

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C

Avhandlingar och uppsatser

N:o 539.

ÅRSBOK 48 (1954) N:o 4.

SKREDET VID INTAGAN

ÅR 1648

AV

BJÖRN JÄRNEFORS

SUMMARY:

— The landslide at Intagan on the Göta River in 1648

MED TVÅ PLANSCHER

Pris 2:— kronor.

STOCKHOLM 1957

KUNGL. BOKTRYCKERIET P. A. NORSTEDT & SÖNER

571052

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C

Avhandlingar och uppsatser

N:o 539.

ÅRSBOK 48 (1954) N:o 4.

SKREDET VID INTAGAN

ÅR 1648

AV

BJÖRN JÄRNEFORS

SUMMARY:

The landslide at Intagan on the Göta River in 1648

MED TVÅ PLANSCHER

STOCKHOLM 1957

KUNGL. BOKTRYCKERIET P. A. NORSTEDT & SÖNER

571052

Skredet vid Intagan år 1648

Det stora jordskredet i Surte år 1950 samt skredet på järnvägssträckan mellan Alvhem och Nygård år 1953 i Göta älvs dalgång har föranlett den undersökning av markstabiliteten i älvdalen, som f. n. utföres av Sveriges geologiska undersökning och Statens geotekniska institut. I samband härmed ha de kvartära sedimenten i dalgången karterats i skalan 1 : 10 000, samtidigt som jorddjup och lagerföljder undersökts medelst sonderingar och borrhning av profiler med foliekärnborr.

I övre delen av Älvdalen mellan Lilla Edet och Åkerström, ca 5 km S om Trollhättan, sätta skredärr och ravinbildningar, av vilka ett flertal nå mycket ansevärda proportioner, sin prägel på de lösa avlagringarnas morfologi. En karta i skalan 1 : 20 000 över detta område publicerades redan år 1919 av G. Frödin. Denna visar emellertid endast skredärrrens och ravinernas ytutbredning, medan däremot de för förståelsen av dessa företeelser så viktiga jordartstyperna och nivåförhållandena icke äro angivna. Frödin söker även på morfologiska grunder tolka de olika skredärrrens inbördes åldersförhållanden. Detta ter sig emellertid mycket svårt i avsaknad av geologiska dateringsmöjligheter.

Endast två skred inom denna del av dalgången äro historiskt daterade, nämligen skreden vid Intagan S om Åkerström år 1648 och vid Bondeström N om Lilla Edet år 1759, av vilka det förstnämnda, som inträffade den 7 oktober 1648, torde ha varit en av de största naturkatastroferna i Skandinavien i historisk tid.¹ Lermassorna, som rasade ut från det dåvarande norska landet på Göta älvs västra strand, dämde upp älven, vilket förorsakade en översvämning, som kostade minst 85 människor livet. N om Intagan förstördes ett stort antal hus och fartyg, och när vattenmassorna plötsligt bröto igenom fördämningen, uppstod en flodvåg med stora skadeverkningar miltals nedströms till följd.

En samtida skildring av katastrofen, som även ger intressanta tekniska upplysningar om händelseförloppet, är kyrkoherden And. Laurentii här nedan efter J. Ödman (a. a.) återgivna berättelse:

»— — Den 7 Octobris wid pass klockan 2 effter Middagen är Älfwen strax nedan för Strömmen, genom ett stort Jordfall, 27 alnar djupt, dämder, hwilket föll ifrån en gård på Norska Grentsen belägen, benämnd Intaka. Samma Jordefall är några hundra famnar i Längden och Bredden: Mestadels så mycken Äng och Åker, som lydde til Norre gården i Intaka, hafwer fallit ifrån wäster til öster eller hit til Swenska Landet. Thet hafwer i ett

¹ Historiska data om skredet vid Intagan relateras av bl. a. J. Ödman 1746, A. Holmberg och G. Brusewitz 1867 samt L. Svennungsson 1930.

ögnableck dämt hela Älfwen, at watnet hafwer stådt 20 eller 30 alnar öfwer Husen, så at öfwer 85 Menniskjor äro therigenom ömkeligen fördränckte. Anders Mårtensson wid Strömmen, som war Gästgifware, är med Hustru, 5 Barn och många sina Gäster omkommen. Ett stenkast ther ifrån bodde på Norske Grentsen Anders Mathesson, är ock med Hustru ock Barn blefwen. Wid Strömmen woro några stora Siöbodas, twenne hus höga, äro med fundamenter ock Bolewercket, uti hwilka woro stora Master, 2 Famnar tiocka, såsom wed sönderslagne. Stångejärnet, som i Siöboderna war inlagt, är fördt högst på Lidan. Ifrån Götheborg woro 5 stora edsbåtar ankomne, hwarthera 12 Läster bördig, äro ock sönderslagne i stycken. Husen ock hwad uti husen war, hafwer flutit up åt Trollhetta. Oluf och Håka i Knurrebo, äro med hustru, barn ock något annat folk, som thit gångne woro, blefne. Ther som then strida Strömmen rann emellan Knurrebo ock Anders Mårtenssons hus, ther är nu stilla watn.

Watnet är ännu några Famnar högt ofwan för Jordfallet, så at ingen liknelse synes til Husestellen. Strömmen rinner nu i thet stora Jordefallet, ther strömmar han emellan lerklinterna, som stå öfwer all älfwen, såsom stora huser eller berg. Här i Thunhems Giäld äro 29 Man, qwinnor ock barn omkomne. Ingen äro ännu igenfunnen som drucknade. Twenne Personer, som i husen wid Strömmen woro, äro salwerade ock äro drefne på wrak up til Nyckle-Berget, som ligger up emot Åker. Then Strömmen, som kallas Oliholan hafwer watnet dämt, så at han war stilla. D 9 hujus war jag wid Knurrebo, ock besåg thetta Guds stora wredes straff. Gud gifwe, at thet kunde menniskiorna til bättring beweka. Ther kände jag ock the, som med mig woro, en starck swafwel-lukt. The som ther wid elfwen woro ute på marcken stadde, berätta, at the sedt en eld komma af Himmelen, såsom en stor Mast, i thet samma hörde the 2 skott såsom af stora stycken» (kanoner) »ock thetta hafwer sig i et ögnableck hänt.»

Till denna sakliga och av ögonvittnets upplevelse präglade berättelse få vi anledning att senare återkomma.

Av historiskt intresse är även det under skredet från den dåvarande norska sidan till den svenska östra älvstranden överskjutna lerpartiet (se jordartskartan pl. 1), till vilket äganderätten efter skredet blev oklar. Traditionen berättar ännu om gränstvistigheterna till följd härav. Större delen av detta område sattes år 1915 under vatten, då vattenståndet i älven höjdes i samband med utbyggnaden av dammen vid Lilla Edet.

De geologiska och topografiska förhållandena kring skredområdet skola i korthet belysas. I övrigt hänvisas till beskrifningar över dalgångens geologiska utvecklingshistoria av H. Munthe (1910), O. Nordenskjöld (1911) och G. Frödin (a. a.).

Berggrunden inom området består av gnejs, och dalgången och älven följer dennas allmänna nordost—sydvästliga strykningsriktning. I samma riktning går även det förkastnings- och spricksystem, som gett upphov till den djupt nedskurna och jämförelsevis smala dalgången med dess ofta mycket branta dalsidor av blottad berggrund. I själva dalgången har berggrunden spjälkats

upp i längsgående ribbor, som följa gnejsens strykningsriktning. Dessa ge sig tillkänna i de branta hållar och mindre bergsryggar, som här och var sticka upp över sedimentslätten. Lösare partier däremellan ha mer eller mindre bortdenuderats. Den glaciala erosionen under kvartärtiden torde ytterligare ha accentuerat och särskilt fördjupat dalgångens redan under tidigare geologiska perioder utskulperade relief.

Den ovan antydda, av tektoniska skäl betingade gestaltningen av berggrundsreliefen i dalgångens botten har även inom vissa begränsade områden varit av betydelse för markstabiliteten i älvdalen. Sålunda har konstaterats, att älvfåran ej alltid följer dalgångens djupaste del utan — såsom exempelvis är fallet S om skredärret vid Intagan — marginalt följer en berggrundsribba. Härigenom komma de mäktigaste skredfarliga sedimenten att ligga i en skål- eller trågformig fördjupning i berggrunden vid sidan av älvfåran. Ett sådant förhållande kan givetvis vara synnerligen fördelaktigt för markstabiliteten.

