil river is at Munkedal (Bohus Province) cut about by numerous scars of slips. The slip here described began with a slice of earth in the river bank gliding out, and this slice of earth was successively followed by others, so that the slip ultimately reached and undermined the Munkedal Railway which was situated at the top of the river bank and was shortly before ready terraced (Fig. 38). The layers of earth have been examined both inside and outside the slip (Pl. 36). In the scar of the slip which is covered up by slices of earth which have slipped out, there appears a zone at a depth of 5—10 m. with a greater percentage of water and less strength than both those of the over and underlying layers. As no such zone has been discovered outside the scar of the slip, it is thought that it probably forms the lowest and consequently that part of the material which has been mostly stirred up. The cause of the slip seems to be static-dynamic, chiefly erosion of the river. In order to prevent further slips, the river bank has been furnished with a reinforcement of stone.

3. The slip at Vallby cutting on the Nyköping—Norrköping section year 1916.

In the clay cutting at Vallby, which is about 9 m. high (Fig 40) there occurred a slip a few months after the line had been opened, the rails were covered for about 20 m., to a depth of 1 or 2 m. by the masses which had slipped out. A train disaster was warded off by the intervention of the lineman. The slip took place immediately after a rapid rise in the temperature which caused intense melting of the snow. The ditch on the upper side of the cutting filled with water as it lacked outflow on account of the damming of ice. The slip seems to have been caused partly by the outflow of the loose silt in the lower part of the slope (Fig. 41) and the increased loading on account of infiltration in the stiff surface clay from the water in the ditch and partly by the stiff surface clay being soaked through from the same water.

4. The slip at Vita Sikudden on the Nyköping—Norrköping section year 1918.

As far as is known only two railway disasters have occurred in Sweden from geotechnical reasons. One of them was caused by the slip here described. A passenger train was hurled down the demolished embankment; 41 persons were killed, and as many injured, while rolling material to the value of close upon half a million Swedish crowns was distroyed. (Figs 43 and 44). The slip occurred at about 7 p. m. on October 1 and ceased just before the arrival of the train. No witnesses were present. The topography and geology of the district where the slip took place are minutely described (Pl. 7, 8 and 9 see also Figs. 45 and 46). The scene of the slip is situated on the slope toward the Bråviken shore. The loose sediments show a rather complicated stratigraphy, increasing, broadly speaking, in thickness out towards the water, and consisting in the upper part chiefly of sand and silt, while the lower part consists of loose clay. The whole slip may be looked upon as a breach with a cupular cut, and the stabilization of the above lying masses by their gliding along this cut. The upper part lying on the inside of the shore sank, while the lower part on the outside of the shore rose. The cause of the slip appears to have been an exceptio-

nal water infiltration in the embankment filling and in certain layers of earth during the unusually heavy rains before the slip (Fig. 47). Firstly, the embankment filling and parts of the natural deposits became heavier in consequence of the catching of the rain-water (increase of the active load), secondly, the keeping together in the embankment and the upper sandy, natural strata were lessened on account of the water infiltration.

5. The slip at Härnasjön on the Borås-Ulricehamn Railway year 1919.

The other railway disaster in Sweden from geotechnical reasons is the one here described. On this occasion the engine-driver was killed and some rolling material spoilt. This slip also took place just before the arrival of the train. The scene of the slip lies on the shore of Härnasjön and the outer part of the bank rested on very loose layers of earth, mud and clay. The topography and geology of the spot will be seen from Figs 50 and 51, the extent of the disaster from Fig. 49. The slip took place shortly after the frost had gone out of the ground, when the then prevailing high water in the lake rapidly sank 0,3 m., and also just after the bank for the adjusting of the line had been filled up a little. The slip is characterized briefly as being partly and chiefly of the static-dynamic cause, that the embankment filling had become heavier, and partly on account of the embankment filling having been less kept together in consequence of the soaking during the time shortly after the frost had gone out of the ground.

6. The slip at Södertälje Canal during the extension work year 1916.

At this slip when a great mass of earth slipped down from the canal slope during the extension work, 3 workmen were killed and about 10 injured. The canal has been cut through a gravel ridge (ose) in whose original pits, clay, to a certain extent pretty loose, lies concealed by overlying layers of post-glacial sand and gravel. The slip occurred in a one year old slope, in the lower part of which clay had been exposed. (Pl. 10 and 11, Fig. 53). The slip appears to have been caused partly on account of the sand mass above the pit clay not having kept so well together in consequence of the water from a torrential downpour of the day before, and partly on account of the slope having been given too steep a gradient (especially towards the bottom), thereby weakening the support.

A slip in the canal slope in 1915, one year earlier is briefly described. This slip also occurred in a part where pit clay had been cut through, and had partly remained in the slope (Fig. 54).

7. The slip during the building of the double track along Stora Sävelången at Norsesund on the Göteborg—Alingsås line years 1914—1916.

The line at Stora Sävelången where it is built out to form the double track, had to be laid partly outside and close to the shore of the lake on loose inclining clay. By means of repeated blastings with attendant larger or smaller slips of the embankment filling, which was refilled between every blasting, an endeavour was made to remove the loose clay in the bank section in order to thus obtain a solid bottom layer for the bank. Close investigations, borings and soundings accompanied the work, in order to ascertain the position of the masses of filling which slipped out at the blastings. A detailed account is given of the result of these investigations at Iglakärr and Boställshuset, two places on this section. A survey of the arrangements and effect of the blastings is given (Pl. 12 and the tables on pp. 89—92 and pp. 104—105), and of the changes which took place in the bottom of the lake at the blastings (Pl. 13—17, 19—25 and 27—29). To begin with quarrystone was used as filling at Iglakärr, but afterwards silt and sand, while at Boställshuset quarrystone was chiefly made use of. The suitability of the different filling materials is closely discussed and will be clear from a comparison of Figs 63 and 64 and plates 18 and 26, from which it will be seen that quarrystone filling has in this case proved superior to other materials. Attempts are being made to explain the mechanism of the slips which took place during the blastings at the bottom of the lake.

8. The slip at the gravel filling for the coal wharf of the State Railways at Örnsköldsvik years 1916—1919.

When filling the gravel bank for piling for the coal wharf at Örnsköldsvik, extensive slips of a peculiar nature took place. From the close investigations which were made it was proved that the sediments at the place consisted of a loose post-glacial silt layer at the top about 4 m thick, and under that a firm glacial silt layer of the same thickness (with an under layer of glacial sand) and between these a layer of loose post-glacial and glacial clay, in all about 1 m. thick. All the layers lay at an inclination of 1 : 10 to 1 : 15 out to the water. At the time of slips the bottom of the lake was peeled off down in to the clay layer to a distance of 90 or 100 m. from the quay line, by the moving gravel filling ploughing up and throwing in front of it the post-glacial silt and parts of the clay layer (Pl.30—32). By means of repeated blastings and their attendant slidings of gravel filling (Pl. 32) and the consequent scraping away of the clay layer, a solid gravel bank was obtained.

9. The breaking-through of the ground at the filling of the switching track at Järna on the Stockholm—Mölnbo line year 1919.

10. The breaking-through of the ground at two banks on the line under construction between Järna and Nyköping.

a. Södra Norabanken (The Southern bank at Nora).
b. The bank at Ödesby.

11. The breaking-through of the ground at the construction of the double track bank at Kuddby on the Nyköping—Norrköping section years 1912—1915.

12. The breaking-through of the ground at the construction of the double track bank at the bog at Vik on the Göteborg—Alingsås line years 1911—1915.

13. The breaking-through of the ground during the construction of the bank at Grohed on the Bohus Railwy.

The breakings-through of the ground here described have all been caused by too heavy load on weak ground (generally clay), and the consequent slips have had forward-spreading courses. A detailed account is given of the course of the filling up and of the nature of the ground at the different places. At Grohed (13) the considerable amount of filling which sank at the time of the slips is especially noteworthy (Pl. 38).

At Järna (9) it was possible by means of an iron pipe especially constructed for the purpose to (without disturbing the earth) take up complete series of samples of the natural layers and to study the deformation which the strata had sustained owing to the slip, and also to ascertain the position and shape of the gliding surfaces active at the time of the slip (Pl. 33). At Södra Norabanken (the Southern bank at Nora) (10), at Ödesby bank (10), and at Vik (12) the deformation of the surface layers of the earth caused by the slip was closely investigated, and it was proved that breaches and overthrusts had taken place on a large scale in the ridges which had arisen from the slip (Fig. 72. Pl 34 and 35, Pl. 37).

14. Outflow of filling at the construction of the West Coast-Railway along Lake Sagsjön years 1887—1888.

During the construction of the Göteborg—Halmstad line (the West Coast Railway), a slip occurred along Lake Sagsjön on the borders of Halland and Västergötland), the masses of filling slipping out and spreading in the form of a tongue, 60 m. long and 4,5 m. thick reckoned from the position of the rails (Pl. 39), The ground consists of thick, very loose mud of a heavy water percentage, with an underlayer of loose clay resting on moraine. The great lateral slip seems to have been caused by the mud being very loose and light (specific weight about 1,1).

15. The breaking through of the ground at the South and the compression of the ground at the North part of the bank at Smedseröd on the Bohus Railway.

At the South part of the bank at Smedseröd on the state railway between Göteborg and Strömstad the filling has to a large extent sunk down into the ground, which consists of very loose thick clay witha slightly developed dry crust (section 95+250 Pl. 40). At the North part of the same bank, the crust of the clay is well developed and the clay under this is not quite so loose. The compression of the clay under the bank here has been clearly proved (Fig. 6 and section 95+250 Pl. 40).

16. The Aspen bank on the Göteborg—Alingsås line.

On investigating the position of the newly filled double track bank over an arm of Lake Aspen, an old surface layer with a well preserved dry crust (Pl. 41) was found about 8 m. below the surface of the water and about 4 m. below the bottom of the lake, which consists of mud silt. This surface layer appears to have come into its immersed position owing to a slip of the lake bank which took place probably 4 000 years ago. The old stiff top clay is regarded as the bearing underlayer for the bank and is a significant proof that only contact with water cannot cause the soaking through of clay.

17. Some cases of loads of embankment on peat-bogs.

a. *The bank on the bog at Säbylund on the Hallsberg—Örebro line.*
b. *The bank on the bog N. E. of Västra Bodarne on the Göteborg—Alingsås line.*
c. *The bank on Glasberga bog on the Stockholm—Mölnbo line.*

In order to examine the possibility of the embankment filling remaining in a superficial position at the construction of the double track on the bog at Säbylund, extensive comparative investigations of the peat-bog layers in this bog and in the bogs at Västra Bodarne and Glasberga were made, where the banks without completely breaking through the peat-bog layers had sunk down deeper than at Säbylund. A detailed account

will be found of these investigations (tables A—M, Figs 85, 86, 88). By means of a simple apparatus especially constructed for the purpose, the spring of the banks was examined when trains passed (Figs 84, 87, 89 and 90). The result of the investigations showed that the peat layers at Säbylund should full well be able to endure the load that a double track means. Thus being able to build the double track over the bog by widening the old single track instead of moving the line, as was proposed, about 200,000 Swedish crowns was saved in the cost of construction for the 1 km. long distance over the bog.

18. Banks in the Bratteforså valley on the Bohus Railway.

In the Bratteforså valley on the government railway between Göteborg and Strömstad (the Bohus Railway) extensive sinkings of the embankment filling took place at the time of the construction of the railway. These sinkings continued after the railway was opened for traffic in 1907, although with diminished intensity, and have now practically ceased entirely (fig. 94).

For the position of the embankment filling and the nature of the ground see Figs 93 and 95, where it is shown that the sinkings have been greatest where the ground has consisted of layers of peat bog to a great depth. As risings on the sides of the banks do not occur, the sinkings are thought to have been the consequence of the compression of the layers of peat-bog owing to the water having been pressed out of them.

19. Some cases of fissures and settlements in embankment fillings.

a. Settlement in the bank at Kusebacka on the Göteborg—Alingsås line year 1916.
b. Settlement in the bank at Könnestorp on the Göteborg—Strömstad line year 1920.
c. Settlement in the bank at Kåhög on the Göteborg—Alingsås line year 1914.
d. Fissure in the bank at Bergsjön on the Göteborg—Alingsås line year 1919.

Some cases of fissure formations and settlements in embankment fillings are here described. In every case the cause of the movements has been proved to be imperfect drainage in these banks which stand on more or less obliquely slanting ground, and which partly consist of filling material which changes character at water supply. Close investigations of the embankment fillings and the foundation have been made at the respective places (Figs 97, 100, 102 and 103), and a report of the reinforcement work which has been carried out at every place is likewise given.

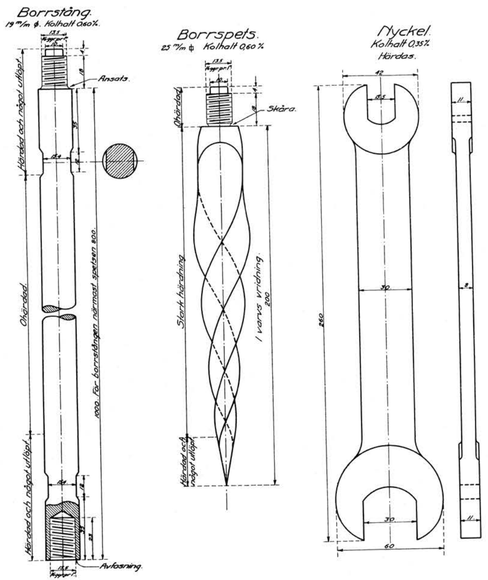
20. The bank at Kullen on the Nyköping—Norrköping section.

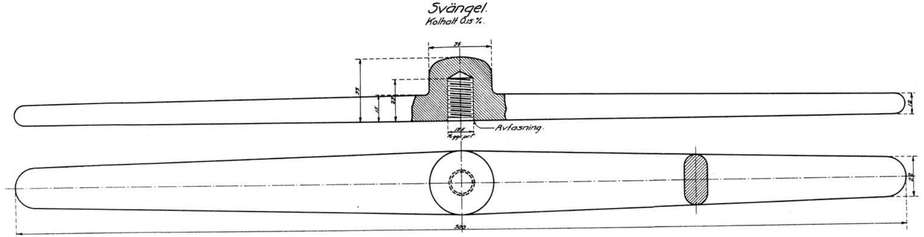
At some places in the parts of the system of the State Railways examined by the Committee such conditions of the earth are existing that a risk of earth displacement in case of unfavourable external circumstances seems to exist, but measures to ensure safety of the railway would be so expensive, that for the present at least, they cannot be carried out. To ensure safety for the traffic at such places, a lineman is on constant guard, and this arrangement is to be changed in the future for the automatic slip warning system. The bank in question is an example of such a geotechnical boundary case. A detailed account of the result of the investigations there carried out is given (Plate 24).

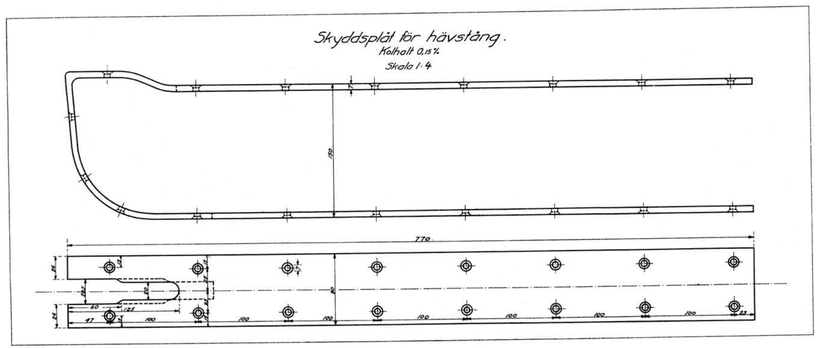
Closing remarks.

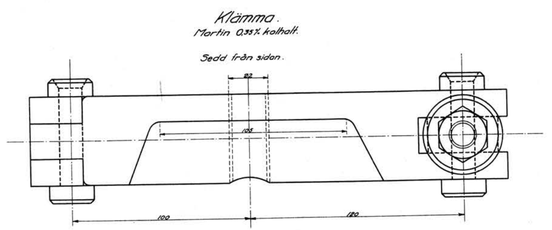
The Committee calls special attention to the fact that in several cases it is not yet possible to exactly determine the conditions of balance in loads on weak ground. By means of some examples the Committee shows that the demand for absolute safety is not defensible financially, and roughly estimates the costs of similar measures on the system of state railways to rather more than less than one hundred million Swedish crowns. At such places where there is a risk, but where to ensure complete security is not within reason on account ot the expense, the Committee considers it better to endeavour to eliminate the risks of railway disasters, and this can be done by introducing effective guard arrangements, especially the automatic warning system (the slip warning system described under E). The Committee lastly calls attention to the fact that the solution of the geotechnical questions lies in a considerably deeper and more extensive study of the same, and emphasizes the wish that the building departements of the state may arrange a special medium for geotechnical investigations.

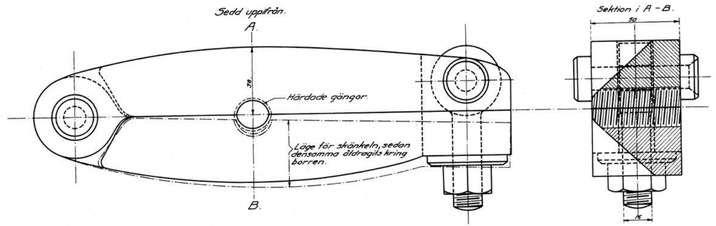
Sondborr med tillbehör.

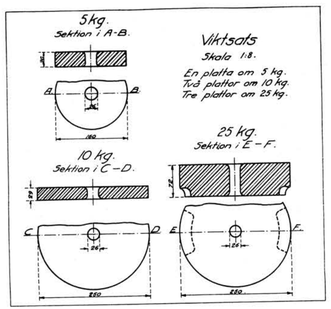


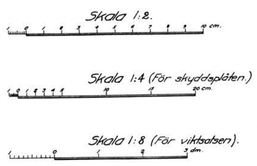










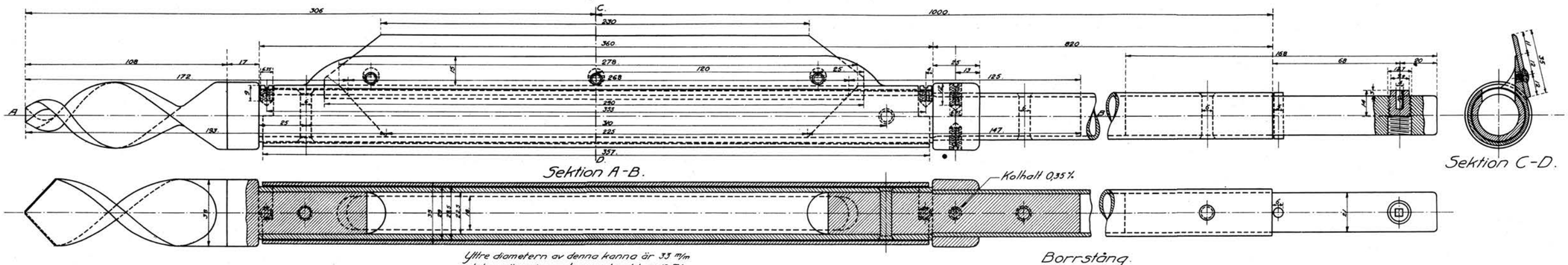


STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

Kannborr med tillbehör.

Provkanna med påskruvad extraläpp.

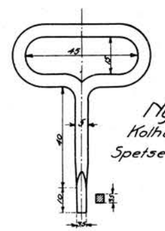
Rören i kannan äro av stål, kolhalt 0,50 %. Spetsen är av stål, kolhalt 0,60 %. samt härdad.



Ytlire diametern av denna kanna är 33 m/m och kannöppninnen har en bredd av 18 m/m. Även en större kanntyp användes med 50 m/m diameter och kannöppning 22 m/m.

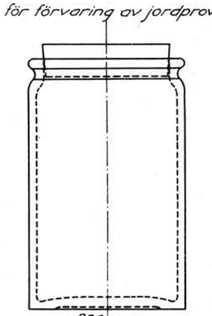
Nyckel.

Kolhalt 0,50 %.
Spetsen härdad.



Glasburk

för förvaring av jordprov.



Skala 1:2.



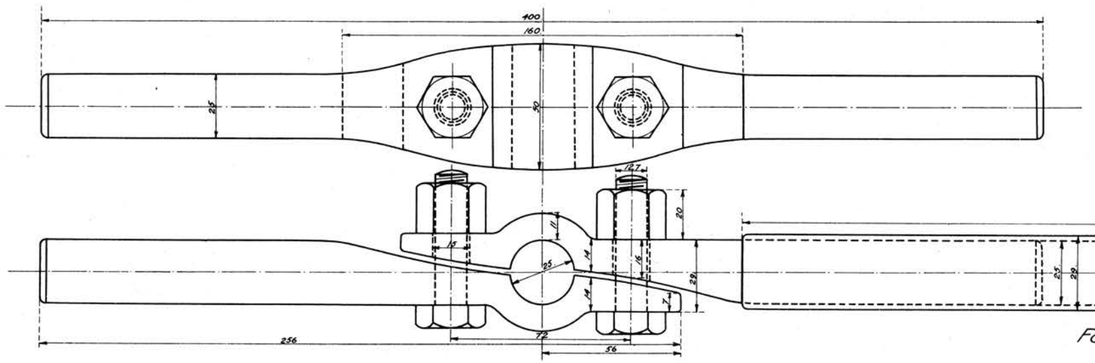
Borrstång.

Dragna ångrör.



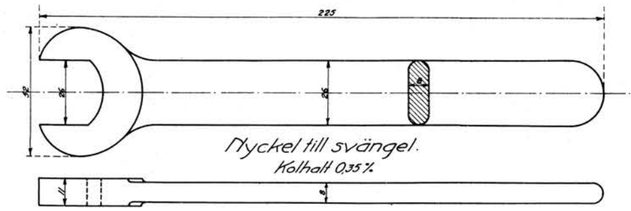
Svängel.

Kolhalt 0,35 %.

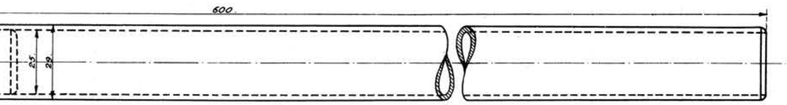


Nyckel till svängel.

Kolhalt 0,35 %.



Förlängningsarm till svängel.



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BETECKNINGAR FÖR TVÄRSEKTIONSRITNINGAR

Jordarter

Myllskikt
Torv i allmänhet
Filttorv
Skogstorv
Dytorv
Gyttja
Gyttjig lera
Lerig gyttja
Lera
Lerig mjäla
Mjällig lera
Mjäla
Sand
Grus

Skalbädd

Lera } Beteckning i borrhål
Mjäla }

Morän i ytan

Berg i ytan

För att angiva fasthetsgraden av lera och mjäla hava följande beteckningar använts:

Lös (H_1 = 0-10) } Lera
Tämligen fast (H_1 = 10-25) } Lera
Fast (H_1 > 25) } Lera

Lös (H_1 = 0-10) } Mjäla
Tämligen fast (H_1 = 10-25) } Mjäla
Fast (H_1 > 25) } Mjäla

Fyllning har angivits genom snedstreckning med eller utan jordartsbeteckningar, t. ex.:

Fyllning i allmänhet
Fyllning av grus

Speciella beteckningar:
Fyllning av sprängsten
Fyllning av kolaska

För att angiva jordartens bildningssätt hava följande beteckningar använts:

Δ = Morän, t. ex. — Moränsand
G = Glacifluvial, t. ex. — Glaciallera
P = Postglacial (i betydelsen: senare än platsens glaciala bildningar), t. ex. — Postgl. mjäla

Borrningar

Sondborrning

Utrullgränsen
Flytgränsen
Klibbgränsen
Klimpzonens övre gräns
" undre "
Angiver sondborrningens början (undre gräns för förborrningen)
Undre gräns för borrens sjunkning utan extra belastning (således endast belastning av borrstången)
D:o vid 5 kg. belastning (klämman)
D:o " 15 " "
D:o " 25 " "
D:o " 50 " "
D:o " 75 " "
D:o " 100 " "
Borrspetsens läge efter 100 halva vars kringvridning under samtidig belastning av 100 kg.
D:o efter 150 halva varv
D:o " 200 " "
D:o " 300 " "
Efter 600 halva varvs kringvridning har borren icke sjunkit för ytterligare 200 halva varvs vridning

Vid sondborrningens början sjönk icke borren märkbart för 50 kg. belastning
Efter belastning med 75 kg. har borren icke sjunkit för ytterligare 25 kg. belastning
Efter 37 halva vars vridning börjar borren åter sjunka utan vridning

I händelse siffrorna för varje 100-tal halva varv ej bekvämt kunna utsättas, angives endast varje 500-tal halva varv

10:11 21. Beteckning för borrningsdatum

Sten i löst jordslag
Fast botten
Berg

Provtagningsborrning

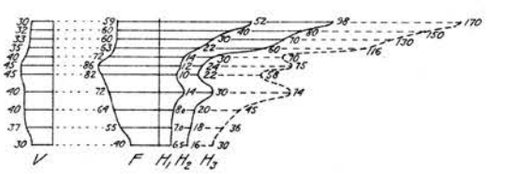
Cirklarna ange nivåerna för de i borrhålen tagna proven.

5:VIII 21 Beteckning för borrningsdatum vid provtagning

Provgrop

Laboratorieundersökningar

Vattenhalt i viktsprocent å totalsubstans



V = Vattenhaltsdiagram
F = Finlekstalsdiagram
H_1 = Hållfasthetsdiagram för fullständigt omrörda prov
H_2 = Hållfasthetsdiagram för något omrörda prov (ung. motsv. omrörningsgraden vid provtagning med kannborr)
H_3 = Hållfasthetsdiagram för oomrörda prov

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

Fig. A.
Förhållandet mellan intrycken av 60°koner av 10, 30, 60, 100, 200 och 300 g vikt.

