



**National Library
of Sweden**

Denna bok digitaliserades på Kungl. biblioteket år 2013



SOU
1962:48:C

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:48

Inrikesdepartementet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

BETÄNKANDE AVGIVET AV

GÖTAÄLVSKOMMITTÉN

Stockholm 1962

STATENS

OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962

Kronologisk förteckning

1. Skogstillgångarna i Jämtlands län. Idun. 100 s. + 1 utvikskarta. S.
2. Yrkesutbildningen på trädgårdsområdet. Statens Reproduktionsanstalt. 71 s. Jo.
3. Totalförsvarets personalfrågor. Beckman. 305 s. Fö.
4. Arbetsuppgifter och utbildning för viss sjukvårdspersonal. Beckman. 165 s. I.
5. Vidgad vuxenutbildning på gymnasiestadiet. Kihlström. 115 s. E.
6. Statsbidrag till enskild väghållning, m. m. Idun. 92 s. K.
7. Kommunal beredskap. Idun. 198 s. I.
8. Finansplan för budgetåret 1962/63 samt Preliminär nationalbudget för år 1962. Marcus. XXIII+61 s. Fi.
9. Städernas särskilda rättigheter och skyldigheter i förhållande till staten. Kihlström. 259 s. Fi.
10. Svensk ekonomi 1960—1965. Idun. 220 s. Fi.
11. Svensk ekonomi 1960—1965. Bilagor 1—5. Idun. 296 s. Fi.
12. Aspekter på utvecklingsbiståndet. Idun. 268 s. U.
13. Skärpta regler för rusdrycksinköp. Idun. 125 s. Fi.
14. Atomansvarighet II. Idun. 205 s. Ju.
15. Den allmänna näringslagstiftningen. Idun. 212 s. H.
16. Korrespondensundervisningen inom skolväsendet. Tryckeriförlaget Värmlands Folkblad, Karlstad. 141 s. E.
17. Arbetstidsförkortningens omfattning och utläggning. Idun. 141 s. S.
18. Automatisk databehandling inom folkbokförings- och uppboresväsendet. Del II. Idun. 87 s. Fi.
19. Utlandssvenskars deltagande i allmänna val. Idun. 50 s. Ju.
20. Nedre justitierevisionens arbetsorganisation. Idun. 84 s. Ju.
21. Kommunalt stöd åt studerande från utvecklingsländerna. Kihlström. 35 s. I.
22. Samhällsäriligt asocialitet. Idun. 232 s. I.
23. Försvares tandvård. Idun. 100 s. Fö.
24. Expropriation för sanering av historiskt eller kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Marcus. 45 s. Ju.
25. Reviderad nationalbudget för år 1962. Marcus. IV + 52 s. Fi.
26. Avgiftsbelagda trafikaneläggningar. Idun. 70 s. K.
27. Radions juridiska ansvar. Idun. 131 s. Ju.
28. Skolväsendets centrala ledning. Idun. 408 s. E.
29. Säkerhetsinspektion av motorfordon och släpvagnar. Kihlström. 101 s. K.
30. Arbetstidsreglering för militär personal och civilmilitär. Idun. 82 s. Fö.
31. Stadshypoteks- och bostadskreditinstitutionerna. Norstedt & Söner. 153 s. Fi.
32. Automatisk databehandling. Kihlström. 311 s. Fi.
33. Veterinärmedicinsk forskning och undervisning. Del I. Statens Reproduktionsanstalt. 163 s. Jo.
34. Försvarsmedicinsk forskning i totalförsvaret. Idun. 191 s. + 1 utviksblad. E.
35. Svensk trafikpolitik III. Idun. 108 s. K.
36. Naturen och samhället. Statens Reproduktionsanstalt. 440 s. Jo.
37. Byggnadsstyrelsens arbetsuppgifter och personalorganisation. Idun. 115 s. K.
38. Utbildning av sjukvårdsadministratörer. Idun. 112 s. I.
39. Ortsprisindex. Idun. 132 s. C.
40. Beredskapslagring av olja 1963—1969. Idun. 136 s. H.
41. Mål och medel i stabiliseringspolitiken—Remissyttrandet. Norstedt & Söner. 270 s. Fi.
42. Avdrag för representationskostnader, m. m. Kihlström. 112 s. Fi.
43. Socionomutbildningen. Idun. 197 s. E.
44. Ny semesterlag. Kihlström. 254 s. S.
45. Jordbrukstekniska institutet och statens forskningsanstalt för lantmannabyggnader. Kihlström. 174 s. Jo.
46. Vägväsendets distriktsorganisation. Idun. 137 s. + 1 utvikskarta. K.
47. Beskattning av traktamenten m. m. Idun. 112 s. Fi.
48. Rasriskerna i Götaälvdalen. Kihlström. 160 s. + 4 s. ill. + 10 utviksblad. I.

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:48

Inrikesdepartementet



RASRISKERNA
I GÖTAÄLVDALEN

Betänkande avgivet av Götaälvskommittén

EMIL KIHLSSTRÖMS TRYCKERI AB
STOCKHOLM 1962

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

Lärkräddningsmyndighet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaälvskommittén

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10
STOCKHOLM 1962

Innehåll

Kap. 1. Utredningsuppdraget och utredningsarbetets bedrivande	7
Kap. 2. Götaälvdalens struktur, Inträffade större skred	14
Kap. 3. Vidtagna åtgärder	25
Kap. 4. Geologiska undersökningar	37
A. Inledning	37
B. Undersökningarnas målsättning. Nuvarande arbetsläge.	38
C. Tidigare avlämnade rapporter och publikationer	39
D. Allmän geologisk översikt över Götaälvdalens utveckling.	41
1. Den prekvartära utvecklingen s. 41 — 2. Den kvartärgeologiska utvecklingen s. 42 — 3. Lerornas stratigrafi s. 46.	
E. Sedimentation och lagerställning	49
F. Lerornas urlakningsförhållanden	50
1. Undersökta lokaler s. 50 — 2. Något om urlakningens kemiska förlopp s. 51.	
G. Erosionen i Götaälvdalen	57
1. Erosion uppströms Lilla Edet s. 59 — 2. Erosion nedströms Lilla Edet s. 61 — 3. Sedimenttransport s. 61 — 4. Den framtida utvecklingen s. 63.	
H. Hydrogeologiska förhållanden	63
I. Geologisk datering av sediment i Götaälvdalen.	65
J. Sammanfattning av undersökningarnas resultat	68
K. Litteratur	70
Kap. 5. Geotekniska undersökningar	74
A. Inledning	74
B. Den preliminära undersökningen	75
C. Den definitiva undersökningen	76
1. Omfattning s. 76 — 2. Fältundersökningens uppläggning s. 77 — 3. Undersökningens utförande s. 78 — 4. Vid fältundersökningen använd utrustning s. 79 — 5. Laboratorieundersökningar s. 80.	
D. Strandbrinkarnas utformning	81
E. Lerans beskaffenhet och egenskaper	81
1. Lerans konsistensgränser s. 81 — 2. Lerans hållfasthet s. 83 — 3. Lerans sensitivitet s. 84.	
F. Grundvattenförhållanden	86
G. Mätning av horisontalrörelser i jorden	87
H. Stabilitetsberäkningar	87
I. Erforderlig säkerhetsfaktor	90
J. Sammanfattning av undersökningsresultat	91
1. Västra älvstranden mellan Intagan och Torp s. 91 — 2. Västra älvstranden uppströms Bondeström s. 99 — 3. Västra älvstranden vid Ströms sluss s. 99 — 4. Västra älvstranden vid Älvhem s. 102 — 5. Västra älvstranden vid Ellesbo s. 102 — 6. Östra älvstranden uppströms och nedströms Slumpån s. 103 — 7. Östra älvstranden uppströms och ned-	

	ströms Smörkullen i Lilla Edet s. 104 — 8. Östra älvstranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk s. 105 — 9. Östra älvstranden vid Göta s. 106 — 10. Östra älvstranden uppströms Lödöse s. 107 — 11. Östra älvstranden vid Älvängen s. 107 — 12. Östra älvstranden vid Bohus s. 108 — 13. Östra älvstranden vid Agnesberg-Ekeberg s. 108 — 14. Områden invid dalsidan s. 110.	
K.	Förstärkningsåtgärder	110
	1. Olika slag av förstärkningar s. 110 — 2. Västra älvstranden mellan Intagan och Torp s. 112 — 3. Västra älvstranden vid Ströms sluss s. 113 — 4. Västra älvstranden vid Ellesbo s. 113 — 5. Östra älvstranden uppströms Smörkullen s. 114 — 6. Östra älvstranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk s. 114 — 7. Östra älvstranden vid Älvängen s. 114 — 8. Östra älvstranden vid Agnesberg-Ekeberg s. 114.	
L.	Sammanfattande synpunkter	115
M.	Litteratur	115
Kap. 6.	Kommitténs förslag till åtgärder som sammanhänger med rådande läge	117
Kap. 7.	Kommitténs förslag till åtgärder som avser framtiden	123
	A. Planering	123
	B. Övervakning och reglering av bebyggelse m. m.	125
	C. Kommunikationslederna	132
	D. Beredskapsorganisation	135
	E. Fortsatt övervakning av stabilitetsförhållandena.	138
	1. Uppföljning av erosionsundersökningen s. 138 — 2. Uppföljning i övrigt av de geologisk-geotekniska undersökningarna s. 142 — 3. Den fortsatta övervakningens organisation m. m. s. 143.	
	F. Kostnadsfrågor och vissa därmed sammanhängande spørsmål . . .	147
	G. Götaälvdalens framtid	154
Kap. 8.	Sammanfattning	156

FÖRKLARINGAR

Vid studiet av olika delar av detta betänkande är tillgång till *Jordartskarta över Götaälvdalen*, utarbetad vid Sveriges geologiska undersökning (SGU) av Björn Järnefors, av värde. Kartan publicerades i skalan 1:20 000 år 1959 (SGU ser. Ba nr 20). Den finns att köpa tillsammans med betänkandet och kan även rekvireras direkt från SGU. Beträffande belägenheten av i betänkandet omnämnda platser hänvisas i övrigt till kartbil. 1 och 2.

Vid exakt angivande av platser i Götaälvdalen (t. ex. undersökta sektioners lägen) har använts den längdmätning, som Trollhätte kanalverk tillämpar. Nollpunkten ligger vid Bastungens fyr vid farledens början i Väneren. Västra sidan anges såsom höger (H) och östra sidan såsom vänster (V). Platser anges i km i farledens längdmätning. Sektion H 25,9 betecknar en sektion belägen på västra stranden 25,9 km från Bastungens fyr.

Förekommande nivåuppgifter avser, där ej annat särskilt angives, nivå i meter i förhållande till havsytan (Sveriges normalnollplan från år 1900).

Förkortningen SGI avser statens geotekniska institut och SGU Sveriges geologiska undersökning.

Till

Herr Statsrådet och Chefen för Kungl. Inrikesdepartementet

Genom beslut den 14 juni 1957 bemyndigade Kungl. Maj:t chefen för inrikesdepartementet att tillkalla högst tio sakkunniga för utredning av vissa genom rasriskerna i Götaälvdalen aktualiserade spörsmål.

Med stöd av detta bemyndigande tillkallade departementschefen såsom sakkunniga landshövdingen i Älvsborgs län Mats H. Lemne, kommunalkamreraren i Lilla Edets köping T. Allan Andersson, ingenjören Sven J. Bodén, Ström, Lilla Edet, t. f. expeditionschefen i finansdepartementet G. Lennart Eriksson, numera ledamoten av riksdagens första kammare, civilingenjören G. Henry Hanson, Göteborg, kommunalkamreraren i Nödinge kommun Anders P. Larsson, numera överingenjören i arbetsmarknadsstyrelsen K. F. Lidgren, tekniske direktören i vattenfallsstyrelsen K. V. Tore Nilsson och direktören Sven T. Trued, Trollhättan. Tillika uppdrogs åt Lemne att såsom ordförande leda de sakkunnigas arbete. Numera förste länsassessorn i Göteborgs och Bohus län Åke M. Paulsson har den 19 augusti 1957 erhållit uppdrag att vara sekreterare åt de sakkunniga.

De sakkunniga har antagit benämningen *Götaälvskommittén*.

Kommittén har i sitt arbete erhållit biträde av statens geotekniska institut och Sveriges geologiska undersökning. Därjämte har, med stöd av Kungl. Maj:ts den 14 juni 1957 givna bemyndigande, såsom experter åt kommittén av departementschefen varit tillkallade, under tiden den 10 januari 1958—den 23 februari 1960 geologen vid Sveriges geologiska undersökning Björn Järnefors samt fr. o. m. den 10 januari 1958 numera avdelningschefen vid statens geotekniska institut K. Göte Lindskog.

Enligt Kungl. Maj:ts beslut den 19 juli 1957 har till kommittén, för att beaktas vid fullgörande av dess uppdrag, överlämnats underdåniga skrivelser den 23 oktober 1951 och den 18 oktober 1955 från länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län med hemställan om medel för att bestrida kostnaderna för vissa geotekniska undersökningar och stabilitetsförbättrande åtgärder inom det s. k. Strandbackenområdet vid Göta älv i Inlands Torpe kommun.

Kommittén har avgivit *dels* utlåtanden i anslutning till länsstyrelsens i Älvsborgs län årliga framställningar angående anslag till fortsatta geotekniska undersökningar i Götaälvdalen m. m., *dels* den 6 september 1957 underdånigt utlåtande över en av statens geotekniska institut och Sveriges geologiska undersökning framlagd plan beträffande fortsatta undersökningsarbeten i Götaälvdalen, *dels* den 5 mars 1960 yttrande till statsrådet och che-

fen för handelsdepartementet i ärende rörande anläggande av en kanal mellan Vänersborg och Uddevalla *och dels* den 14 september 1960 underdånigt utlåtande över vattenfallsstyrelsens framställning den 22 mars 1960 om medgivande att använda medel ur statens vattenfallsverks dispositionsanslag för fördjupning av Trollhätte kanal mellan Vänern och Brinkebergskulle.

Överväganden beträffande de med rasriskerna i Götaälvdalen sammanhängande säkerhetsfrågorna har föranlett kommittén att under arbetets gång hos chefen för inrikesdepartementet samt myndigheter och inrättningar göra framställningar om åtgärder av olika slag. En närmare redogörelse härför lämnas i kapitel 3 i kommitténs betänkande.

Sedan kommitténs arbete numera slutförts, får kommittén härmed vördsamtt överlämna betänkande angående rasriskerna i Götaälvdalen. Statsgeologen Helge Tullström och geologen Kaj Nilsson har svarat för huvuddelen av kapitel 4 i betänkandet. Det i detta kapitel ingående avsnittet om erosionen i Götaälvdalen har emellertid utarbetats av docenten vid Uppsala universitet Åke Sundborg och avsnittet om geologisk datering av sediment i Götaälvdalen av statsgeologen F. Brotzen. Kapitel 5 har utarbetats av avdelningschefen Lindskog.

I en särskild skrivelse till Herr Statsrådet har kommittén behandlat frågan om kostnaderna för vissa geotekniska undersökningar inom det s. k. Strandbackenområdet.

Göteborg den 6 september 1962.