Kvartärtidens sedimentation inleddes med avlagring av ett i allmänhet mycket tunt täcke av bottenmorän. På högre belägna och för bränningsverkan väl exponerade nivåer bortsköljdes denna sedermera helt och omlagrades till svallgrus. Under M. G. är moränens ytskikt så gott som alltid svallat, och inom vissa områden, särskilt på Dössebackaplatån, N om Kungälv, och kring Hjärtums kyrkby, har pålagrats en mer än 5 dm mäktig svallgruskappa.

Vid landisens avsmältning medförde smältvattnet grus och sand, som avsattes intill den huvudsakligen i nord—nordostlig riktning retirerande iskan- ten. Dessa grus- och sandlager i dalgångens botten, som avlagrades ovanpå bottenmoränen eller direkt på berggrunden, torde i allmänhet i övre delen av dalgången, såvitt hittills kunnat konstateras endast nå en mäktighet av omkr. en till ett par meter.

I distal facies bli de glaciala sedimenten alltmer finkorniga och bestå slutligen av mer eller mindre styva leror, som genom sättas av ett ganska stort antal tunna mo- och mjälaskikt. De äro emellertid icke årsvarviga eller ha endast svag antydning till varvighet, beroende på att leran under sedimentationen koagulerat i det på Na-joner rika havsvatten, som alltefter området blev isfritt trängde upp från Västerhavet.

Efter landisens avsmältning torde vattendjupet ha uppgått till omkr. 125 m (H. Munthe, a. a.), och en bred havsarm sträckte sig ända in i Vänersänkan. I senglacial tid avtog djupet på grund av landhöjningen, och älvdalen fick så småningom karaktären av en fjordliknande vik. De lersediment (styvare leror och mjälig mellanlera), som nu avlagrades, sammanfattas under beteckningen *fjordsediment*.

Framförallt de styvare lerorna utmärkas ofta av en hög sulfidhalt, vilket tyder på att sedimentet avsatts i ett mer eller mindre instängt bäcken med stagnerande, syrefritt vatten med en riklig förekomst av mikroorganismer. Den mörka sulfidfärgningen är ofta utbildad som en distinkt strimmighet eller, vilket exempelvis är fallet vid Intagan och Guntorp, varvighet. Denna är troligen biologiskt betingad, men huruvida varvigheten är av annuell eller annan periodicitet är ännu icke utrett.

De styva sulfidlerorna bilda den ojämförligt mäktigaste delen av den kvar-
tära lagerföljden; i övre delen av dalgången överstiger mäktigheten icke säl-
lan 30 meter, i den nedre har konstaterats över 100 meters mäktighet. Till sin
kornstorlekssammansättning synas de i allmänhet vara tämligen homogena.
Karbonathalten är genomgående låg, medan halten av organiskt material va-
rierar. Skal av mollusker förekomma i strandfacies tämligen rikligt och fram-
förallt av blåmusslan (*Mytilus edulis*), vars skal ställvis kan bilda flera dm
mäktiga bankar.

Intill för vågverken exponerade partier av dalsidorna genomsätts sulfidle-
rorna av dock i allmänhet relativt tunna svallsandlager, som successivt tunna
ut mot dalgångens mitt. Där tillgången på grundvatten är riklig och lutnings-
förhållandena så medgiva, kan i dessa lager uppstå ett hydrostatiskt över-
tryck, vilket kan medföra en försämring av markstabiliteten. I vissa fall är
även sulfidleran, såsom geotekniska undersökningar påvisat (B. Jacobson
1952, B. Fellenius 1954 m. fl.), tekniskt sett en kvicklera, d. v. s. den får i
omrört tillstånd en flytande konsistens utan nämnvärd hållfasthet. Denna
egenskap hos leran utgör en bidragande faktor till dess skredbenägenhet.

De yngsta fjordsedimenten bestå av mjäliga mellanleror (< 40 % ler och
omkr. 50 % mjäla), som täcka stora delar av dalgången. De ha avsatts i ett i
förhållande till de styvare lerorna relativt grunt, tämligen strandnära och
svagt strömmande vatten.

De i sött vatten avsatta postglaciala *älvsedimenten* avsluta den kvartära la-
gerföljden. Under detta skede började fjorden mer och mer uppgrundas på
grund av landhöjningen, som fortfarande pågår med ett belopp per århundra-
de av ca 20 cm i Göteborg och ca 30 cm i Vänersborg (F. Bergsten 1930). En
allt kraftigare strömning blev märkbar i vattnet, och älvens mynning försköts
allt längre neråt dalgången. Kornstorlekarna hos de avsatta sedimenten ökade,
och dessa fingo karaktären av mjäliga, moiga och sandiga deltaavlagringar.

I allmänhet uppträda älvsedimenten i dalgångens mitt kring den nuvarande
älvfåran, som utbildats, då älven eroderat igenom sina egna avlagringar på
grund av den av landhöjningen förorsakade, gradvisa förskjutningen av ero-
sionsbasen nedströms. De äro emellertid ofta borttransporterade genom ra-
vinbildningar, fluviatil erosion och skred. Dessa erosionsfenomen sätta, såsom
tidigare påpekats, i hög grad sin prägel på de lösa avlagringarnas morfologi
och då särskilt på sträckan Lilla Edet—Åkerström. Här uppgår antalet större
skredärr till icke mindre än 16.

Vi övergå så till detaljbeskrivning av skredområdet vid Intagan. Detta
sträcker sig över hela den sedimentfyllda delen av dalgången med en största
bredd av ca 500 m och begränsas distalt av den branta bergssidan. I N finnas
utskridna partier ända N om Åkerströms by. Den södra begränsningen utgö-
res av en stor ravin ca 400 m S om Marieströmsån (se jordartskartan pl. 1).
Hela arealen uppgår till omkr. 27 har.

I S uppvisar skredärrret ovanligt distinkta och väl bevarade morfologiska
och geologiska särdrag, varför denna del detaljkarterats i skalan 1 : 2 500 (pl.
2). Skredärrrets botten begränsas här i sin norra, distala del av den uppstic-

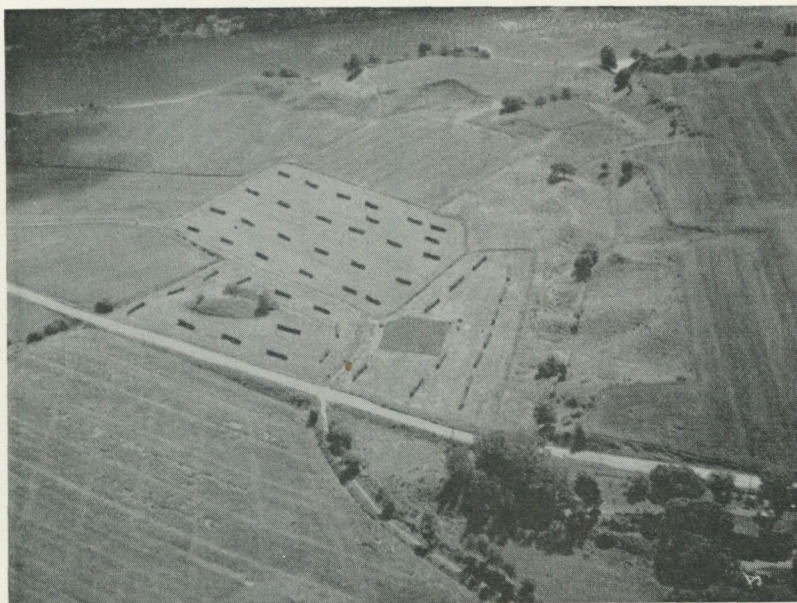


Fig. 1. Flygfoto från NV över södra delen av skredärret vid Intagan. Foto förf. Godkänd av Försvarsstaben för publicering.

Air photo from NW of the southern part of the scar of landslide at Intagan.

kande berggrunden och i S och V av ett antal kullar, som delvis nå upp till sedimentplanets nivå och faller i Ö skålformigt ned mot älven (fig. 1). Den största kullen höjer sig tämligen brant ca 19 m över älvens vattenyta och begränsas i V av den tidigare omnämnda ravinen, som löper parallellt med skredärret. V om denna ligger sedimentplanet på en nivå av 20—30 m ö. h. och lutar långsamt ned mot älven.