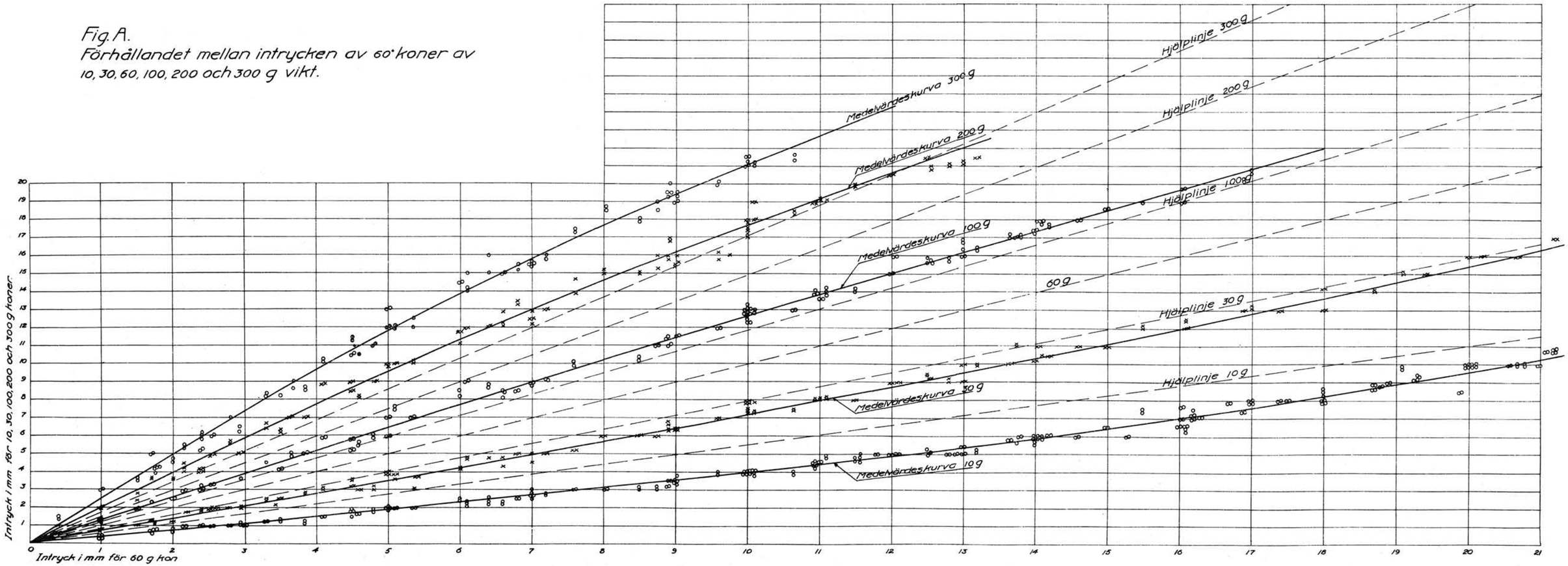
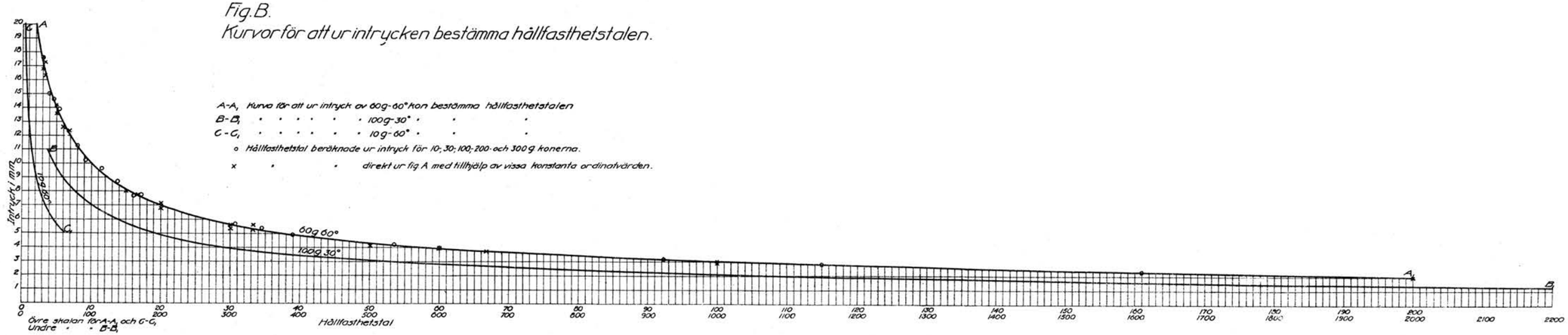


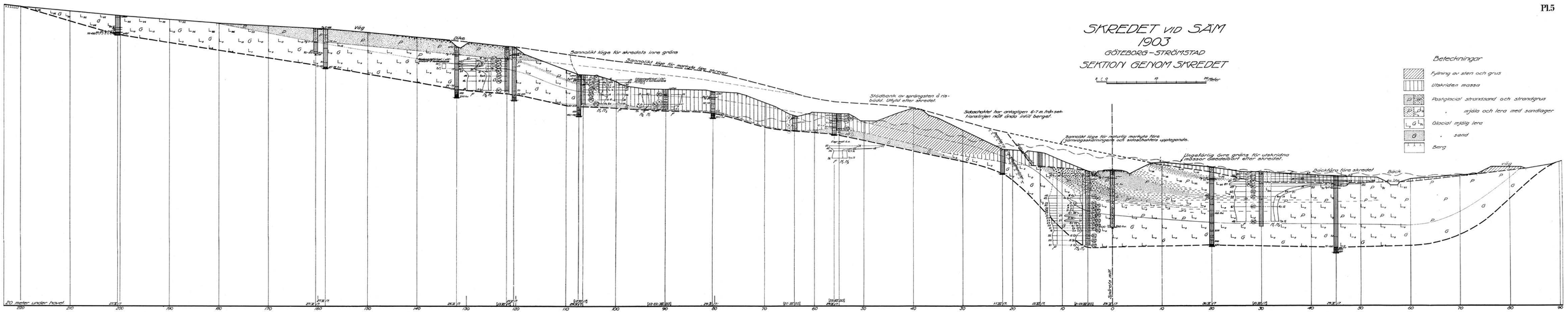
Fig. B.
Kurvor för att ur intrycken bestämma hållfasthetstalen.

A–A₁ Kurva för att ur intryck av 60 g–60° kon bestämma hållfasthetstalen
B–B₁ " " " " " 100 g–30° " " "
C–C₁ " " " " " 10 g–60° " " "
o Hållfasthetstal beräknade ur intryck för 10; 30; 100; 200 och 300 g konerna.
× " " direkt ur fig A med tillhjälp av vissa konstanta ordinatvärden.

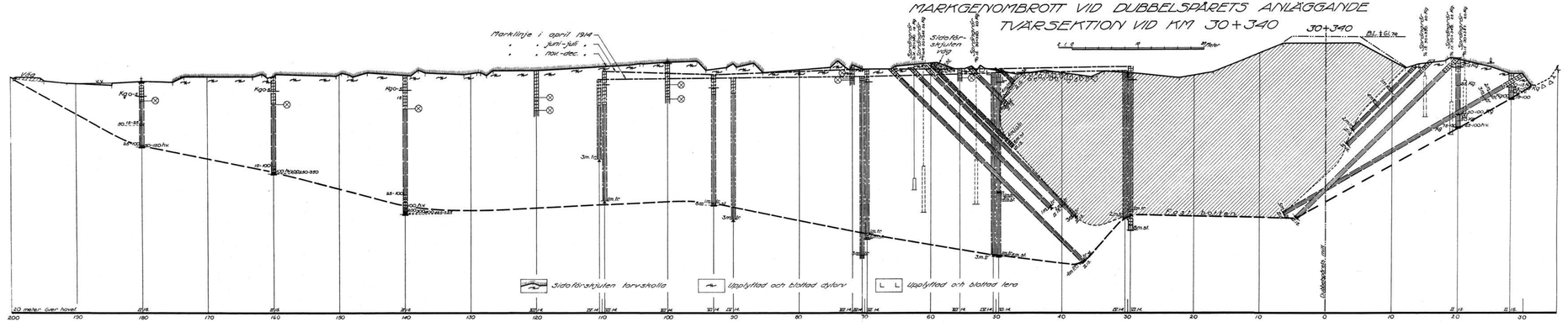


STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID SÄM 1903
GÖTEBORG–STRÖMSTAD
SEKTION GENOM SKREDET



BANKEN VID VIK
GÖTEBORG–ALINGSÅS
MARKGENOMBROTT VID DUBBELSPÅRETS ANLÄGGANDE
TVÄRSEKTION VID KM 30+340



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID MUNKEDAL 1895

MUNKEDAL-SKREE JÄRNVÄG

SEKTIONER

2 1 0 10 20 Meter

Utskriden massa

Sannolikt utskriden massa

Inom □ angivna hållfasthetstal och finlekstal hänföra sig till prov, som varit utsatta för frysning under transporten.

Sannolikt läge för markyta före skredet.

Läge för markyta efter skredet (avvägning utförd 1919.)

Strandbrinken avschaktad och försedd med strandskoning av sten åren 1917-1918.

Örekilsälven H.v.v. = ± 3,23

v.v. d. 5/11 1919 = ± 2,10

L.v.y. = ± 0,68

SEKTION C

Spårmitt.

Munkedal-Skree Järnväg.

Diagr. medd. 13 m.

20 meter under havet

0 10 20 30 40 60 80 90 100 110 120 130 140

SEKTION A

Tegelsvins byggnad

Väg

Spårmitt.

Munkedal-Skree Järnväg.

Diagr. medd. 13 m.

Diagr. medd. 18 m.

20 meter under havet.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 100 110

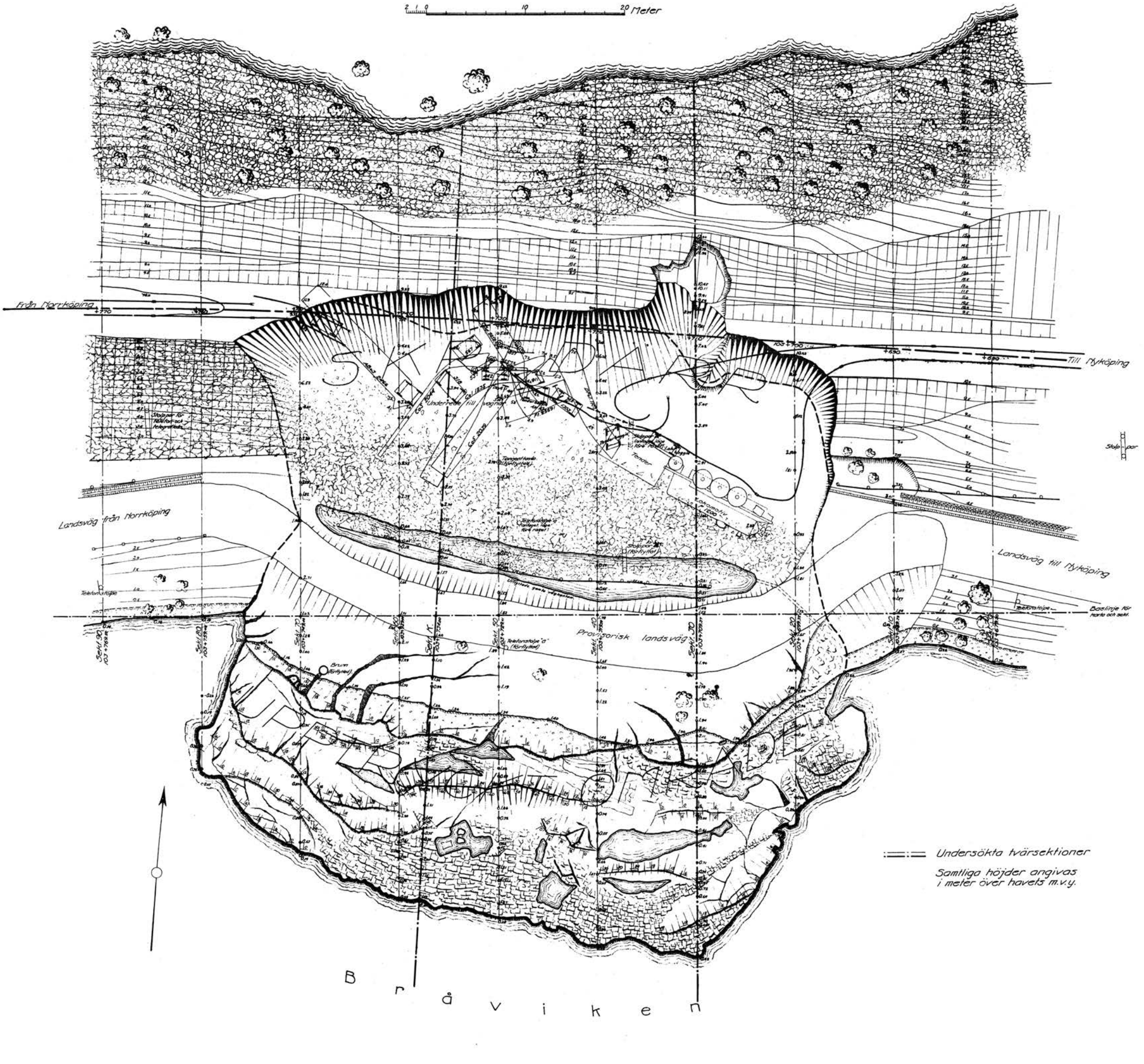
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID VITA SIKUDDEN 1918

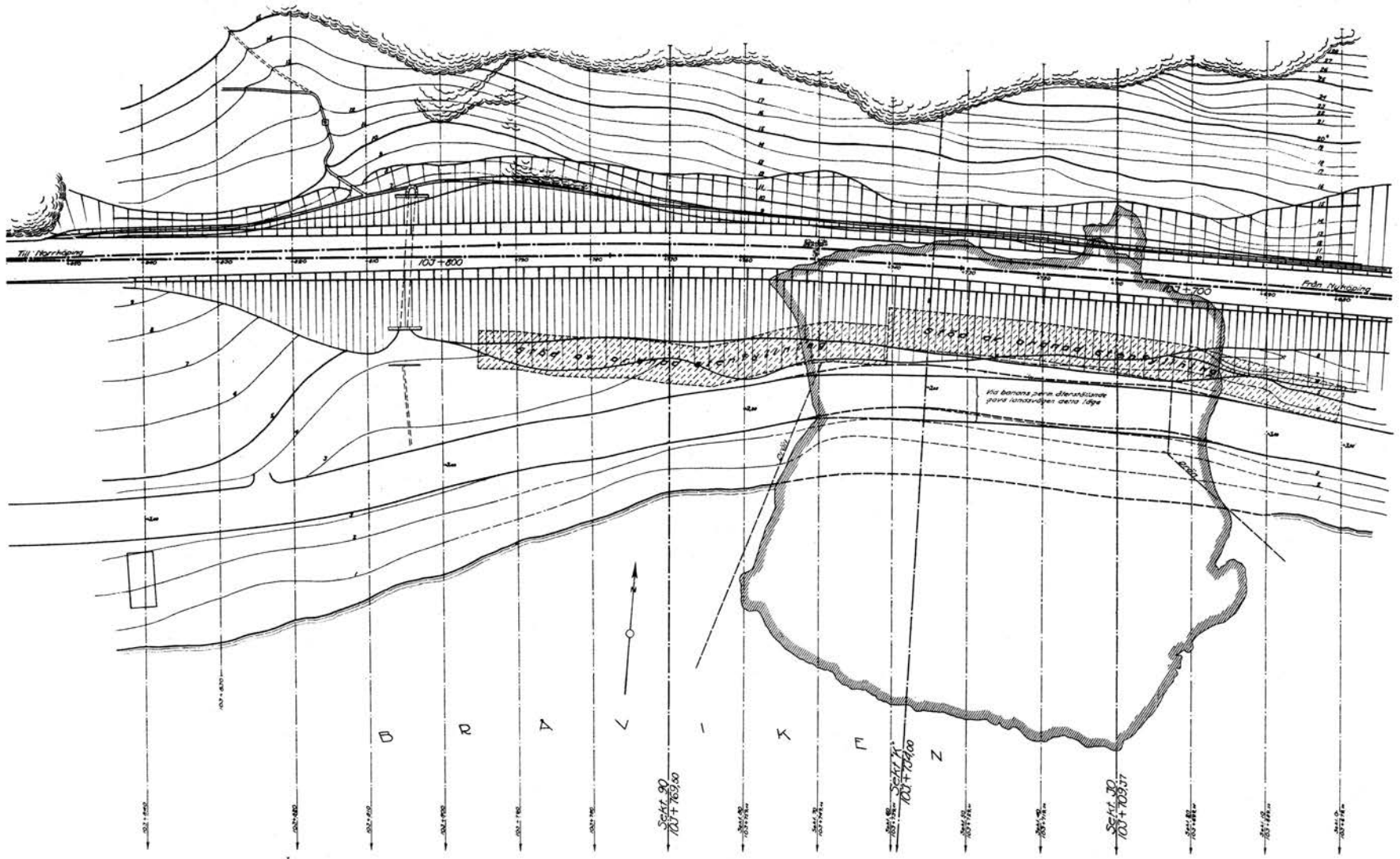
JÄRNA – NORRKÖPING

DETALJKARTA, UTVISANDE SKREDETS OMFATTNING OCH DET FÖROLYCKADE TÅGETS LÄGE

2 1 0 10 20 Meter



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT



SKREDET VID VITA SIKUDDEN 1918

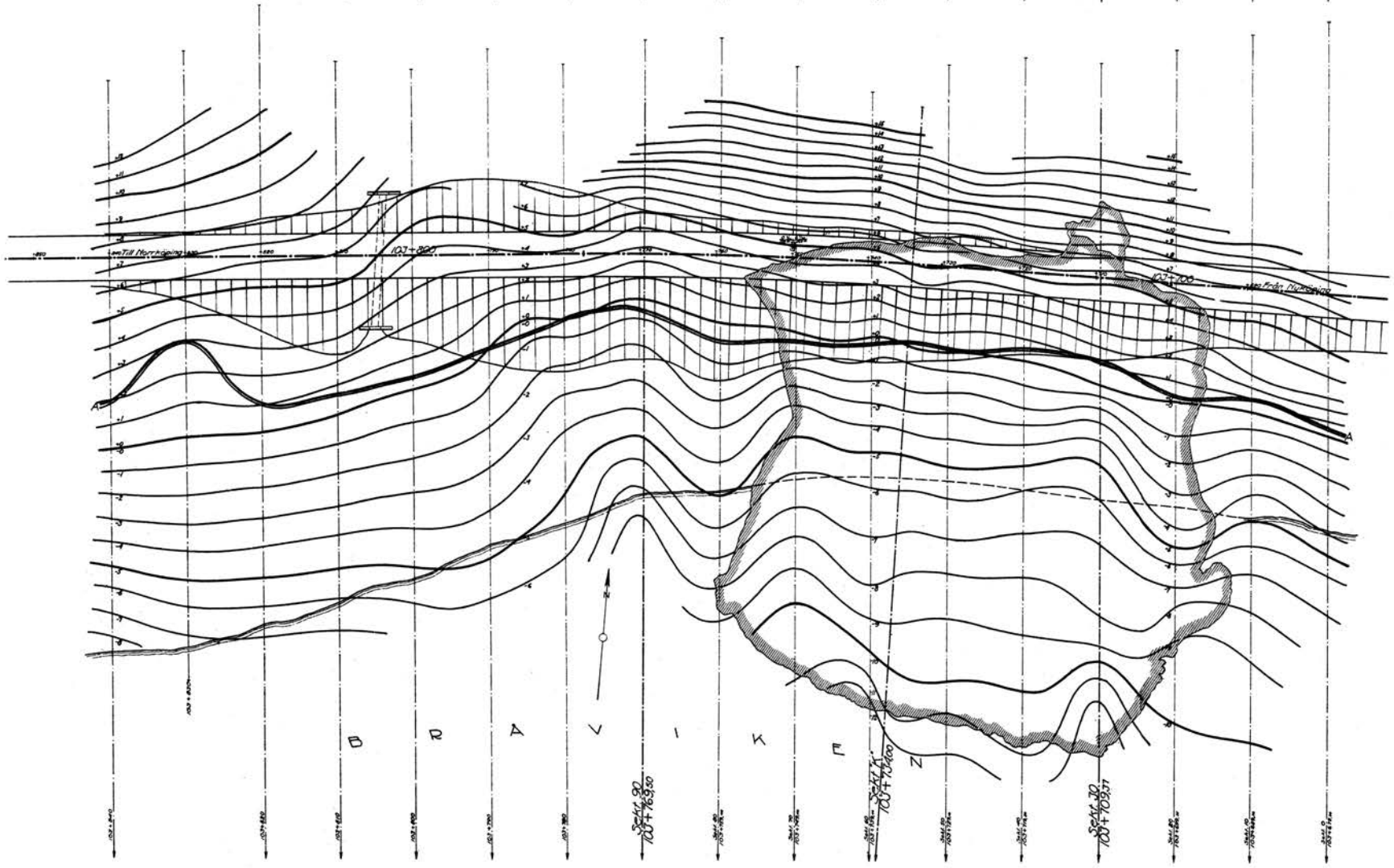
JÄRNA – NORRKÖPING

KARTA ANGIVANDE PLATSENS UTSEENDE DELS FÖRE SKREDET, DELS EFTER DETSAMMA, SEDAN BANAN ÅTERSTÄLLTS GENOM OMLÄGGNING AV LINJEN OCH STÖDFYLLNING ANORDNATS VID BANKFOTEN

0 4 8 Meter

- Höjdkurvor för den naturliga markytan före skredet.
- Skredets begränsningslinje.
- Undersökta tvärsektioner.

Samtliga höjder angivas i m. över havets m.v.y.



SKREDET VID VITA SIKUDDEN 1918

JÄRNA – NORRKÖPING

HÖJDKARTA ÖVER MORÄNYTAN (FASTA BOTTNEN)

0 4 8 Meter

- Nivåkurvor (meter över havet) för moränytan (fasta bottnen).
- A—A Inre gränsen för den lösare leran (hållfasthetstal ≤10).
- Skredets begränsningslinje.
- Undersökta tvärsektioner.

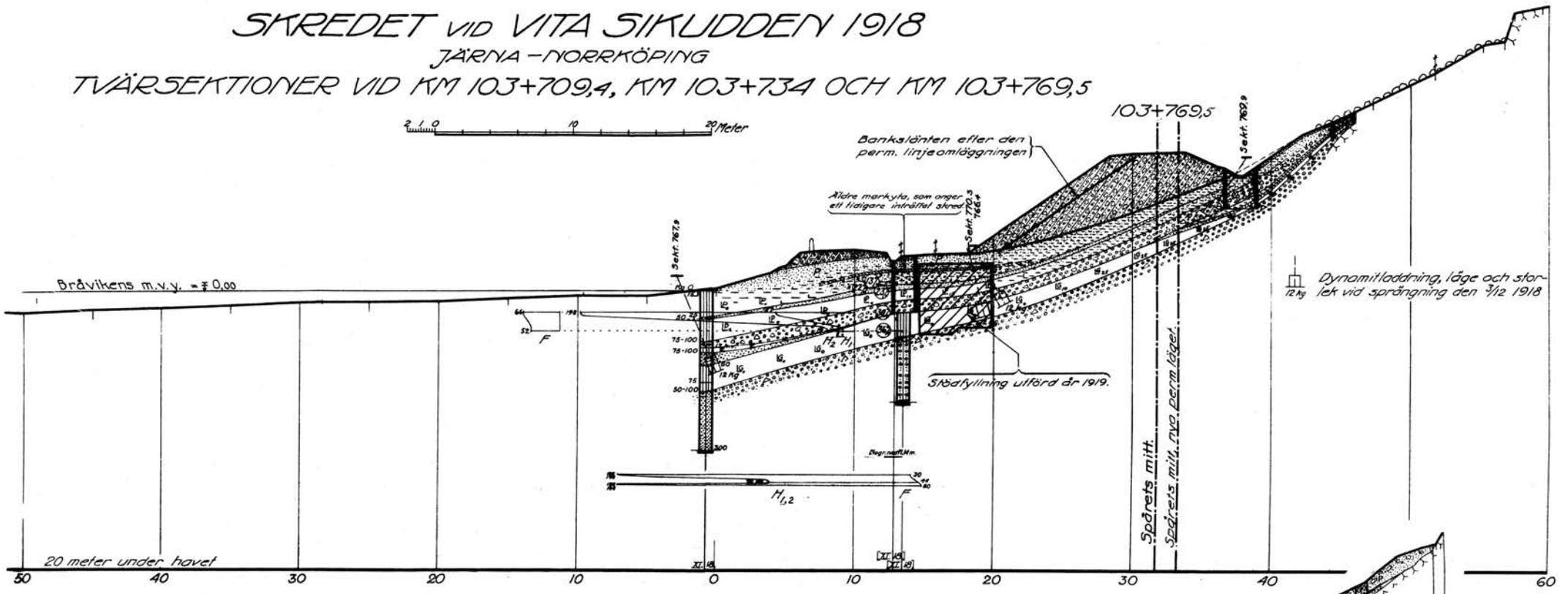
Å kartan återgives järnvägsbankens läge före skredet den 1 oktober 1918.