Mats Lemne

Allan Andersson

Sven Bodén

Lennart Eriksson

G. H. Hanson

Anders Larsson

F. Lidgren

Tore Nilsson

Sven Trued

/ Åke Paulsson

KAPITEL I

Utredningsuppdraget och utredningsarbetets bedrivande

Direktiverna för Götaälvskommittén innefattas i följande anförande av dåvarande t. f. chefen för inrikesdepartementet, statsrådet Eliasson, till protokollet inför den under Hans Maj:t Konungens fränvaro tillförordnade regeringen den 14 juni 1957:

Den 7 juni 1957 inträffade en raskatastrof i Göta inom Lilla Edets köping. En stor del av industriområdet vid Göta Sulfitfabrik med flera därå uppförda fabriksbyggnader, oljecisterner m. m. gled vid raset jämte angränsande områden ned mot och i Göta älv. Jordmassorna dämde upp större delen av älvfåran på en sträcka av omkring 1 ½ kilometer och älven spärrades för all trafik. Vid raset omkom tre personer, vilka vid tillfället arbetade i en av de fabriksbyggnader, som sjönk ned i leran. Genom raset omöjliggöres för obestämd tid framåt all drift vid sulfitfabriken, som sysselsatte omkring 300 arbetare. Avspärrningen av trafikleden i Göta älv medför jämväl betydande ekonomiska konsekvenser med hänsyn till det stora antal fartyg, som vid tillfället befann sig i Väneren eller i trafikleden ovanför rasplatsen. Från några av oljecisternerna kom genom raset stora kvantiteter olja ut på rasområdet med risk för förorening av älvens vatten.

Genom beslut den 12 juni 1957 har Kungl. Maj:t på därom av länsstyrelsen i Älvsborgs län gjord framställning ställt ett belopp av intill 300 000 kronor till länsstyrelsens förfogande för redan utförda och omedelbart förestående åtgärder, som stode i samband med raset.

I en samma dag till inrikesdepartementet inkommen underdånig skrivelse har länsstyrelsen tagit upp vissa frågor, som på något längre sikt aktualiserats genom raset, samt hemställt, att en kommission omedelbart måtte tillsättas för utredning av dessa frågor. Länsstyrelsen uttalar i sin motivering, att den med hänsyn bl. a. till det helt nya läge, som genom raset uppkommit i olika frågor, som sammanhänge med den pågående industriella expansionen i Götaälv dalen samt till rasriskernas konsekvenser ur säkerhetssynpunkt samt för industrin och sjöfarten i hela Vänerområdet, finner det angeläget att tidigare inledda geotekniska undersökningar omedelbart forceras och utvidgas. Likaledes anser länsstyrelsen nödvändigt, att ökad klarhet skapas om förutsättningarna för en fortsatt utbyggnad och belastning av de aktuella områdena och vilka säkerhetsåtgärder, som eventuellt bör vidtagas i sådana sammanhang. Länsstyrelsen kunde inte träffa beslut om sådana nödvändiga åtgärder utan stöd av utredningar av helt annan natur än de nu föreliggande.

För egen del finner jag det förhållandet, att ett nytt omfattande ras inträffat inom den för näringslivet och kommunikationerna betydelsefulla Götaälv dalen utgöra ett starkt motiv till att de av rasriskerna i dalen betingade säkerhetsfrågorna tas upp till en grundlig och allsidig prövning. Med säkerhetsfrågorna sammanhänger emellertid ett helt komplex av problem berörande bl. a. byggnadsverksamheten, samhällsplaneringen, näringslivets lokalisering samt kommunikationer-

na inom området och angränsande delar av landet. Dessa frågor synes vara så svårbemästrade och beröra så skilda områden av samhällslivet, att jag i likhet med länsstyrelsen anser dem kräva en samlad utredning och bedömning i särskild ordning jämsides med den behandling dessa frågor i vanlig ordning underkastas av de därför avsedda samhällsorganen. Jag förordar därför, att en kommitté nu tillsättes för ändamålet. Beträffande utredningsuppdraget bör detta ej omfattas av omedelbart aktuella åtgärder, som avser rasområdet vid Göta. De uppröjnings-, muddrings- och säkerhetsåtgärder, som där måste vidtagas, bör liksom hittills ombesörjas av de i varje fall närmast ansvariga myndigheterna och organen samt samordnas av länsstyrelsen. I fråga om de geotekniska undersökningarna har regeringen förut denna dag uppdragit åt statens geotekniska institut att i samråd med Sveriges geologiska undersökning skyndsamt utreda och till Kungl. Maj:t inkomma med redogörelse för behovet av och förutsättningarna för att påskynda och eventuellt utvidga en i redan utarbetat undersökningsprogram avsedd geoteknisk undersökning i Götaälvdalen ävensom att utan dröjsmål framlägga de förslag beträffande anslagsmedel och i övrigt, som kan befinnas erforderliga.

De geotekniska och andra expertundersökningar, som redan verkställts eller kommer att verkställas, bör utgöra den viktigaste grunden för kommitténs arbete. I första hand bör detta avse en undersökning av vad som bör göras för att hindra nya rasolyckor i Götaälvdalen. Kommittén bör bl. a. pröva om speciella belastningsregler bör gälla inom området eller vissa delar härav samt om byggandet där bör förknippas med särskilda villkor eller sådana villkor uppställas för beagnande av vissa områden ävensom utreda, hur sådana föreskrifter och villkor bör inordnas i den gällande lagstiftningen. Härvid måste också kontrollfrågorna uppmärksammas liksom behovet av beredskap mot nya rasolyckor. I första hand bör redan bestående organ på det kommunala och länsplanet tagas i anspråk för beredskap, kontroll och planering. Utredningen bör emellertid överväga, om särskilda åtgärder erfordras för att säkerställa den nödvändiga samordningen. Den bör jämväl pröva behovet av geoteknisk sakkunskap för kontroll- och planeringsarbete och såsom beredskapsstyrka vid nya olyckstillbud, samt överväga, huruvida detta behov kan tillgodoses från statens geotekniska institut med dess nuvarande organisation. Över huvud taget bör kommittén pröva säkerhetsproblemet för Götaälvdalen i hela dess vidd.

Härvid kommer uppenbarligen också arbetsmarknadsfrågor samt lokaliserings- och kommunikationstekniska problem av olika slag att aktualiseras. Även dessa frågor bör av kommittén upptagas till en allsidig och förutsättningslös prövning. I denna del bör ett intimt samarbete ske med de lokala och centrala organ, som redan svarar för de olika problemkomplexen. Utredningen bör särskilt inrikta sig på ett konstruktivt arbete på längre sikt. De akuta problem, som måste lösas i anledning av raset i Göta, bör i första hand handläggas i vanlig ordning av länsstyrelsen och övriga behöriga myndigheter. Det är möjligt, att det framdeles kan visa sig lämpligt att genom regionplan åstadkomma en form för administreringen på lång sikt av vissa planeringsfrågor inom Götaälvdalen.

Särskild uppmärksamhet kräver kostnadsfrågan. Utredningen bör förutsättningslöst pröva, hur de tekniska undersökningar och den kontroll, som fortlöpande kan anses nödvändig, skall finansieras och draga upp riktlinjerna för en eventuell fördelning av kostnaderna mellan olika intressenter. Befinnes en särskild säkerhetsorganisation böra inrättas, bör i sammanhanget även finansieringen av densamma övervägas.

Fullgörandet av de uppgifter, som enligt det anförda bör anförtros åt utredningen, måste delvis bli beroende av i vilken ordning det geotekniska grundmaterialet ställes till dess förfogande. Sannolikt kommer detta att ske successivt och utredningen bör därför också kunna framlägga delförslag efter hand, allt eftersom grundmaterialet föreligger. Särskilt då det gäller säkerhetsfrågorna bör emellertid arbetet bedrivas så skyndsamt som möjligt och åtminstone preliminära förslag framläggas utan att de definitiva resultaten av de geotekniska undersökningarna avvaktas.

De geotekniska och andra expertundersökningar, som enligt direktiven bör utgöra den viktigaste grunden för kommitténs arbete, påbörjades före kommitténs tillkomst.

Sålunda igångsattes redan omedelbart efter skredet i Surte, vilket inträffade den 29 september 1950, genom statens geotekniska institut (SGI), Sveriges geologiska undersökning (SGU) och statens järnvägars geotekniska avdelning vissa undersökningar, avsedda att utreda markstabiliteten inom skredområdet och vissa områden i närheten. Ramen för dessa undersökningar vidgades sedan i syfte bl. a. att så fullständigt som möjligt klarlägga skredets orsaker och förlopp. Av de anslag, som riksdagen för budgetåret 1950/51 och sedermera anvisat till kostnader för vissa hjälpatgärder i anledning av Surtekatastrofen (prop. nr 256/1950, nr 125/1957 och nr 2/1958), har för geologiska och geotekniska undersökningar tagits i anspråk ca 66 000 kr.

Länsstyrelsen i Älvsborgs län, som ansåg att händelsen i Surte måste ses i ett vidare sammanhang, föreslog i underdånig skrivelse den 16 april 1953 — under erinran om de undersökningar som redan utförts i Surte — att ytterligare geotekniska undersökningar i Götaälvdalen måtte komma till stånd enligt ett av SGI i samråd med SGU uppgjort program, samt att erforderliga statsmedel måtte ställas till förfogande härför. I anslutning härtill hänvisade länsstyrelsen till vissa geotekniska undersökningar, som utförts i Nödinge och Starrkärrs kommuner, och till ett ras, som den 13 april 1953 inträffat vid Guntorp i Lödöse kommun på järnvägssträckan mellan Alvhem och Nygård. Länsstyrelsen uttalade att det syntes angeläget, för uppnående av största möjliga säkerhet för samhällena och trafiklederna i dalgången, att det genom fortsatt geotekniskt undersökningsarbete utröntes, huruvida rasrisker förelåg, och vilka åtgärder, som kunde vidtas till förekommande av ytterligare ras.

I anledning av denna länsstyrelsens framställning anförde SGI, att skredriskerna i Götaälvdalen måste bedömas som allvarliga bl. a. på grund av förekommande höga grundvattentryck samt lösa lerlager, varför institutet ansåg det synnerligen önskvärt att den föreslagna undersökningen snarast möjligt kom till stånd. Den borde utföras i huvudsaklig överensstämmelse med förut omnämnt program, vilket i korthet innebar följande.

Undersökningen borde innefatta Göta älvs båda stränder på hela sträckan Göteborg—Vänern och även täcka de delar av Bergslagsbanan och riksvägen öster om

älven samt de flesta större samhällen, som ligger i älvdalen. Totalarealen för undersökningen uppskattades till 8 600 har. Undersökningen borde företas i etapper. Den första etappen borde avse en preliminär undersökning av rekognoscerande art, innefattande bl. a. geologisk kartering samt borrhovstagning m. m. och syfta till att dels utröna vilka områden längs älven, som kunde betraktas som riskfria, dels approximativt gradera övriga områden efter farlighetsgrad. Den andra etappen avseende definitiv undersökning skulle ta sikte på att avgöra hur smal säkerhetsmarginalen är på de farliga ställena och hur den skall kunna breddas genom förstärkningsåtgärder. Enligt programmet skulle även långtidsobservationer av grundvattentrycket göras på några ställen i älvdalen och påbörjas, innan den definitiva undersökningen sattes i gång.

Kostnaderna för den preliminära undersökningen uppskattades till 175 000 kr. För inrättandet av 20 mätstationer för långtidsobservationerna erfordrades 35 000 kr. Därtill kom kostnader för viss erforderlig utrustning om 70 000 kr. Totalt beräknades alltså kostnaden för den preliminära undersökningen till 280 000 kr.

Järnvägsstyrelsen och väg- och vattenbyggnadsstyrelsen framhöll i avgivna yttranden bl. a., att det för trafiklederna utefter Göta älv var av stor betydelse att få stabilitetsförhållandena klarlagda i ifrågavarande avseenden.

Frågan förelades riksdagen i statsverksprop. 1954 (sjätte huvudtiteln, sid. 98). Föredragande departementschefen förordade därvid, att den av länsstyrelsen i Älvsborgs län föreslagna geotekniska undersökningen av Götaälvdalen, syftande i första hand till att klarlägga riskerna för ras, kom till stånd och att kostnaderna för densamma bestreds med statsmedel. Sedan riksdagen för budgetåret 1954/55 till Geotekniska undersökningar i Götaälvdalen m. m. anvisat ett reservationsanslag av 130 000 kr, varav 25 000 kr för geologiska arbeten, uppdrog Kungl. Maj:t genom beslut den 30 april 1954 åt länsstyrelsen i Älvsborgs län att med anlitan av SGI och SGU samt i samråd med länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, berörda kommunikationsverk och övriga företrädare för statliga intressen i frågan låta verkställa en geoteknisk undersökning i Götaälvdalen i huvudsaklig överensstämmelse med ovannämnda program.

För budgetåret 1955/56 anvisades sedermera återstående 150 000 kr av det för den preliminära geotekniska undersökningen av Götaälvdalen m. m. ursprungligen beräknade beloppet 280 000 kr (statsverksprop. 1955, sjätte huvudtiteln, sid. 119).

Den 1 juli 1954 påbörjade SGI och SGU den preliminära undersökningen. I anslutning till undersökningen lämnades vid två sammanträden under år 1955 inför länsstyrelsen i Älvsborgs län berörda myndigheter, kommuner m. fl. information om undersökningens uppläggning och syftet med densamma. På grundval av fältundersökningar huvudsakligen under sommaren 1955 framlade SGI i december 1956 redogörelse för preliminär geoteknisk undersökning av Göta älvs dalgång, varmed SGI slutfört sin del av den preliminära undersökningen. Redogörelsen utmynnade i slutsatsen, att säkerheten mot skred var tämligen liten för några av de undersökta områdena.

Vidare uttalades, att förändringar av de rådande förhållandena kunde uppkomma och ytterligare försämra markstabiliteten. Det ansågs därför synnerligen välbetänkt att undersökningarna fortsattes. Genom länsstyrelsens i Älvsborgs län försorg tillställdes länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, vederbörande länsarkitekter, överlantmätare, vägförvaltningar och distriktsingenjörer för vatten och avlopp samt berörda kommuner exemplar av redogörelsen (vissa ritningar m. m. dock undantagna). Den sålunda utförda undersökningen och dess resultat kommer att närmare behandlas i kapitel 5.

I fortsättningen anvisades till ifrågavarande ändamål för budgetåret 1956/57 185 000 kr och för budgetåret 1957/58 150 000 kr. Av förstnämnda be-
lopp avsåg 35 000 kr att möjliggöra för SGU att genomföra sin del av den preliminära undersökningen. I övrigt avsåg dessa medelsanvisningar den definitiva undersökningen, vilken igångsattes under senare delen av 1956. (Statsverksprop. 1956, sjätte huvudtiteln, sid. 115; d:o 1957, sid. 150.)

Den 7 juni 1957 inträffade emellertid skredet i Göta. Detta föranledde Kungl. Maj:t att uppdra åt SGI att i samråd med SGU skyndsamt utreda och till Kungl. Maj:t inkomma med redogörelse för behovet av och förutsättningarna för att påskynda och eventuellt utvidga den geotekniska undersökningen i Götaälvdalen ävensom att utan dröjsmål framlägga de förslag beträffande anslagsmedel och i övrigt, som kunde befinnas erforderliga. Till åttlydnad härav redovisade SGI och SGU i gemensam skrivelse den 6 augusti 1957 förslag till ett reviderat undersökningsprogram och hemställde i anslutning härtill om ytterligare anslag för budgetåret 1957/58. I gemensam promemoria den 20 september 1957 framlade instituten sedermera förslag beträffande anslagsmedel för budgetåret 1958/59. Följande sammandrag av vad instituten i detta sammanhang anförde återges här.

Det tidigare programmet för den pågående undersökningen hade omprövats. Institutet var ense om att en väsentlig utvidgning av programmet var nödvändig beträffande såväl fältundersökningar och laboratorieundersökningar som grundforskning rörande lersedimentens speciella egenskaper.

För SGI:s vidkommande borde fältarbetet omfatta ca dubbelt så många undersökta sektioner som tidigare planerats. Vidare borde programmet för porvatten-trycksmätning likaledes avsevärt ökas. Forskning rörande kvicklerans specifika egenskaper borde upptas. Även forskning rörande möjligheten att mäta släntrörelser kunde ge värdefullt stöd åt stabilitetsbedömningen. Slutligen borde älverosionen undersökas. För den allmänna delen av en erosionsundersökning borde dock SGU svara. Då institutet inte förfogade över tillräcklig personal och utrustning för att kunna påskynda utredningen i önskvärd grad, förutsattes att institutet anlita konsulterande firmor och lät dessa utföra undersökningar under institutets överinseende.