Jordarternas fördelning i ytan framgår av jordartskartan. På sedimentplanet i V och på en mindre kulle NV om p. 25.59 finnas rester av de tidigare täckande, lättroderade älvsedimenten bevarade. Jordarten är lerig mo, och kornstorlekssammansättningen framgår av analys 108, fig. 2. Det tunna lagret av moig lättlera (analys 111, fig. 2), som ligger som en smal remsa utefter älvstranden S om p. 25.59, torde ha avlagrats, samtidigt som älven eroderat igenom lerlagerföljden.

V och S om skredärret täckes större delen av området av de yngsta fjord-sedimenten, en mjällig mellanlera, vars sammansättning exemplifieras av analys 102, fig. 2. Gränsen mot den styvare, underlagrande leran sammanfaller med skredärrets i terrängen tydligt markerade brant utom i NV. Här har den mera flytbenägna jordarten eroderats bort, vilket förmodligen skett ganska hastigt efter skredet.

De mjälliga och moiga lertyperna äro på grund av den höga halten av mjäla och finmo tämligen flytbenägna och sammanfattas också i Göta älvs dalgång av G. Frödin (a. a.) under begreppet »flytjordsmanteln». De fysikaliska be-

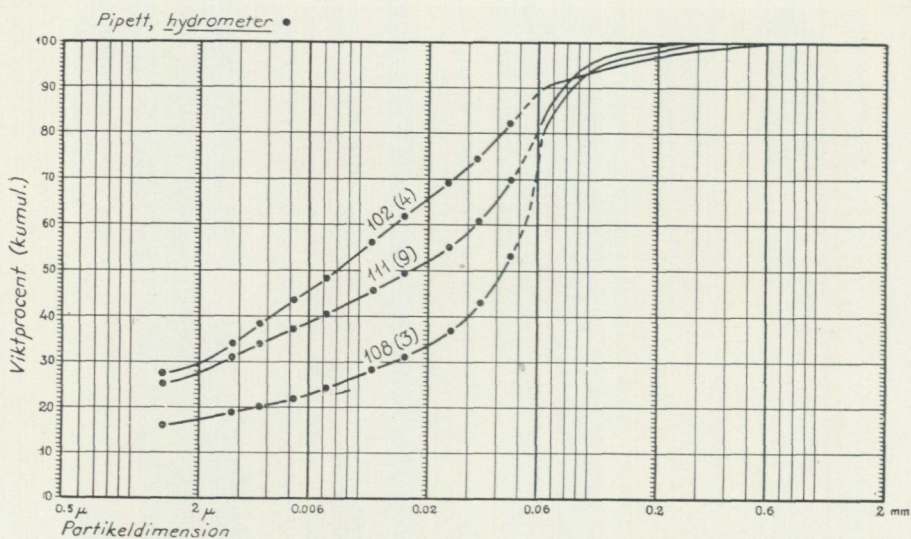


Fig. 2. Kornstorleksanalyser av mjällig mellanlera (102), moig lättlera (111) och lerig mo (108).
The grain size distribution of silty medium clay (102), light clay with fine sand (111), and fine and very fine sand with clay content (108).

tingelserna för jordflytningsföreteelser accentueras även av en i allmänhet högt belägen grundvattenyta i de grövre sediment, som i dalgången överlagrar de för vatten icke genomsläppliga, styvare glaciala och senglaciala lertyperna. Ett vackert exempel härpå utgör den omedelbart V om skredärret belägna ravin, som med en lutningsgradient av ca 5 : 100 mynnar ut i älven. Dess övre del är vid 20-metersnivån bortskuren av skredet, men den nedre, proximala delen når genom den här omkr. 10 m mäktiga flytjordsmanteln. Ravinen har troligen börjat utbildas redan vid sedimentplanets höjning över vattenytan men är numera fossil, d. v. s. har nått sin erosionsbas, som betingas dels av vattenytans och dels av det svåreroderade, styvare lerlagrets läge. Denna lera synes även som ett »fönster» i ravinens botten strax ovanför mynningen. En viss, om ock långsam breddning av ravinbotten och utflackning av tvärprofilen pågår dock och kommer till synes i den rikliga förekomsten av tuvterasser och andra smärre jordflytningsfenomen.

Såsom framgår av jordartskartan (pl. 2) är den recenta älverosionen betydande inom Intaganområdet, och i kullarna vid älvranden ha bildats branta nipor (fig. 3). Dessa undermineras så småningom, vilket ger upphov till små erosionsskred. Särskilt de periodiska vattenståndsregleringarna genom dammen vid Lilla Edet synas bidra till att öka älverosionen.

Lagerföljden i sedimentplanet (borrhål P 10) och i skredskålens botten (borrhålen P 4 och P 11) har undersökts medelst foliekärnborr. Under den ca 2 m mäktiga torrskorpan i P 10 följer ca 3 m styv, grå lera, som ca 0.5 m ovanför berggrundsytan blir mo- och sandblandad och successivt övergår i ett några dm mäktigt gruslager. Hela lagerföljden är här primär. Den styva leran

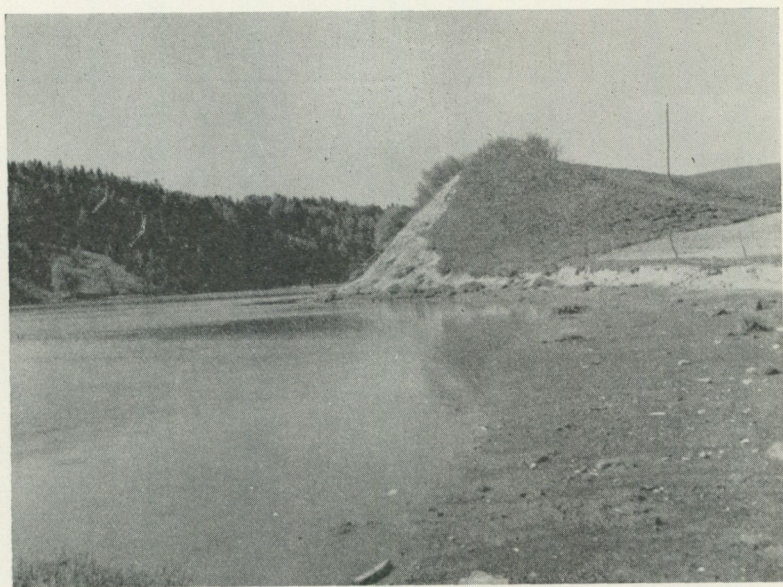


Fig. 3. Fluviatil erosion i älvstranden vid Intagan. Foto förf.

Fluvial erosion in the banks of the river at Intagan.

tillhör fjordsedimentens serie och är troligen av senglacial ålder. Enär denna borrhäls likasom de övriga saknar fossilinnehåll, har dock ingen säker datering kunnat utföras. På 4.5 m djup är lerhalten 67 %, karbonathalten 0.2 % och halten av organiskt kol 0.3 % (fig. 4, analys 283). Uppåt i lagerföljden sjunker lerhalten till ca 50 % på 1.0 m djup, medan däremot karbonat- och kolhalterna icke uppvisa några större variationer.

I skredskålens botten är en del av lagerföljden sekundär. Under skredet ha stora lerpartier glidit ner från högre belägna nivåer och delvis intagit de i älvfåran utskridna lermassornas plats. Då mer än 300 år förflutit, sedan skredet ägde rum, torde en mer detaljerad utredning av själva skredförloppet och dess mekanism numera vara omöjlig att genomföra och faller även utom ramen för denna undersökning. Av intresse är emellertid att skredets glidyt tydligt kan spåras i borrhälsnorna P 4 och P 11.

Under torrskorpan är den styva leran i P 4 kraftigt sulfidfärgad, i övre delen fläckig och strimmig och därunder distinkt varvig. På 10—12-metersnivå äro sulfidvarven kraftigt störda och ihopveckade. Därunder följer samma övergång till grövre sediment, som var iakttagbar i P 10. Analyserna 296 och 298 (fig. 4) utvisa, att kornstorlekssammansättningen hos leran är i det närmaste identisk på 2.0 m och 10.0 m djup. Lerhalten är i bägge fallen ca 60 %. I hela kärnan varierar karbonathalten mellan 0.1—0.5 % och halten av organiskt kol mellan 0.3—0.5 %.