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID VITA SIKUDDEN 1918

JÄRNA – NORRKÖPING

TVÄRSEKTIONER VID KM 103+709,4, KM 103+734 OCH KM 103+769,5



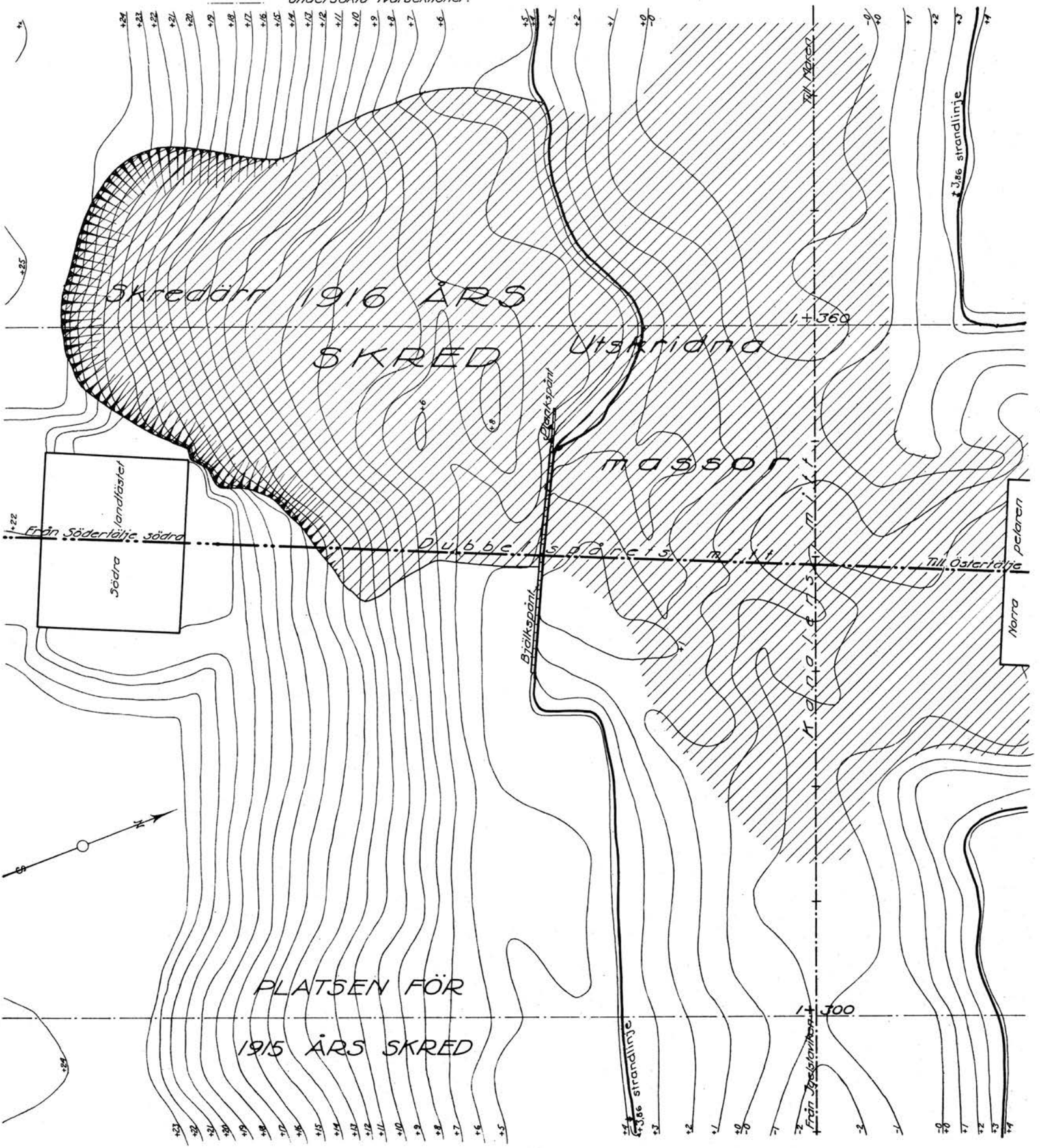
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID SÖDERTÄLJE KANAL 1916

NIVÅKARTA EFTER SKREDET

2 1 0 10 20 Meter

—— +5 Nivåkurvor för markytan och kanalens botten efter 1916 års skred
—— +4 (0-plan = Stockholms slusströskel = 3,86 m. under havets medelvattenyta).
////// Det av 1916 års skred berörda området (skredärr och utglidna massor).
Undersökta tvärsektioner.



Undersökningen utförd genom Kungl. byggnadskommissionen för dubbelspåret Rönninge-Ström.

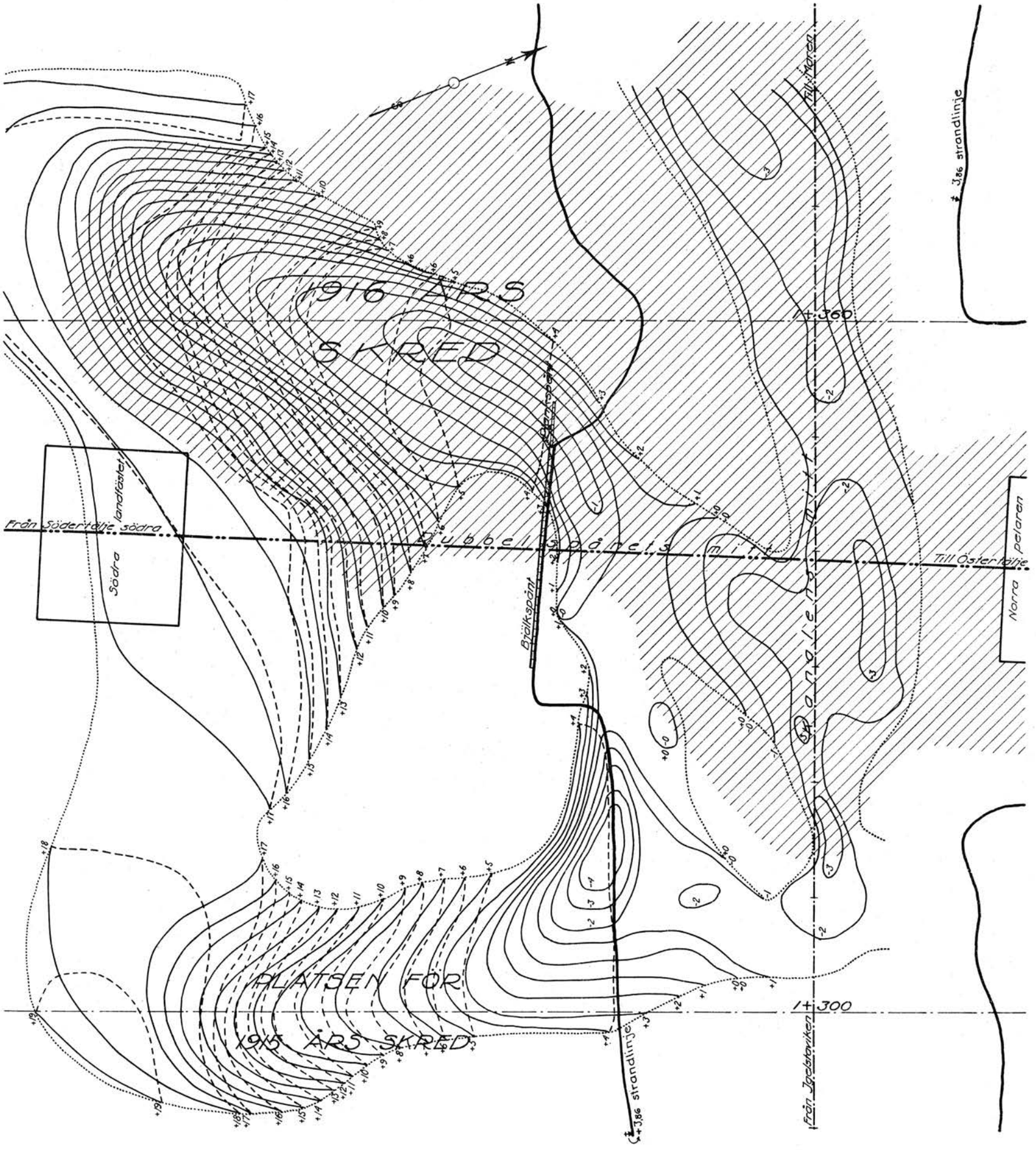
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID SÖDERTÄLJE KANAL 1916

KARTA ANGIVANDE LERLAGRETS UTBREDNING

2 1 0 10 20 Meter

Begränsningslinje för det efter 1916 års skred kvarliggande lerlagret.
+10 Nivåkurvor för lerlagrets botten (0-plan = Stockholms slussröskel = 3,86 m.ö.h.).
+10 " " " yta efter 1916 års skred.
Undersökta tvärsektioner.



Undersökningen utförd genom Kungl. byggnadskommissionen för dubbelspåret Rönninge – Ström.

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

VIKEN vid IGLAKÄRR.
Km. 31 + 750 – 32 + 150.

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter.

IGLAKÄRR

STORA SÄVELÅNGEN

Förbigångsspårets mitt.

Dubbelspårets mitt.

Västra stambanans gamla enkelspår (sträckvis något inflyttat läge).

Till Göteborg

Till Alingsås

31 + 800

32 + 000

423+534 31+900

423+334 32+100

850 950 1050 150

9 juli 1914. Större skred mellan sekt. J1+925–J1+980, J2+050–J2+090. Mindre skred mellan sekt. J1+980–J2+050.

15 juli 1914. Mindre skred mellan sekt. J1+980–J2+030.

4 nov. 1914. Större sjunkning mellan sekt. J1+825–J1+900.

12 mars 1915. Stora sättningar och mindre skred.

30 april 1915. Mindre sättningar.

12 mars 1915. Obetydligt skred och mindre sättningar.

3 maj 1915. Större skred mellan sekt. J2+000–J2+025, I övrigt mindre skred och sättningar.

9 juni 1915. Obetydliga sättningar.

25 maj 1915. Obetydlig sättning.

9 juni 1915. Obetydliga sättningar.

15 juni 1915. Sprickor och obetydliga sättningar.

22 juni 1915. Större sättningar.

10 aug. 1915. Mindre sättning.

10 aug. 1915. Skred mellan sekt. J1+930–J1+960. I övrigt mindre sättningar.

9 sept. 1915. Större skred mellan sekt. J1+960–J2+070, mindre skred mellan sekt. J1+920–J1+960, I övrigt sprickor och mindre sättningar.

11–12 okt. 1915. Mindre skred och sättningar.

7 dec. 1915. Större skred mellan sekt. J1+915–J2+060. I övrigt större sättningar.

29 mars 1916. Mindre sprickor och sättningar.

15 maj 1916. Obetydliga sättningar.

Strandlinje före år 1914.
" " sprängn. den 9–15 juli 1914.
" efter " " " "
" före " " 4 nov. "
" efter " " " "
" " " " 9 sept. 1915.

Strandlinje före sprängn. den 7 dec. 1915.
" efter " " "
" före " " 29 mars 1916.
" efter " " "
" före " " 15 maj "
" efter " " "

Sprängrörens lägen vid sprängningarna:

× den 9 juli 1914. ▾ den 15 juni 1915.
+ " 15 " " ◇ " 22 " "
● " 4 nov. " ◆ " 10 aug. "
○ " 12 mars 1915. ● " 9 sept. "
◉ " 30 april " ● " 11–12 okt. "
□ " 3 maj " ● " 7 dec. "
■ " 25 " " ● " 29 mars 1916.
▲ " 9 juni " ⊠ " 15 maj "

Siffran vid sprängröret angiver laddningens storlek, kg. dynamit.

VIKEN vid BOSTÄLLSHUSET.
Km. 32 + 200 – 32 + 600.

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter.

BOSTÄLLSHUSET

STORA SÄVELÅNGEN

Förbigångsspårets mitt.

Dubbelspårets mitt.

Västra stambanans gamla enkelspår (sträckvis något inflyttat läge).

Till Göteborg

Till Alingsås

32 + 300

32 + 400

32 + 500

32 + 600

250 350 450 550

5 juni 1916. Skred mellan sekt. J2+310–J2+350, J2+435–J2+505. I övrigt mindre sättningar.

19 juni 1916. Mindre sättningar.

7 juli 1916. Obetydliga sättningar.

23 aug. 1916. Ingen nämnvärd sättning.

2 sept. 1916. Mindre sättningar.

4 okt. 1916. Skred mellan sekt. J2+290–J2+340. I övrigt mindre sättningar.

1 nov. 1916. Mindre sprickor.

12 okt. 1916. Sprickor och mindre sättningar.

Strandlinje före sprängn. den 5 juni 1916.
" efter " " "
" före " 19 "
" efter " " "
" före " 7 juli "
" efter " " "
" före " 23 aug. "
" efter " " "
" före skredet 31 "
" efter " " "
" före sprängn. 2 sept. "
" efter " " "
" före " 4 okt. "
" efter " " "
" före " 12 "
" efter " " "
" före " 1 nov "
" efter " " "

Sprängrörens lägen vid sprängningarna:

× den 5 juni 1916. ● den 2 sept. 1916.
+ " 19 " " □ " 4 okt. "
● " 7 juli " ■ " 12 " "
○ " 23 aug. " ▲ " 1 nov. "

Siffran vid sprängröret angiver laddningens storlek, kg. dynamit.

SPRÄNGNINGARNA vid IGLAKÄRR och vid BOSTÄLLSHUSET väster om NORSESUND GÖTEBORG–ALINGSÅS

Sprängrörens placering vid sprängningarna.
Strandlinjens läge före och efter varje sprängning.
I tidsföljd ordnad översikt över sprängningarnas utsträckning och verkan.

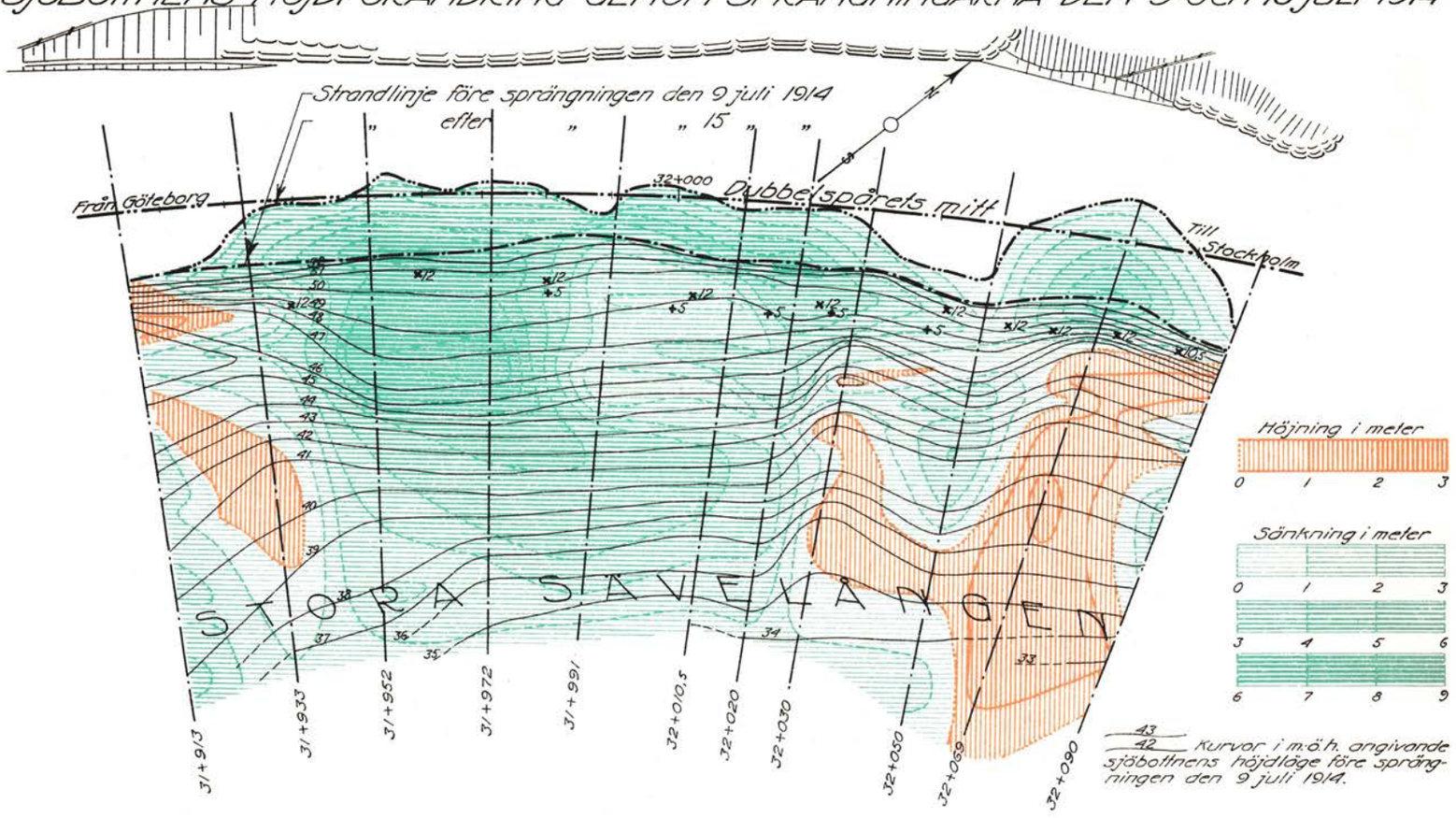
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

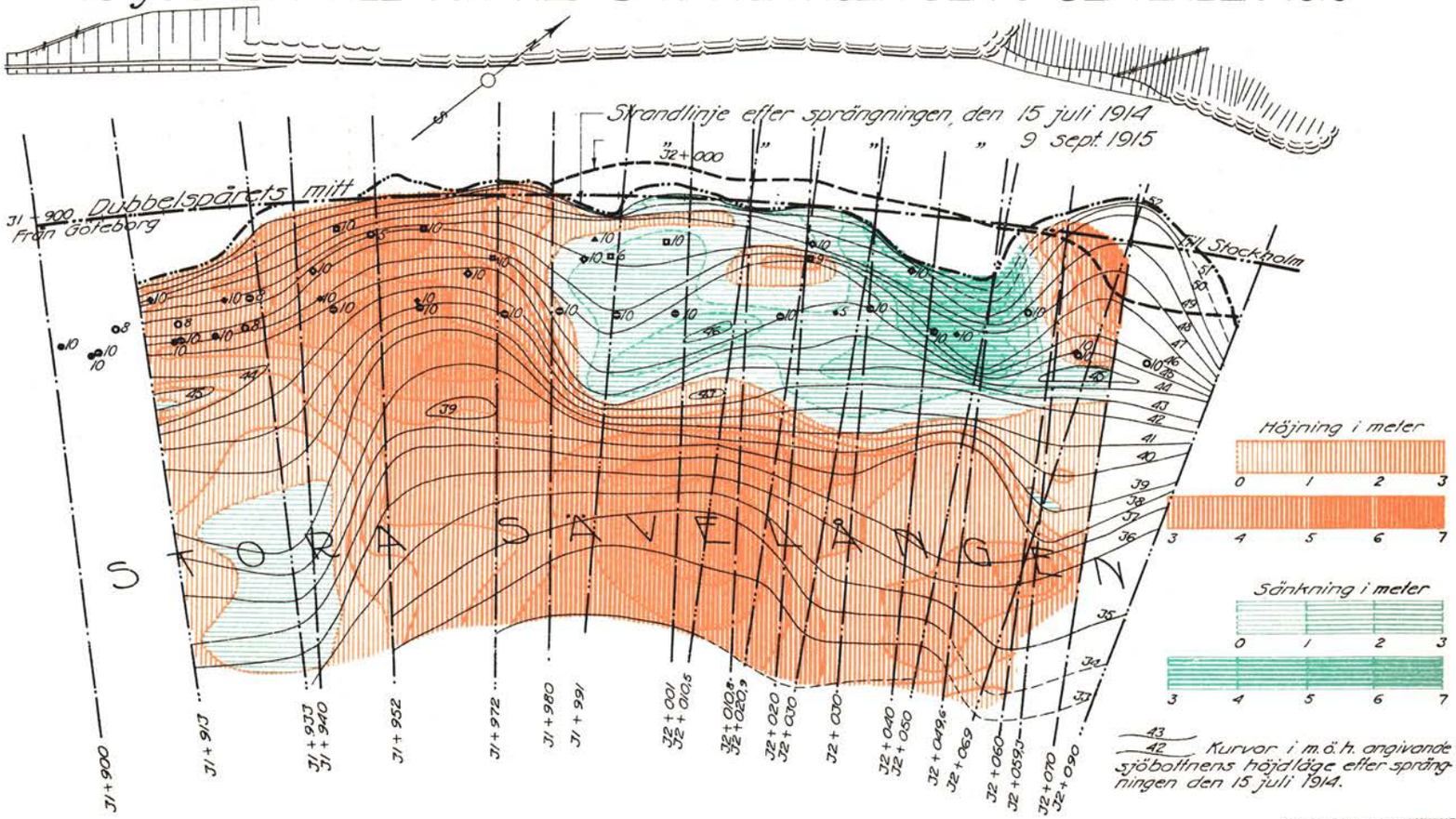
GÖTEBORG – ALINGSÅS

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGARNA DEN 9 OCH 15 JULI 1914



SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM UPPREPADE UTFYLLNINGAR OCH SKRED VID OCH MELLAN SPRÄNGNINGAR UNDER TIDEN FRÅN OCH MED DEN 16 JULI 1914 TILL OCH MED SPRÄNGNINGEN DEN 9 SEPTEMBER 1915

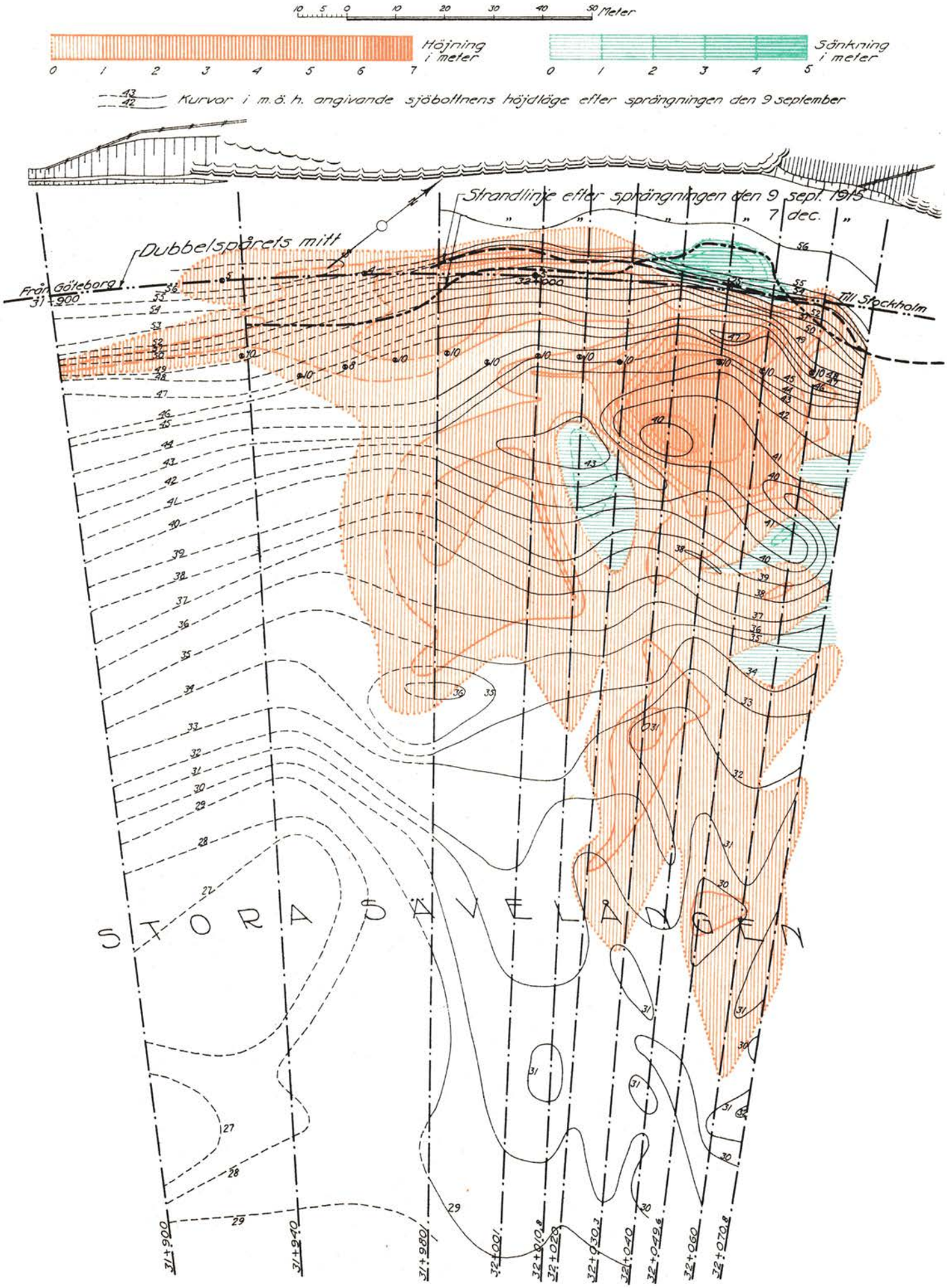


STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG — ALINGSÅS

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM UTFYLLNING EFTER SPRÄNGNINGEN DEN 9 SEPTEMBER OCH SKRED VID SPRÄNGNINGEN DEN 7 DECEMBER 1915