Vad beträffade SGU:s arbeten visade erfarenheterna från skredet i Göta att de tio borrhprofiler över lerlagerföljden, som dittills tagits, måste ökas till minst det dubbla antalet. För att kunna åldersdatera lagren måste studium ske av de i sedimenten inlagrade mikrofossilerna. Vidare måste den djupborrning, som dittills utförts i dalgångens djupaste del, kompletteras med ytterligare tre dylika borrhning-

ar. Skredet i Göta hade också påvisat behovet av att klarlägga om lerornas fysikaliskt-kemiska egenskaper, varom man visste för litet, direkt eller på längre sikt påverkar de geotekniska mätresultaten. En laboratoriemässig forskning hos institutet syftade till att klarlägga detta problem. Slutligen utgjorde älvens eroderande verksamhet en av de största skredriskfaktorerna. Detta hade tidigare ej tillräckligt beaktats. SGU hade åtagit sig att utföra den allmänna delen av nu planerad erosionsundersökning.

Genom beslut den 10 oktober 1957 ställde Kungl. Maj:t från anslaget till oförutsedda utgifter 335 000 kr till institutens förfogande för täckande av merkostnader under budgetåret 1957/58 för en vidgad undersökning av Götaälvdalen i enlighet med institutens förslag. Därvid avsåg 175 000 kr undersökningar genom SGI:s försorg och 160 000 kr undersökningar genom SGU.

Frågan om utvidgning av undersökningen i Götaälvdalen förelades riksdagen i statsverksprop. 1958 (sjätte huvudtiteln, sid. 168). SGI och SGU hade då verkställt en ungefärlig beräkning av den totala kostnaden för det utökade arbetsprogrammet och därvid kommit till en approximativ siffra av sammanlagt 2 155 000 kr. Detta innebar en betydande utgiftsstegring i förhållande till det ursprungligen tänkta programmet för den andra, definitiva undersökningsetappen, som hösten 1955 kostnadsberäknats till 410 000 kr. Föredragande departementschefen uttalade emellertid, att en viss begränsning av planerna torde böra ske. Verksamheten borde sålunda i fortsättningen avpassas inom en totalram av sammanlagt 1 700 000 kr. Härvid torde ha förutsatts, att undersökningen skulle slutföras under år 1961. För budgetåret 1958/59 anvisades till Geotekniska undersökningar i Götaälvdalen m. m. 500 000 kr, varav 315 000 kr för geotekniska och 185 000 kr för geologiska undersökningar.

Sedermera har till geotekniska resp. geologiska undersökningar anvisats ytterligare 480 000 resp. 205 000 kr. Sammanlagt har sålunda för den definitiva etappen av stabilitetsutredningen i Götaälvdalen kunnat disponeras 1 820 000 kr.

Såsom framgår av den lämnade redogörelsen har den nu i huvudsak genomförda stabilitetsutredningen i Götaälvdalen utförts av två olika statliga institutioner, statens geotekniska institut och Sveriges geologiska undersökning. Arbetsfördelningen mellan instituten har varit i stort sett följande.

SGU:s uppgift har varit att upprätta en geologisk karta över Göta älvs dalgång som underlag för de geotekniska undersökningarna, att klarlägga den karakteristiska jordlagerföljden i skilda delar av dalgången samt att genom en fysikaliskt-kemisk undersökning av grundforskningskaraktär belysa olika egenskaper hos förekommande lertyper, som kan vara av betydelse för bedömningen av stabilitetsförhållandena. SGU har även ombesörjt en undersökning av erosionsförhållandena i älven.

SGI:s uppgift har varit att på grundval av de geologiska utredningarna och med stöd av därutöver erforderliga fält- och laboratorieundersökningar av geoteknisk natur bedöma de rådande stabilitetsförhållandena i älvdalen.

Institutets fältundersökningar har bl. a. avsett bestämning av jordlagrens mäktighet och beskaffenhet med beaktande av rådande grundvattenstryck, förekomsten av högsensitiva leror, rörelser och skred i slänter m. m. Laboratorieundersökningarna, som huvudsakligen gällt lerornas hållfasthetsegenskaper, har delvis varit av forskningsnatur.

Framhållas må också, att vattenfallsstyrelsen under år 1958 för en kostnad av ca 150 000 kr låtit utföra en fotogrammetrisk kartläggning i skala 1:4 000 på sträckan Vänersborg—Göteborg. Denna karta innefattar ett område av 300 m bredd på vardera sidan älven samt upptar nivåkurvor med 1 m ekvidistans. Kartan har kommit till användning vid större delen av de fältarbeten, som utförts av SGU och SGI. Dessutom har vattenfallsstyrelsen i samband med erosionsundersökningen låtit utföra pejlingsarbeten med ekolod för en kostnad av ca 50 000 kr.

SGI och SGU har under stabilitetsutredningens gång hållit kommittén underrättad om sina utredningar samt tillställt kommittén rapporter rörande särskilda avsnitt av arbetet. Stabilitetsutredningen och dess resultat kommer att ingående behandlas i kapitel 5.

Förutom med SGI och SGU har kommittén under sitt arbete haft överläggningar med representanter för andra organ, vars verksamhet beröres av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen. I detta sammanhang kan nämnas länsstyrelserna och andra länsorgan i de båda berörda länen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, vattenfallsstyrelsen, järnvägsstyrelsen och arbetarskyddsstyrelsen samt Göteborgs stads vatten- och avloppsverk. Härjämte har samråd ägt rum med den enligt Kungl. Maj:ts den 30 juni 1960 lämnade bemyndigande tillkallade utredningen angående statens geotekniska instituts arbetsuppgifter och organisation.

Under utredningsarbetet har kommittén föranletts att vidta omedelbara, huvudsakligen av säkerhetshänsyn motiverade punktåtgärder av olika slag. En redogörelse för sådana åtgärder lämnas i kapitel 3.

Götaälvdalens struktur. Inträffade större skred

Göta älv är, såväl då det gäller avrinningsområde som vattenföring, landets största älv. Den rinner ut ur Väneren strax öster om Vänersborg (44 m över havet) och följer ett slingrande lopp i sydsydvästlig riktning till Kattegatt. Älven hade ursprungligen fall och forsar vid Vargön (4 m högt), Trollhättan (32 m högt), Åkerström och Lilla Edet (6 m högt). Genom dämning vid kraftverksutbyggnaden av älven har fallhöjden koncentrerats till Vargön, Trollhättan och Lilla Edet. Uppströms Trollhättan följer älven västra kanten av Västgötaslätten. Farleden går emellertid här genom en ca 5 km lång grävd kanal, Karls grav, från Vänerbotten vid Vänersborg till älven vid Brinkebergskulle. Nedströms Trollhättan rinner älven genom en smal dal som successivt vidgar sig. På sträckan Trollhättan—Torpa utgöres östra stranden flerstädes av berg i dagen. Ned till Lödöse är älven i allmänhet nerskuren i lersedimenten, varvid höga och i regel branta strandbrinkar utbildats. Även på sträckan Torpa—Lödöse är östra stranden bergig. Lerterrasserna vid sidan av älven är på flera ställen sönderskurna av bäckar som rinner till älven. Nedströms Lödöse är stränderna låga och utsatta för översvämningar, varför bebyggelsen ofta förlagts till högre belägna områden i dalen invid bergssidorna. Vid Kungälv delas älven i två armar av ön Hisingen. Den norra armen, Nordre älv, för ca 75 procent av vattnet ut i Nordreälvsfjorden, medan den södra armen under bibehållet namn av Göta älv flyter i en bred dalgång förbi Göteborg till Älvsborgsfjorden.

På sträckan från Trollhättan till Göteborg bildar Göta älv gräns mellan Göteborgs och Bohus samt Älvsborgs län. Älvdalen utgör en med hänsyn till folkmängd och näringsliv betydelsefull del av de båda länen. Den är uppodlad och högt industrialiserad. Huvudförutsättningen för industrins lokalisering till Götaälvdalen har — vid sidan av den inverkan kraftproduktionen i älvdalen tidigare utövat — varit de goda kommunikationerna särskilt med Göteborg. Bortsett från städerna har industrilokaliseringen och därmed tätbebyggelsen i huvudsak ägt rum på älvens östra sida inom Älvsborgs län, vilket torde sammanhånga med Bergslagsbanans sträckning på denna sida av älven.

I Götaälvdalen finns följande utvecklade *tätorter*. I Göteborgs och Bohus län städerna Göteborg och Kungälv samt Ströms industrisamhälle i Inlands Torpe kommun och Kärra samhälle i Säve kommun. I Älvsborgs län städerna

Vänersborg och Trollhättan samt industrisamhällena Vargön i Västra Tunhems kommun, Sjuntorp i Flundre kommun, Lilla Edet och Göta i Lilla Edets köping, Lödöse i kommunen med samma namn, Älvängen, Alafors och Nol i Starrkärrs kommun, Bohus och Surte i Nödinge kommun samt Agnesberg i Angereds kommun.

Folkmängden i älvdalskommunerna framgår av följande uppgifter om invånarantal vid slutet av åren 1930, 1945 och 1960:

	1930	1945	1960
Göteborgs stad	260 160	318 879	404 738
Kungälv's stad	2 883	4 312	6 831
Övriga kommuner i Göteborgs och Bohus län	9 421	8 711	8 352
Vänersborgs stad	9 475	14 672	18 491
Trollhättans stad	15 014	21 596	32 051
Övriga kommuner i Älvsborgs län	30 289	32 031	34 650

Som nämnts är Götaälvdalen högt industrialiserad. I första hand är *industrin* koncentrerad till storstaden Göteborg, men även i övriga städer, främst Trollhättan, och tätorter finns industriföretag av betydande storleksordning. En stor del av befolkningen är alltså sysselsatt i industri m. m. I Vänersborgsområdet (Vänersborg—Västra Tunhem) sysselsättes ca 4 000 personer i industri och hantverk. De större industriföretagen tillhör här pappers-, metall- och skoidustrin. Inom Trollhätteområdet (Trollhättan och de i Älvsborgs län belägna kommunerna söder därom) är ca 15 000 personer sysselsatta i industri och hantverk. De större industriföretagen tillhör här metall- och verkstadsindustrin samt glasindustrin, pappersindustrin och den kemiska industrin. Tyngdpunkten ligger vid industriell verksamhet, som i huvudsak sysselsätter manlig arbetskraft. Näringslivet inom området har under det sista decenniet varit mycket expansivt. Särskilt gäller detta verkstadsindustriföretagen i Trollhättan. Framstegstakten inom metall- och verkstadsindustrin torde även komma att bli betydande under de närmaste åren. Endast en mindre del av industriföretagen inom Kungälvsområdet (Kungälv och de i Göteborgs och Bohus län belägna landskommunerna) ligger i själva älvdalen. Antalet sysselsatta i dessa uppgår till ca 350. Det enda större industriföretaget här tillhör pappersindustrin.

Kommunikationslederna i Götaälvdalen är av väsentlig betydelse, förutom för området kring älven, även för näringslivet i Vänerområdet och Bergslagen.

Av *huvudvägnätet* följer europaväg nr 6 (tidigare riksväg nr 2) mellan Göteborg och Kungälv västra älvstranden på ringa avstånd från denna. Vägen har på denna sträcka nyligen utbyggts till motorvägsstandard. Riksväg nr 45 (tidigare nr 7) genomlöper på sträckan Göteborg—Vänersborg älvdalen i så gott som hela dess längdriktning. Denna väg går mellan Göteborg och Trollhättan öster om älven, på långa sträckor mycket nära denna. Såvitt för närvarande kan bedömas, torde denna riksväg i stort sett komma att bibehållas vid sin nuvarande sträckning genom själva dalgången.

Länsväg nr 625 Kungälv—Trollhättan genomlöper i huvudsak dalgången på väster sida om älven. På långa sträckor går vägen nära älvstranden. Någon ändring av vägens huvudsakliga sträckning är inte aktuell.

Vägtrafiken över Göta älv är i Göteborg huvudsakligen hänvisad till Götaälvbron. Härtill kommer vissa färjeleder i Göteborg. Emellertid har en tunnelanläggning, som skall passera älven vid Tingstad öster om Götaälvbron, påbörjats. Anläggningen, genom vilken trafiken på europaväg nr 6 är avsedd att gå fram, beräknas bli färdig år 1967. Ytterligare planeras en bro över älven vid Färjenäs västerut.

Norr om Göteborg är vägförbindelserna över Göta älv följande. Vid Nye-bro (Agnesberg) finns bilfärja som ingår i allmän väg. Vid Jordfallet (Bohus) finns bilfärja som ingår i allmän väg. Emellertid har arbetsplan fastställts för en bro över älven på denna plats jämte anslutningsvägar till europaväg nr 6 och riksväg nr 45. Företaget påbörjas i år och beräknas ta två å tre år i anspråk. Med 10 m körbana och 2,25 m gångbana kommer denna förbindelse att få stor kapacitet. Vid Lilla Edet finns bro som ingår i allmän väg. Vid Trollhättan finns broar, av vilka en ingår i riksväg nr 45. Vid Vargön finns bro, som ingår i riksväg nr 44 Uddevalla—Vänern—Lidköping—Götene.

Bergslagsbanan går från Göteborg till Alvhem mycket nära Göta älvs östra strand, mellan denna och riksväg nr 45. Vid Alvhem viker järnvägen öster ut från älven, som den åter når i Trollhättan. I Trollhättan korsar järnvägen älven, följer sedan västra älvstranden en kort sträcka samt viker därefter västerut. Bergslagsbanan är elektrifierad. Ursprungligen förenades Lilla Edet med Bergslagsbanan genom Alvhem—Lilla Edets järnväg, som i hela sin sträckning följer östra älvstranden mellan denna och riksväg nr 45. Den allmänna trafiken på bibanan är nedlagd sedan år 1953. Banan ligger dock kvar som industrispår för godstrafik. Bergslagsbanans betydelse för näringslivets lokalisering i Götaälvdalen framgår av att flertalet betydande tätorter öster om älven ligger vid banan.

Göta älv korsas vidare i Göteborg av Bohusbanan och vid Vargön av järnvägslinjen Uddevalla—Herrljunga.

Om någon av vägarna eller Bergslagsbanan skulle avspärras, t. ex. genom ras vid älven, finns ganska goda möjligheter att dirigera om både den genomgående och den lokala trafiken. I så fall kan trafiklederna genom det inre av Bohuslän anlitas.

Från de synpunkter, kommittén har att anlägga, tilldrar sig farleden genom Göta älv, *Trollhätte kanal*, stort intresse. En avspärrning av denna medför som regel svåra ekonomiska konsekvenser för trafikanterna. Utom annat så kan tonnage, som befinner sig ovanför en spärr, bli liggande överksamt under den tid som går åt för att häva denna.

Kanalen öppnades för trafik år 1800. Trollhätte kanalbolags egendom inköptes år 1904 av staten. Kanalen förvaltas nu av statens vattenfallsverk

(Trollhätte kanalverk). Den har vid olika tillfällen ombyggts. Sista ombyggnaden blev färdig år 1916. Kanalen byggdes då för ett fartygsdjupgående av 4 m. Slussar och andra konstarbeten dimensionerades dock för 5 m djupgående. Slussarna är belägna vid Brinkebergskulle, Trollhättan (3) och Ström (Lilla Edet). Som följd av utförda rensningar, vattenståndshöjningar etc. har djupgåendet kunnat ökas till i allmänhet 4,6 m. Gällande reglemente tillåter en fartygslängd av 87 m och en bredd av 12,5 m. Vissa tider, då Vänerens vattenstånd är lågt, måste emellertid djupgåendet minskas för sträckan ovanför Brinkebergskulle sluss. Beslut föreligger dock om erforderlig fördjupning av kanalen på denna sträcka. Det som regel tillåtna djupgåendet 4,6 m motsvarar en fartygsstorlek av ungefär 2 300 ton dw.