Medelst vingborr har Statens geotekniska institut undersökt lerans skärhållfasthet i P 4. De uppmätta värdena variera mellan 0.5—0.8 kg/cm². Leran

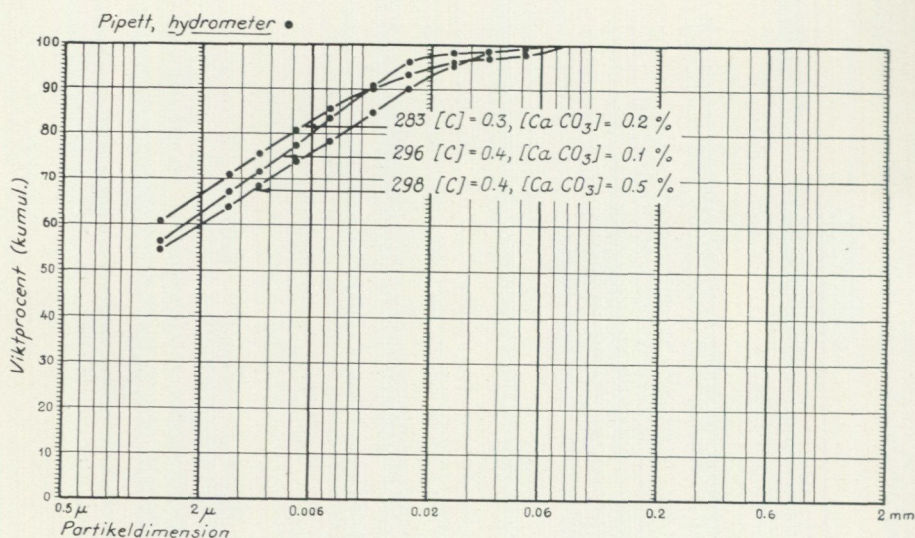


Fig. 4. Kornstorleksanalyser av styvare leror från Intagan.

The grain size distribution of heavy clays from Intagan.

är till största delen av kvickleretyp; från 4.5—11.5 m djup varierar H-kvoten mellan 50—150.

I P 11 är lagerföljden följande: 0—1.80 m torrskorpa; därunder till ca 5 m styv, grå lera, här och var sulfidfläckig men utan tydliga varv; därunder till ca 18 m djup styv, sulfidvarvig lera med 5—10 cm breda varv och varje varv med ett 2—4 mm brett, mörkt skikt. Mellan 6.0—7.90 m djup är varvigheten tydligt störd, och mellan 7.70—7.90 m är leran märkbart knådad och hård. Under denna zon ligga varven emellertid horisontellt, och lagerföljden synes vara helt ostörd.

Lerhalten uppvisar något större variationer i P 11 än i de övriga borrhärnorna. Från 51 % på 1.50 m djup stiger den till 69 % på 8.50 m djup för att därefter sjunka till 61 % på 13.50 m djup. Efter ett nytt maximum på 68 % på 14.50-metersnivån sjunker den kontinuerligt till 55 % på 18.0 m djup. Karbonathalten, som knappt är påvisbar i övre delen av kärnan, når ett högsta värde av 1.2 % på 8.50 m djup för att därefter i det närmaste kontinuerligt nedgå till endast 0.2 % på 18.0 m djup. Halten av organiskt kol är i hela lagerföljden 0.3—0.4 %. Halten av totalt svavel varierar i de sulfidrikaste skikten mellan 0.6—0.8 %; i de mellanliggande horisonterna är den endast 0.2—0.3 %.

Som framgått av analyserna, uppvisar såväl lerhalten som karbonat- och kolhalten inga anmärkningsvärda variationer i de olika borrhärnorna. Detta tyder på att de äldre fjordsedimenten, som nu återfinnas på sedimentplanet och i skredskålens botten, måste ha avsatts såsom djupvattenssediment under en relativt lugn och enhetlig sedimentationsperiod, som icke påverkats av några kraftiga nivåförändringar. Såsom tidigare anförts, torde sedimentationsmil-

jön ha varit ett mer eller mindre instängt bäcken med ett tämligen stagnerande, syrefritt vatten.

På grundval av detaljkartan pl. 2, sonderingar av jorddjupet och den genom borrhålen konstaterade lagerföljden har profil A (fig. 5), som lagts genom borrhålen P 10, P 4 och P 11, uppritats. I hällen ca 50 m Ö om P 10 går berggrundsytan i dagen men sluttar sedan brant ner mot P 4, där jorddjupet är 13 m. Därefter sänker sig den jämnt och långsamt ner mot älven och ligger efter ca 350 m på 19 m djup under markytan i P 11. Den nuvarande markytan, som i stort sett torde sammanfalla med den gamla skredbotten, är inom detta parti i det närmaste parallell med berggrundsytan.

De störda zonerna i P 4 och P 11 indikera belägenheten av skredets glidyta i profilen. Större delen av lagerföljden i P 4 är således sekundär. Närmare älven böjer glidytan av uppåt och ligger i P 11 på ca 7.5 m djup u. m. och således i stort sett på samma djup som älvbotten. Därunder följer en 11.5 m mäktig, primär lagerföljd.

Tvärprofilen B (fig. 6), som går genom de avvägda punkterna 24.45 och 25.59 (se detaljkartan pl. 2) åskådliggör framförallt berggrundsytns skålförm. I mitten av skredskålen, där den nuvarande markytan endast ligger ca 2.5 m över älvens vattenyta, är jorddjupet maximalt ca 18 m. Den stora kullen punkt 25.59 når en höjd av 19 m över älven, men jorddjupet är här endast 10 m, och vid älvstranden framträder berggrundsytn i form av en mer än 100 m lång ribba.

Ett förvånansvärt drag i skredmorfologien är, att skredrörelsen länkats av mot Ö, varigenom kullarna vid älvstranden, som legat så väl exponerade för skredet, blivit bevarade. J. Frödin (a. a., s. 51) anser, att dessa partier icke bevarats på grund av berggrundens bottenkonfiguration, utan att de äro »ett gott exempel på jordarternas stabilitet, sedan flytjordsmanteln avlägsnats och dränering inträtt». Profilen ger dock tydligt belägg för att det är den till största delen jordtäckta, med älven parallella berggrundsribban, som genom sitt mottryck fått skredmassorna att vika av mot Ö.

I bägge profilerna har gränsytan före skredet mellan den mjäliga mellanleran och underlagrande, styvare leror extrapolerats fram. I skärningspunkten mellan profilerna ligger den ca 7 m över den nuvarande markytan. Mäktigheten av de överlagrande, mjäliga mellanlerorna och de grövre fjordsedimenten torde ha uppgått till minst lika stort belopp. Detta ger en föreställning om de enorma lermassor, som under skredet sattes i rörelse och dämde upp älven. I den proximala delen ligger skredbotten omkr. 15—20 m under sedimentplanet, vilket stämmer väl överens med Laurentii (s. 3) uppgift om skredets djup. Efter själva katastrofen har tydligen, som även antydes av Laurentii, en del av det uppdämda älvvattnet runnit över passpunkterna vid 20-metersnivån mellan de som äro uppstickande jordkullarna och avbördats genom ravinerna i V.

Som framgått av beskrivningen utgöres den undre kvartära lagerserien vid Intagan av en skredbenägen kvicklera. Vad som slutligen kom att utlösa 1648 års skred, är dock numera svårt att bedöma. Ett hydrostatiskt övertryck, som