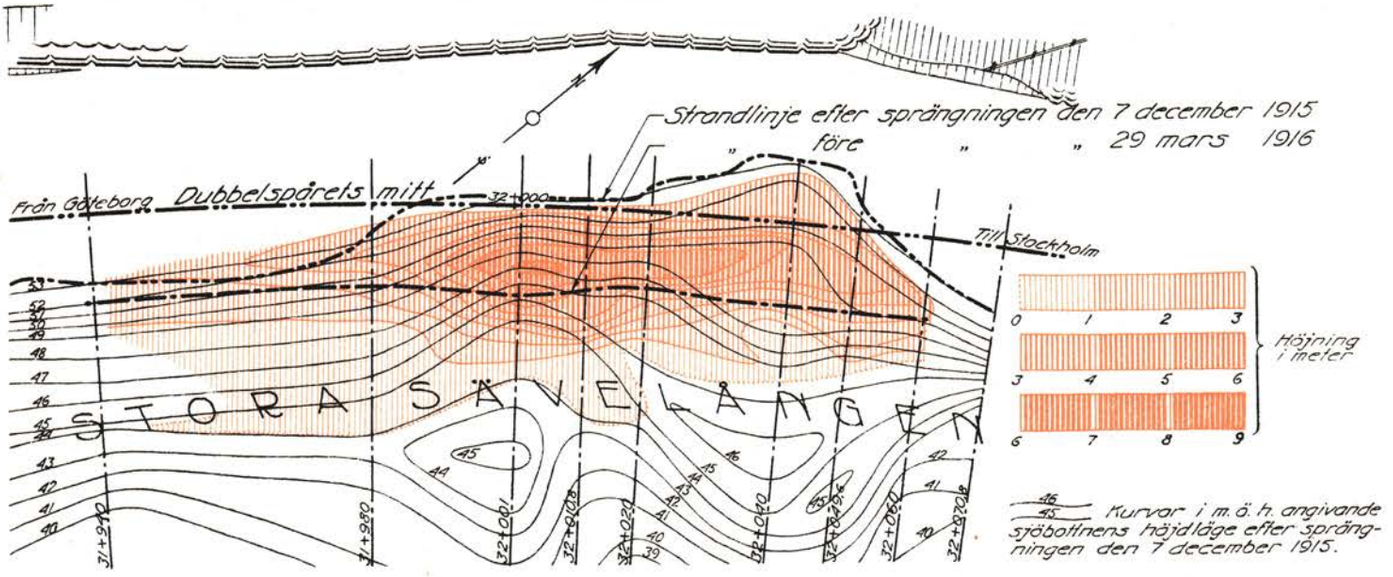
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

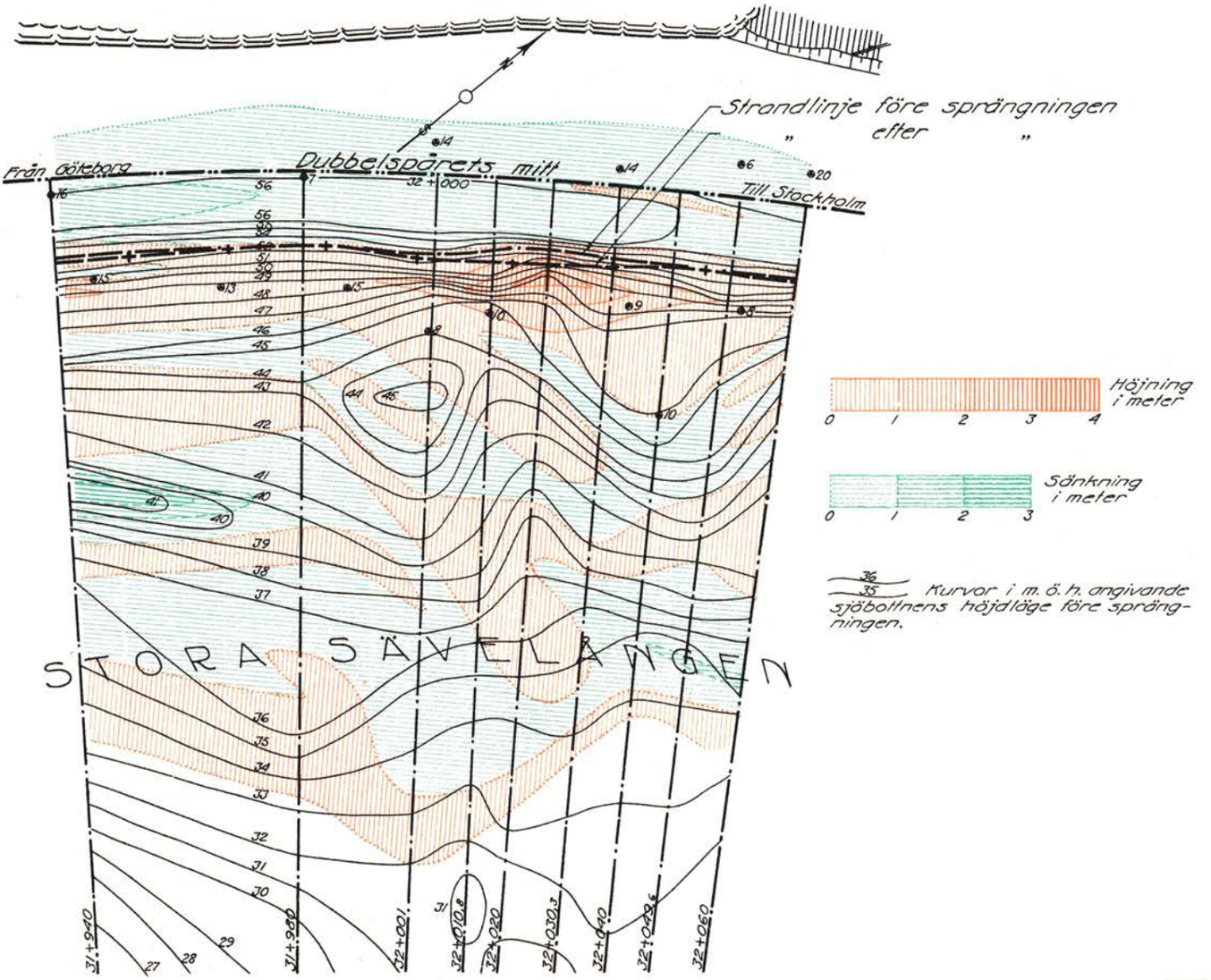
GÖTEBORG — ALINGSÅS

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM UTFYLLNING MELLAN SPRÄNGNINGARNA DEN 7 DECEMBER 1915 OCH DEN 29 MARS 1916



SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGEN DEN 29 MARS 1916

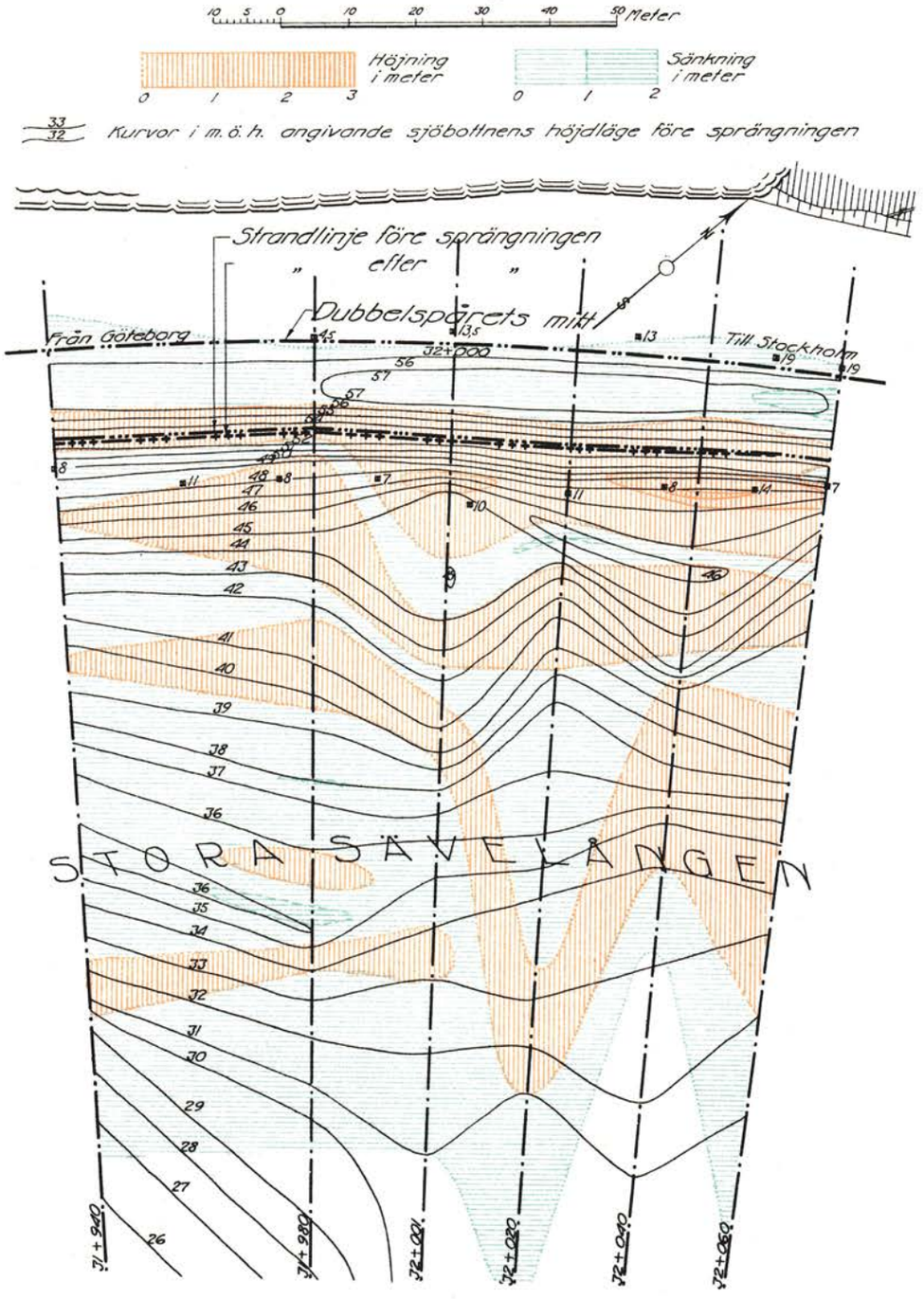


STATENS REPRODUKTIONSANSTALT.

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG — ALINGSÅS

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGEN DEN 15 MAJ 1916



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG—ALINGSÅS

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter

Fig. A LERLAGRETS MÄKTIGHET FÖRE BANKENS UTFYLLNING

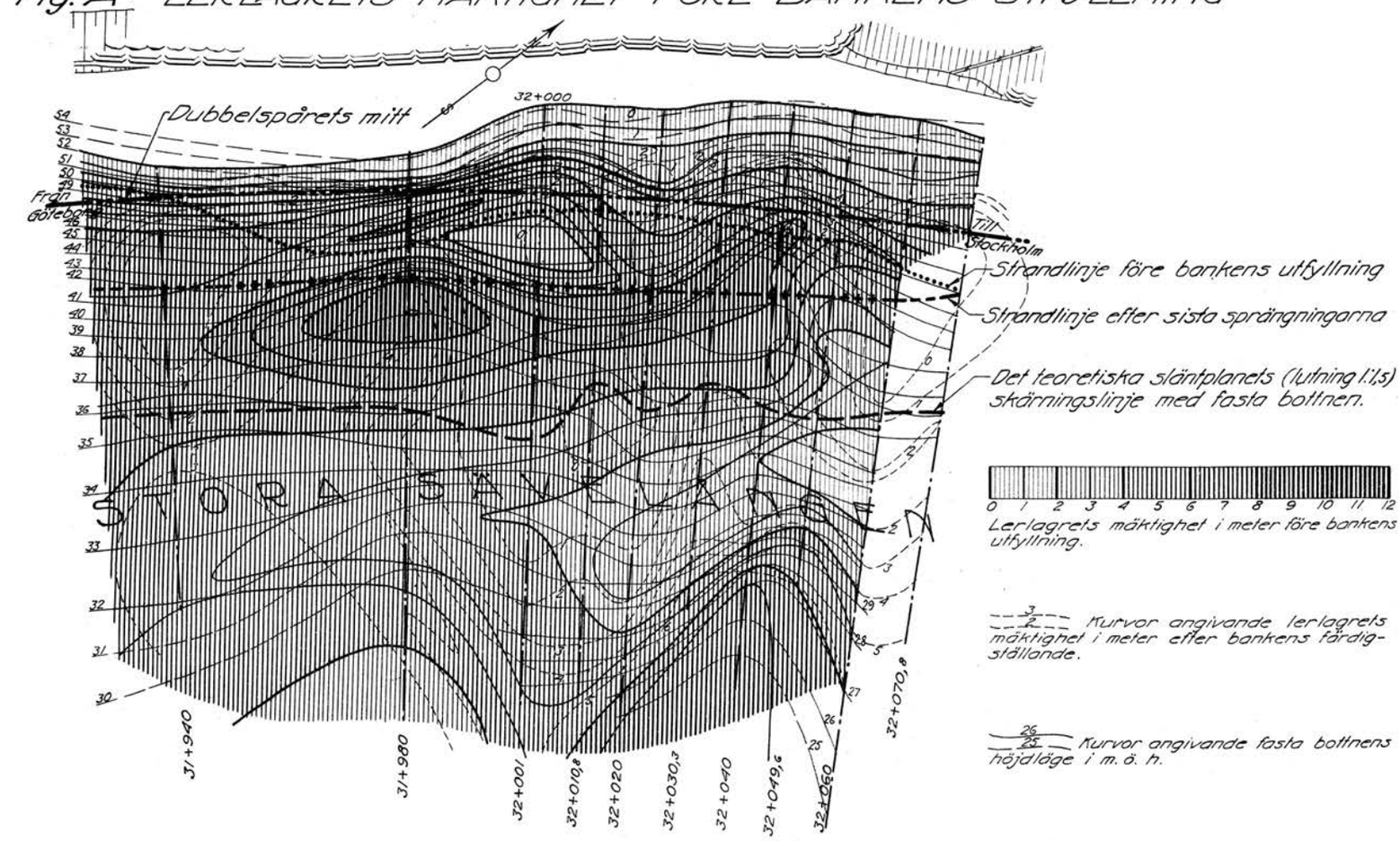
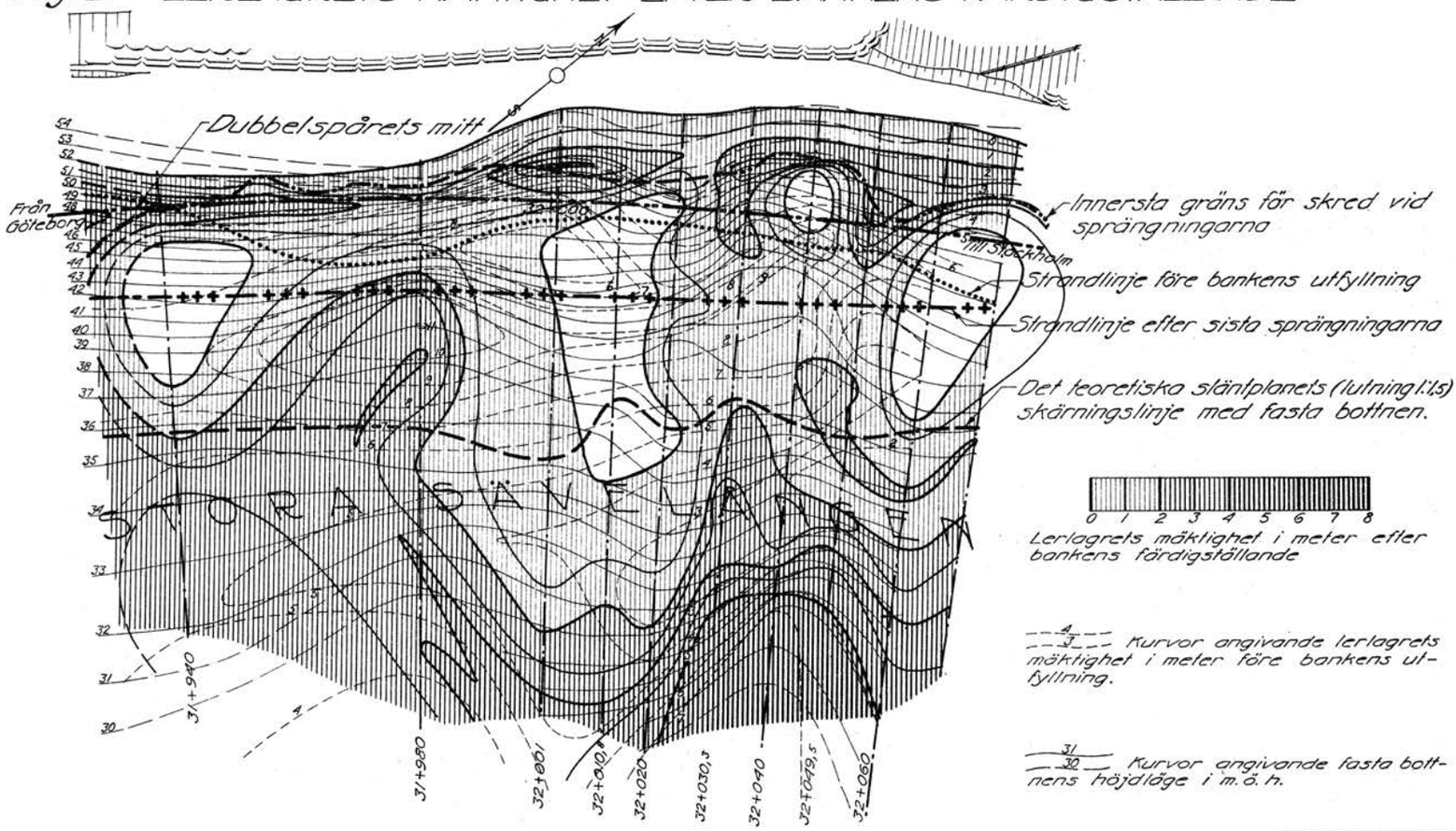


Fig. B LERLAGRETS MÄKTIGHET EFTER BANKENS FÄRDIGSTÄLLANDE

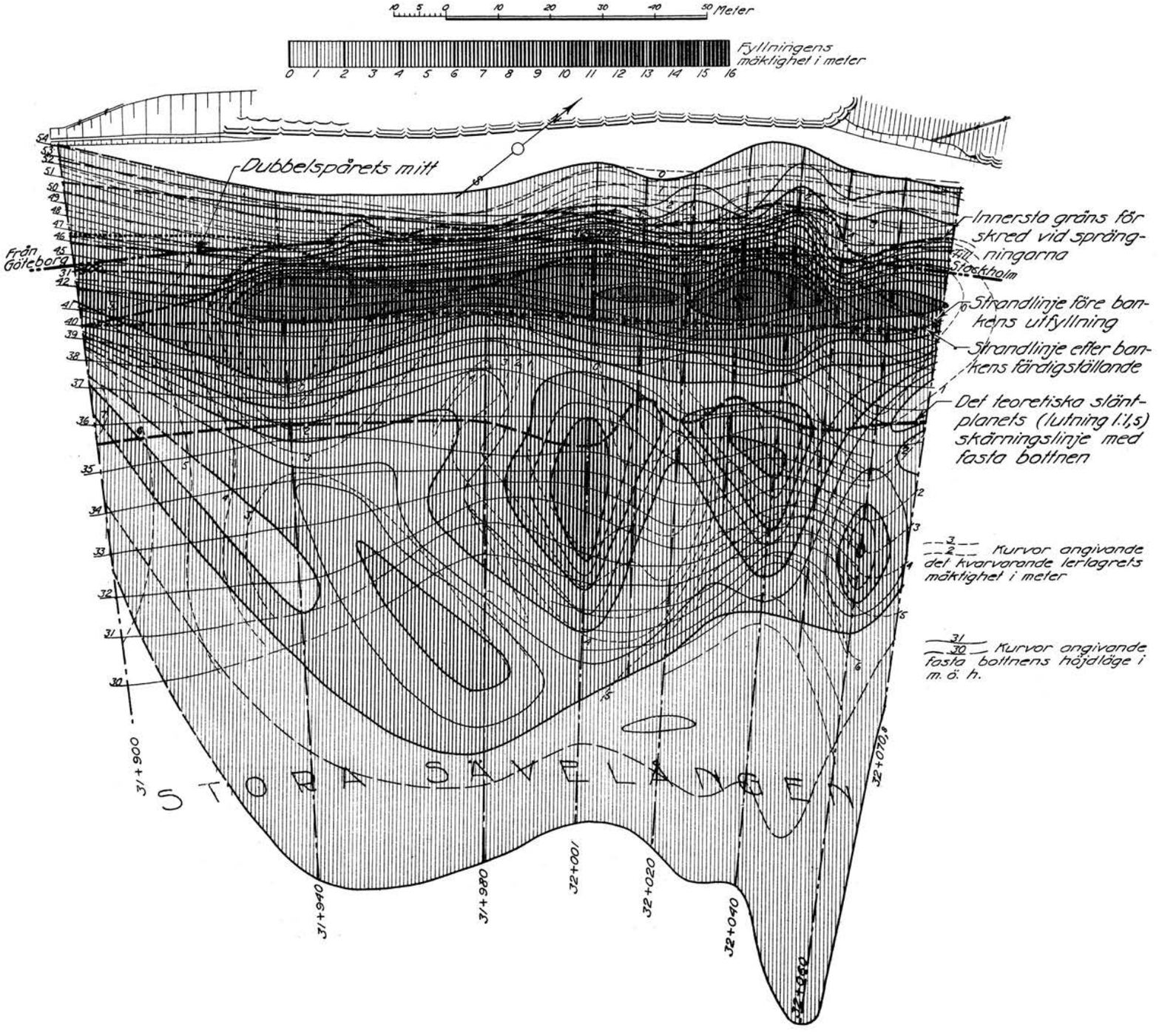


STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG—ALINGSÅS

FYLLNINGENS MÄKTIGHET EFTER BANKENS FÄRDIGSTÄLLANDE



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG — ALINGSÅS

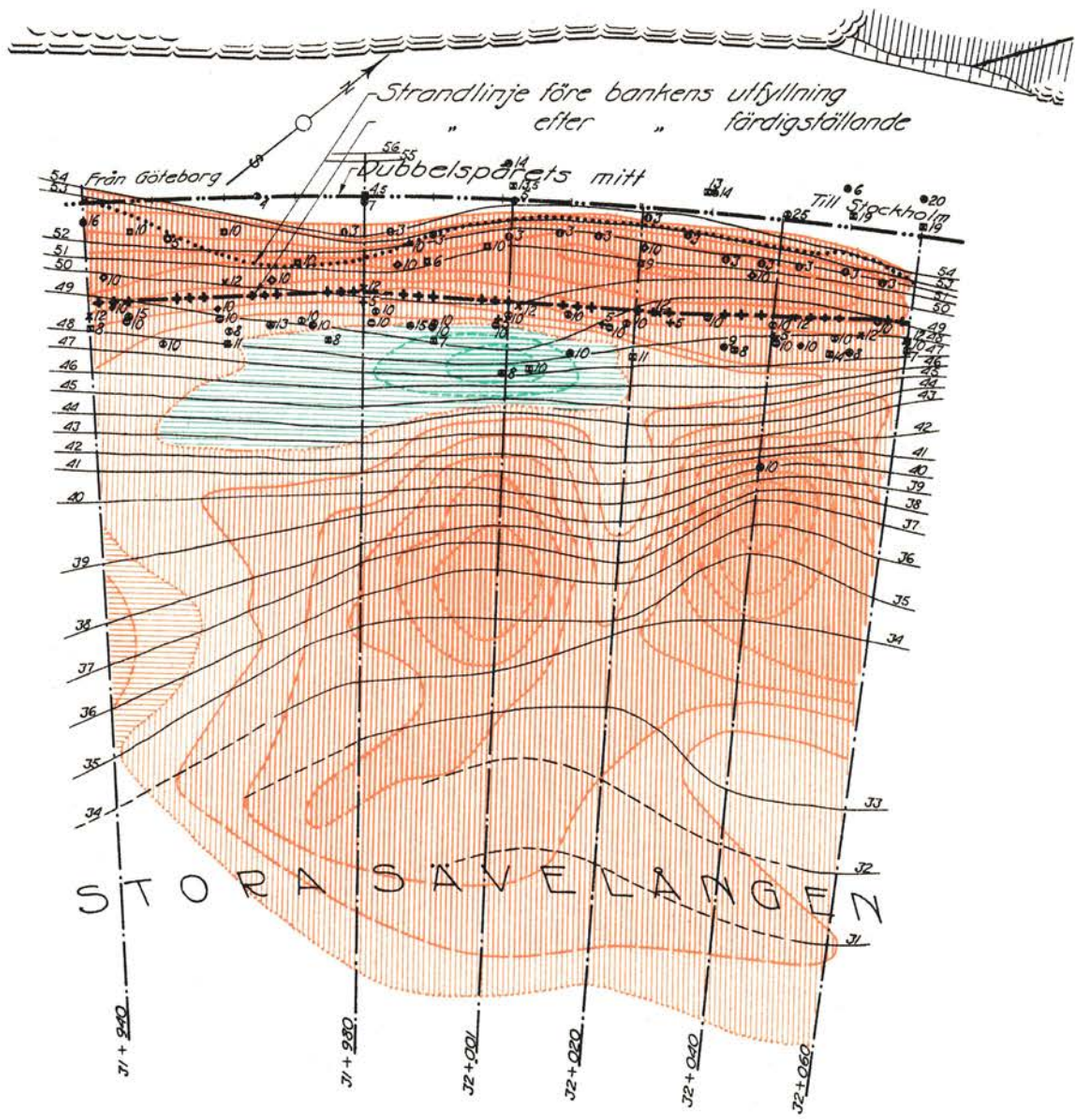
SJÖBOTTNENS TOTALA HÖJDFÖRÄNDRING GENOM UTFYLLNINGARNA OCH SPRÄNGNINGARNA

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter

Höjning i meter
0 1 2 3 4 5 6 7 8

Sänkning i meter
0 1 2 3

35 / 34 Kurvor i m. ö. h. angivande sjöbottnens höjdläge före bankens utfyllning



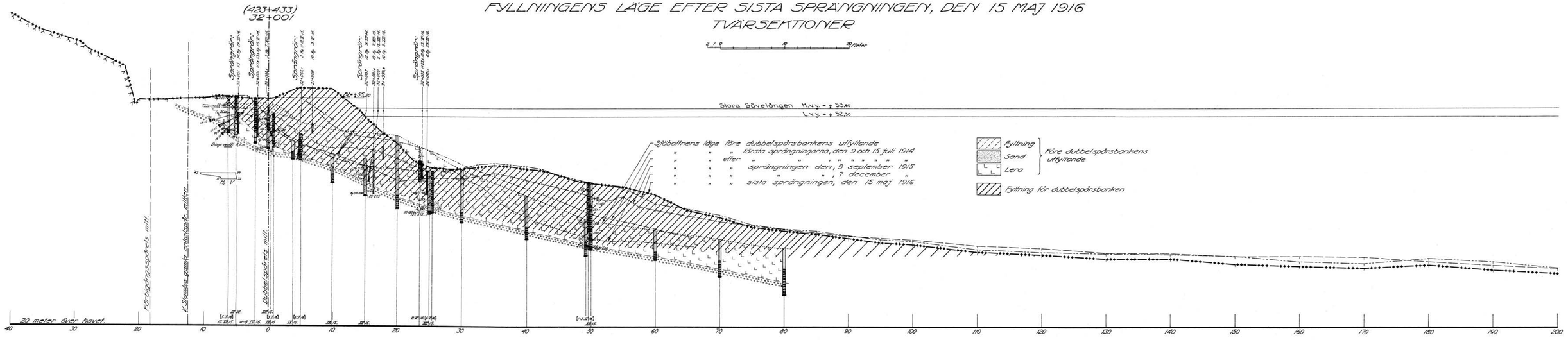
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