I Vänerens andra förbindelse med havet, Göta kanal, är största djupgående endast 2,82 m, motsvarande en storlek av ungefär 300 ton dw. Detta innebär, att blott en mindre del av det tonnage, som använder Trollhätte kanal, kan löpa ut genom Göta kanal. I detta sammanhang må även nämnas möjligheten att, om älven är intakt norr om Kungälv, löpa ut i havet genom Nordre älv. Farleden i Nordre älv begagnas i allmänhet endast av mindre båtar med ett djupgående av högst 1,5 m vid medelvattenstånd. Emellertid kunde under den tid farleden i Göta älv var avstängd genom Surteskredet tillfällig trafik ordnas genom Nordre älv. Härvid fördes praktiskt taget alla uppströms rasplatsen instängda fartyg ut i havet, däribland ett antal större fartyg på upp till 2 000 ton dw.

Den allmänna tendensen mot större fartygstyper har, vad beträffar trafiken i Trollhätte kanal, accentuerats genom att trafiken direkt på utlandet ökat i omfattning. Krav har också framförts på fördjupning och annan förbättring av kanalen. Sålunda har Föreningen för Inre Vattenvägar gjort framställning om utredning av frågan. Sedan framställningen remitterats till vattenfallsstyrelsen, utförde styrelsen en utredning vars resultat redovisades i ett år 1954 avgivet remissyttrande. Enligt denna utredning kan Trollhätte kanal, med slussarna bibehållna i stort sett oförändrade, fördjupas så att 5,4 m djupgående kan tillåtas. Kostnaden skulle (efter 1954 års prisnivå) uppgå till 28 600 000 kr. Vid kostnadsberäkningen har förutsatts att fördjupningen över allt skall kunna genomföras utan att, med hänsyn till kanalslänternas stabilitet, extra avschaktningar eller andra särskilda åtgärder kommer att erfordras.

Vad beträffar farleden i Nordre älv, har sjöfartsstyrelsen på uppdrag av Kungl. Maj:t låtit utföra en utredning angående förbättring jämväl av denna farled. Utredningsuppdraget har motiverats med behovet av en tryggad sjöfartsförbindelse i Nordre älv under krigsförhållanden och eljest vid tillfällig avspärrning av Göteborgsgrenen av Göta älv. Enligt den till Kungl. Maj:t den 19 oktober 1961 överlämnade utredningen beräknas kostnaden för en farled genom Nordre älv, utförd i samma standard som Trollhätte kanal d. v. s. med 4,6 m djupgående, till 18 700 000 kr (varav 7 800 000 av-

ser broombyggnader). Några svårigheter att sedermera utbygga leden till att motsvara 5,4 m djupgående anses inte föreligga. Sjöfartsstyrelsen uttalar emellertid, att den framräknade kostnaden 18 700 000 kr bör kunna minskas med 7 700 000 kr, om det endast blir fråga om en farled som under begränsad tid skall kunna förmedla Vänertrafiken. Ett alternativ, som avser trafikering av Nordre älv provisoriskt under kortare tid med mindre kusttonnage och pråmar (högst 3 m djupgående), kostnadsberäknas i utredningen till 2 000 000 kr.

Trafikens på Trollhätte kanal omfattning och karaktär belyses av följande siffror:

Resor Vänersborg—Göteborg (eller del därav) och omvänt.¹

år	antal	nettoregister-ton
1956	17 832	1 972 217
1957	17 355	2 005 948
1958	15 114	1 816 561
1959	16 556	2 039 328
1960	17 087	2 246 512
1961	17 526	2 315 447

Fartygens storlek

	antal resor	
	1956	1961
10—40 nrgt	5 700	4 476
41—80 »	4 675	3 943
81—120 »	2 765	2 253
121—160 »	1 450	1 687
161—240 »	1 544	2 698
241—320 »	857	1 386
321—400 »	272	536
401—480 »	83	67
481—560 »	18	42
561—640 »	216	103
641—720 »	115	166
721— »	137	169

Antal passagerare, inom parentes anges antal till och från Göta kanal

1956	16 319	(4 441)
1957	11 182	(3 416)
1958	10 291	(3 874)
1959	12 877	(2 997)
1960	14 677	(3 966)
1961	14 152	(4 647)

Godsmängd i ton²

år	totalt	Godsmängd i ton ²		till och från utlandet
		uppgående %	nedgående %	
1956	2 562 000	50,6	49,4	1 519 661
1957	2 575 000	50,3	49,7	1 483 606
1958	2 301 000	55,8	44,2	1 235 946
1959	2 719 000	57,3	42,7	1 556 596
1960	3 019 000	59,0	41,0	1 752 805
1961	3 167 000	56,0	44,0	1 792 881

¹ Fartyg om 10 nrgt och däröver.

² Endast sträckan Vänersborg—Ström.

I siffran för totala godsmängden utgör:

	1956	1961
mineraloljor	543 271	840 586 ton
trävaror	512 469	355 416 »
kol	306 632	249 262 »
pappersmassa	200 115	285 536 »
malmer, alla slag	352 414	345 715 »
sten	136 100	311 901 »

Göta älv lämnar fortfarande, även om dess betydelse härvidlag relativt sett minskat, viktiga bidrag till landets *kraftförsörjning*. Energiproduktionen i kraftstationerna i Trollhättan, Vargön och Lilla Edet uppgick till följande antal MWh (1 000 kWh), år 1956 923 621, år 1957 1 203 149, år 1958 1 417 524, år 1959 1 391 700, år 1960 1 330 828 och år 1961 1 524 589. Som jämförelse kan nämnas, att energiproduktionen i statens vattenfallsverks samtliga kraftstationer år 1960 uppgick till sammanlagt 13 365 000 MWh.

Gällande bestämmelser om vattenföringen i Göta älv återfinnes i Västerbygdens vattendomstols dom den 19 juni 1937 i mål angående Vänerns reglering¹ (vattenöverdomstolens dom den 18 april 1939 och Kungl. Maj:ts dom den 10 juni 1940). Se även vattendomstolens dom den 25 mars 1955 angående ändrade bestämmelser för Vänerns reglering m. m.

Göta älv har stor betydelse för *vattenförsörjningen* i älvdalen. Flera industrier tar sitt råvatten direkt ur älven. I sådant fall kan under ogynnsamma förhållanden verkningar av ett inträffat skred — i form av ökad uppgrumling av vattnet eller förorening av detta genom oljor e. d. — medföra skador och hinder i produktionen.

Eftersom vattentillgångarna i denna landsända är relativt begränsade, är vissa städer och större samhällen hänvisade att ta sitt råvatten ur Göta älv, fastän dennas vatten ingalunda är förstklassigt för ändamålet. Älven utgör sålunda vattentäkt för Trollhättans stad, Vargöns, Lilla Edets och Göta samhällen i Älvsborgs län samt Göteborgs stad. Vidare beräknas bl. a. Stenungsunds samhälle, där en kraftig industriell expansion pågår, i en senare utbyggnadsetapp komma att få tillgodose en del av sitt vattenbehov ur Göta älv.

Särskild uppmärksamhet påkallar Göteborgs vattenförsörjning. Vissa problem, som är förknippade med denna, kan emellertid bli aktuella även för andra samhällen som tar sitt vatten ur älven. Göteborg tillföres för närvarande den övervägande delen av sitt råvatten ur Göta älv via ett vattenintag vid Lärjeholm strax norr om staden. Enligt föreliggande planer skall vattentillförseln till nuvarande Alelyckeverket i varje fall under den närmaste 10-årsperioden baseras på Göta älv. Även vid utbyggnad av ytterligare ett vattenverk i staden skall enligt ett av de föreliggande förslagen vattentillförseln till en början baseras på älvvatten från Lärjeholm. Först om älvvattnets kvalitet i ett senare skede blivit väsentligt försämrad, förutsätter detta förslag att staden söker sig till annan vattentäkt (i första hand torde

¹ Tryckt i Tekniska meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen ser. B nr 21. 1937.

sjön Lygnern på gränsen mellan Halland och Västergötland komma ifråga). Definitivt beslut angående vattenanskaffningen för staden väntas föreligga inom loppet av år 1962.

De risker för Göteborgs vattenförsörjning, ett skred i älv dalen kan föra med sig, är — vid sidan av olägenheter genom ofrånkomlig uppgrumling av vattnet — huvudsakligen av två slag. Sålunda kan skador på upplag och förråd i industrianläggningar eller annorstädes orsaka att oljor, giftiga ämnen eller liknande förorenar älvens vatten. Denna risk accentueras i den mån skredet medför minskad vattenföring i älven. Vidare inträffar det, om vattenföringen i älvens nedre del blir alltför ringa, att saltfronten i älven tränger upp förbi vattenintaget vid Lärjeholm. Eftersom saltvatten inte kan användas för hushållsbruk, innebär detta att vattentillförseln från älven måste avbrytas. Enligt gjorda beräkningar krävs för att hålla saltfronten nedanför vattenintaget, under i övrigt gynnsamma förhållanden, en vattenföring i Göteborgsgrenen av Göta älv icke understigande 125 m³/sek, i undantagsfall under något dygn 80 m³/sek. Anmärkas må, att vid ett skred minskning i vattenföringen kan uppträda som en direkt följd av själva skredet. Vidare kan emellertid tappningen ur Väneren behöva minskas för att underlätta olika åtgärder som blir nödvändiga, t. ex. uppmuddring av älvfåran.

I detta sammanhang kan nämnas, att i Nordre älv vid Ormo anlagts en skärmdamm med syfte att vid ringa tappning i Göta älv pressa huvudparten av det framrinnande vattnet till Göteborgsgrenen för att på så sätt hindra saltvatten att tränga upp till vattenintaget vid Lärjeholm. Den tvärs över älven lagda dammen består av fyra fällbara skärmar om vardera 35 m längd, kopplade i par i två grupper. Dessa skärmar kan manövreras oberoende av varandra. Västerbygdens vattendomstol har (genom domen den 25 mars 1955, omnämnd ovan) meddelat föreskrifter om skärmdammens handhavande, enligt vilka bl. a. skärmen i farledssektionen skall fällas ned då så erfordras för sjöfartens tillgodoseende. I nedfällt läge ligger skärmen 5 m under havets medelvattenyta. För småbåtstrafiken är en 5 m bred genomfart iordningställd på sidan av skärmdammen och ordnad så att båtarna vid stark ström kan dras igenom den 1,9 m djupa öppningen.

Om vattentillförseln ur Göta älv avstänges, kan enligt inhämtade upplysningar Göteborgs vattenförsörjning för närvarande klaras under 10—14 dagar från Lärjeån och vissa reservmagasin, förutsatt att det finns vatten i ån och att reservmagasinen är fyllda vid avstängningen. Enligt det ovan nämnda förslaget till nytt vattenverk för staden, vilket ansetts böra vara utbyggt omkring årsskiftet 1965/66, skulle staden erhålla ett betydande reservmagasin i Delsjöarna, tillräckligt för att klara stadens vattenbehov under drygt en månad.

Av inträffade *större skred* torde det äldsta i den topografiska litteraturen behandlade vara det vid *Jordfallet* nära Bohus. Genom åldersbestämning av

gamla ekstockar med hjälp av C^{14} -metoden (se kapitel 4) har tidpunkten för skredet ansetts kunna fixeras till omkring år 1150. Skredärret anges på Sveriges geologiska undersöknings jordartskarta över Götaälvdalen. Närmare upplysningar om katastrofen saknas emellertid.

Även andra skred omnämns utan närmare datering, t. ex. ett skred vid Haneström vid Göta.

Den största skredkatastrofen i historisk tid inträffade den 7 oktober 1648 vid *Intagan* strax söder om Åkerström vid Trollhättan. Lermassorna, som därvid rasade ut från det dåvarande norska landet på älvens västra strand, dämde upp älven. Detta orsakade en översvämning som kostade minst 85 människor livet. Norr om *Intagan* förstördes ett stort antal hus och fartyg. När vattenmassorna plötsligt bröt igenom den uppkomna fördämningen, uppstod en flodvåg med stora skadeverkningar mildtals nedströms som följd. Skredområdet vid *Intagan* sträcker sig över hela den sedimentfyllda delen av dalgången med en största bredd av ca 500 m samt begränsas av den branta bergssidan och, i söder, av en stor ravin. Hela arealen uppgår till omkring 27 har. (Jfr SGU, C nr 539, 1957.)

Ett »märkligt jordfall» uppges ha inträffat någon tid före år 1690 vid Lilla Edet. Såväl den exakta dateringen som identifieringen av skredärret i terrängen är emellertid vanskelig.

I *Torpa* strax norr om Slumpåns mynning i Göta älv (mellan Trollhättan och Lilla Edet) har ett skred inträffat, sannolikt mellan 1686 och 1697. Skredområdet (flaskskred), som numera övertäckas av riksvägen, har en areal av omkring 8 har.

Enligt upplysning i lantmäterihandlingar inträffade i mars 1733 ett skred vid *Ballabo* på älvens västra sida ca 500 m nedströms gamla sulfitfabriken i Göta. Ett område om ca 3 har gled därvid ut i älven.

Nästa skred av större omfattning inträffade omkring år 1750. Enligt uppgift gled då ett jordområde om 10 tunnland av gårdarna *Ödegärdet och Skörsbo* i Västerlanda socken (på västra älvstranden) ut i älven, där jorden genast bortfördes utan att någon vidare olycka inträffade. Enligt en annan uppgift ägde vid ett senare tillfälle, någon gång mellan 1830 och 1840, ännu ett jordskred rum på samma plats.

Natten mellan den 21 och 22 december 1759 ägde ett stort skred rum vid *Bondeström* på västra älvstranden strax norr om Ström. Det skedde i samband med en jordbävning. I denna trakt finns två skredärr, av vilka det större indicerar en utgliden volym av ca 400 000 m³ och det mindre en utgliden volym av ca 100 000 m³.

Enligt upplysning i lantmäterihandlingar inträffade natten till den 21 december 1806 ett s. k. flaskskred vid *Utby*, väster om Göta älv, ca 4 km norr om Hjärtums kyrka. Leran inom ett nära 9 tunnland stort område med god åkerjord rann ut i den intilliggande Kvillebäcken och dämde upp vattnet, så att ytterligare 3 tunnland mark förstördes.

Det har sålunda inträffat åtskilliga ganska betydande skredkatastrofer under senare delen av 1600-talet, under 1700-talet och i början av 1800-talet. Senare delen av 1800-talet och första hälften av 1900-talet tycks däremot ha varit en period av relativt lugn, en period som fick ett tvärt avbrott genom Surte- och Götaskreden under 1950-talet.

Skredet i *Surte* (fig. 1) inträffade den 29 september 1950. (Jfr SGU, Ca nr 27, 1956.) Det omfattade ett ca 600 m långt (öst—väst) och 400 m brett (nord—syd) område i södra delen av Surte industrisamhälle. Området slutade från öster mot älven. Inom området fanns 31 bostadshus (egnahem och hyreshus) samt några lador och förrådsbyggnader. I husen var inrymda 118 bostadslägenheter och ett tiotal affärslokaler. Området beboddes av ca 375 personer. Skredet skedde mycket snabbt, enligt vittnesuppgifter på två till fyra minuter. Jordmassorna försköts uppemot 100 m. Marknivån höjdes på sina ställen upp till 2 m. Jordmassorna fortsatte ut i älven till västra stranden, där en smal ränna bildades. I älven uppstod en flera meter hög våg. Husen inom området blev mer eller mindre förstörda. Ett bostadshus skars sålunda i två delar. Några hus kastades över ända och några begravdes delvis, andra flyttades 50 till 100 m från sin ursprungliga plats. Olyckan krävde ett dödsoffer, och två andra personer skadades svårt. Riksvägen och Bergslagsbanan förstördes på sträckan genom skredområdet, varjämte älven som nämnts igenproppades. Telefon- och elektriska ledningar genom området förstördes.