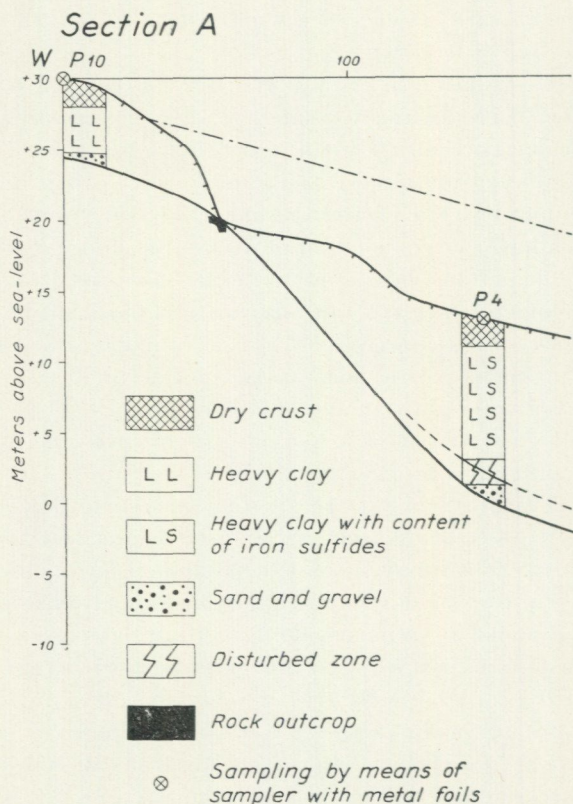


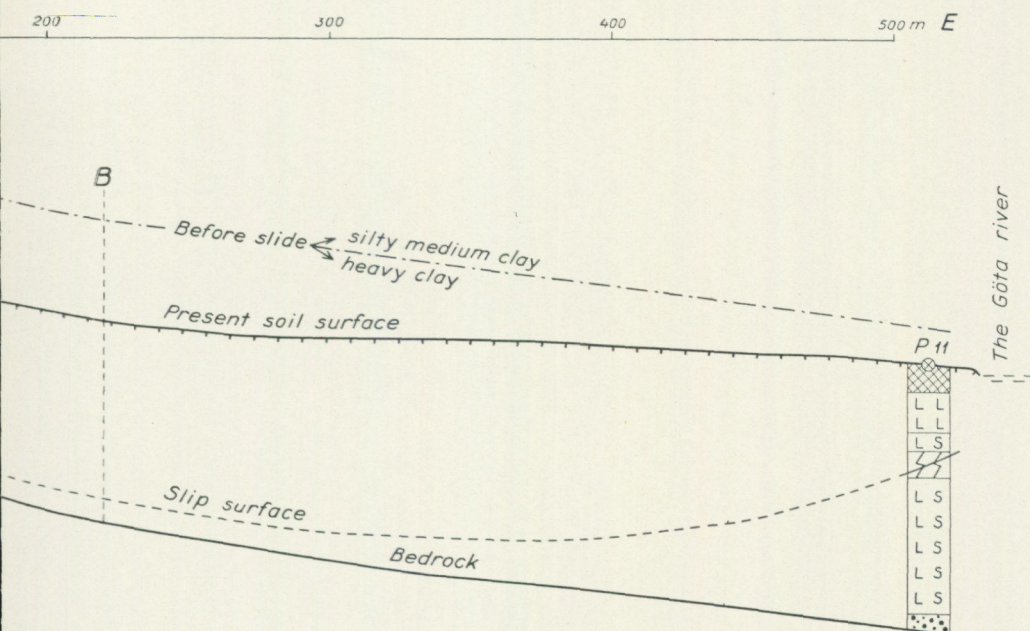
Fig. 5. Profil genom södra delen av skredområdet vid Intagan.

förorsakats av en ovanligt riklig nederbördsperiod, kan ha gjort sig gällande i de grovkorniga, grundvattenförande sedimentskikten i lagerseriens botten och därigenom minskat markens stabilitet. Ett jordskalv, såsom fallet var vid skredet år 1759 vid Bondeström strax N om Lilla Edet (Holmberg—Brusewitz, a. a., s. 58) eller möjligen ett synnerligen kraftigt åskväder (se Laurentii berättelse, s. 4), kan ha varit det utlösande momentet.

På senare tid har I. Rosenqvist (1946, 1955, 1956) i ett antal viktiga undersökningar av norska marina leror bl. a. påvisat ett visst samband mellan en leras geotekniska egenskaper och porvattnets saltinnehåll. Vid lika konsolidering minskar skärhållfastheten och ökar sensitiviteten vid sjunkande salthalt i porvattnet.

Inom ett område såsom Intagan, där den ursprungliga lagerföljden rubbats genom ett skred, vilket sedan lång tid tillbaka påverkat lerans dräneringsförhållanden, är det naturligtvis omöjligt att nu utreda ovan anförda samband. Men en uppfattning om hur porvattnets salthalt varierar i den nuvarande lagerföljden har dock sitt intresse.

Medelst en av R. Söderblom (1957) konstruerad sond, vars spets är försedd med två elektroder, har motståndet i ohm/cm uppmätts i leran i borrhå-



Section through the southern part of the slide area at Intagan.

len P 10, P 4 och P 11. De erhållna kurvorna ge en bild av den relativa storleksordningen av porvattnets saltinnehåll i lagerföljden (fig. 7).

Efter indunstning av porvattnet har även halten av fritt Na bestämts på spektralanalytisk väg i prov från borrhållarna och anges i m. e./100 g. (Jfr S. Ståhlberg 1952.) De erhållna värdena visa således den mängd Na-joner, som bundits vid lerpartiklarna. Denna sammanhänger i sin tur med havsvattnets salthalt vid lerans sedimentation. Givetvis är halten beroende på i vilken utsträckning, som leran hunnit urlakas.

I borrhål P 10 på sedimentplanet är porvattnets saltinnehåll mycket lågt. Med tilltagande djup närmar sig motståndskurvan snabbt 900 ohm/cm. I analogi härtill är Na-halten obetydlig (0.5—1.6 m. e./100 g). De språngvisa mätresultaten i övre delen av lagerföljden torde bl. a. ha sin orsak i sprickbildningar i torrskorpan.

I P 4 däremot sjunker motståndet tämligen hastigt till omkr. 400 ohm/cm på 4 m djup för att därefter variera mellan 400—550 ohm/cm. Na-kurvan är här ned till 5.5 m djup, där halten är 10.4 m. e./100 g, i det närmaste spegelvänd med motståndskurvan, varefter Na-halten sjunker till 8 m. e./100 g på 12.0 m djup.

I P 11 sjunker motståndet kontinuerligt till endast 175 ohm/cm på 13.0 m djup. Na-halten stiger från 0.9 m. e./100 g på 2.50 m djup till 7.8 m. e./100 g på 7.5 m djup och avviker därefter endast obetydligt från detta värde i den återstående delen av lagerföljden.

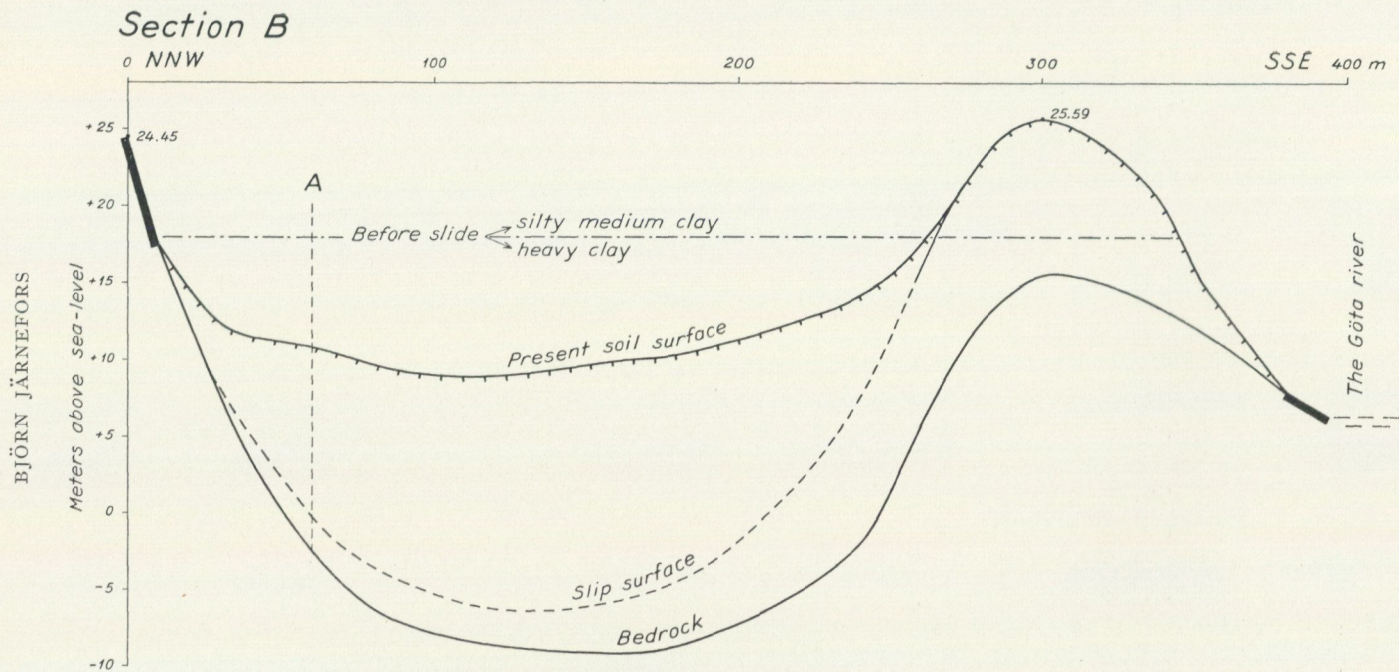


Fig. 6. Profil genom södra delen av skredärrret vid Intagan.
Section through the southern part of the slide area at Intagan.