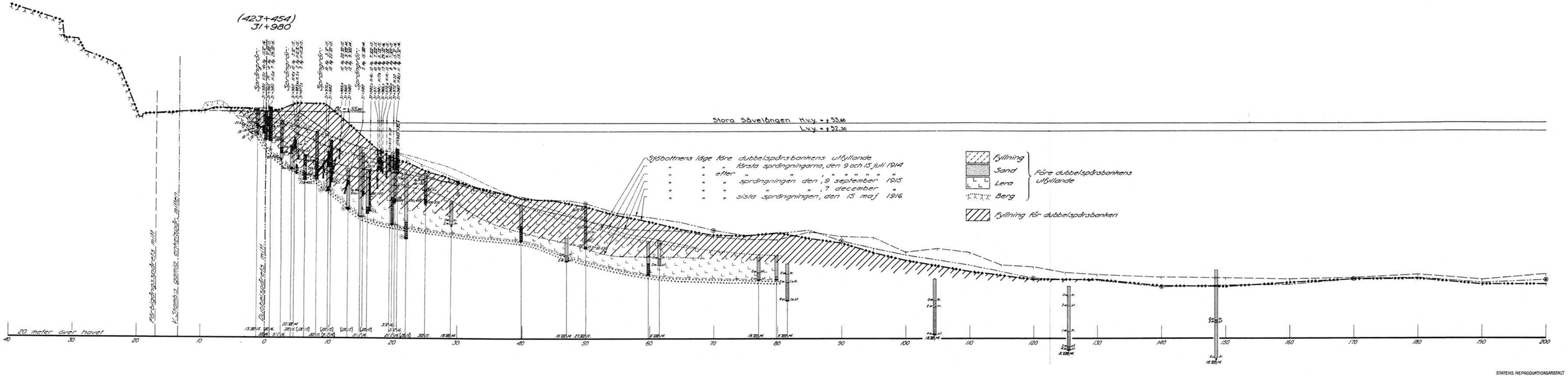
BANKEN VID IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

FYLLNINGENS LÄGE EFTER SISTA SPRÄNGNINGEN, DEN 15 MAJ 1916

TVÄRSEKTIONER





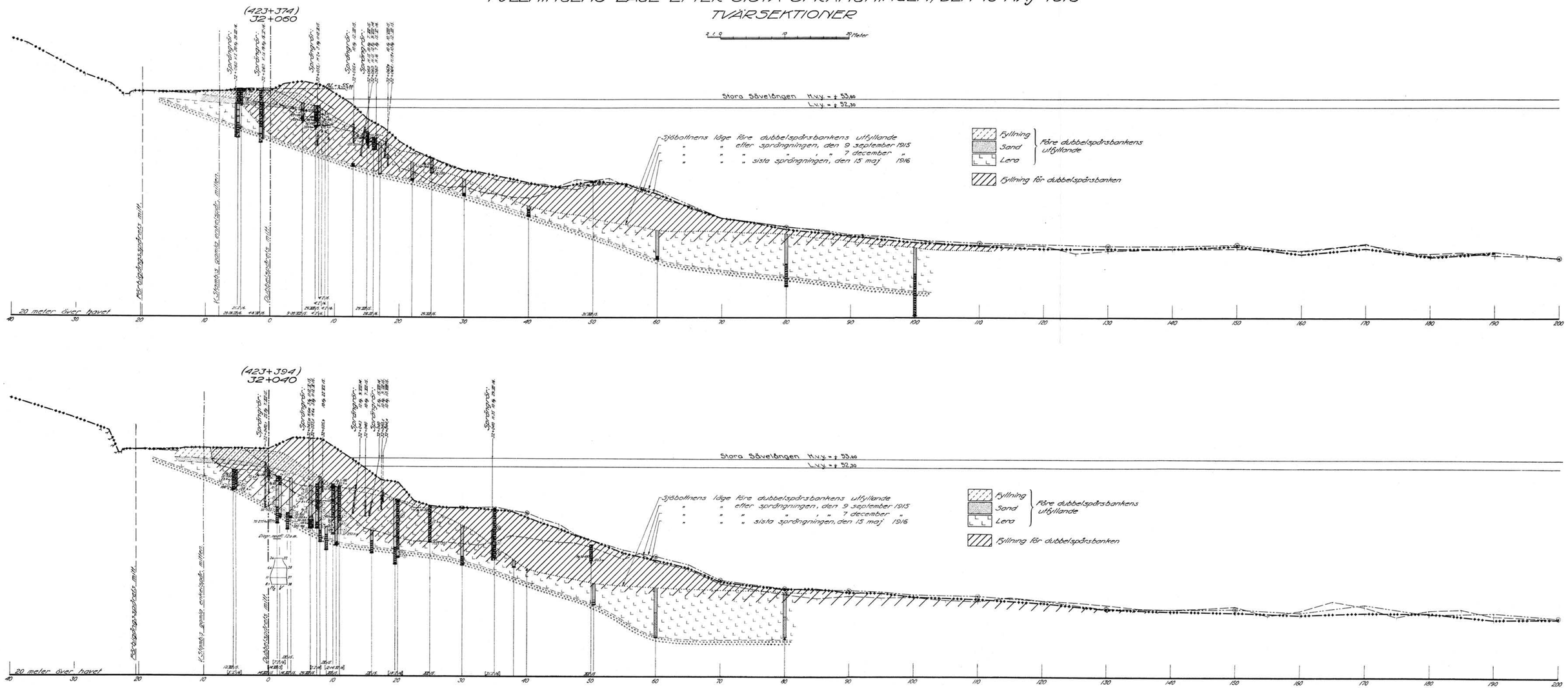
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN vid IGLAKÄRR VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG—ALINGSÅS

FYLLNINGENS LÄGE EFTER SISTA SPRÄNGNINGEN, DEN 15 MAJ 1916

TVÄRSEKTIONER



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG - ALINGSÅS

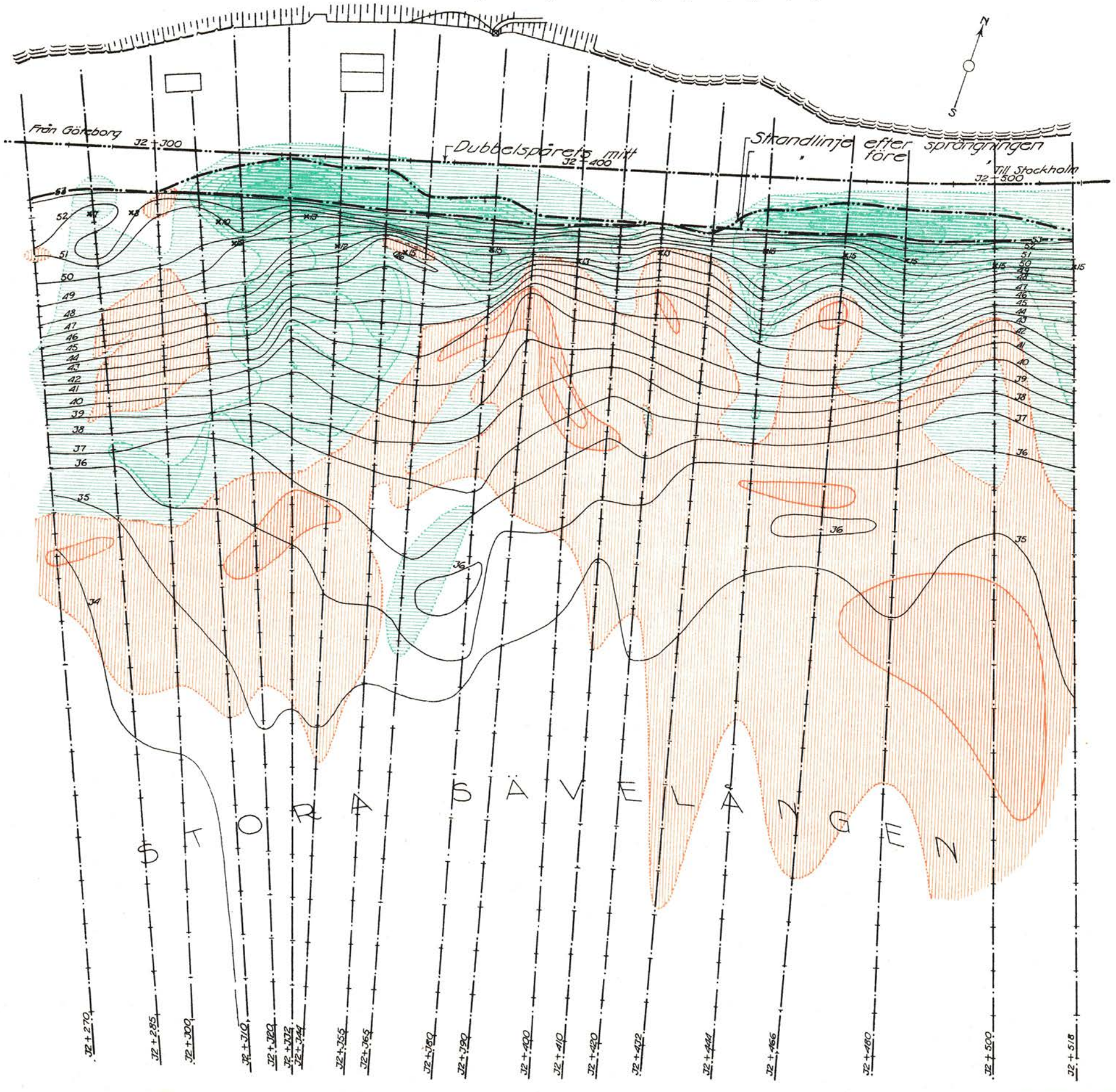
SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGEN DEN 5 JUNI 1916

10 … 5 … 0 10 20 30 40 50 Meter

Höjning i meter. 0 1 2

Sänkning i meter. 0 1 2 3 4 5 6 7

J4 Kurvor i m. ö. h. angivande sjöbottnens höjdläge före sprängningen.



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SKREDET DEN 31 AUGUSTI 1916

10 0 10 20 30 40 50 Meter

Höjning i meter. 0 1 2

Sänkning i meter. 0 1 2 3 4 5 6 7

50 Kurvor i m.ö.h. angivande sjöbottnens höjdläge före skredet.

Strandlinje efter skredet
" före "

Från Göteborg — Dubbelspårets mitt — Till Stockholm

J2 + 300

STORA SÄVELÅNGEN

J2 + 270 J2 + 285 J2 + 300 J2 + 320 J2 + 344 J2 + 365

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGEN DEN 4 OKTOBER 1916

10 0 10 20 30 40 50 Meter

Höjning i meter. 0 1 2

Sänkning i meter. 0 1 2 3 4

50 Kurvor i m.ö.h. angivande sjöbottnens höjdläge före sprängningen.

Strandlinje efter sprängningen
" före "

Från Göteborg — Dubbelspårets mitt — Till Stockholm

J2 + 300

STORA SÄVELÅNGEN

J2 + 285 J2 + 300 J2 + 320 J2 + 344 J2 + 365 J2 + 400

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

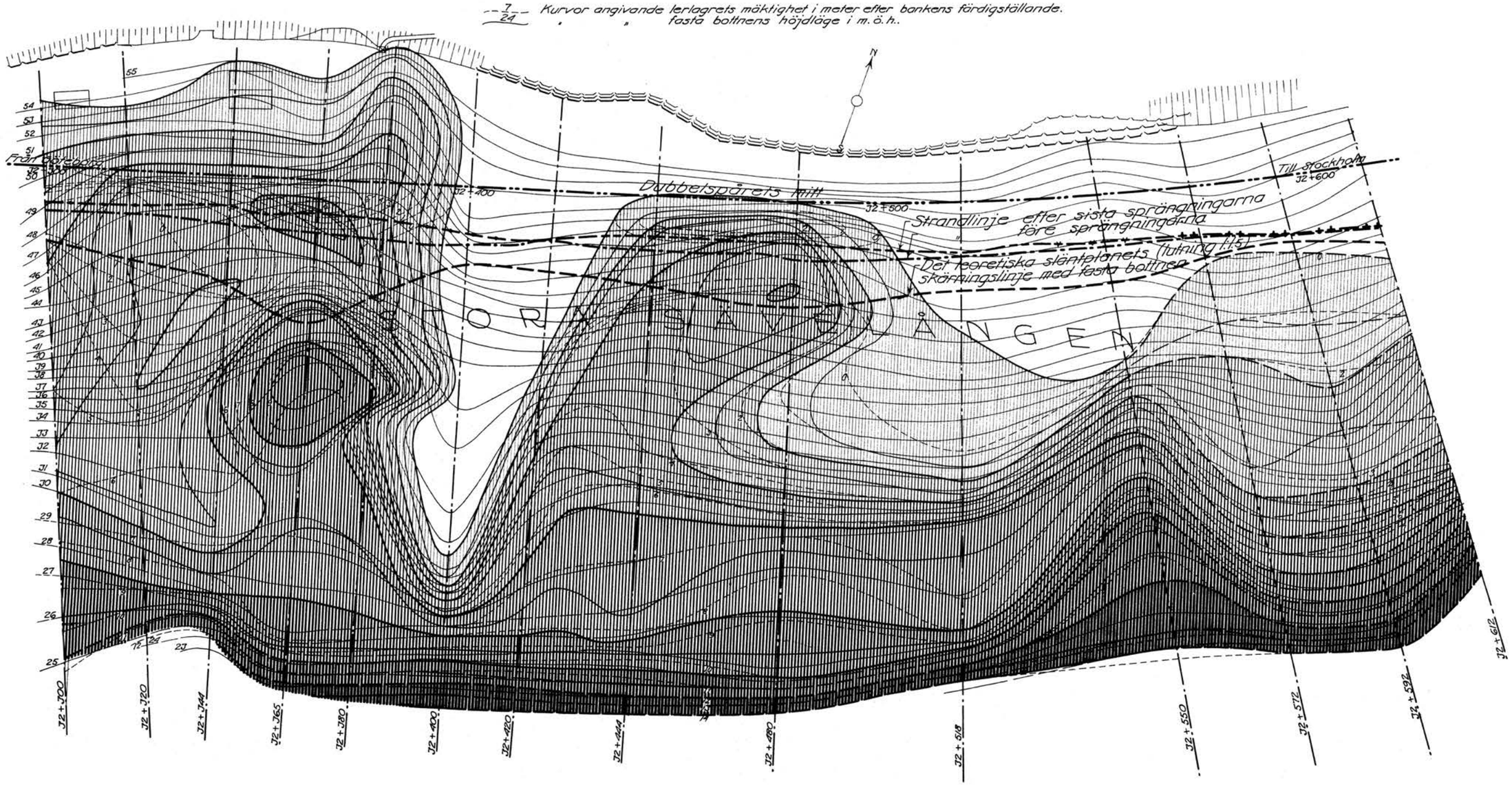
GÖTEBORG – ALINGSÅS

LERLAGRETS MÄKTIGHET FÖRE BANKENS UTFYLLNING

10 0 10 20 30 40 50 Meter.

Lerlagrets mäktighet i meter före bankens utfyllning.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

7/24 Kurvor angivande lerlagrets mäktighet i meter efter bankens färdigställande. fasta bottnens höjdläge i m.ö.h..



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

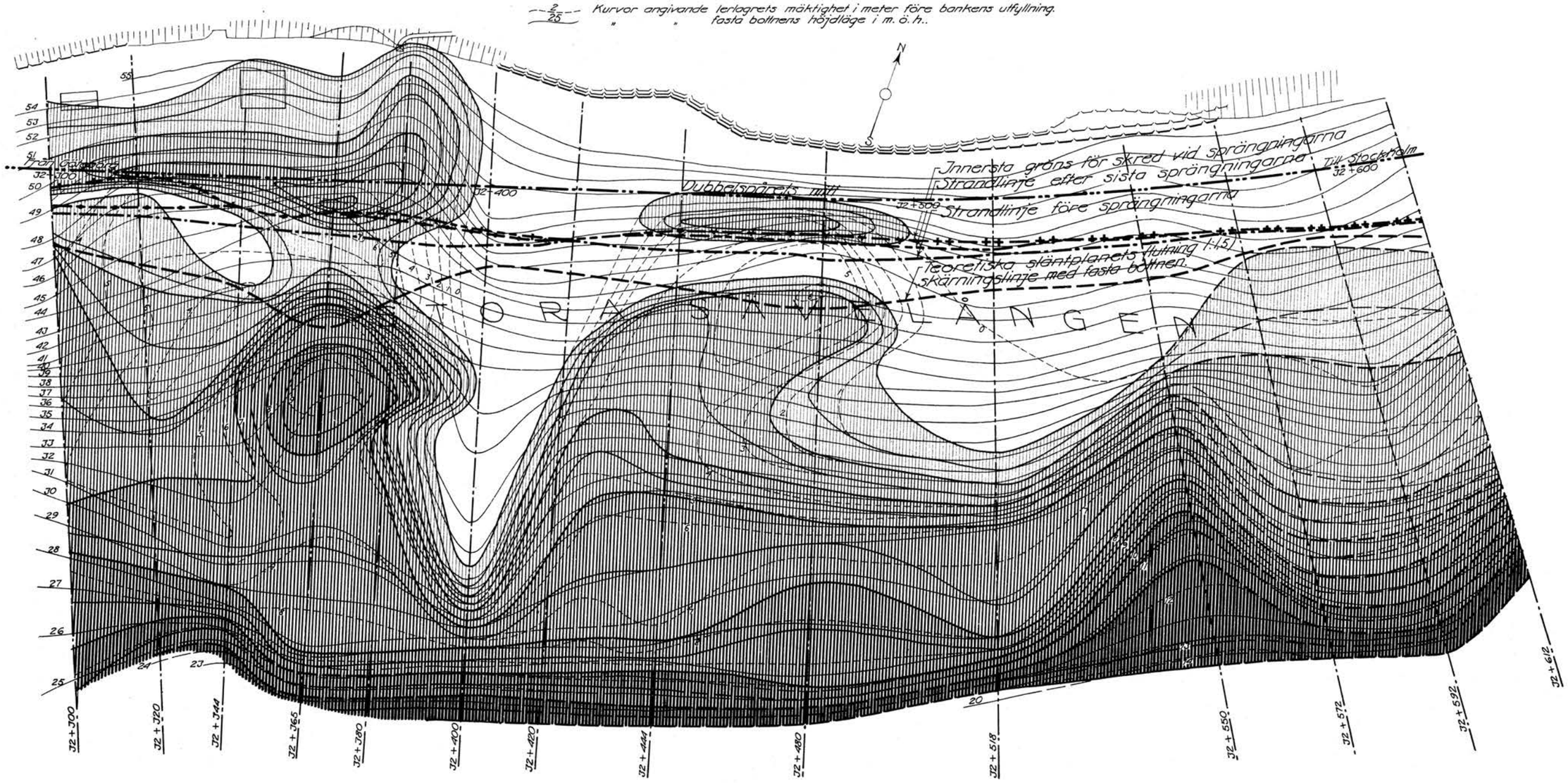
GÖTEBORG – ALINGSÅS

LERLAGRETS MÄKTIGHET EFTER BANKENS FÄRDIGSTÄLLANDE

10 0 10 20 30 40 50 Meter.

Lerlagrets mäktighet i meter efter bankens färdigställande.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

8/25 Kurvor angivande lerlagrets mäktighet i meter före bankens utfyllning. / fasta bottnens höjdläge i m. ö. h..



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

FYLLNINGENS MÄKTIGHET EFTER BANKENS FÄRDIGSTÄLLANDE

10 0 10 20 30 40 50 Meter

Fyllningens mäktighet i meter.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7/25 Kurvor angivande det kvarvarande lerlagrets mäktighet i meter.
" " fasta bottnens höjdläge i m.ö.h.

Innersta gräns för skred vid sprängningarna
Strandlinje efter sista sprängningarna
före sprängningarna
Teoretiska släntplanets (lutning 1:1,5) skärningslinje
med fasta bottnen.

N

Dubbelspårets mitt

Till Stockholm

STORA SÄVELÅNGEN

+12.700 +12.820 +12.844 +12.865 +12.880 +12.899 +12.920 +12.941 +12.960 +13.018 +13.089 +13.172 +13.222 +13.612

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

SJÖBOTTNENS TOTALA HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGARNA

10 0 10 20 30 40 50 Meter.

Höjning i meter. 0 1 2 3

Sänkning i meter. 0 1 2 3 4 5

J6 Kurvor i m.ö.h. angivande sjöbottnens höjdläge före sprängningarna.