Skredområdets återställande igångsattes snabbt. För arbetet med trafiklederna sörjde vederbörande statliga verk. Huvudvägen kunde öppnas för trafik redan den 9 oktober. Genom militär försorg hade under tiden, för den omdirigerade trafiken, byggts en pontonbro över älven. Denna bro var i bruk under tiden den 3—9 oktober. Fartygstrafiken förbi skredområdet kunde åter börja den 19 oktober i en ränna med 3,85 m djup vid medelvattenstånd, och den 23 november hade man fått till stånd en kanalled med samma dimensioner som före raset. Järnvägslinjen genom området öppnades den 19 oktober.

Genom kommunens försorg byggdes nya bostäder åt de husvilla inom ett nytt bostadsområde. Efter omkring fyra och en halv månad stod här 41 nya hus klara. Tillfällig inkvartering, ersättning för förstörda inventarier och andra sociala åtgärder handhades under tiden av en av kommunen tillsatt kommitté, som till sitt förfogande hade på frivillig väg insamlade medel.

De i enskild ägo befintliga fastigheterna på skredområdet inlöstes av staten efter värden som föreslogs av en särskild värderingskommitté. Inlösningsvärdena baserades på de värden fastigheterna ansågs ha haft omedelbart före katastrofen. De mest skadade byggnaderna revs eller bortforslades. Tio av de minst skadade kunde sättas i stånd. De inlösta fastigheterna sammanlades till en. I samband med att ny byggnadsplan upprättades över

området genomfördes en ny fastighetsindelning. På våren 1953 kunde ett 50-tal familjer åter flytta in på området.

Väg- och vattenbyggnadsverkets kostnader för vägarbeten och för åtgärder i syfte att leda viss sjötrafik genom Nordre älv uppgick till ca 600 000 kr. Statens vattenfallsverks kostnader för farledens iståndsättande uppgick till ca 1 000 000 kr och statens järnvägars kostnader för järnvägens återställande till ca 850 000 kr. Till dessa belopp kommer ökade trafik kostnader som följd av trafikens omdirigering. Till kostnader för andra än nu nämnda åtgärder i anledning av Surtekatastrofen har riksdagen anvisat sammanlagt 5 000 000 kr. Större delen av detta belopp har avsett inlösen av skredområdet och områdets iordningställande. Genom att staten sedermera försålt den fasta egendomen har emellertid statsverket tillförts vissa inkomster. Den tidigare nämnda, av kommunen tillsatta kommittén använde i runt tal 545 000 kr till ersättning för förstörda inventarier m. m.

Den 13 april 1953 inträffade ett skred på Bergslagsbanan vid *Guntorp* i Lödöse kommun. Skredplatsen är belägen vid Guntorpsbäcken omkring 4 km uppströms dennas utflöde i Göta älv. Järnvägen följer här bäcken på en sträcka av över 2 km. Vid skredet sjönk banvallen på 60 m längd nästan lodrätt 6—7 m och jordmassorna vid och nedanför järnvägen försköts mot bäcken. Trafiken på järnvägen blev genom skredet helt avbruten och kunde återupptas först den 10 juni. Kostnaderna för själva återställandet av järnvägen beräknas till ca 775 000 kr. Härtill kommer givetvis, som följd av trafikens omdirigering, ökade trafik kostnader. (Jfr Meddelande från SJ:s geotekniska avdelning 15.5.1954, nr 4.)

Skredet i *Göta* (fig. 2) den 7 juni 1957 omfattade ett område, ca 1 500 m långt (nord—syd) och med en största bredd av 300 m (öst—väst), som slutade mot älven. Inom skredområdet låg en stor del av Sulfit AB Götas anläggningar. Bolaget sysselsatte vid katastrofen 273 arbetare samt 37 tjänstemän och förmän. Sammanlagt ca 780 personer var för sin försörjning beroende av bolaget. På morgonen hade, 20—30 m från älven, en omkring 150 m lång spricka upptäckts på södra delen av fabriksområdet. Själva skredet inträffade vid middagstiden och var över på några minuter. Största förskjutningen i horisontal led uppgick till närmare 70 m. Inom fabriksområdet begravdes några byggnader samtidigt som de trycktes ihop. Andra byggnader försköts avsevärt från sin ursprungliga plats. Sålunda raserades renseriet, verkstadsbyggnaden med ritkontoret, pappsalen och vaskeriet helt. En del av kokeribyggnaden spolierades. Hela vedgården följde med i skredet. Vidare förstördes kajer, lyftkranar och flera oljecisterner. Skredet fortsatte ut i älven och orsakade där en betydande uppgrundning. Älvfåran som vid rasplatsen haft en bredd av ca 120 m, sammanpressades till omkring 50 m. Raset åstadkom en flodvåg, som vid Lilla Edets pappersbruk uppströms rasplatsen nådde en höjd av sex meter. Vid katastrofen omkom tre arbetare, som befann sig i renseriet. Tre andra arbetare skadades. Som en

följd av katastrofen måste driften vid sulfittfabriken upphöra. Uppgrundningen i älven medförde att farleden förbi rasplatsen inte kunde användas. Vid rastillfället uppehöll sig 108 fartyg (64 svenska) i älven norr om rasplatsen eller i Vänern. Av dessa var 54 (43 svenska) inte större än att de genom Göta kanal kunde ta sig ut i havet. Kraftverken i älven sattes ur funktion, då man bl. a. med hänsyn till faran för erosion och nya skred kunde släppa fram endast en obetydlig mängd vatten i älven.

Den vid sulfittfabriken friställda arbetskraften bereddes till en början sysselsättning bl. a. vid återställande av skredområdet och oppmuddring av farleden. Uddeholms AB som ägde Sulfit AB Göta lät vidare snart, som ersättning för sulfittfabriken, på platsen anlägga ett träsliperi som ur sysselsättningssynpunkt kan jämföras med den gamla sulfittfabriken. I stort sett kan därför sägas, att de av Götaskredet vållade sysselsättningssvårigheterna snabbt övervanns.

Arbetet med farledens återställande ombesörjdes liksom i Surte av statens vattenfallsverk och påbörjades omedelbart. Sedan en provisorisk rännafärdigställt, kunde under dagarna den 4—7 juli flertalet instängda fartyg löpa ut. Den 7 juli kunde trafiken återupptas med ett till 4,1 m reducerat djupgående. Den 1 november upptogs trafiken i normal omfattning. De totala muddringsmassorna uppgick till ca 1 000 000 m³. För att minska riskerna för ytterligare ras gjordes avschaktningar på land utmed farleden. På land sålunda bortschaktade massor uppgick till ca 200 000 m³. Kostnaderna för farledens iståndsättande uppgick till ca 10 100 000 kr.

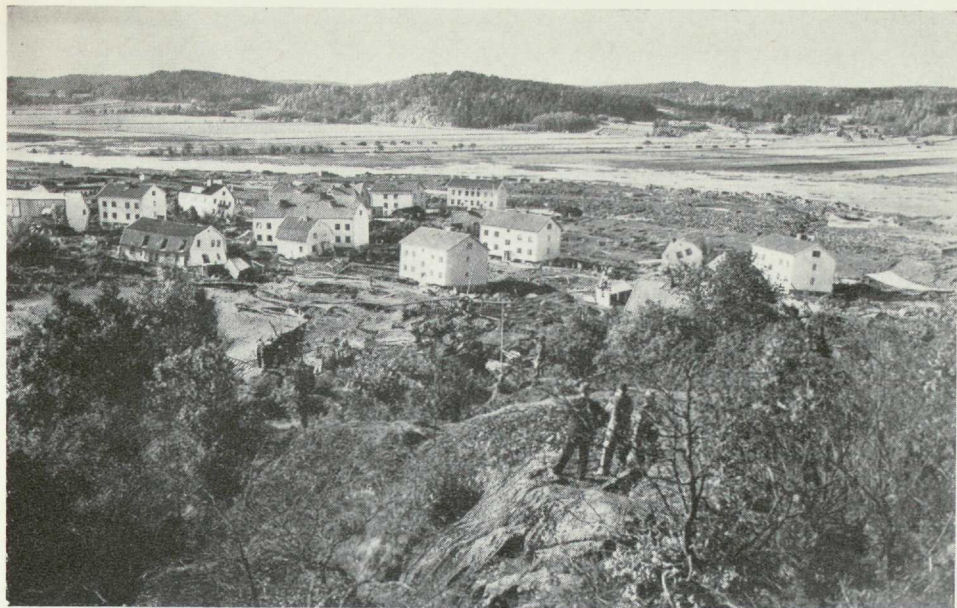


Fig. 1. Skredet i Surte den 29 september 1950. Press-Foto 1950.

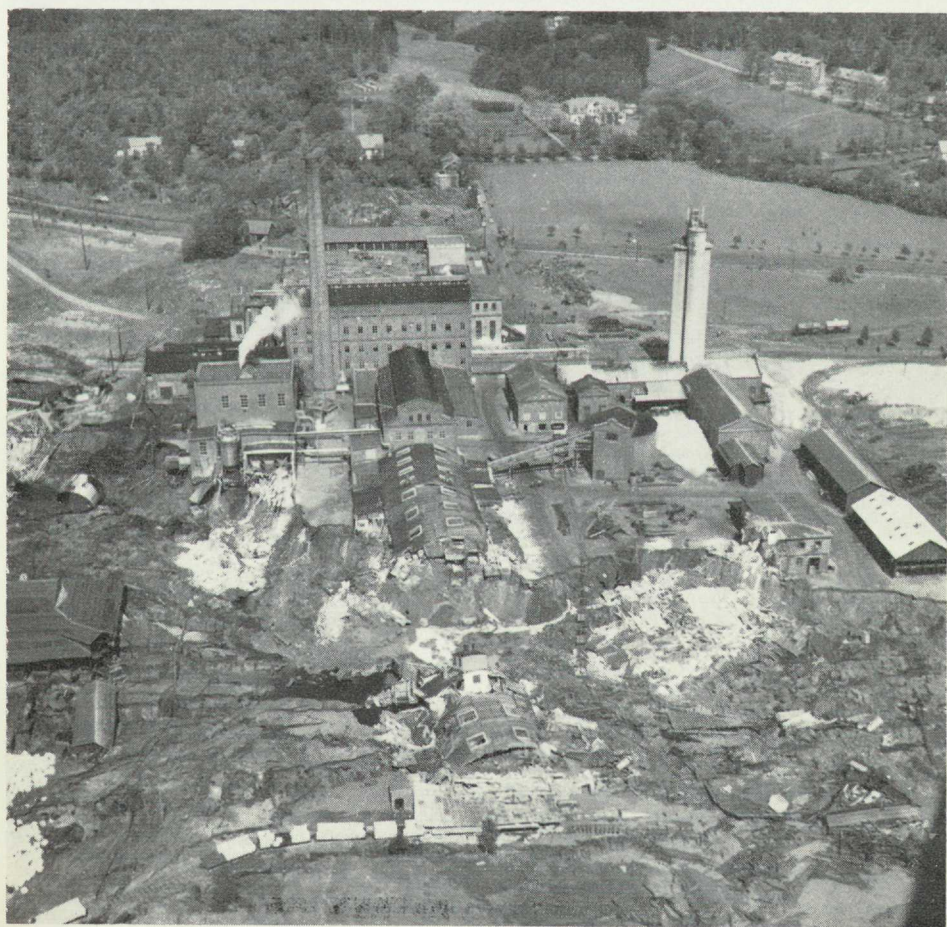


Fig. 2. Skredet i Göta den 7 juni 1957. Press-Foto 1957.

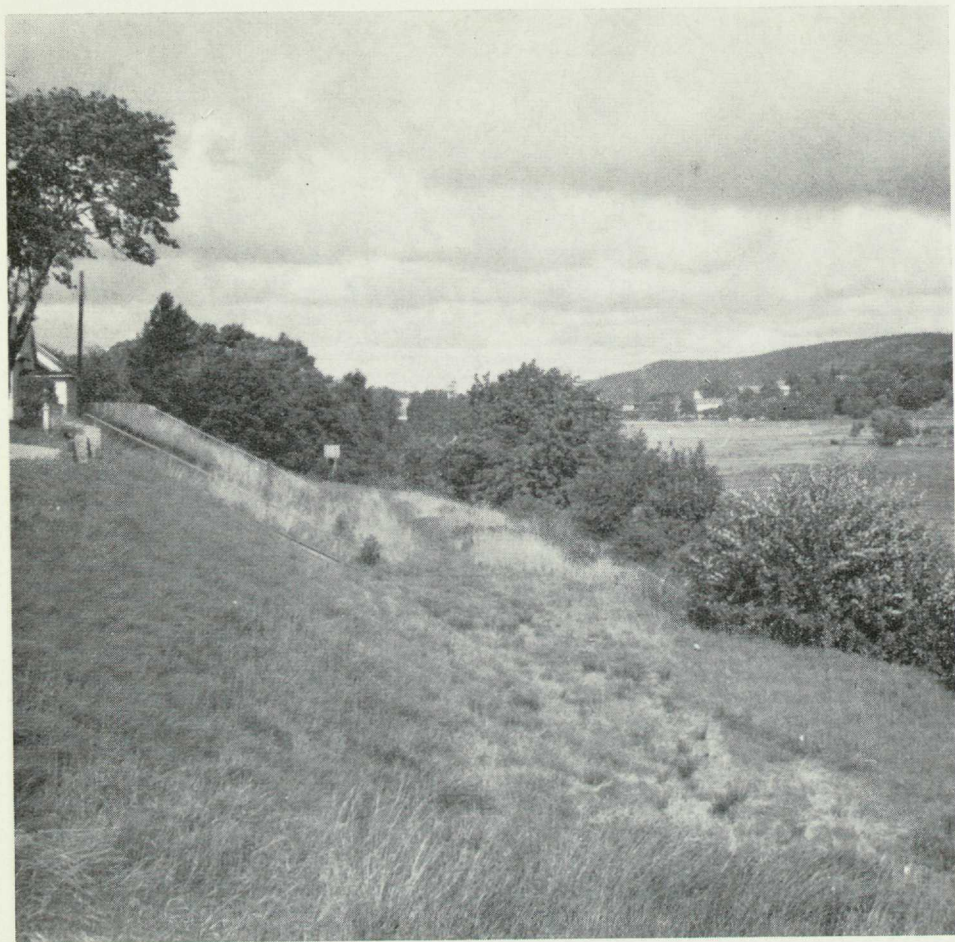


Fig. 3. Avschaktning vid Strandbacken utförd år 1959. Foto Å. Paulsson 1962.

KAPITEL 3

Vidtagna åtgärder

Under utredningsarbetet har kommittén, som tidigare nämnts, föranletts att vidta omedelbara, huvudsakligen av säkerhetshänsyn motiverade punktåtgärder av olika slag.

Det kunde från början inte uteslutas att bostadsbebyggelse, industrier, oljeupplag o. d. fanns inom skredfarliga områden. Vidare var det uppenbarligen angeläget att sådana anläggningar inte placerades där skredrisk kunde föreligga. Belastningar som kunde rubba stabiliteten i ogynnsam riktning måste undvikas. Med hänsyn härtill strävade kommittén tidigt efter att få kontakt med de organ, som har bebyggelselokaliseringen om hand, i första hand byggnadsnämnder och andra kommunala myndigheter, länens planeringsmyndigheter samt industrierna i älvdalen. Den 14 september 1957 avlät kommittén i sådant syfte till byggnadsnämnderna i kommunerna i Göta-älvdalen en skrivelse av i huvudsak följande innehåll.

Kommunala myndigheter, särskilt byggnadsnämnderna, inom det av rasriskerna i Götaälvdalen berörda området har ej sällan att ta ställning till planerade företag, vid vilka på grund av rasriskerna krävs särskilt hänsynstagande till grundförhållandena. Undersökning av geoteknisk art kan därvid visa sig nödvändig. Sådana företag kan bestå i planläggning för bebyggelse (byggnadsplan eller stadsplan), uppförande av industriell anläggning, anordnande av mera omfattande upplag för förvaring av olja e. d., utförande av vatten- och avloppsanläggning o. s. v.