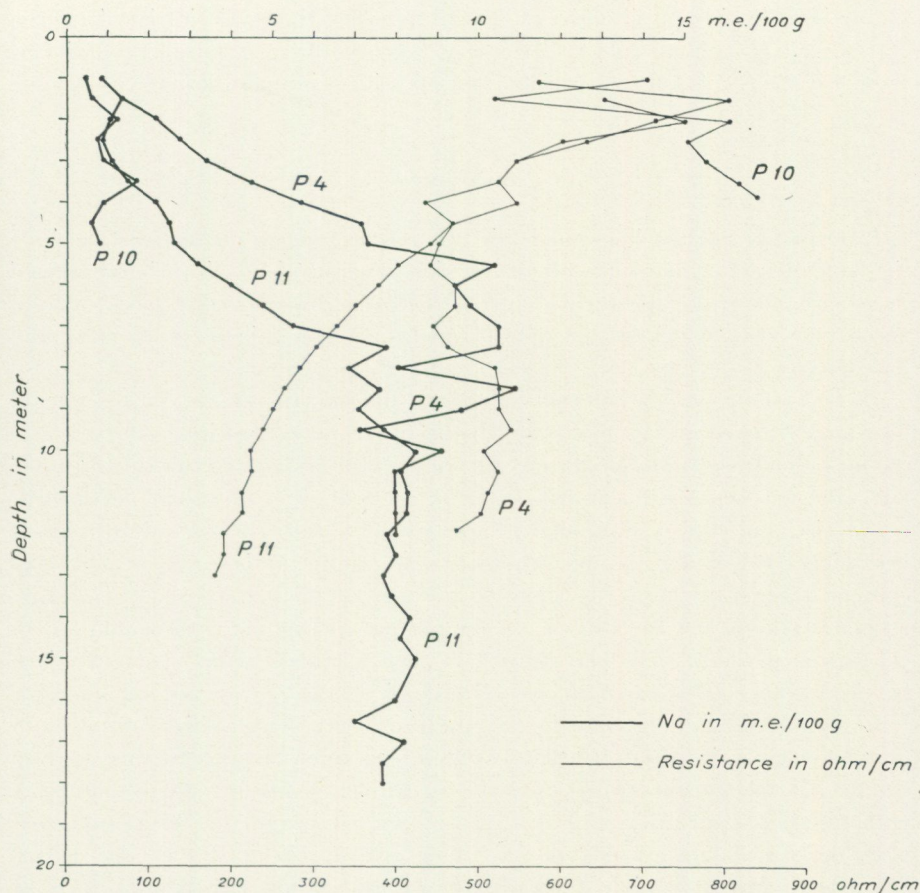


Fig. 7. Motståndskurvor i ohm/cm och fördelningen av fritt Na i m. e./100 g i borrhålen P 10, P 4 och P 11 vid Intagan.

Resistance curves in ohm/cm, and the distribution of exchangeable Na in m. e./100 g from boreholes P 4, P 10 and P 11 at Intagan.

Sammanställningen av analyserna visar, att en olikformig urlakning i eljest likåldriga sediment, som synes ha sin förklaring i lerlagrens olika topografiska läge, i hög grad inverkat på porvattnets nuvarande salthalt. Lagerföljden på sedimentplanet (P 10) är i det närmaste helt urlakad, vilket kan ha varit fallet redan före skredet. I P 4 går urlakningen ner till omkr. 5-metersnivån och i P 11 till omkr. 7—8 m djup. I det sistnämnda fallet är således den sekundära, genom skredet överskjutna delen av lagerföljden urlakad, medan den underlagrande primära torde ha kvar större delen av sitt saltinnehåll. Denna kraftiga zonala urlakning av saltvattensleror på högre nivåer torde, där förhållandena i övrigt äro ogynnsamma, vara en bidragande faktor till försämring av markstabiliteten.

För biträde vid upprättandet av de till uppsatsen bifogade jordartskartorna står jag i tacksamhetsskuld till fil. mag. Sven Stenberg, Uppsala, och fil. lic. Sven Fredén, Stockholm, samt laboratoriebiträdet Gunnar Ekman, Stockholm.

Summary

In October 1648, a huge landslide occurred at Intagan on the west bank of the Göta River in the southwest of Sweden. This incident which is mentioned in several historical documents caused 85 deaths and moved a piece of land across the river, which at that time formed the frontier between Norway and Sweden.

Plate 1 shows the Quaternary deposits in the surroundings of Intagan. The map is based on air photos and has contours with 5 m intervals.

On the bedrock in the bottom of the valley thin layers of glaci-fluvial gravel and sand are deposited, and covered with a thick series of marine sediments, heavy clay and silty medium clay. These clays, so called fiord sediment, have been deposited in a deep and calm sea water deficient in oxygen. The clay content is generally high, e.g. about 60 per cent of the material is $< 2 \mu$ (Fig. 4). The content of CaCO_3 is very low and that of organic C is usually about 0.2 to 0.5 per cent. The clay is rich in iron sulfides, often visible as dark bands or varves. No fossils have been found.

In some layers of the sulfide clay the sensitivity is very high. At a depth of 4.5 to 11.5 m in core P 4 (Plate 2) the H-quotient varies between 50–150.

The fiord sediment series is covered by alluvial sediment, mostly light clay with fine sand, and fine and very fine sand with clay content. These sediments were deposited during land upheaval and formed a delta of the Göta River. They are now to a high degree removed by erosion phenomena such as ravines, slides and fluvial erosion.

The southern part of the scar of the landslide which has very well-preserved morphological features is mapped in detail to a scale of 1:2 500 (Plate 2). The limit of the landslide in 1648 is clearly visible (Fig. 1). Immediately W of the slide limit there is a ravine 300 m long and about 8 m deep which was probably developed at the same time as the water level left the area. Near the river the direction of the slide has turned over to the E, which preserved some hills, partly covered with alluvial sediments. The top of the highest hill is 19 m above the water level of the river. The present fluvial erosion is rather extensive and causes small slips on the river banks every year.

Fig. 5 shows a section (A) in W—E direction through the centre of the southern part of the slide area. The section is based on three cores (P 10, P 4, and P 11 in Plate 2) taken by means of a soil sampler with metal foils and a number of soundings. In core P 10 all the strata except the sandy bottom layers consist of undisturbed silty medium clay and heavy clay belonging to the fiord sediment series. In P 4 the varved sulfide clay is extremely disturbed at a depth of 10 to 12 m, which indicates the situation of the slip

surface, now more than 300 years old. In borehole P 11 situated immediately at the riverbank we find the slip surface also indicated by a disturbed zone of varved sulfide clay, at a depth of about 7.5 m.

The cross-section B (Fig. 6) evidently shows the bowlformed underlying bedrock. In the centre of the section, the present ground surface only lies 2.5 m above the water level of the river but the depth to the bedrock is about 18 m. On the hill in the southern part of the section the depth is only 10 m and the bedrock outcrops on a stretch of more than 100 m along the river shore. This configuration of the bedrock has protected the hills on the river from the slide, and diverted the direction of the slide to the E.

According to I. Rosenqvist (1946, 1955, 1956) the shear strength and sensitivity of a marine clay depends upon the present salt content of the pore water of the clay among other things. In a normally consolidated Norwegian marine clay the shear strength is proportional to the consolidation pressure. Under the same consolidation pressure, but where the salt content of the pore water has been lowered to less than 10 g/l pore water, the shear strength is lower and the sensitivity much higher.

By the aid of an instrument, constructed by R. Söderblom (1937) the resistance in ohm/cm, which give us an estimate of the variation of the salt water content of the pore water, was measured in boreholes P 10, P 4 and P 11. The content of exchangeable Na is also determined by a flame-photometer.

From Fig. 7 we see that the salt of the pore water of the undisturbed clay series in P 10 is almost completely leached out. The Na-content is very low and the highest resistance is about 900 ohm/cm. In borehole P 4 the leaching process has gone to a depth of about 5 m, and in P 11 to a depth of 7 to 8 m, the latter case corresponding to the position of the old slip surface. The heavy leaching of the clay series on higher levels of the valley may be one of the causes of landslides.