N

S

Från Göteborg

Till Stockholm

Dubbelspårets mitt

Strandlinje efter sista sprängningarna

Strandlinje före sprängningarna

J2+300 J2+400 J2+500 J2+600

STORA SÄVELÅNGEN

J2+279 J2+285 J2+300 J2+320 J2+344 J2+365 J2+390 J2+400 J2+420 J2+444 J2+466 J2+490 J2+500 J2+518 J2+550 J2+572 J2+592 J2+612 J2+622 J2+

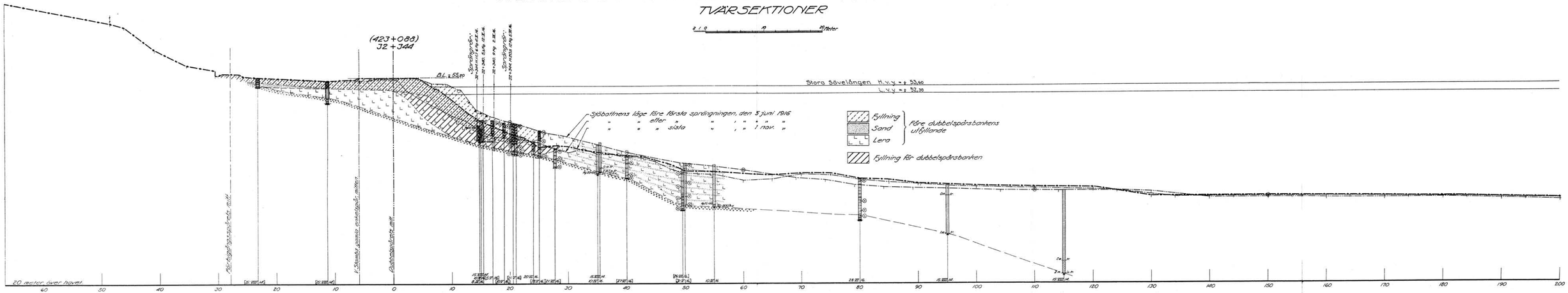
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

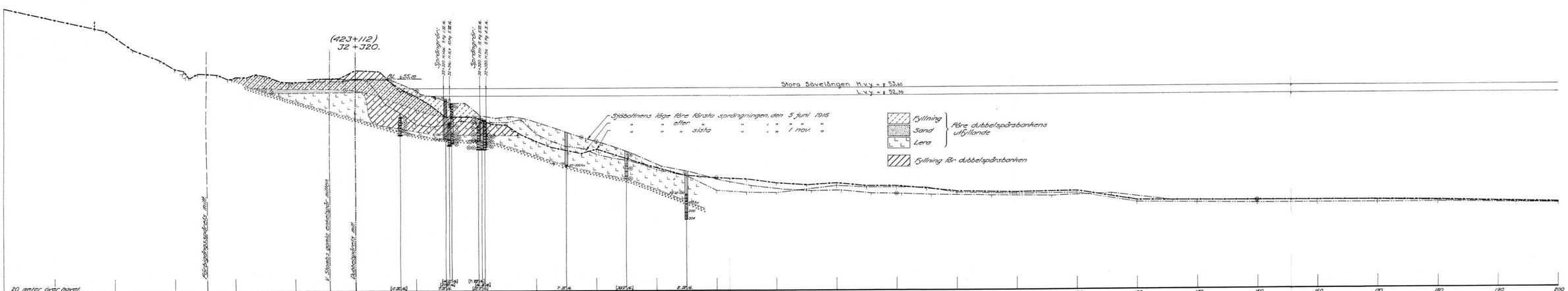
BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

FYLLNINGENS LÄGE EFTER SISTA SPRÄNGNINGEN, DEN 1 NOVEMBER 1916

TVÄRSEKTIONER





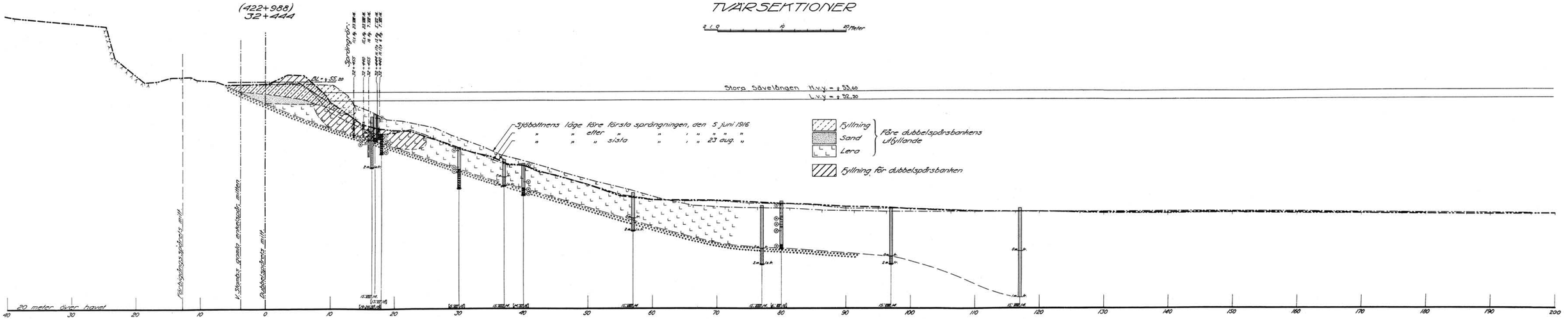
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

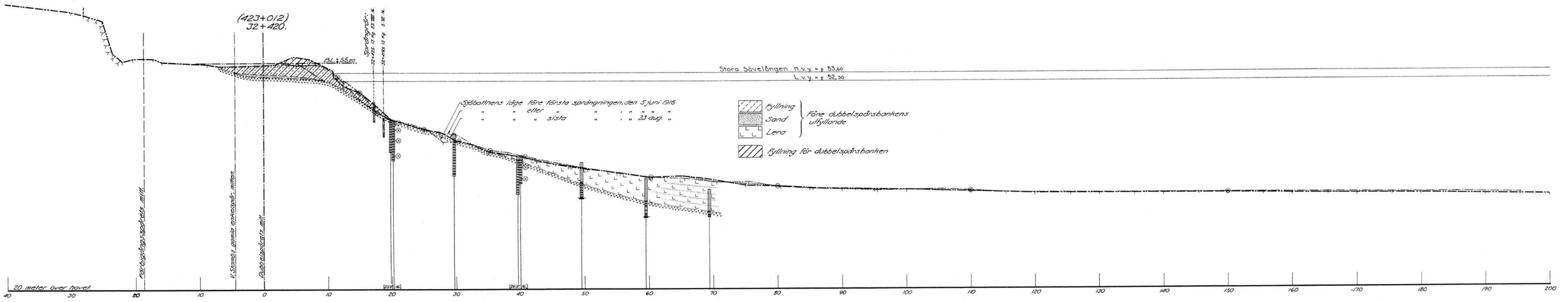
BANKEN VID BOSTÄLLSHUSET VÄSTER OM NORSESUND

GÖTEBORG – ALINGSÅS

FYLLNINGENS LÄGE EFTER SISTA SPRÄNGNINGEN, DEN 23 AUGUSTI 1916

TVÄRSEKTIONER





STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDEN VID GRUSUTFYLLNINGEN FÖR KOLKAJEN I ÖRNSKÖLDSVIK

SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SKREDET DEN 17 MAJ 1918

10 5 0 10 20 30 40 50 Meter

Höjning i meter
0 1 2 3 4 5 6 7

Sänkning i meter
0 1 2 3 4 5

16 / 15 Kurvor i m. angivande sjöbottnens höjdläge före skredet (0-plan = 20,38 m. under havets medelvattenyta = 25 m. under Örnsköldsviks stationsplan)

Grusutfyllningens utbredning å sjöbottnen efter skredet

Huvudspårets mitt

Till Örnsköldsvik station

500 475 450 425 400 375 350 325 300 285 270 250

Strandlinje före skredet

efter "Muddringsskännan"

ÖRNSKÖLDSVIKSFJÄRDEN

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDEN VID GRUSUTFYLLNINGEN FÖR KOLKAJEN I ÖRNSKÖLDSVIK
SJÖBOTTNENS HÖJDFÖRÄNDRING GENOM SPRÄNGNINGEN DEN 21 JUNI 1918

10 0 10 20 30 40 50 Meter.

Höjning i meter. 0 1 2 3

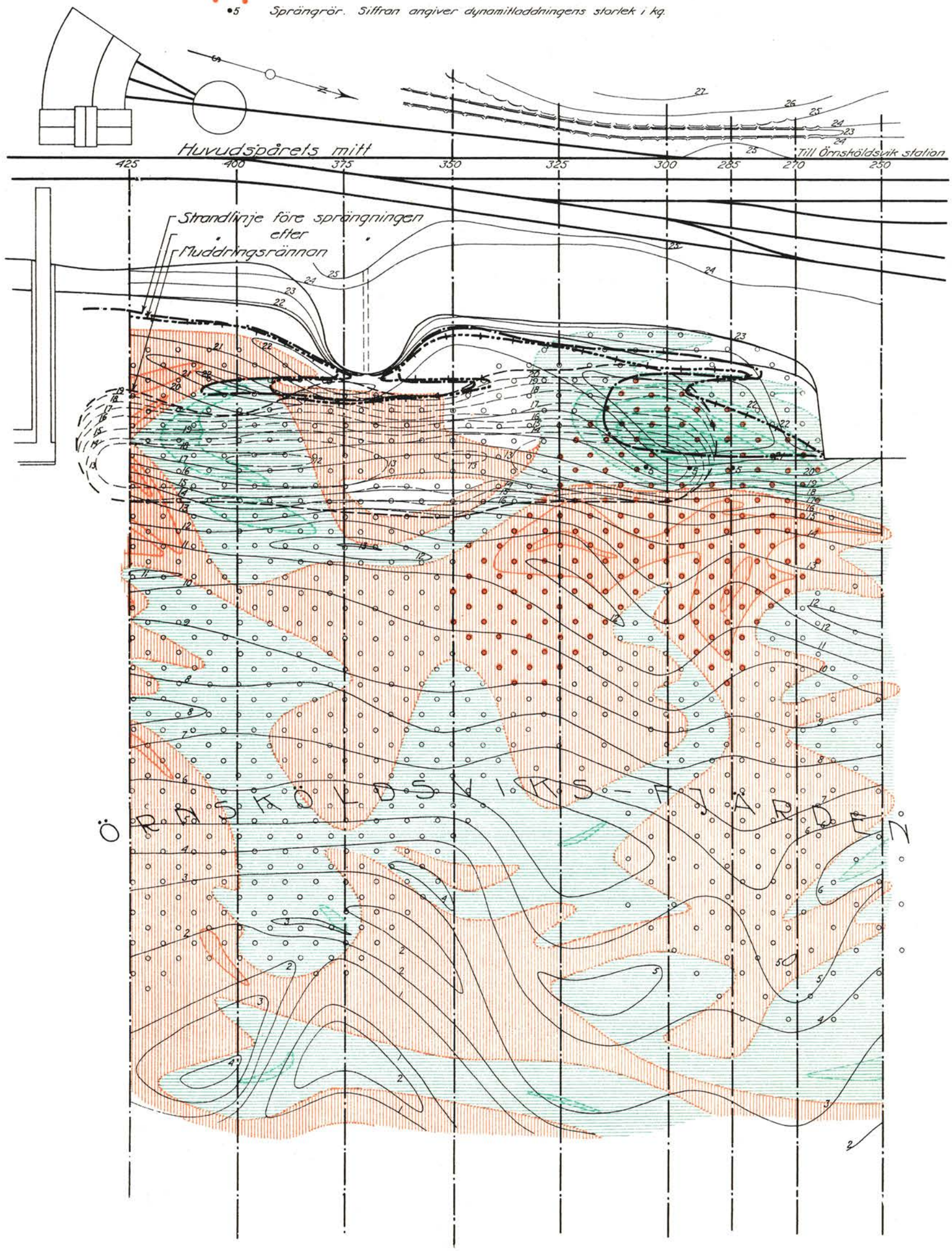
Sänkning i meter. 0 1 2 3 4 5

16 / 15 Kurvor i m. angivande sjöbottnens höjdläge före sprängningen. (0-plan = 20,38 m. under havets medelvattenyta = 25 m. under Örnsköldsviks stationsplan).

Grusfyllningens utbredning å sjöbottnen före sprängningen.

Grusfyllning utgliden " " vid "

•5 Sprängrör. Siffran angiver dynamitladdningens storlek i kg.

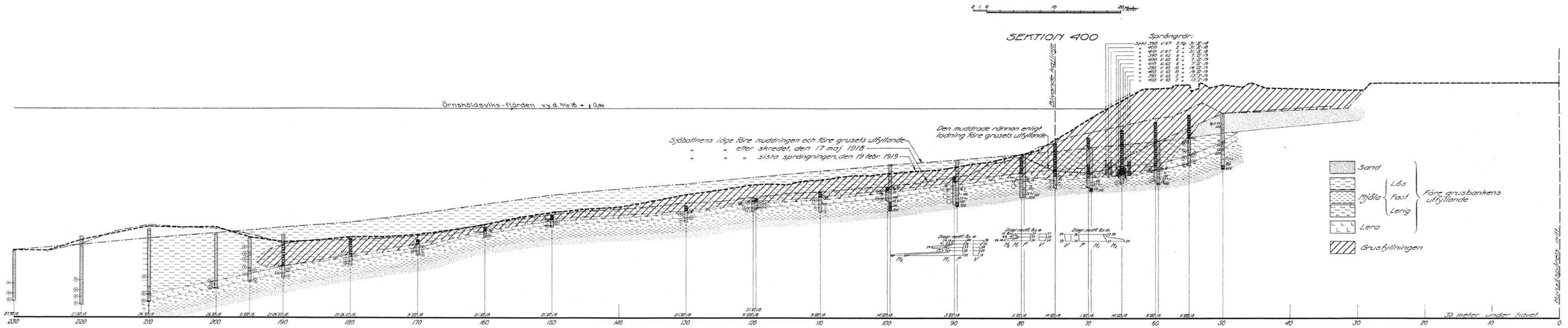


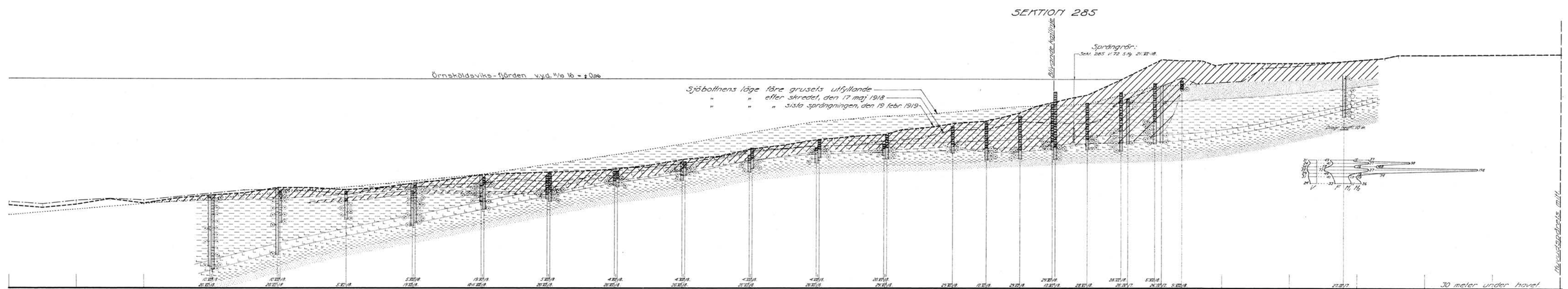
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDEN VID GRUSUTFYLLNINGEN FÖR KOLKAJEN I ÖRNSKÖLDSVIK

FYLLNINGENS LÄGE EFTER SISTA SPRÄNGNINGEN, DEN 19 FEBRUARI 1919

TVÄRSEKTIONER

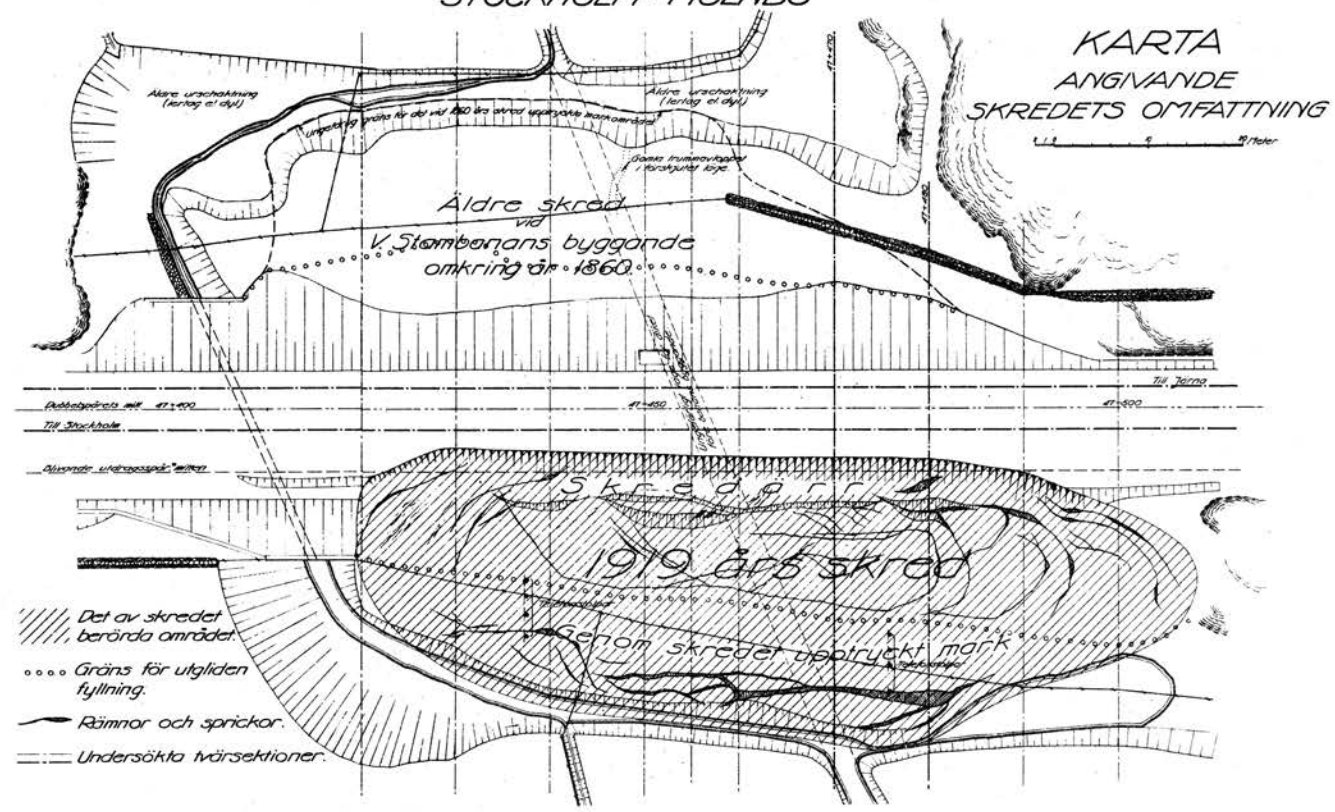




STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

SKREDET VID JÄRNA 1919

STOCKHOLM - MÖLNBO

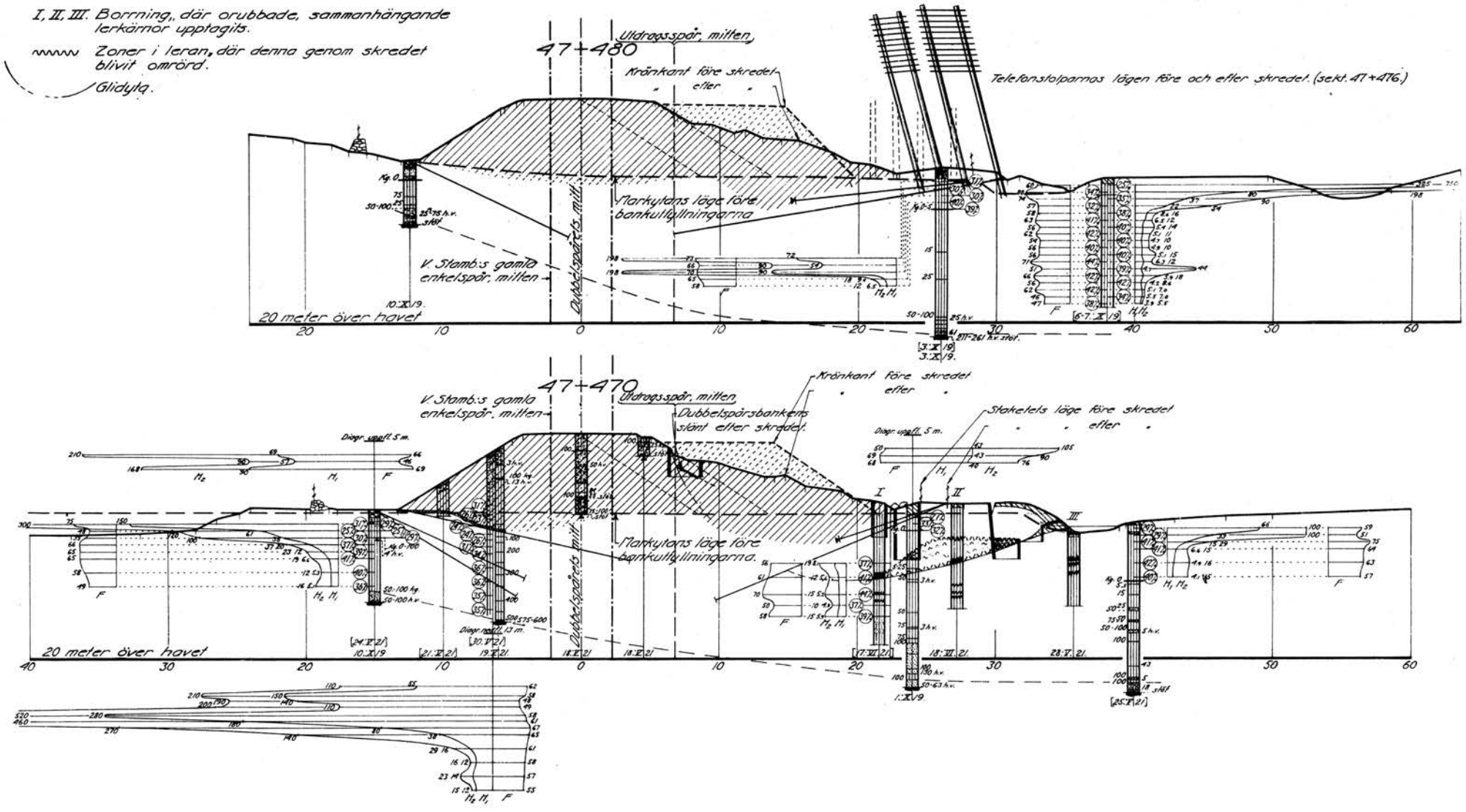


TVÄRSEKTIONER VID KM. 47+470 OCH 47+480

I, II, III. Borrning, där orubbade, sammanhängande lerkärnor upptagits.

Zoner i leran, där denna genom skredet blivit omrörd.

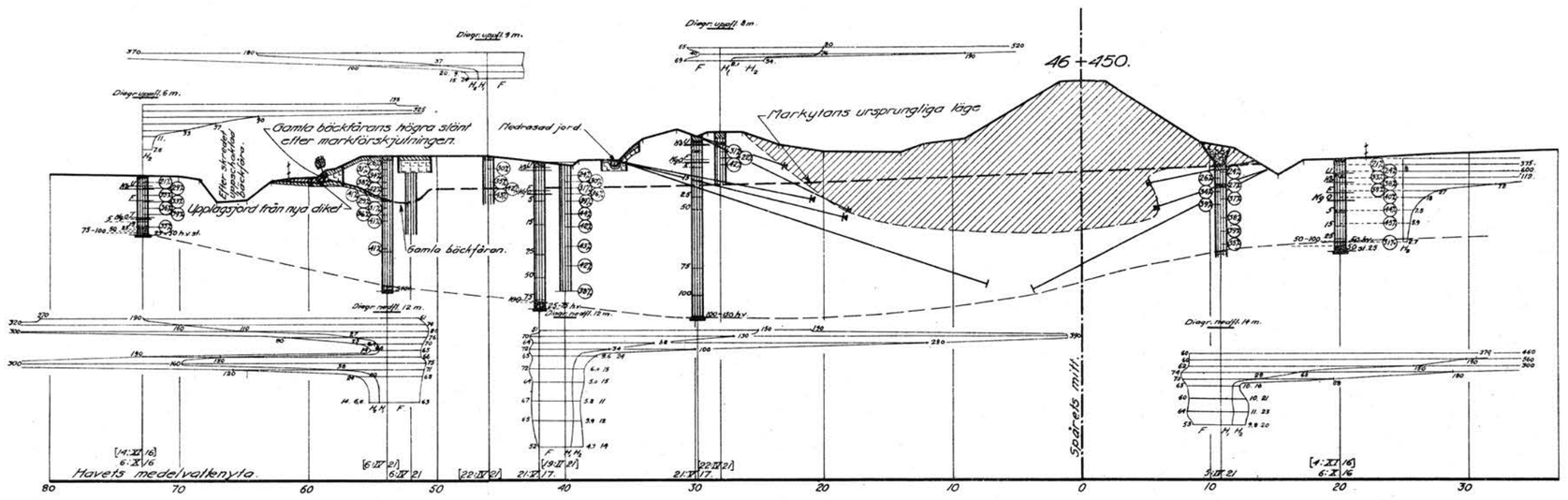
Glidyta.



STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

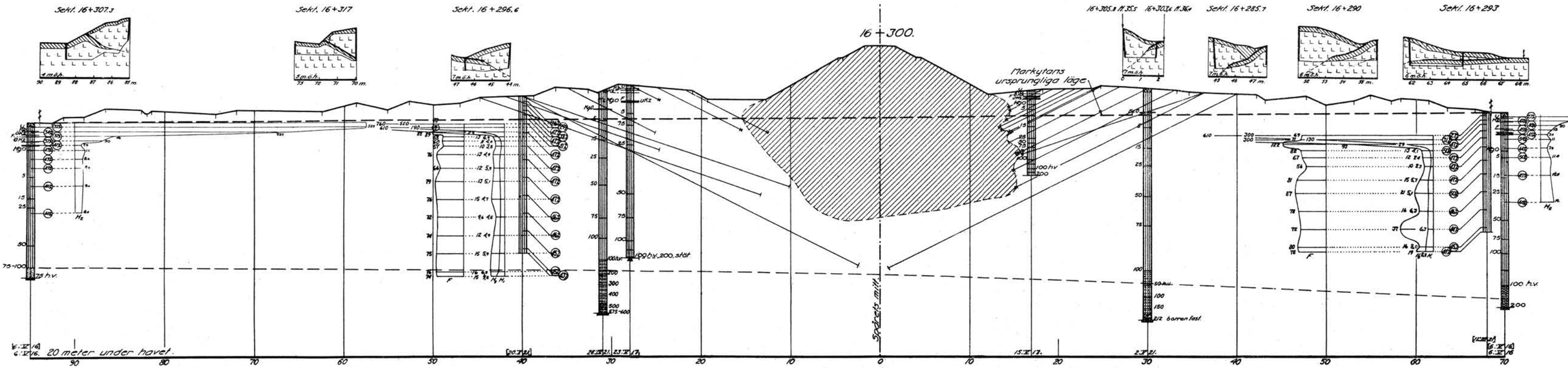
BANKEN VID ÖDESBY
JÄRNA–NORRKÖPING
MARKGENOMBROTT VID BANANS ANLÄGGANDE

TVÄRSEKTION VID KM. 46+450



SÖDRA NORABANKEN
JÄRNA–NORRKÖPING
MARKGENOMBROTT VID BANANS ANLÄGGANDE

TVÄRSEKTION VID KM. 16+300



DETALJPROFILER, VISANDE ÖVERSKJUTNINGARNA VID DE UPPTRYCKTA JORDVALKARNAS FRAMKANTER

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID ÖDESBY

JÄRNA - NORRKÖPING

MARKGENOMBROTT VID BANANS ANLÄGGANDE

Karta

utvisande

Markförändringen genom skredet samt fasta bottnens läge

2 1 0 10 20 Meter

- 23,00 / 23,25 Nivåkurvor (meter över havet) för markytan efter skredet.
- 23,00 / 24,00 Nivåkurvor (meter över havet) för den ursprungliga markytan.
- 14,00 / 15,00 Nivåkurvor (meter över havet) för fasta bottnen.
- Gräns för den vid skredet utskjutna bankfyllningen.
- Av markförskjutningen berört område.
- Markparti som vid skredet förskjutits ut över utanför liggande mark.
- Upplagsjord från bäckomgrävningen efter skredet.
- Undersökta tvärsektioner.