För närvarande pågår i älvdalen omfattande undersökningar av geologisk-geoteknisk art. Resultaten av undersökningarna är avsedda att ligga till grund för bl. a. kommitténs överväganden. Då emellertid slutliga resultat för hela dalgången torde komma att dröja ganska länge, är meningen att resultat av delundersökningar under hand skall redovisas till kommittén. Undersökningarna bedrivs i statens geotekniska instituts och Sveriges geologiska undersöknings regi.

Kommittén är angelägen att så tidigt som möjligt få kännedom om företag av här antytt slag, vilka redan är eller framdeles blir aktuella i älvdalen. Därför tillåter sig kommittén hemställa till byggnadsnämnderna att underrätta kommittén om sådana företag. Sådan underrättelse bör innehålla en kortfattad redogörelse varav framgår platsen för företaget, dess beskaffenhet och omfattning, vilka undersökningar av geoteknisk art som eventuellt planeras m. m.

I viss utsträckning torde det bli möjligt att anknyta specialundersökningar av geoteknisk art, vilka enligt det anförda visar sig nödvändiga ute i kommunerna, till den stora, hela dalgången omfattande undersökningen. Härigenom kan dubbelarbete undvikas samt kostnadsbesparingar och en önskvärd samordning i fråga om bedömningsgrunder m. m. vinnas. Kommittén är villig att förmedla kontakter

mellan kommunala organ och enskilda företag å ena samt geotekniska institutet och geologiska undersökningen å andra sidan i frågor rörande undersökningsarbeten varom nu är fråga.

I en ny skrivelse den 13 november 1957 riktade sig kommittén till styrelserna i kommunerna i Götaälvdalen. Därvid uttalades, att kommittén räknade med kommunernas medverkan i sitt arbete. Kommittén anhöll, att de kommunala organen måtte hålla kommittén underrättad om olika förhållanden som kunde antas vara av intresse i detta sammanhang.

Den 11 mars 1958 hölls i Göteborg ett informationsmöte. Till detta hade inbjudits kommuner och industrier i Götaälvdalen, länsstyrelserna i de båda länen, vederbörande länsarkitekter, distriktsingenjörer för vatten och avlopp, överlantmätare och vägförvaltningar m. fl. Vid mötet lämnade kommitténs experter redogörelse för uppläggningsplanerna och vunna resultat av de pågående geologisk-geotekniska undersökningarna i älvdalen. Från kommitténs sida framhölls angelägenheten av att beakta stabilitetsförhållandena vid bebyggelselokalisering och annan anläggningsverksamhet i dalgången. Vidare framhölls det nödvändiga i att sätta in geotekniska undersökningar, innan man tog ställning till frågor om ökad belastning på områden där skredrisker kunde misstänkas. Slutligen underströks kommitténs önskan att hålla kontakt med berörda myndigheter, industrier och andra intressenter i alla frågor som sammanhänge med rasriskerna.

I fortsättningen har upprepade samråd ägt rum mellan kommittén och dess expertis, å ena, samt länsstyrelserna, byggnadsnämnderna och även enskilda företagare, å andra sidan, i aktuella stabilitetsfrågor. Från myndigheternas sida har eftersträvat, att tillämnad planläggning för bebyggelse och separata anläggningsföretag av skilda slag skulle föregås av betryggande geotekniska undersökningar i fall där sådana ansetts påkallade. Genom samarbetet har kommittén också fått kännedom om olika lokala problem.

Stabilitetsförhållandena torde numera beaktas både av statliga och kommunala myndigheter och av enskilda. I anslutning till planläggning och anläggningsverksamhet har geotekniska undersökningar blivit utförda i stor utsträckning på bekostnad av både kommuner och enskilda. Även för att utröna stabiliteten inom områden, där i detta sammanhang betydelsefulla anläggningar redan finns, har omfattande undersökningar satts in. Olika slags stabilitetsförbättrande åtgärder har också utförts såväl på kommunalt som på enskilt initiativ. Här kan nämnas avschaktningar, erosionsskydd och anordningar för att minska grundvattentrycket ävensom förflyttning av fabriksanläggningar inom Lilla Edets Pappersbruks AB:s fabriksområde i Lilla Edet.

Vid behandling inom kommittén av säkerhetsfrågor har diskuterats de åtgärder, som vid skreden i Surte den 29 september 1950 och Göta den 7

juni 1957 vidtogs för att bispringa de personligt drabbade och avhjälpa skadorna. I anslutning härtill har sammanställts en promemoria med synpunkter på de åtgärder, som bör vidtas av de lokala myndigheterna vid skred eller skredfara i älv dalen. Vid promemorian har även fogats en redogörelse för åtgärder, som vidtogs i Surte och Göta. Promemorian innehåller följande.

Vid en katastrof har man att räkna med att en rad olika åtgärder av lokala organ blir erforderliga. Ledningen för åtgärderna på det kommunala planet torde i regel böra ligga hos någon i förväg utsedd kommunal förtroendeman eller tjänsteman med anknytning till kommunens styrelse (drätselkammaren resp. kommunalnämnden). Lämpligt kan sålunda vara att uppgiften anförtros styrelsens ordförande, kommunalkamreraren eller tjänsteman i motsvarande ställning.

Underrättelse om en inträffad katastrof och om sprickbildningar eller andra omständigheter, som kan varsla om fara för skred, kan givetvis nå ansvariga organ på olika vägar. Med hänsyn till de möjligheter den kommunala brandkåren har att handla vid katastrofer av olika slag torde det för allmänheten vara naturligt att vända sig till denna, om något skulle hända. Kommunbrandkåren kan i samtliga kommuner i älv dalen nås per telefon alla tider på dygnet. Det kan även nämnas, att televerkets SOS-tjänst för närvarande omfattar kommunerna söderifrån i älv dalen t. o. m. Skepplanda och Romelanda. Man kan räkna med att den så småningom kommer att omfatta hela älv dalen. SOS-tjänsten är inställd på att alarmera vederbörande brandkår vid meddelande till telefonnummer 90 000.

Såväl vid en inträffad katastrof som vid skredfara är ingripande av olika, huvudsakligen statliga myndigheter och institutioner i regel påkallat. Dessa bör omedelbart kontaktas. Myndigheter och institutioner, som härvid — av skäl för vilka i det följande redogöres — i första hand kommer i fråga, är länsstyrelsen i länet, den lokala polismyndigheten, statens vattenfallsverk (kraftverket och kanalverket i Trollhättan), Göteborgs stads vatten- och avloppsverk, vägförvaltningen i länet, järnvägsmyndigheterna (distriktskansliet i Göteborg) och statens geotekniska institut i Stockholm.

Länsstyrelsen har att leda och samordna olika åtgärder. Den lokala polismyndigheten (landsfiskalen, stadsfiskalen eller polismästaren) åligger bl. a. att sörja för ordningens upprätthållande. Statens vattenfallsverk tar ställning till frågor om vattnets framsläppande i älven och åtgärder beträffande farleden. Göteborgs stads vatten- och avloppsverk har största intresse av att åtgärder vidtas, som kan vara erforderliga till skydd för det vatten som verket tar ur älven. Vägförvaltningen har att, om allmän väg skadats eller utsättes för fara, sörja för reparations- och säkerhetsåtgärder. Järnvägsmyndigheterna har att ingripa om järnvägslinje berörs av det inträffade. Statens geotekniska institut slutligen kan ställa expertis till förfogande för bedömning av säkerhetsfrågor och frågor om skyddsåtgärder av olika slag.

Det är knappast möjligt att på förhand i detalj ange hur det lokala hjälparbetet skall organiseras vid en katastrof. Endast vissa riktlinjer skall här antydast.

Den kommunala ledningen får söka engagera kommunala förtroendemän och tjänstemän, personal från industriföretag, i orten arbetande organisationer m. fl. i den mån sådana står till förfogande. Som exempel må i första hand nämnas polis- och brandkårer (kommunala såväl som industribrandkårer). Bland organisationer kan nämnas civilförsvaret, hemvärn, röda korskårer och lottakårer.

Vid katastrofen kan människor ha omkommit eller skadats. Det kan vidare vara anledning misstänka, att människor saknas. I sistnämnda fall blir det självfallet

en angelägen uppgift att fastslå vilka som saknas. Alla för ändamålet tillgängliga resurser måste omedelbart sättas in på att få skadade under vård samt söka efter och bispringa eventuellt saknade.

Omständigheterna kan vara sådana, att det är lämpligt att dela upp hjälparbetet.

Om sålunda på rasplatsen krävs ett omfattande arbete för att rädda liv eller egendom, kan detta arbete bära anförtros en särskild arbetsgrupp med en för uppgiften lämpad person i spetsen. Som kärna i denna arbetsgrupp — för vilken utbildning för olika slags räddningsarbete och tillgång till materiel för sådant arbete, såsom domkrafter, skäragegregat m. m. är av värde — torde man i allmänhet bära räkna med brandkårspersonal.

Vid sidan av själva räddningsarbetet kan »sociala» åtgärder av olika slag behöva vidtas. Om ett bostadsområde måste utrymmas, kan det sålunda bli nödvändigt att ordna inkvartering för de husvillan. Utspisning kan behöva ordnas för husvillan och hjälpmanskap. Egendom av olika slag inom rasområdet kan behöva omhändertas och vårdas o. s. v. Även för sådana uppgifter kan det vara ändamålsenligt att organisera olika arbetsgrupper med en särskild chef i spetsen för var och en.

En svårbemästrad situation kan uppstå, om älvvattnet utsätts för förorening t. ex. genom läckage i en oljeanläggning. Härvid kan det bli nödvändigt att omhänderta eller oskadliggöra utrunnen olja i stora mängder, ordna fördämningar o. s. v. Om de lokala resurserna inte förslår härvidlag måste hjälp påkallas utifrån. Möjligheter att lämna sådan torde Göteborgs hamn och vissa oljeföretag i Göteborgsområdet ha.

Åtgärder, som här avses, kan givetvis medföra utgifter för vederbörande kommun. Detta innebär dock ej att kommunen slutligt skall stå för alla sådana kostnader. Det kan sålunda nämnas, att vid skreden i Surte och Göta staten ersatt kostnader för olika uppröjningsarbeten på själva rasplatsen och för omedelbart erforderliga stabiliseringsåtgärder.

Ifrågavarande promemoria och redogörelse överlämnades med skrivelse den 24 februari 1959 till chefen för inrikesdepartementet. Sedan departementschefen den 13 mars samma år föreskrivit, att promemorian skulle överlämnas till länsstyrelserna i Göteborgs och Bohus samt Älvsborgs län, att av dessa för kännedom distribueras till vederbörande kommunala myndigheter m. fl., har promemorian tillställts bl. a. styrelserna i kommunerna i älvdalen. I dessa har med anledning härav vidtagits mer eller mindre långtgående dispositioner. I Lilla Edets köping har t. ex. tillskapats en beredskapsorganisation för katastroffall, försedd med högklassig räddningsutrustning. Denna organisations användbarhet är givetvis inte endast inskränkt till raskatastrofer.

Av den anledningen att Göta älv användes som vattentäkt kan vissa svårigheter uppkomma vid skred ut i älven. Göteborgs stads vatten- och avloppsverk har för kommittén uttalat, att om olja eller giftiga ämnen kommer ut i älven ovanför stadens vattenintag — vilket man måste räkna med vid skred i den högindustrialiserade älvdalen — det kan bli nödvändigt att stoppa verkets vattentillförsel från älven. Vidare har framhållits svårigheterna att avlägsna olja som en gång runnit ut i vattnet och att tillräckligt snabbt konstatera om vattnet förorenats med giftiga ämnen. Det kan i detta

sammanhang nämnas, att vid skredet i Göta oljecisterner, inrymmande tillhoppa ca 1 750 m³ olja, förstördes varvid oljan rann ut på skredområdet. Man lyckades emellertid här, genom ett omfattande och komplicerat arbete, delvis ta om hand och delvis förstöra oljan innan den rann ut i älvvattnet. Med hänsyn till de speciella problem, som ur nu angivna synpunkter kan uppkomma vid skred inom område med upplag av olja eller giftiga ämnen, har kommittén låtit utföra en inventering av utmed Göta älv befintliga dylika upplag i syfte att söka bedöma om upplagsplatserna är stabila. Inventeringen har utförts genom Göta älvs vattenvårdsförbunds försorg. Förbundet har låtit uppgöra en förteckning med tillhörande karta över kända större olje- och kemikalieupplag utmed älven. Kommittén har sedan med utgångspunkt från denna utredning och företagna undersökningar på olika upplagsplatser sökt bedöma, huruvida upplag ligger inom område som kan anses skredfarligt.

De överväganden som härvidlag gjorts av kommittén i samråd med geoteknisk expertis har icke gett anledning att förorda tvångsåtgärder för bortflyttning av något upplag. I kapitel 7 kommer att behandlas frågan om vad som bör göras för att hindra att här avsedda upplag i framtiden förläggs till andra än säkra områden.

Emellertid kan icke helt bortses från möjligheten av händelser som kan leda till föroreningar av älvvattnet. Kommittén kommer därför i det följande (kapitel 7) att lämna vissa rekommendationer rörande motåtgärder, som lämpligen bör vidtas i beredskapssyfte.

Vid anordnande av trafikleder är markstabiliteten uppenbart av avgörande betydelse. Vid riksvägens, järnvägens och kanalledens återställande efter Surteskredet, vid järnvägens återställande efter Guntorpsskredet och vid kanalledens återställande efter Götaskredet har också företagits omfattande geotekniska undersökningar. Detsamma har varit fallet vid motorvägsbygget Göteborg—Kungälv och vid utförda omläggningar av riksvägen öster om älven. Olika stabiliseringsåtgärder har även vidtagits.

Götaälvskommittén har ägnat särskild uppmärksamhet bl. a. åt nämnda riksvägs sträckning strax norr om tätbebyggelsen i Lilla Edet. Riksvägen gick här på sträckan fram till Tösslanda delvis alldeles intill älven genom ett område, vars stabilitet inte ansågs tillfredsställande för en trafikled av denna betydelse. Den 18 april 1958 riktade kommittén därför till vägförvaltningen i Älvsborgs län en framställning angående omläggning av denna vägsträcka. Kommittén uttalade, att den med hänsyn till de uppenbara skredriskerna ansåg synnerligen angeläget att ifrågavarande del av riksvägen snarast omlades så, att skred för vägens vidkommande inte behövde befaras. Kommittén underströk att igångsatta förberedelser för omläggning av vägen på den avsedda sträckan borde bedrivas med största möjliga skyndsamt. I anslutning till vägprojekteringen utförde SGI i början av år 1958

utredning om vägens stabilitet utmed östra älvstranden på en ca 700 m lång sträcka norr om Smörkullen vid Lilla Edet. Preliminär rapport angående stabilitetsförhållandena avgavs den 9 december 1958. Den i skrivelsen den 18 april 1958 avsedda vägomläggningen har numera utförts och en ny östligare sträckning av riksvägen mellan tätbebyggelsen i Lilla Edet och Tösslanda, vilken sträckning bedömes ur stabilitetssynpunkt tillfredsställande, har tagits i bruk sommaren 1961.