Litteratur

- Bergsten, F.* 1930. Changes of level on the coast of Sweden. — Geogr. Ann. Bd 12. Stockholm.
- Fellenius, B.* 1954. Redogörelse för skredet vid Guntorp på Bergslagsbanan mellan Nygård och Alvhem på linjen Kil—Göteborg den 13 april 1953. — Medd. f. Geot. Inst. Proc. No. 5. Stockholm.
- Frödin, G.* 1919. Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång mellan Trollhättan och Lilla Edet. — Medd. f. K. Vattenfallsstyrelsen. Nr 19. Uppsala.
- Holmberg A. och Brusewitz, G.* 1867. Bohusläns Historia och Beskrivning. — Örebro.
- Jakobson, B.* 1952. The Landslide at Surte on the Göta River. — Roy. Swedish Geot. Instit. Proc. No. 5. Stockholm.
- Munthe, H.* 1910. Studies in the Late-Quaternary History of Southern Sweden. — Geol. Fören. Förh. Bd 32

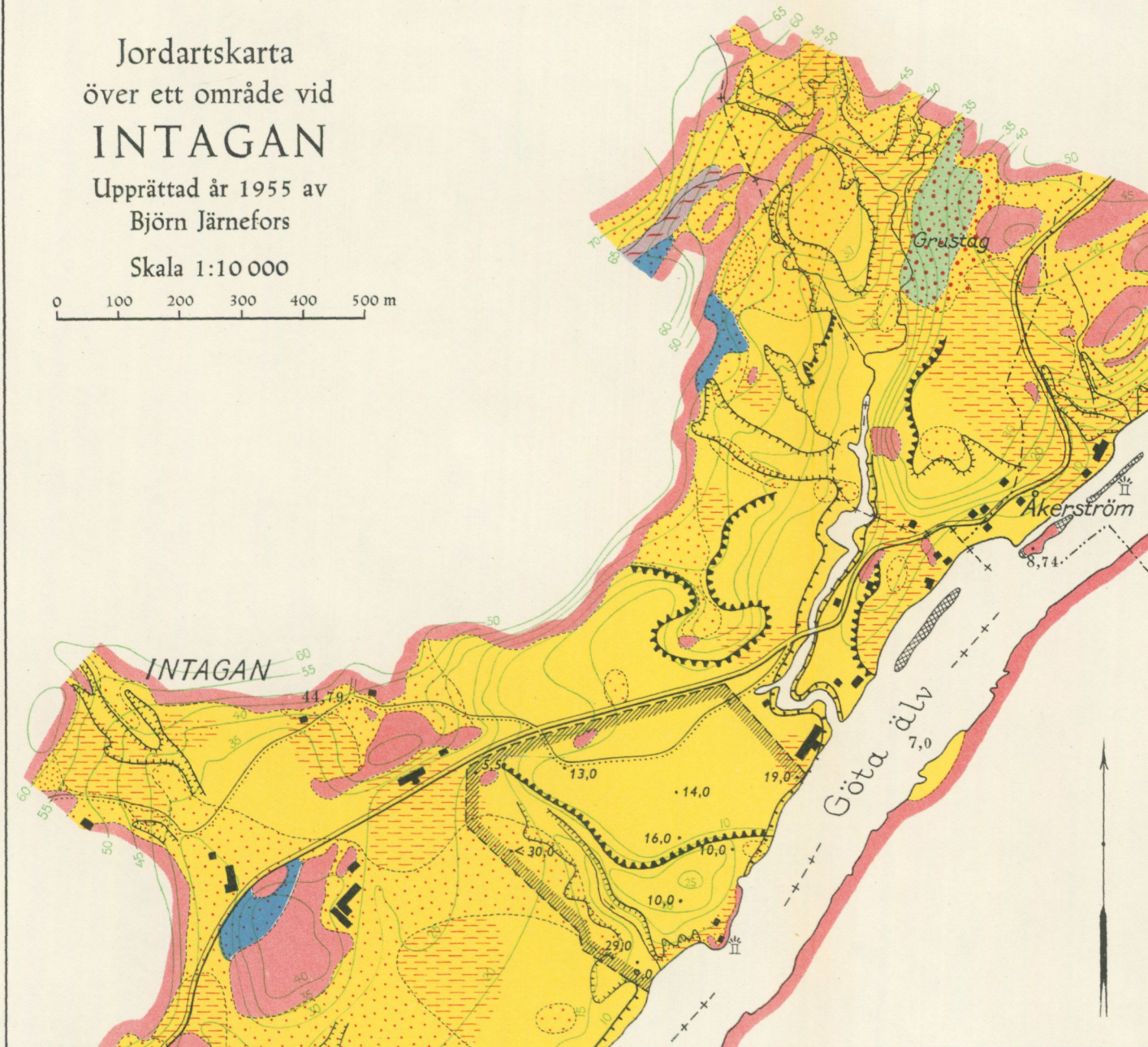
- Nordenskjöld, O.* 1911. Några drag ur Trollhättans och Göta älfs utvecklingshistoria. K. Vattenfallsstyrelsen. — Stockholm.
- Rosenqvist, I. Th.* 1946. Om leirers kvikkaktighet. — Medd. Vegdir. Nr 3, Oslo.
- , 1955. Investigations on the clay-electrolyte-water system. — Norg. Geot. Inst. Publ. Nr 9.
- , 1956. Om Naturlige og Kunstige Leirers Skjaerfasthet. — Geol. Fören. Förh. Bd 78.
- Ståhlberg, S.* 1952. The distribution of K, Na, Ca and Mg in the Marsta hydrologic clay series. — Acta Agricult. Scand. II: 1.
- Svennungsson, L. M.* 1930. Hjärtum. En sockens beskrivning. — Uddevalla.
- Söderblom, R.* 1957. Some Investigations Concerning Salt in Clay. Proc. 4. Int. Conf. Soil. Mech. Found. Engen. London 1957.
- Ödman, J.* 1746. Chorographia Bahusiensis. Stockholm.