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID KUDDBY

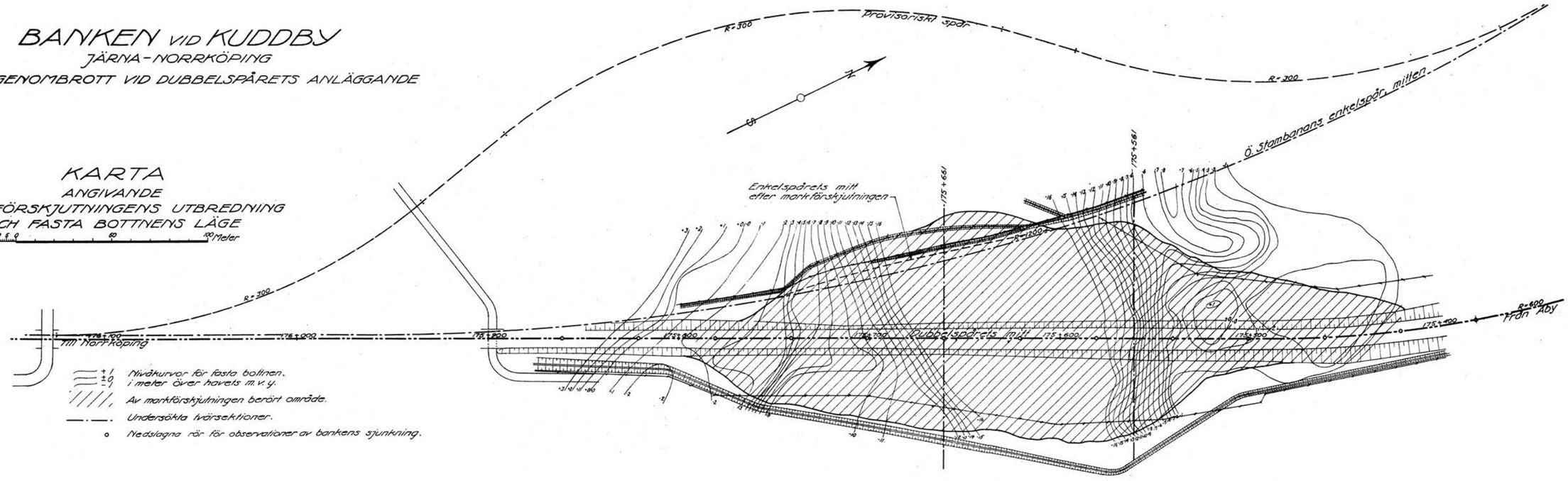
JÄRNA – NORRKÖPING

MARKGENOMBROTT VID DUBBELSPÅRETS ANLÄGGANDE

KARTA

ANGIVANDE
MARKFÖRSKJUTNINGENS UTBREDNING
OCH FASTA BOTTNENS LÄGE

0 5 10 50 100 Meter



TVÄRSEKTIONER VID KM. 175+561 OCH 175+661

2 1 0 10 20 Meter

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID VIK

GÖTEBORG–ALINGSÅS

MARKGENOMBROTT VID DUBBELSPÅRETS ANLÄGGANDE

Fig. A KARTA ÖVER DUBBELSPÅRSBANKEN OCH OMRÅDET OMKRING DENSAMMA EFTER UTFYLLNINGSARBETETS AVSLUTANDE

R. S. 0 50 100 Meter

Fakelspårets mitt

Till Stockholm

J0+500

J0+400

Dubbelspårets mitt

Sprängen

J0+360

Från Göteborg

J0+285

J0+320

J0+340

J0+360

J0+380

J0+400

J0+420

J0+430

J0+417.5

J0+398

Stora Sävelången

D

N

S

Beteckningar:

- Torvmosse
- Lermark
- Morän
- Berg
- Sidoförskjuten fyllning
- Upplyftad och blottad lera
- Upplyftade och förskjutna torvmosselager
- Dytorv, blottlagd i sprickor
- Till valkar hopveckade torvmosselager
- —·— 0+000 Undersökt sektion

Fig. B

KARTA ANGIVANDE FASTA BOTTNENS HÖJDLÄGE, MARKDEFORMATIONENS UTSTRÄCKNING M. M.

R. S. 0 50 100 Meter

Fakelspårets mitt

Till Stockholm

J0+500

J0+400

Dubbelspårets mitt

Från Göteborg

J0+285

J0+320

J0+340

J0+360

J0+380

J0+400

J0+420

J0+430

J0+417.5

J0+398

Stora Sävelången

D

N

S

Beteckningar:

- 50 / 45 Nivåkurvor för fasta bottnen i meter över havet
- Av markdeformationen berört område
- Sidoförskjutningens storlek och riktning under juni–dec. 1914.
- ..... Yttre gräns för nedsjunken fyllning

Sprängrörens lägen vid sprängningarna:

×	den 29 sept. 1914.	●	den 20 jan. 1915.
+	„ 5 okt. „	▫	„ 26 „ „
●	„ 22 „ „	■	„ 18 mars „
○	„ 7 nov. „	▲	„ 7 juni „

Siffran vid sprängröret angiver laddningens storlek, kg. dynamit.

—·— 0+000 Undersökt sektion

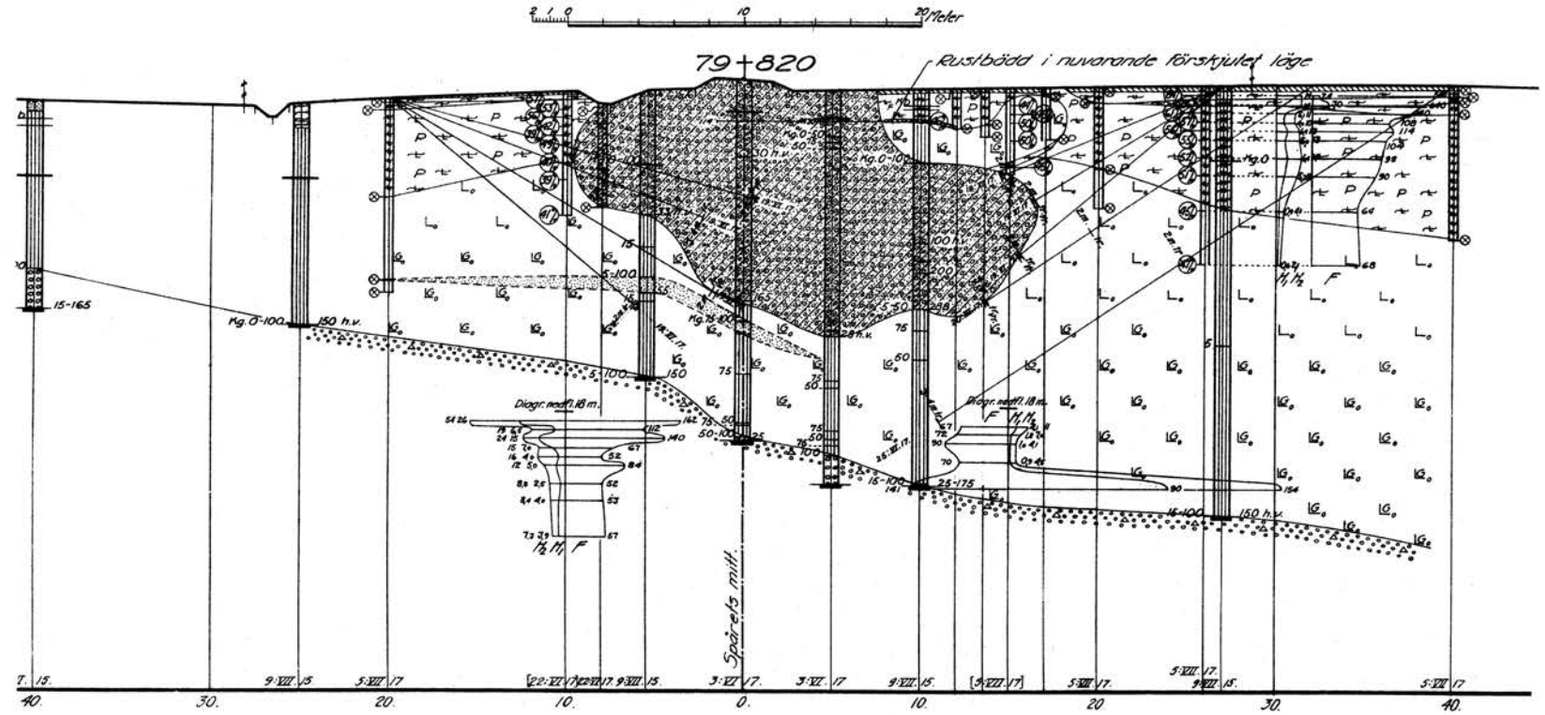
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

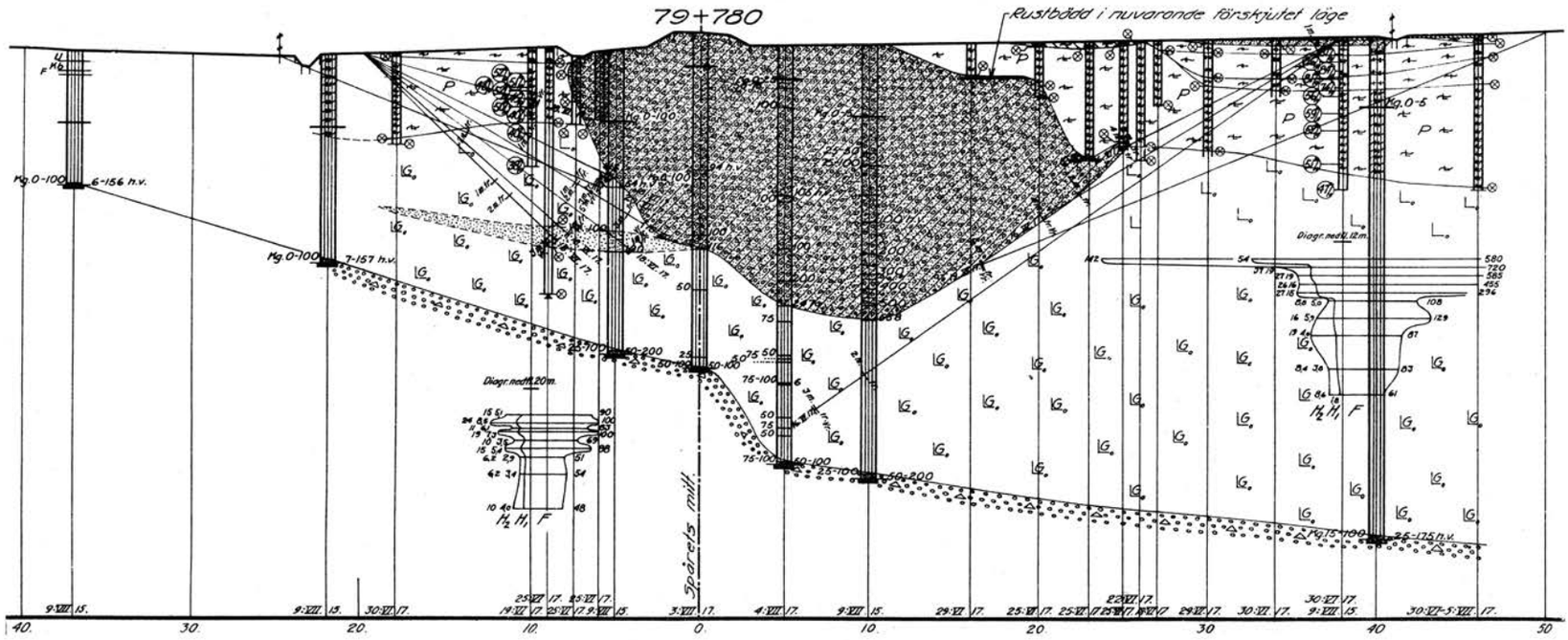
BANKEN VID GROHED

GÖTEBORG – STRÖMSTAD

MARKGENOMBROTT VID BANANS ANLÄGGANDE

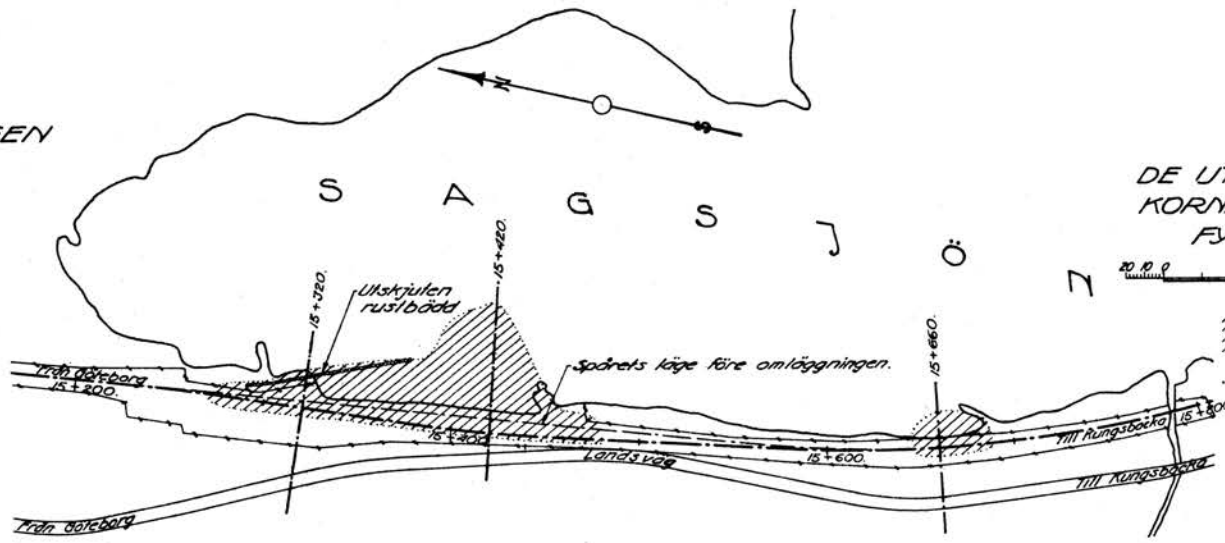
TVÄRSEKTIONER





STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

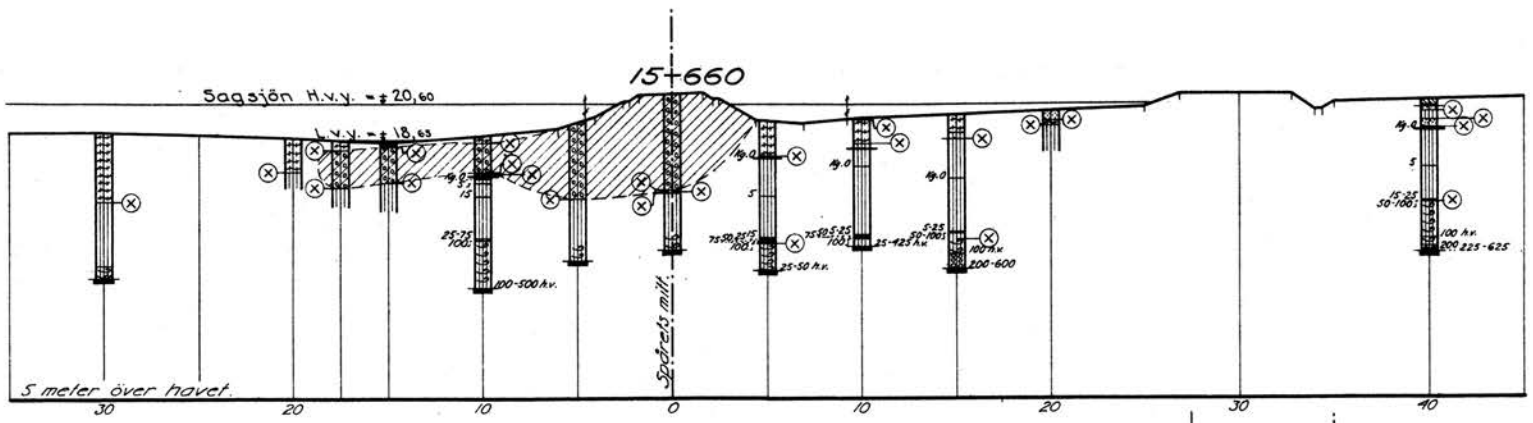
SAGSJÖN
GÖTEBORG – KUNGSBACKA
UTGLIDNING AV BANKFYLLNINGEN
VID BANANS BYGGANDE



KARTA
UTVISANDE
DE UTGLIDNA BANKSTRÄCKORNA OCH DEN UTGLIDNA FYLLNINGENS LÄGE

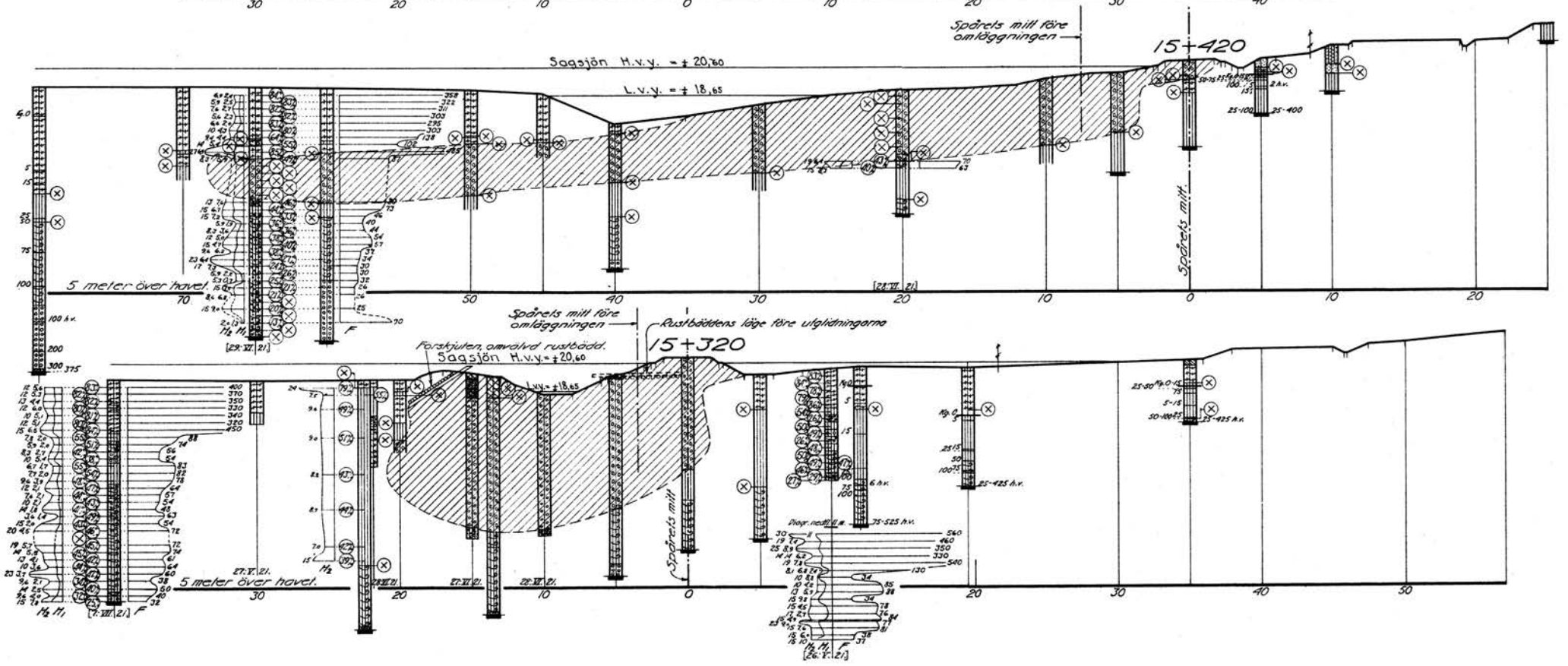
20 10 0 100 200 Meter

Nedsjunken och utgliden fyllning.
Undersökta tvärsektioner.



TVÄRSEKTIONER
VID
KM. 15+320, 15+420,
OCH 15+660

2 1 0 10 Meter

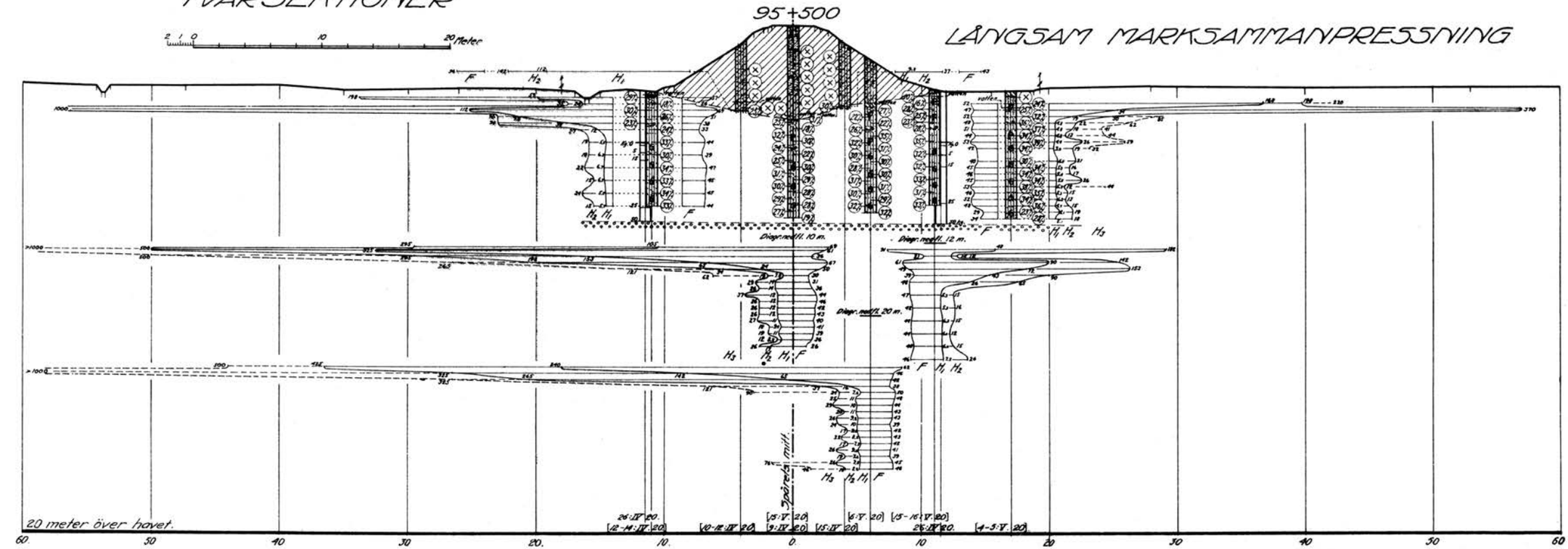


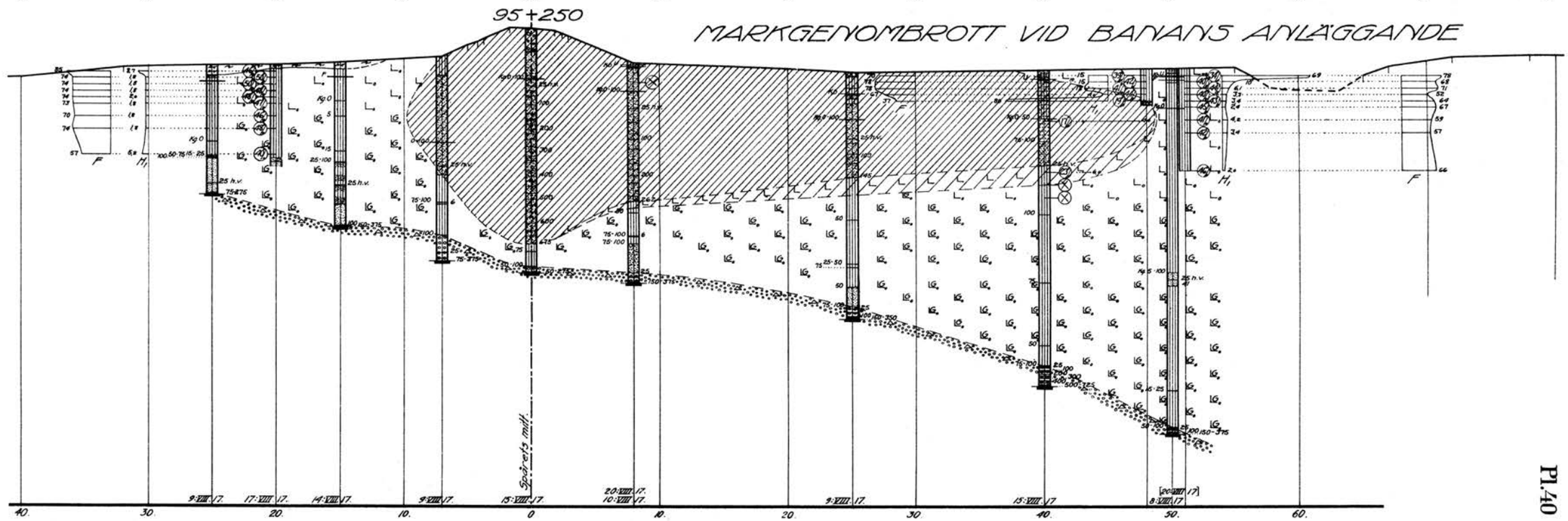
STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID SMEDSERÖD

GÖTEBORG – STRÖMSTAD

TVÄRSEKTIONER





P1.40

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

ASPENBANKEN

GÖTEBORG–ALINGSÅS

TVÄRSEKTION

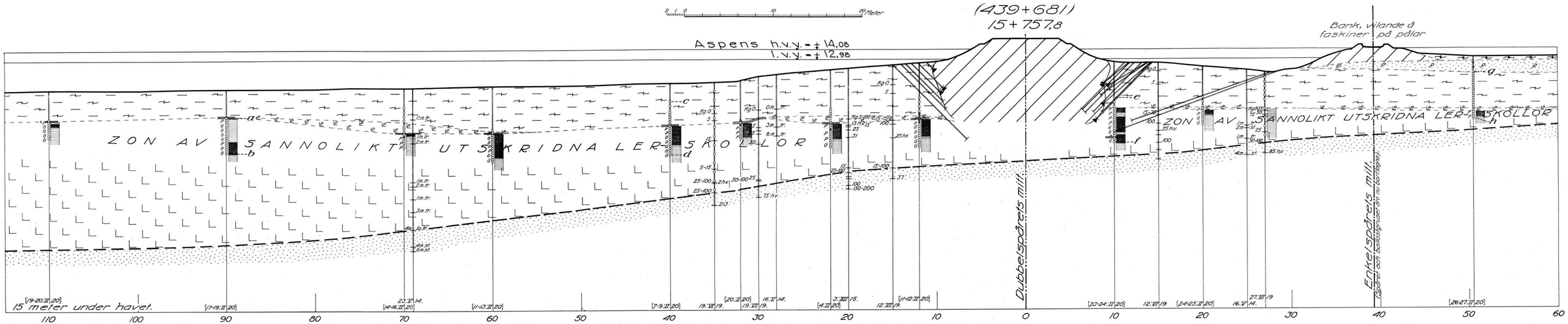


Diagram över hållfasthetstal, vattenhalt och finlekstal.