Motorvägen Göteborg—Kungälv bestämdes till sin sträckning, innan Göta-älvskommittén tillsattes. Emellertid har väg- och vattenbyggnadsstyrelsen i skrivelse till kommittén den 27 januari 1960 meddelat, att de geotekniska problemen vid anläggningen av denna väg på sträckan inom Ellesbo i Kungälv stad blev betydligt besvärligare än man från början väntat sig. Anledningen härtill var, att man vid kompletterande undersökningar upptäckte lokala partier med synnerligen låg hållfasthet. För att säkerställa vägens stabilitet hade vissa åtgärder måst vidtas. Styrelsen framhåller i skrivelsen den risk för skador på vägen, som skulle uppkomma om ett lokalt skred inträffar vid älvstranden och, vilket inte är uteslutet, fortplantas upp mot vägen och till sist omfattar även denna. Slutligen anhöll styrelsen — under uttalande att faran för lokala skred invid älven ej syntes direkt överhängande — att kommittén måtte ägna frågan om älvstrandens stabilitet nödig uppmärksamhet samt vid behov vidta sådana åtgärder att terrängens säkerhet mot skred inte sjunker under vad man normalt fordrar för en betryggande stabilitet. Sedan kommittén hänskjutit frågan om stabiliteten på ifrågavarande avsnitt till SGI, har institutet, efter granskning av de resultat som framkommit vid grundundersökningar utförda i samband med vägbygget, funnit att de utförda undersökningarna borde kompletteras ytterligare för att stabilitetsförhållandena närmast älven skulle kunna nöjaktigt bedömas. Sedan institutet av vägförvaltningen i Göteborgs och Bohus län utverkat erforderligt uppdrag, har kompletterande undersökningar utförts. Dessa har utmynnat i ett av institutet i februari 1962 avgivet utlåtande över stabilitetsförhållandena för västra älvstranden vid Ellesbo utmed sträckan 2/100—2/900¹ av motorvägen.

Avståndet mellan vägen och älven är här 140—200 m. Terrängen sluttar svagt mot älven. Vattendjupet är vid medelvattenstånd endast 0,5—1 m inom 30 m avstånd från stranden. Utmed älven har med grusvallar invallats ett 50—100 m brett område, vilket utfyllts med avfallsslam från en anordning för tvättning av sand och grus i ett närbeläget, Göteborgs Sand AB tillhörigt grustag. Fyllnadsmassorna utgöres huvudsakligen av mo och mjåla och har en tjocklek av 1—2 m. Planer föreligger på att omkring sektion 2/100 uppföra en anläggning för utlastning av sand och grus från nämnda grustag. Tilläggsplats för prämar skulle därvid anordnas genom muddring i älven.

¹ Avser vägens längdmätning. Motsvarar ungefär km 72,7—73,6 i kanalens längdmätning.

Av SGI:s utlåtande framgår. Marken består huvudsakligen av lera. Denna är lös till halvfast. Hållfastheten varierar avsevärt inom det undersökta området. Leran har flerstädes hög sensitivitet, och kvicklera förekommer inom en stor del av området. Grundvattentrycket är högt inom hela området och motsvarar en fri vattenyta på 2—3 m höjd över markytan. Utförda stabilitetsberäkningar visar, att ansträngningen i jorden utmed älven är störst omkring sektion 2/580. Den beräkningsmässiga säkerheten mot skred är där 1,6-faldig (om man utgår från lerans odränerade hållfasthet). Någon risk för skred utmed älven torde inte föreligga. Ansträngningen i jorden bör ha varit större omedelbart efter den nämnda utfyllningen med avfallsslam. Det är emellertid ur stabilitetssynpunkt inte tillrådligt att denna fortsättes. Till följd av det artesiska vattentrycket i de undre jordlagren pågår en vattenströmning uppåt genom leran. Denna vattenströmning kan möjligen orsaka en långsam nedsättning av lerans hållfasthet samtidigt som den får antas medföra en fortgående urlakning av den inom området närmast älven ännu salta leran. I samband med vägbygget utförde man en grundvattensänkning invid vägen genom att nedföra ett antal filterbrunnar till de vattenförande bottenlagren. Det är önskvärt att man vidtar liknande anordningar för att sänka grundvattentrycket även närmare älven. Förslagsvis bör ett 10-tal brunnar utplaceras i en linje utmed det invallade områdets västra kant. Effekten av dräneringen bör kontrolleras genom fortsatta portrycksmätningar och vid behov förbättras med ytterligare brunnar. Den planerade utlastningsanläggningen vid sektion 2/100 bör kunna utföras. Däremot bör i övrigt området mellan vägen och älven icke bebyggas eller användas för upplag och dylikt. Fördjupning av farleden bör inte äga rum utan att stabilitetsförhållandena genom särskild undersökning prövas.

Kommittén har överlämnat SGI:s ifrågavarande utlåtande till länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län och därvid — under framhållande att de lämnade rekommendationerna avser att säkerställa markstabiliteten vid motorvägen och synes välgrundade — uttalat att det torde ankomma på länsstyrelsen att tillse att rekommendationerna följes. Åtgärder i detta syfte övervägs f. n. av länsstyrelsen. Frågan kommer att ytterligare behandlas i kapitel 6.

I slutet av år 1958 överlämnade SGI till kommittén preliminära rapporter över stabilitetsundersökningar avseende bl. a. västra älvstranden strax söder om Intagan samt västra älvstranden vid Utby, områdena belägna i Inlands Torpe kommun. I rapporten rörande Intagan förordades, att inom visst område bebyggelse tills vidare skulle förbjudas. Vidare borde påförande av annan belastning, muddringar i älven och dylika stabilitetsförsämrande åtgärder förhindras. Beträffande Utby förordades, att bebyggelse skulle förhindras på vissa sträckor samt att stabilitetsförsämrande åtgärder, såsom muddring i älven och uppfyllning i och innanför släntkrönet, skulle

undvikas. Med anledning härav uttalade kommittén i skrivelse till chefen för inrikesdepartementet den 24 februari 1959 att det torde ankomma på länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län att tillse, att avsedd bebyggelse m. m. i erforderlig omfattning förhindrades. För den händelse tvångsföreskrifter skulle bli nödvändiga, hänvisades till 7 § 1 mom. länsstyrelseinstruktionen den 30 maj 1958 och 122 § byggnadslagen den 30 juni 1947. Vad beträffade muddring i älvfåran, framhölls att sådan åtgärd torde vara underkastad kontroll av statens vattenfallsverk som företrädare för farleden.

Genom departementschefsskrivelse den 13 mars 1959 har sedermera föreskrivits, att nyss nämnda preliminära rapporter skulle överlämnas till vattenfallsstyrelsen och länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län för kännedom samt för vidtagande av de åtgärder, som kunde anses erforderliga med anledning av i rapporterna angivna synpunkter och förslag. Länsstyrelsen har — sedan SGI på kartor angivit de områden vid Intagan och Utby samt ytterligare ett område vid Vesten Norgård, där enligt institutet viss försiktighet beträffande nybebyggelse och dylikt är önskvärd — till byggnadsnämnden i Inlands Torpe överlämnat SGI:s rapporter jämte dessa kartor och i skrivelse den 1 augusti 1960 anmodat nämnden att tills vidare vaka över att bebyggelse och andra stabilitetsförsämrande åtgärder icke äger rum inom de å kartorna angivna områdena. För den händelse i något fall skulle anses, att på grund av särskilda skäl hinder mot viss åtgärd av angivet slag inom områdena ej bör resas, har vederbörande rekommenderats att underställa frågan SGI:s bedömande. Länsstyrelsen har vidare redogjort för byggnadsnämndens i sammanhanget aktuella befogenheter enligt byggnadslagstiftningen samt tillagt att, om byggnadsnämnden på grund av det sagda finner att viss tillämnad bebyggelse eller annan stabilitetsförsämrande åtgärd bör hindras, nämnden i första hand genom upplysning om föreliggande rasrisker bör söka förmå vederbörande att avstå från företaget. I fall då nämnden ej på denna väg eller med anlitande av sina befogenheter enligt byggnadslagstiftningen kan avstyra företaget, har nämnden anmodats att omedelbart anmäla förhållandet till länsstyrelsen, som i så fall får pröva om föreskrift bör meddelas enligt 7 § 1 mom. länsstyrelseinstruktionen. Enligt detta författningsrum äger länsstyrelsen att för upprätthållande av allmän säkerhet stadga erforderliga viten.

Motsvarande åtgärder beträffande ännu ett område i Inlands Torpe kommun blev aktuella, sedan SGI tillställt kommittén en den 24 oktober 1960 dagtecknad promemoria med förslag till förstärkningsåtgärder nedströms slussen vid Ström. Frågan om sådana åtgärder kommer att behandlas i följande avsnitt av detta kapitel. I promemorian förutsattes emellertid även, att ingen ytterligare bebyggelse eller annan belastning anordnas utmed älven på en ca 1,3 km lång sträcka nedströms nämnda sluss samt att breddning eller fördjupning av farleden ej heller utföres i närheten av stranden utan särskilda undersökningar och åtgärder. Med anledning härav har

kommittén överlämnat promemorian till länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län för de åtgärder från dess sida vartill den sålunda lämnade rekommendationen kunde föranleda. Länsstyrelsen har i sin tur överlämnat promemorian till Trollhätte kanalverk för vederbörligt beaktande av vad däri anföres om breddning eller fördjupning av farleden. Länsstyrelsen har även överlämnat promemorian till byggnadsnämnden i Inlands Torpe och i skrivelse den 23 december 1960 anmodat nämnden att tills vidare vaka över att ytterligare bebyggelse eller annan belastning av betydelse ej äger rum utmed älven på ifrågasvarande sträcka. Länsstyrelsen har i anslutning därtill lämnat byggnadsnämnden direktiv av enahanda innehåll som i ovannämnda skrivelse den 1 augusti 1960 angående områden vid Intagan, Utby och Vesten Norgård.

Frågan om skredrisker inom området vid slussen i Ström uppmärksammades tidigt; delar av detta område benämnes i olika sammanhang Strandbacken resp. Parkudden. På uppdrag av industriföretaget på platsen Inlands AB utförde SGI under år 1951 grundundersökning på västra älvstranden inom en ca 250 m bred och 1 400 m lång strandremsa sträckande sig från ca 200 m uppströms till 1 200 m nedströms slussen i Ström. I utlåtande den 28 juli 1951 förklarade institutet, att stabiliteten utmed älven på större delen av den undersökta sträckan var låg och att förstärkning i form av schaktning borde utföras åtminstone på vissa delar av sträckan. Beträffande särskilt Strandbacken, som var bebyggd med ett 20-tal bostadshus, framhölls, att det med hänsyn till denna bebyggelse var välbetänkt att något förbättra kanalbrinkens stabilitet genom en mindre avschaktning. Kostnaden för avschaktningen beräknades till 70 000 kr. I underdånig skrivelse den 23 oktober 1951 uttalade länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, att länsstyrelsen, med hänsyn till den risk för ras vid Strandbacken som fick antas föreligga och befolkningens oro för en katastrof liknande den i Surte, ansåg att föreslagen avschaktning vid Strandbacken snarast borde utföras. Länsstyrelsen hemställde, att arbetet måtte utföras genom statens försorg och på dess bekostnad samt att frågan om statsbidrag till bolaget för utredningskostnaden måtte upptas till prövning. Sedermera upprepade länsstyrelsen denna framställning i underdånig skrivelse den 18 oktober 1955, varvid kostnaden för avschaktningen uppskattades till 100 000 kr. De båda framställningarna med tillhörande utredning har av Kungl. Maj:t överlämnats till kommittén för att beaktas vid fullgörande av dess uppdrag.

Kommittén överlämnade, efter samråd med statens vattenfallsverk, under hösten 1957 de mottagna handlingarna till SGI, med förklaring, att de aktuella områdena borde tas med vid den stora geotekniska undersökningen i älvdalen. Den 9 december 1958 avgav SGI preliminär rapport över stabilitetsundersökning inom området vid Ström. Stabilitetsförhållandena på den

sträcka som undersökts år 1951 hade då upptagits till förnyad prövning. Institutet anförde, att den nya undersökningen bekräftade resultatet av den tidigare undersökningen och visade att säkerheten mot skred var låg. Stabilitetsförhållandena kunde inte väntas bli bättre med tiden utan tvärtom var det troligt att en långsam försämring komme att ske i samband med landhöjningen samt möjligen till följd av en successiv minskning i markens hållfasthet. Ur dessa synpunkter var det enligt institutet angeläget att man snarast vidtog åtgärder för att förbättra stabiliteten på den berörda älvsträckan. Huvuddragen av dessa åtgärder redovisades i rapporten.

Den 6 februari 1959 överlämnade kommittén till chefen för inrikesdepartementet SGI:s sistnämnda rapport. På grund av vad institutet anført uttalade kommittén därvid, att åtgärder måste vidtas för att förbättra stabiliteten på ifrågavarande älvsträcka. Med hänsyn till den befintliga bostadsbebyggelsen inom Strandbacken fann kommittén särskilt angeläget att erforderliga stabiliseringsåtgärder utan dröjsmål vidtogs där. Beträffande möjligheterna till ny bebyggelse inom Strandbacken meddelade kommittén, att i fastställd byggnadsplan intagen bestämmelse innebar garantier för att ny bebyggelse inom området ej kom till stånd utan vederbörligt hänsynstagande till stabilitetsförhållandena. På en av kommittén slutligen gjord framställning om medel till kompletterande utredning i syfte att få fram en arbetsplan för av SGI föreslagna åtgärder för att förbättra stabiliteten, bemyndigade Kungl. Maj:t den 13 mars 1959 kommittén att låta utföra en sådan utredning för en kostnad av högst 20 000 kr, vilket belopp skulle utgå från femte huvudtitelns reservationsanslag till Kostnader för arbetslöshetens bekämpande m. m.

Emellertid observerades under pågående arbeten med vatten- och avloppsledningar vid Strandbacken i början av år 1959 viss sprickbildning, som ansågs påkalla omedelbara åtgärder. Platsen besiktigades den 19 februari genom SGI:s försorg och på grundval av besiktningen förklarade institutet i utlåtande till kommittén, att sprickbildningen var ett uttryck för den höga ansträngningen i marken och att vissa förstärkningsarbeten borde påbörjas snarast möjligt, redan innan den avsedda arbetsplanen hann bli färdig. Förstärkningen borde bestå i att man på viss sträcka schaktade av marken innanför släntkrönet. Byggnadsnämnden i Inlands Torpe kommun lät omedelbart uppgöra arbetsprogram för sådan avschaktning, som enligt SGI omedelbart borde utföras, samt hemställde hos arbetsmarknadsverket att få arbetet utfört såsom statskommunalt beredskapsarbete.

Arbetsprogrammet, som upptog avschaktning av älvbrinken på en ca 160 m lång sträcka vid Strandbacken för en kostnad av 63 800 kr, granskades av SGI. Kommittén uttalade i anslutning härtill i skrivelse till arbetsmarknadsstyrelsen, att det ur de synpunkter kommittén hade att företräda var synnerligen angeläget att avschaktningen omedelbart kom till stånd, samt tillstyrkte att den utfördes såsom statskommunalt beredskapsarbete.

Arbetsmarknadsstyrelsen medgav också den 20 mars 1959, att ifrågavarande avschaktning fick utföras som statskommunalt beredskapsarbete och att statsbidrag fick utgå med 75 procent av kostnaden. Som emellertid kommunen inte var villig att ekonomiskt bidra till arbetet utan beslöt föreslå arbetsmarknadsstyrelsen att arbetet helt skulle bekostas med statsmedel, tog kommittén initiativ till överläggning i frågan mellan kommittén och representanter för kommunen. Vid överläggningen, som ägde rum den 16 april 1959, var länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län representerad. Från kommunens sida hävdades vid överläggningen att det i första hand var ett statligt intresse att erforderliga åtgärder för att förbättra stabiliteten utmed älven vidtogs. Kommunen var inte beredd att på grundval av då föreliggande utredningar ta ställning till frågan om kommunalt bidrag till stabiliseringsåtgärder.