Jordartskarta över ett område vid INTAGAN

Upprättad år 1955 av
Björn Järnefors

Skala 1:10 000

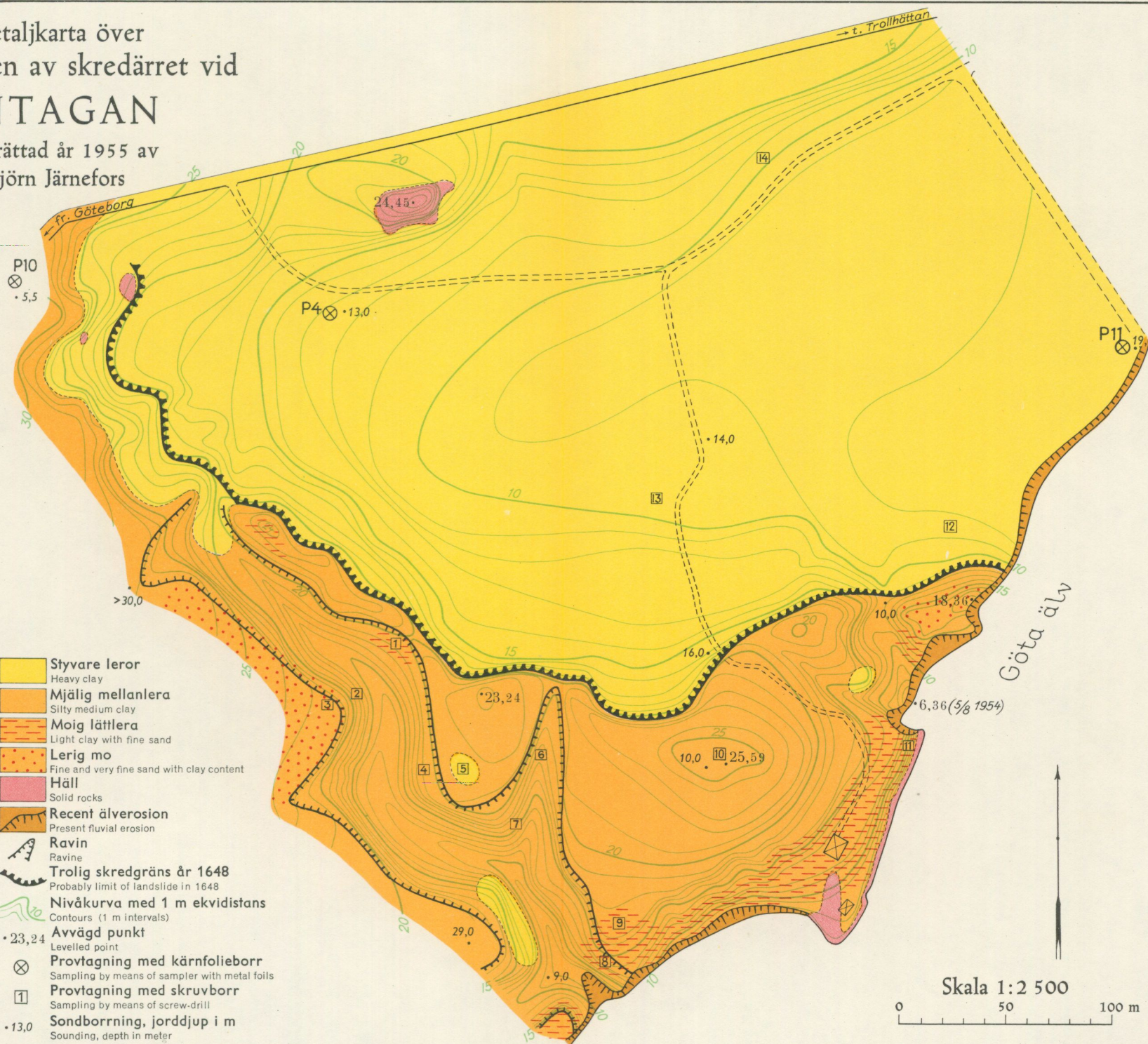
0 100 200 300 400 500 m



Detalj-karta över södra delen av skredärret vid INTAGAN

Upprättad år 1955 av
Björn Järnefors

- | | |
|---|--|
| Fjordsediment
Fiord sediment | Styvare leror
Heavy clay |
| | Mjälåg mellanlera
Silty medium clay |
| Älvsediment
Alluvial sediment | Moig lättlera
Light clay with fine sand |
| | Lerig mo
Fine and very fine sand with clay content |
| | Häll
Solid rocks |
| | Recent älverosion
Present fluvial erosion |
| | Ravin
Ravine |
| | Trolig skredgräns år 1648
Probably limit of landslide in 1648 |
| | Nivåkurva med 1 m ekvidistans
Contours (1 m intervals) |
| | • 23,24
Avvägd punkt
Levelled point |
| | Provtagning med kärnfolieborr
Sampling by means of sampler with metal foils |
| | [1] Provtagning med skruvborr
Sampling by means of screw-drill |
| | • 13,0
Sondborrning, jorddjup i m
Sounding, depth in meter |



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa. Geologiska kartblad i skalan 1 : 50 000 med beskrivningar.

Priset för karta i ser. Aa med beskrivning är 10:— kr, för karta enbart 8:— kr.

(Price: map sheet + descriptive text Sw. cr. 10:—, map sheet Sw. cr. 8:—)

- N:o 187 *Värvik* av W. LARSSON och R. SANDEGREN. 1956
 » 188 *Avesta* av G. LUNDQVIST och S. HJELMQVIST. 1946
 » 189 *Falun* av O. KULLING och S. HJELMQVIST. 1948
 » 190 *Söderfors* av R. SANDEGREN och B. ÅSKLUND. 1948
 » 191 *Untra* av R. SANDEGREN och P. H. LUNDEGÅRDH. 1949
 » 192 *Önsala* av R. SANDEGREN och P. H. LUNDEGÅRDH. 1952
 » 193 *Gränna* av P. GELJER, B. COLLINI, H. MUNTHE och R. SANDEGREN. 1951
 » 194 *Säter* av S. HJELMQVIST och G. LUNDQVIST. 1953
 » 195 *Särö* av P. H. LUNDEGÅRDH och R. SANDEGREN. 1953
 » 196 *Västerås* av P. H. LUNDEGÅRDH och G. LUNDQVIST. 1954
 » 197 *Laholm* av W. LARSSON och C. CALDENIUS. T. v. utan beskrivning
 » 198 *Halmstad* av W. LARSSON och C. CALDENIUS. » » »
 » 199 *Uppsala* av P. H. LUNDEGÅRDH och G. LUNDQVIST. With English summaries. 1956

Ser. Ad. Agrogeologiska kartblad i skalan 1 : 20 000 med beskrivningar.

Priset för karta i ser. Ad med beskrivning är 8:— kr, för karta enbart 6:— kr.

(Price: map sheet + descriptive text Sw. cr. 8:—, map sheet Sw. cr. 6:—)

- N:o 1 *Hardeberga* av G. EKSTRÖM. 1947, karta med beskrivning
 » 2 *Lund* » » 1953, » » »
 » 3 *Revinge* » » » t. v. utan beskrivning
 » 4 *Löberöd* » » » t. v. » »
 » 5 *Örtofta* » » » t. v. » »
 » 6 *Kävlinge* » » 1955, t. v. » »
 » 7 *Teckomatorp* » » 1955, t. v. » »
 » 8 *Trollenäs* » » 1955, t. v. » »
 » 9 *Bosjökloster* » » 1956, t. v. » »

Årsbok 48 (1954)

- N:o 536 GAVELIN, S., A telluride assemblage in the Rudtjebäcken pyrite ore, Vesterbotten, N. Sweden. 1954. 1,00
 » 537 JERLOV, N., och KULLENBERG, B., Undersökning rörande spridning och avsättning av i vattnet suspenderat slam vid utstjälpning av muddar i Byfjorden våren 1953. English summary. 1954 2,00
 » 538 TULLSTRÖM, H., Hydrogeologiska förhållanden inom Slite köping på Gotland. English summary. 1955 1,50
 » 539 JÄRNEFORS, B., Skredet vid Intagan år 1648. 2,00
 » 540 BYSTRÖM, A. M., Mineralogy of the Ordovician bentonite beds at Kinnekulle, Sweden. 1956 4,50

Årsbok 49 (1955)

- N:o 541 PILAVA-PODGURSKI, N., Nya geologiska undersökningar vid Utö järnmalmshält. English abstract. 1956 3,00
 » 542 HJELMQVIST, S., On the occurrence of ignimbrite in the Pre-Cambrian 1956 1,00
 » 543 KAUTSKY, G., Ein Beitrag zur Stratigraphie und dem Bau des Skelleftefeldes, Nordschweden. Mit 4 Tafeln. 1957. 6,00
 » 544 LUNDEGÅRDH, P. H., Petrology of the Uppsala region, Eastern Sweden. With one plate 1957 6,00

Forts. å omslagets 4:de sida

Årsbok 50 (1956)

N:o 545	BÄTH, M., An earthquake catalogue for Fennoscandia for the years 1891—1950. 1956	3,00
» 546	ÅHMAN, E., De glasiga diabasgångarna i Djupviks kalkbrott, Björkviks sn, Södermanland. — With English abstract. 1957	2,00
» 547	LUNDBLAD, B., On the stratigraphical value of the megaspores of <i>Lycostrobus scottii</i> . 1956	1,00
» 548	REDAELLI, L., A petrological investigation in Lake N. Dellen by means of frog-man equipment. 1957	2,00

Årsbok 51 (1957)

N:o 550	LUNDQVIST, J., Övre Klarälvsdalens kvartärgeologi. — With English summary. 1957	5,00
» 551	LUNDQVIST, J. Geokronologiska undersökningar i Värmland. Med en plansch — With English summary 1957	2,50

Ser. Ba.

N:o 14	Jordartskarta över södra och mellersta Sverige. Efter de geologiska kartbladen sammandragen vid S. G. U. av K. E. Sahlström. Skala 1:400 000. Mellersta bladet, tryckt 1947	15,00
	Södra bladet, tryckt 1948	15,00
	Norra bladet, tryckt 1949	15,00

Ser. Ca.

N:o 21	LUNDQVIST, G., Beskrivning till jordartskarta över Kopparbergs län. Skala 1:250 000. 1951	20,00
» 27	CALDENIUS, C., and LUNDSTRÖM, R., The landslide at Surte on the river Göta älv.—Special chapters by B. FELLENIUS and E. MOHRÉN. With 5 plates. 1956.	16,00
» 31	BORELL, R., och OFFERBERG, J., Geokronologiska undersökningar inom Indalsälvens dalgång mellan Bergeforsen och Ragunda.—Med 6 planscher. With English summary. 1955	3,50
» 37	GAVELIN, S., och KULLING, O., Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. Karta i skala 1:400 000. With English summaries. 1955	45,00

Rapporter och meddelanden i stencil

1.	Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1—2. 1931 (Kartorna utgångna)	15,00
2.	Sveriges lodade sjöar. Sammanställning av K. E. Sahlström 1945	3,00
3.	Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940—48 av O. H. ÖDMAN. Med 4 kartor	4,00

PRINTED IN SWEDEN

Distribueras genom

Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, Drottninggatan 20. Stockholm 16.