Diagrammen äro framställda i samma höjdskala som ovanstående sektionsritning och placerade i rätt inbördes läge i såväl höjd- som sidled.
För att underlätta korrektionen mellan diagrammen och sektionsritningen hava bokstäverna **a, b,** o.s.v. utsatts.



Beteckningar

för sektionsritning

- Strandsand
- Dytorv
- Gyttjig mjäla
- Lös glacial lera (sannolikt primärt läge)
- Glacial sand (fast bottten)
- Fyllning
- Mylla
- Lös svämlera
- Fast, Tämligen fast, Lös, } sannolikt utskriden lera
- Borrhål
- ○ Prov, undersökt beträffande hållfasthet etc.
- ● „ , okulärt granskat
- ○ „ har ej erhållits
- p Postglacial
- d Glacial

för diagram

Hållfasthetstalen angiva materialets relativa hållfasthet enligt Geotekniska Kommissionens system.

- Hållfastheten av ej omrört prov.
- „ „ prov omrört i den grad, som sker vid provtagning medelst kann- eller skopborr.
- „ „ fullständigt omrört prov.

Vattenhalten angives i viktsprocent av totalsubstans.
Finlekstalen angiva materialets genomsnittliga finleksgrad (ju större tal, desto finkornigare material).

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

BANKEN VID KULLEN
JÄRNA – NORRKÖPING

NIVÅKARTA

A——A Gräns mellan fast och lös lera.
Undersökta tvärsektioner.

10 5 0 50 100 Meter

Bråviken

TVÄRSEKTION VID KM. 100+140

2 1 0 10 20 Meter

100 + 140.

Bråvikens m.v.v. ± 0,00

20 meter under havet.

Spårets mitt.

STATENS REPRODUKTIONSANSTALT

Till Kungl. Järnvägsstyrelsen, Banbyrån.

Genom skrivelse den 13 december 1915 har Kungl. Järnvägsstyrelsen anmodat geotekniska kommissionen inkomma med förslag till ordnandet av det geotekniska arbetet vid statens järnvägar, efter det att kommissionen slutfört sitt uppdrag, och kommissionen får nu med anledning härav anföra följande.

Inrättande av en geoteknisk institution inom Styrelsen.

Kommissionen vill för sin del kraftigt framhålla behovet av, att jämväl i framtiden vederbörlig uppmärksamhet ägnas de geotekniska synpunkterna och problemen såväl vid anläggandet av nya järnvägar som vid underhållet av de redan befintliga och finner i anslutning till grundtanken i Kungl. Järnvägsstyrelsens ovanberörda skrivelse, att detta bäst skulle låta sig göra genom inrättandet av en geoteknisk institution inom Styrelsen.

Arbetsuppgift.

Denna institutions uppgifter bliva väsentligen av tvenne slag, nämligen dels att företräda den geotekniska specialsakkunskapen vid nybyggnader och underhållsarbeten vid statens järnvägar, dels att systematiskt arbeta för en allt mera ökad och fördjupad insikt i de grundläggande frågorna inom geotekniken.

De åligganden, som sålunda komma att vila på institutionen, torde i huvudsak bliva följande.

1. *Att vid tillfällen, då sådant från distrikten eller undersökningsförrättare på grund av geotekniska förhållanden påfordras, biträda vid verkställande av undersökningar för nya statsbanor, dubbelspår, grundläggningar och övriga arbeten, ävensom att inom Kungl. Styrelsen biträda vid granskning av inkomna förslag till dylika arbeten.*

Vid förberedande undersökningar för framdragandet av nya banor och dubbelspår torde i vanskligare terräng ett samarbete mellan undersökningsförrättaren och en särskilt utbildad geotekniker vara i hög grad påkallat. Den senare torde nämligen genom sin speciella kunskap kunna i stort giva anvisningar på terrängens egenskaper ur bärighetssynpunkt. Vid upprättandet av definitiva förslag till dylika anläggningar är ett sådant samarbete mellan undersökningsförrättaren och geoteknikern av ännu större betydelse och torde böra förekomma i varje fall.

Även vid pågående byggnader böra institutionens tjänstemän anlitas, då arbetsledningen finner, att de geotekniska förhållandena så kräva.

2. *Att på vederbörligt uppdrag upprätta förslag till och följa utförandet av arbeten, som särskilt avse att säkerställa banan.*

3. *Att verkställa inspektioner av från geoteknisk synpunkt beaktansvärda delar av statsbanenätet, ävensom att över desamma föra liggare.*

Dessa inspektioner böra avpassas efter de respektive bandelarnes allmänna geotekniska beskaffenhet, så att desamma företagas allt tätare, ju större sannolikheten för störande förändringar är.

Vid dessa inspektioner bör den geotekniska centralinstitutionen givetvis samarbeta med det lokala banbefälet. Inspektionerna böra därför om möjligt så anordnas, att vederbörande linjebefäl kan deltaga i förrättningarne.

Med hänsyn till erforderlig kontinuitet beträffande kännedomen om de geotekniska förhållandena vid statens järnvägar, samt för att de geotekniska rön, som kunna framkomma genom dessa inspektioner, skola få en systematisk behandling, bör det åligga den geotekniska institutionen att hos sig på ett lätt överskådligt sätt registrera besiktningens resultat.

4. *Att insamla, ordna och tillgodogöra den erfarenhet rörande geotekniska frågor, som inhämtats och allt fortfarande inhämtas vid statsbanenätet och även utanför detsamma.*

Det är givetvis en stor fond av erfarenhet, som så småningom förvärvats av de ingenjörer, vilka haft hand om byggandet och underhållet av statens järnvägar. Hittills har emellertid denna erfarenhet i mycket ringa grad kunnat komma andra till godo, då det saknats en institution, som kunnat hopsamla alla de rön, som blivit giorda.

Om en verkligt tillförlitlig grund för de praktiska geotekniska frågorna skall kunna bringas till stånd, är det emellertid givetvis av synnerligen stor vikt, att denna erfarenhet, liksom i möjligaste mån dylik erfarenhet från andra platser inom landet och även utom landet, insamlas och systematiseras. Den föreslagna geotekniska institutionen får häri en synnerligen betydelsefull arbetsuppgift.

I samband härmed bör givetvis det av kommissionen igångsatta insamlandet av upplysningar rörande inträffade markförskjutningar av skilda slag såväl inom som utanför statsbanenätet fortsättas.

5. *Att genom undersökningar av föreliggande stabilitetsfall och genom erforderliga fält- och laboratoriestudier av jordarternas hållfasthets- och därmed sammanhängande egenskaper och i övrigt på sätt, som kan befinnas lämpligt, verka för att föra den grundläggande vetenskapen på området framåt.*

För ifrågavarande arbetsuppgift fordras i första hand ett ingående studium av jordarternas motståndsförmåga mot olika slag av deformerande inverkan, såsom belastningar, vattnets inverkan o. s. v.

Sedan dessa frågor i åtminstone vissa huvuddrag blivit klarlagda, kan en systematisering av i terrängen förekommande belastningsfall, därvid vissa karaktäristiska typer utskiljas, giva ett värdefullt stöd för bedömande av stabiliteten. Den geotekniska institutionen bör målmedvetet arbeta för ernåendet av dylik kunskap.

Härvid synes i första hand böra göras en systematisk undersökning av grunden vid bankbelastningar av olika slag, såväl sådana där sjunkningar inträffat, som sådana, där grunden förmått uppbära bankbelastningen. Liknande undersökningar böra vidare göras beträffande skärningsslänter av olika höjd och lutning. Därjämte bör inverkan på stabiliteten av torka och vattendränkning ingående studeras.

Genom ett fortsatt arbete i denna riktning torde så småningom kunna utfinnas metoder för numerisk behandling av åtminstone vissa av de här förekommande jämnviktsproblemen.

6. *Att utarbeta metoder för verkställande av geotekniska undersökningar samt bringa till stånd ändamålsenliga benämningar och beteckningar beträffande dylika arbeten.*

För att kunna jämföra resultaten av undersökningar på olika platser och på så sätt kunna överföra vunnen erfarenhet från ett fall till ett annat är det nödvändigt, att undersökningarna utföras efter samma metoder.

Vidare är det givetvis av största betydelse, att de vid undersökningarna framkomna resultaten åskådliggöras på enhetligt sätt, såväl beträffande benämning av olika jordslag och föremål som angående den grafiska framställningen av dessa.

Det är sålunda bland annat av stor vikt, att de godtyckliga och varierande namn, som inom tekniken ofta nog användas å jordlager och geotekniska företeelser av skilda slag, ersättas med enhetliga ur både geologisk och teknisk synpunkt rationella benämningar.

7. *Att genom publikationer sprida kännedomen om de rön inom geotekniken, som genom institutionens verksamhet framkomma, eller vilka av densamma insamlas.*

För att framför allt de vid statens järnvägar arbetande ingenjörerna skola få tillfälle att taga del av dessa rön, torde det vara lämpligt, att desamma publiceras i en särskild numrerad skriftserie exempelvis i samband med »Meddelanden från Kungl. Järnvägsstyrelsen». Kommissionen har därvid föreställt sig, att på bestämd tid varje år borde inflyta en årsredogörelse för institutionens verksamhet. I denna borde som underordnad del i korthet lämnas en redogörelse för institutionens olika uppdrag under året. Huvuduppgiften borde dock vara att redogöra för gjorda erfarenheter ur geoteknisk synpunkt, som kunna tjäna till vägledning framför allt för det fortsatta arbetet med statens järnvägars byggnad och underhåll, men därjämte även för övriga arbeten, där geotekniska synpunkter böra beaktas, samt för belysande av allmänna geotekniska spörsmål.

8. *Att i den mån arbetet vid statens järnvägar det medgiver och allmänna geotekniska frågor därav kunna antagas bliva belysta efter vederbörligt tillstånd utföra geotekniska utredningar för övriga statens verk, där sådana av desamma begäras.*

Genom framhållande av denna arbetsuppgift har kommissionen bland annat velat betona önskvärdheten av ett utbyte av den erfarenhet i hithörande ting, som förvärvas på olika håll inom statens byggnadsverksamhet. Det samarbete de olika verken emellan beträffande geotekniska frågor, som sålunda kan tänkas uppkomma, torde bland annat underlätta införandet av gemensamma undersökningsmetoder och beteckningssätt.

I den mån tid därtill kan beredas, bör enligt kommissionens mening detta samarbete med fördel kunna utsträckas även till enskilda järnvägar och andra enskilda och kommunala byggnadsföretag; dock endast i den mån, undersökningarna kunna väntas särskilt belysa allmänna geotekniska frågor.

Det är tydligt, att den geotekniska institutionen för att på ett effektivt sätt kunna fylla sina olikartade och sammansatta uppgifter måste inom sig äga tillgång till såväl teknisk som geologisk fackkunskap och att, om också vissa frågor kunna vara av övervägande teknisk, andra av övervägande geologisk art, en oavlåtlig kombination mellan tekniska och geologiska synpunkter är oundgängligen behövlig.

Bland de mera rent tekniska ärenden institutionen skulle få att handlägga kunna nämnas:

Utarbetande av grunder för beräkning av jordstatiska problem.

Upprättande av förslag till konstruktioner, som ingå i åtgärderna för tryggande av stabilitetsförhållandena å viss plats.

Av övervägande geologisk art äro följande frågor:

Erforderlig bestämning av jordarter, samt utförande av mineralogiska och mikroskopiska undersökningar av jordprov.

Undersökning av den geologiska byggnaden och hydrologien å platser, där markförskjutning inträffat, eller vilka eljest kunna anses kritiska.

Undersökning av berggrunden, där så vid ifrågasatta större bergschaktningar och tunnelbyggnader erfordras.

Vid åtskilliga ärendens behandling krävas åter såväl tekniska som geologiska fackkunskaper. Sådana ärenden äro exempelvis:

Bestämning av olika jordarters motståndsförmåga mot skilda slag av deformerande inverkan.

Förberedande undersökningar för lämpligaste sträckningen av ny bana.

Ovan angivna periodiska inspektioner av statsbanenätet.

Utredningar angående inträffade markförskjutningar.

Registrering av geotekniska iakttagelser.

Utarbetande av undersökningsmetoder.

Fastställande av normer för undersökningsresultatens framställande.

Publikation av geotekniska meddelanden och uppsatser.

Organisation.

Då det torde vara av synnerlig vikt att så långt ske kan för framtiden söka undvika de mycket betydande risker och kostnader, som givetvis måste föranledas av otillräckliga geotekniska kunskaper, anser kommissionen, att hithöranda utredningar med sina ofta ganska speciella och komplicerade uppgifter böra handhavas av en särskild fackavdelning inom Kungl Styrelsen, ansluten till banbyrån eller byggnadsbyrån, och förslagsvis kallad Geotekniska avdelningen.

Och som det ju nu speciellt gäller att för tekniken praktiskt tillgodogöra de systematiska studier och forskningar, som genom geologien redan kommit till stånd, och som allt fortfarande utvecklas, torde den enda tillfredsställande lösningen bliva, att i nämnda avdelning jämte en skicklig väg- och vattenbyggnadsingenjör insättes en grundligt utbildad geolog, som verkligen med full sakkunskap kan ur geologisk synpunkt och med geologiska arbetsmetoder belysa och utreda de skilda frågorna, och som därjämte äger förutsättningar för att kunna följa den fortgående utvecklingen inom den blott för en fackman utan allt för stora svårigheter användbara geologiska facklitteraturen.

I följd av sin sammansatta natur synas de geotekniska frågorna, såsom redan framhållits, svårligen kunna tillfredsställande lösas utan ömsesidig samverkan mellan verklig geologisk och verklig teknisk sakkunskap. På grund av det tekniska syftemålet med ifrågavarande utredningar bör ingenjören hava ledningen, men då det är av synnerlig vikt, att båda odelat kunna ägna hela sitt intresse och sin verksamhet åt den gemensamma uppgiften att utbilda och tillgodogöra geotekniska kunskaper, så är det givetvis nödvändigt, att båda befattningarna ur ekonomisk synpunkt tillgodoses så pass, att deras innehavare ej vid första tillfälle söka sig förmånligare platser, vilket ju vore särskilt ogynnsamt, när det gäller ett nybildat fack, inom vilket lämpliga ersättare ej finnas utbildade.

Av samma skäl kunna tillfredsställande resultat svårligen ernås genom tillfälligt biträde av en eller annan icke särskilt geotekniskt utbildad geolog; och att över huvud en sådan även mot hög ersättning alltid skulle finnas disponibel, just då brådskande arbeten för järnvägen så påfordrade, kan ej gärna antagas. Ej heller lär t. ex. Sveriges Geologiska Undersökning vara betjänad av eller villig till ett hälftenbruk av så oberäkneligt slag.

Kommissionen vill här också framhålla, att en hos Kungl. Järnvägsstyrelsen ständigt tillgänglig geolog, i den mån hans egentliga geotekniska verksamhet det medgiver, bör kunna lämna värdefullt biträde vid handläggandet av jämväl övriga ärenden, för vilka statens järnvägar nu behöver anlita utomstående fackmän, t. ex. uppsökande och undersökning av torvmossar och grusförekomster samt, i vissa fall, utredningar rörande förekomster av nyttiga bergarter och mineral inom områden, där nya järnvägar planeras.

Med hänsyn till omfånget av de förut antydda arbetsuppgifterna och den ytterligare utveckling, som givetvis är att emotse å det geotekniska arbetsområdet, torde sålunda den ifrågavarande institutionen vara av sådan art, att i och för sig starka skäl tala för, att den borde uppföras på ordinarie stat, såväl beträffande geologen som ingenjören. Då emellertid en del av kommissionens medlemmar icke varit fullt övertygade därom, att geologen även för framtiden skulle få full sysselsättning vid statens järnvägar, anser sig kommissionen icke böra påyrka, att geologen redan från början uppföres på ordinarie stat.

Kommissionen får sålunda föreslå, att som ordinarie tjänsteman anställes en föreståndare för avdelningen med avlöningsförmåner avvägda med hänsyn till vikten av, att för täta ombyten å platsen ej må befaras; och att som extra tjänsteman å avdelningen anställes en geolog med avlöningsförmåner ungefär såsom för statsgeolog.

Kompetensfordringarne för avdelningens föreståndare böra vara:

att hava avlagt avgångsexamen från avdelningen för väg- och vattenbyggnad vid högre teknisk läroanstalt,

att hava utövat väl vitsordad praktisk verksamhet vid ledning av arbeten inom väg- och vattenbyggnadsfacket,

samt helst att genom arbete med geotekniska frågor hava styrkt sig vara väl förtrogen med den geotekniska avdelningens såväl praktiska som teoretiska arbetsuppgifter.

För geologen böra kompetensfordringarne vara:

att hava avlagt fil. lic. examen med minst betyget »med beröm godkänd» i geologi,

samt att hava vana vid och fallenhet för geologiska fältarbeten, ådagalagd exempelvis genom väl vitsordad fälttjänstgöring vid Sveriges Geologiska Undersökning, samt dessutom helst hava utfört förtjänstfulla specialarbeten inom hithörande delar av geologien.

Stockholm den 23 november 1916.

STATENS JÄRNVÄGARS GEOTEKNISKA KOMMISSION

Gerard De Geer

Figge Blidberg	*Wolmar Fellenius*	*L. v. Post*	*Hemming Olsson*
Carl Westerman	*Gösta Hellgren*	*Hj. Peterson*	*Anton Larsson*

/ *John Olsson*

PROTOKOLL

ÖVER

SONDBORRNING

JÄMTE

FÖRBORRNING

Sondborrtyp: 19 mm rundstålssond med 25 mm fyrkantspets, vriden ett varv

Bandel: *X-köping—Y-köping*

Sträcka: *A-berg—B-berg*

Borrställen: *7+600 V 75, V 40*

8+000 V 80, V 20, M,

H 40, H 60, H 100

8+160, V 100, V 20, M,

H 20, H 100

Längdmätning: *Banlängdmätningen från Z-köping*

Borrningen verkställd d. *18—21 december* *191 4*

av: *A. Andersson*

Granskad av: *B. Pettersson*
Förman

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: 7+600 *Läge i snittet:* V 75

~~*Vatten*~~

Mark-ytans höjd över havet: 28.55

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ Markytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
			Förborrning med skopborr
			0,20 Sandig matjord, mörkbrun
			0,40 Tjälens undre gräns
			0,60 Lerig sand, gulbrun
			1,00 Utrullgräns
			1,40 Vatten påträffat
			1.60 Sandig lera, täml. fast, gulbrun
			1,80 Klibbgräns
			2,60 Flytgräns
			3,00 Sandig lera, grå
			3,40 Klimpzonens undre gräns
		3.50	*Undre gräns för borrningen*
0	—	*3.80*	*Lera*
5	—	*4.20*	*Lera*
15	—	*5.10*	*Lera*
25	—	*5.90*	*Lera*
50	—	*6.70*	*Lera*
75	—	*8.10*	*Lera*
100	—	*9.30*	*Lera*
	25	*9.65*	*Lera*
	25	*9.95*	*Lera*
	25	*10.12*	*Lera*

Uppehållsväder

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

(forts.)

Sekt. N:r: 7+600 Läge i snittet: V 75

Vatten-
Mark-ytans höjd över havet:

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ Mark-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
	18	10,40	*Lera*
	7	10,43	*Sand, svag gnissling*
	25	10,50	*Sand*
	25	10,51	*Grus, stark gnissling*
	25	10,53	*Grus*
	25	10,53	»
	25	10,53	»
	25	10,53	»
	25	10,53	»
			Fast botten

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: 7 + 600 Läge i snittet: V 40

~~Vatten~~

Mark-ytans höjd över havet: 26.20

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ mark-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
			Förborrning med skopborr
			2.30 Dytorv, mörkbrun
			3,10 Gyttja, brun
		3,30	*Undre gräns för förborrningen*
0	—	*3,80*	
5	—	*3,80*	
15	—	*3,80*	
25	—	*4,10*	*Sand, svag gnissling*
0	—	*4,10*	
5	—	*4,80*	
15	—	*5,20*	
25	—	*5,20*	
50	—	*5,20*	
75	—	*5,20*	
100	—	*5 20*	
	25	*5,38*	*Grus, stark gnissling*
	13	*5,47*	*Grus, svag gnissling*
0	—	*5,47*	
5	—	*5,47*	
15	—	*6,10*	
25	—	*7,40*	
50	—	*8,20*	

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

(forts.)

Sekt. N:r: 7+600 Läge i snittet: V 40

Vatten-
Mark-ytans höjd över havet:

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ Mark-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
75	—	9,80	
100	—	10,20	
	25	10,46	
	25	10,62	Sand, svag gnissling
	25	10,73	Sand, svag gnissling
	25	10,75	Sand, svag gnissling
			Vridningen upphör, enär en man icke orkar vrida
			borren

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: 8+800 Läge i snittet: V 80

Vatten-
~~Mark~~-ytans höjd över havet: 10.50

20/12

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under Vatten-~~Mark~~-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
		8,2	Vattendjup
10		10,3	
15		17,16	
25		20,38	
50		23,45	
75		24,22	
100			
»	25	24,92	Svag gnissling
»	7	25,11	» »
»	—	25,73	
»	25	26,14	Svag gnissling
»	13	26,35	» »
»	—	27,02	
»	25	27,51	Svag gnissling
»	»	27,88	Stark »
»	»	27,92	» »
»	»	—	
»	»	—	
»	»	—	
»	»	—	Fast botten

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: 8+000 Läge i snittet: V 20

~~Vatten~~

Mark-ytans höjd över havet: 22.40

19/12

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ Mark-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
			Förborrning med skopborr
			0,60 Dytorv, mörkbrun
			1,00 Gyttja, grön
		1,00	*Undre gräns för förborrningen*
0	—	*1,20*	
5	—	*2,50*	
15	—	*3,80*	
		3,80	*Sten*
			Omborras, se nästa blad!

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: (001) 8+000 Läge i snittet: V 20

~~Vatten~~

Mark-ytans höjd över havet: 22.35

20/12

Belastning kg	Vridn. halva varv	Spetsens djup under ~~Vatten~~ Mark-ytan m	Förborrning samt anmärkningar vid sondborrningen (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
			Förborrning med skopborr
			0,50 Dytorv, mörkbrun
			0,90 Gyttja, grön
		1,00	*Undre gräns för förborrningen*
0	—	*1,10*	
5	—	*2,60*	
15	—	*4,20*	
25	—	*8,60*	
50	—	*8,80*	*Sand, svag gnissling*
75	—	*8,80*	
100	—	*8,80*	
	25	*8,96*	*Sand, svag gnissling*
	25	*9,12*	*Sand, svag gnissling*
	25	*9,15*	*Grus, stark gnissling*
	25	*9,16*	*Grus, stark gnissling*
			Fast botten

PROTOKOLL

ÖVER

PROVTAGNING

Bandel: *X-köping—Y-köping*

Sträcka: *A-berg—B-berg*

Borrställen: *7 + 500 H 15, H 30*

Längdmätning: *Banlängdmätningen från Z-köping*

Borrningen verkställd d. *20—25 november* *191 4*

av: *C. Lundström*
Borrningsledare

Granskad av: *D. Svensson*
Undersökningsförrättare

För att lätt kunna skilja provtagningsprotokollen från sondborrningsprotokollen hava vid kommissionens undersökningar de förstnämnda tryckts å brunt papper.

Anm. På vänster sida göras inga anteckningar.
Erforderliga extra anmärkningar göras efter protokollet på högra sidan.

Sekt. N:r: 7+500 Läge i sniltet: H 15

~~Vatten~~

Mark-ytans höjd över havet: 28,55

20/11

Djup under ~~vatten~~ mark-ytan m	Prov i större burk	Prov i mindre burk	Borr-typ *)	Anmärkningar (Angivet jordslag förekommer mellan det på samma rad angivna djupet och uppåt till närmast ovanför angivna jordslag)
0,3			Grävn.	Matjord
0,5		1	S	Fin sand, rostbrun
0,9				Vatten påträffat
1,0		1	K	Fin sand, gråbrun, något gyttjig
1,2				Fin sand, » , » »
1,5	1		K	Mjäla, tämligen fast
2,0	1		K	» , » »
2,3				» , » »
2,5	1		K	Lera, klimpig, mjälig, grågrön
3,0	1		K	Lera, mjälig, grågrön
4,0	1		K	Lera, » , »
5,0		1	K	Lera, » , grå
7,0		1	K	Lera, » , gråskär
10,0		1	K	Mjäla och fin sand, gråskär

*) K = kannborr, S = skopborr, V = vattenspolningsborr