Då kommittén därför inte ansåg sig kunna, inom ramen för sina befogenheter, komma längre, då det gällde att få utförda de åtgärder som bedömts omedelbart erforderliga för att säkerställa bebyggelsen inom Strandbackenområdet, anmälde kommittén i skrivelse den 27 april 1959 vad som i ärendet förekommit för chefen för inrikesdepartementet. Kommittén föreslog, att den lämnade redogörelsen skulle bringas till länsstyrelsens i Göteborgs och Bohus län kännedom, samt uttalade, att det torde ankomma på länsstyrelsen att tillse att de åtgärder vidtogs som i den inträdda situationen var påkallade ur säkerhetssynpunkt. Den 15 maj 1959 medgav Kungl. Maj:t, med hänsyn till i ärendet föreliggande särskilda omständigheter, att kostnaden för utförandet av ifrågavarande avschaktningsarbete fick i sin helhet bestridas av statsmedel. Vidare föreskrev chefen för inrikesdepartementet samma dag — med erinran om Kungl. Maj:ts nyssnämnda beslut — att kommitténs skrivelse den 27 april 1959 skulle överlämnas till länsstyrelsen för vidtagande av de åtgärder, som kunde anses påkallade ur säkerhetssynpunkt. Avschaktningsarbetet (fig. 3) har sedermera under tiden den 26 juni—16 oktober 1959 utförts genom kommunens försorg i samråd med SGI. Den slutliga kostnaden uppgick till ca 70 000 kr. Det utförda arbetet avsynades den 2 augusti 1960. Inlands Torpe kommun skulle på egen bekostnad ombesörja framtida vård och underhåll.

Sedan på förekommen anledning ytterligare kompletterande grundundersökning utförts inom området vid Ström, avgav SGI och SGU gemensam rapport härom den 12 mars 1960. Till denna rapport fogades den 24 oktober samma år av SGI den tidigare nämnda promemorian med fullständigt förslag till förstärkningsåtgärder (se sid. 32). Kommittén uppdrog härefter åt Ingenjörfirman Orrje & Co AB att enligt närmare angivna riktlinjer utföra utredning och framlägga arbetsplan för de ännu ej utförda stabiliseringsåtgärder, som avsågs i rapporterna den 9 december 1958 och 12 mars 1960 samt promemorian den 24 oktober 1960. Vid uppdragets fullgörande skulle samråd äga rum med Inlands Torpe kommunalnämnd, SGI och Trollhätte

kanalverk. Orrje & Co har efter utfört uppdrag till kommittén överlämnat avsedda arbetshandlingar. Dessa upptar avschaktning i älvbrinken nedströms slussen vid Ström för en beräknad kostnad av 202 000 kr. Vidare upptar arbetshandlingarna utförande av erosionsskydd nedströms Strandbacken för en beräknad kostnad av 140 000 à 130 000 kr samt komplettering av befintliga erosionsskydd för en kostnad av 25 000 kr. Ett av Orrje & Co på kommitténs föranledande utarbetat alternativt förslag till utförande av erosionsskyddet nedströms Strandbacken slutar på en kostnad av ca 100 000 kr.

På grund av vad den geotekniska sakkunskapen anfört angående stabiliteten inom ifrågavarande område vid slussen i Ström har kommittén — särskilt med tanke på att området är bebyggt med ett 50-tal bostadshus — ansett att stabiliseringsåtgärder bör utföras enligt den av Orrje & Co uppgjorda arbetsplanen, varvid det nya erosionsskyddet nedströms Strandbacken lämpligen kan utföras enligt det alternativa förslaget. Kommittén har därför, med överlämnande av föreliggande utredningar, i skrivelse den 3 januari 1962 anmält ärendet för chefen för inrikesdepartementet.

Kommitténs skrivelse har varit föremål för remissbehandling. SGI har därvid uttalat, att de föreslagna förstärkningsåtgärderna bör utföras så snart det med normala förberedelser för arbetenas igångsättande är möjligt. Vattenfallsstyrelsen har i huvudsak anslutit sig till kommitténs ställningstagande beträffande stabiliseringsåtgärder och sättet för dessas utförande. Styrelsen har förutsatt, att dess medverkan härvid endast kommer att avse åtgärder och anordningar som har samband med kanaltrafiken. Arbetsmarknadsstyrelsen har även yttrat sig.

Sedan Inlands Torpe kommunalnämnd anhållit att såsom beredskapsarbete få utföra ifrågavarande stabiliseringsåtgärder, har arbetsmarknadsstyrelsen den 20 juli 1962 medgivit, att arbetena får utföras såsom statskommunalt beredskapsarbete och att kostnaderna intill högst 327 000 kr får gäldas av till styrelsens förfogande stående medel. Arbetena får igångsättas tidigast den 15 augusti 1962.

KAPITEL 4

Geologiska undersökningar

Avsnittet »Erosionen i Götaälvdalen» är en sammanfattning av en av docent Å. Sundborg i januari 1961 avlämnad utredning rörande Göta älvs utveckling med särskild hänsyn till erosionsförhållandena efter år 1916.¹ I övrigt bygger detta kapitel på en av SGU i september 1961 till kommittén överlämnad redogörelse för undersökningar i Götaälvdalen utförda av SGU åren 1954—1961.²

A. Inledning

Som tidigare nämnts gav skredet i Surte 1950 impulsen till omfattande geologiska och geotekniska undersökningar inom Göta älvdal. Dessa som påbörjades den 1 juli 1954 avsåg att klarlägga de faktorer som kan orsaka skred samt att bedöma skredriskerna i älvdalen. Skredet i Göta 1957 föranledde Kungl. Maj:t att uppdraga åt SGI och SGU att inkomma med en plan för en utvidgad undersökning. I gemensam skrivelse av den 6 augusti 1957 framlade de båda ämbetsverken ett reviderat program för älvdalens undersökning omfattande åren 1958—1961, och medel för dess förverkligande ställdes till förfogande i oktober 1957.

Under februari 1952 gjordes de första besiktningaresorna av överingenjör W. Kjellman och statsgeotekniker G. Lindskog från SGI samt statsgeologerna C. Caldenius och E. Mohrén från SGU i avsikt att göra en bedömning av den första undersökningsetappens omfattning. 1954 utfördes rekognosceringar av Lindskog och ingenjör O. Wager tillsammans med geolog B. Järnefors för framtida fältarbeten för studium av lerornas geotekniska egenskaper och lagerföljder samt för upprättandet av stationer för porvatenttryckmätningar. De sektioner, som skulle undersökas i denna etapp, utvaldes även då.

Från och med 1954 fick Järnefors i uppdrag att leda SGU:s del av undersökningarna i Götaälvdalen, ett uppdrag som Järnefors lämnade i februari 1960, varvid statsgeolog H. Tullström erhöll uppdrag att fullfölja och avsluta undersökningsarbetet.

Enligt de 1954 fastställda planerna skulle arbetet nästan helt åvila SGI.

¹ En utförligare redogörelse kommer inom kort att tryckas i SGU ser. Ca.

² Sundborgs utredning och SGU:s redogörelse med bilagor finns att tillgå i SGU:s bibliotek.

SGU:s uppgift var att utföra en icke alltför detaljerad karta över älvdalens sediment. Det visade sig dock snart, att en mera ingående kartering var nödvändig och att kartan borde förses med nivåkurvor. Kartan publicerades i skalan 1:20 000 år 1959 (SGU ser. Ba nr 20). Det visade sig även nödvändigt att klarlägga lerlagerföljden, vilket föranledde borrhningar i tio sektioner från Intagan i norr till Agnesberg i söder. En djupborrning genom hela lagerföljden i dalens djupaste del utfördes vid Ingebäck (på Hisingen). Det viktiga mikropaleontologiska dateringsarbetet har utförts av statsgeolog F. Brotzen. Ytterligare en borrhning till stort djup, utförd av SGI vid Sävveåns mynning i Göta älv, gav material till den stratigrafiska¹ undersökningen. Resultaten från dessa båda borrhningar har publicerats av Brotzen i Geologiska föreningens förhandlingar (Bd 83, 1961, sid. 144).

Skredet i Göta accentuerade behovet av nya undersökningar av grundforskningskaraktär. Dessa undersökningar bedömdes böra ta sikte på de speciella fysikaliskt-kemiska egenskaperna hos älvdalens sediment och skulle samordnas med de i fält pågående stabilitetsundersökningarna. Av största betydelse bedömdes även vara en undersökning av älvens eroderande och transporterande verksamhet, varvid SGU skulle svara för den allmänna delen av en sådan undersökning. Detta arbete uppdrogs i september 1957 åt docenten vid Uppsala universitet Å. Sundborg, som med biträde av främst fil. lic. J. Norrman genomfört och i januari 1961 redovisat för undersökningen. Arbetet har utförts med bistånd från geografiska institutionen i Uppsala.

De fysikaliskt-kemiska laboratorieundersökningarna har inriktats på att söka klarlägga de egenskaper hos lerorna, som dels direkt, dels på längre sikt påverkar lerornas hållfasthetsegenskaper. Ledningen av laboratoriearbetet har åvilat civilingenjör Kirsten Heien-Larssen. Efter den 19 februari 1960 har Tullström svarat jämväl för laboratoriearbetet som utförts med biträde av ingenjör J. Eide.

För det tekniska genomförandet av borrhningsprogrammet i fält har svarat tekniker G. Ekman vid SGU:s jordartslaboratorium.

B. Undersökningarnas målsättning. Nuvarande arbetsläge

Målet för de av SGU i intimt samråd med SGI bedrivna undersökningarna har varit att söka visa i vilken omfattning de geologiska avlagringarnas uppbyggnad, stratigrafi och genetiska förhållanden samt de geologiska pågående processerna kan förklara jordskredens orsakssammanhang, för att med kännedom därom om möjligt bedöma riskerna för nya skred inom olika delar av älvdalen.

Genom arbetena i fält har ett stort jordprovsmaterial samlats hos SGU, ett material som endast delvis kunnat bearbetas. Åtskilligt såväl rent geolo-

¹ Stratigrafi = lagerföljd.

giskt som jordartskemiskt och fysikaliskt arbete återstår att göra. De kemiska undersökningar, som påbörjats som ett led i undersökningen av förutsättningarna för kvicklerornas bildning, bör fortsättas och omfatta flera i lerorna ingående ämnen och om möjligt anknytas till nya kärnbörningar i Götaälvdalen. Ett studium av de i den naturliga miljön existerande kemiska jämviktstillstånden samt en fortsatt undersökning av urlaknings- och vittringsprocesser synes även angeläget. Dessa undersökningar kan emellertid icke utföras inom ramen av hittills beviljade medel utan borde få fortsättas som en forskningsuppgift på längre sikt.

I det följande lämnas först en kort översikt över tidigare avlämnade rapporter. I syfte att få den geologiska utvecklingen i älvdalen ytterligare belyst har en allmän geologisk översikt även medtagits. Ett avsnitt ägnas de vid genomgången av det rika analysmaterialet vunna erfarenheterna rörande kemiska förhållanden, som kan förmodas ge en ledtråd för fortsatta forskningsinsatser i utredningen av kvicklerebildningen. Man kan nämligen — trots alla ansträngningar att definitivt lösa dessa problem — icke påstå, att de är tillfullo utredda. Av utrymmesskäl har däremot uteslutits en redovisning i detalj av den laboratoriemetodik, som kommit till användning vid såväl de fysikaliska som de kemiska undersökningarna av lerorna, resultaten av börningarna och övriga fältarbeten i samband därmed, kemiska analyser och övriga laboratorieundersökningar samt resultaten av de mikropaleontologiska undersökningarna.¹

C. Tidigare avlämnade rapporter och publikationer

I direkt anslutning till studiet av Götaälvdalens leror har följande skrifter och rapporter avlämnats.

1. The landslide at Surte on the Göta River av B. Jakobson, § 2, Geological Chapter, författat av E. Mohrén, tryckt i SGI Proceedings nr 5, 1952.

En geologisk översikt i anslutning till en karta över Surtetrakten ingår i denna redogörelse, som behandlar lagerföljden i några borrhål strax utanför det av skredet berörda området. Klimatutvecklingen och den därav betingade invandringen av flora och mikrofauna är belyst med pollendiagram. En sektion med pollenanalytiskt daterade horisonter i leran avslutar redogörelsen.

2. The landslide at Surte on the river Göta älv, författad av C. Caldenius, R. Lundström, B. Fellenius och E. Mohrén, tryckt i SGU, Ca nr 27, 1956.

Boken innehåller en av E. Mohrén utförd utvidgad studie av i stort sett samma innehåll som föregående publikation. I ett skredmorfologiskt av plancher illustrerat kapitel av C. Caldenius redogöres för de sensitiva lerornas fördelning inom området. Grundvattenförhållandena och nederbördens fördelning under tiden 1900—1950 belyses med diagram av vilka framgår, att det artesiska övertrycket tidigare vid flera tillfällen kan ha varit större än vid skredtillfället. Övertryckets storlek 1950 kan enligt Caldenius därför icke vara

¹ Bilagor till SGU:s i september 1961 avlämnade redogörelse, tillgänglig i SGU:s bibliotek.

huvudorsaken till skredet (jfr Jakobson, 1952, sid. 93). R. Lundström redogör för skredmekaniken och skredorsakerna och drar den slutsatsen, att pålningsarbete inom det primärt labila området var den utlösande orsaken till Surteskredet.

3. Skredet vid Intagan år 1648, författad av B. Järnefors, tryckt i SGU, C nr 539, 1957.

Uppsatsen innehåller en redogörelse för historiska dokument och geologisk utveckling samt för skredområdet i detalj. Urlakningen av salter ur leran på högre nivåer anses ha varit en bidragande orsak till skredet. Den utlösande händelsen kan enligt Järnefors möjligen ha varit starka lufttrycksvariationer vid ett åskväder.

4. Preliminär rapport över geologiska undersökningar i Götaälvdalen, den 10 december 1958, undertecknad av B. Järnefors.

Rapporten omfattar en redogörelse för arbetet med jordartskartan över Götaälvdalen, en sammanställning av daterade skred, en översiktlig sammanfattning av möjliga skredorsaker samt en redogörelse för förnyade undersökningar i Surte. Som geologiska orsaker till skreden anges landhöjningen, vilken påverkar erosionsförloppet, urlakningsförhållandena och det artesisiska vattnets tryck vid älvstranden.

5. Determination of slip surfaces in the landslide at Surte on the Göta river, författad av B. Järnefors, tryckt i Geologiska föreningens förhandlingar, 1958.

Uppsatsen framhåller värdet av R. Söderbloms (1957) saltsonderingsmetodik, då det gäller lokalisering av skredbottnars läge, och jämför resultat av mätningar vid Göta och Surte. Av undersökningen synes framgå att saltdiffusionsfronten i leran vid Surte förflyttar sig med en hastighet av omkring 3 dm per år. Karta och sektioner åskådliggör skredbottnens läge i Surte.

6. Jordartskarta över Götaälvdalen, utarbetad av B. Järnefors, tryckt i SGU, Ba nr 20, 1959.

En kort definition av älvdalens sedimenttyper bifogas kartan, som utfördes under åren 1953—1957.

Kartan utgör ett mycket viktigt bidrag till förståelsen av Götaälvdalens geologiska utveckling och är ett gott underlag för framtida arbeten i dalen.

7. De geologiska undersökningarna i Götaälvdalen sommaren 1959.

Föredrag inför Götaälvskommittén den 5 november 1959 av B. Järnefors.

Vid föredraget demonstrerades planscher, som redovisade en del av laboratorieundersökningarna, bl. a. av leror från Strandbacken vid Ström, Inlands Torpe kommun.

8. Gemensam skrivelse från SGI och SGU angående kompletterande grundundersökningar på Göta älvs västra strand nedströms slussen vid Ström den 12 mars 1960.

Innehåller förslag till fortsatt utredning om nödvändiga förstärkningsarbeten.

9. Utredning rörande Göta älvs utveckling med särskild hänsyn till erosionsförhållandena efter år 1916, av Å. Sundborg, januari 1961. Delar av denna utredning kommer att tryckas i SGU ser. Ca.

En redogörelse för denna, av erosionskarta, pejlingsdiagram, tabell-, foto- och figurbilagor åtföljda utredning lämnas i ett följande avsnitt av detta kapitel.

D. Allmän geologisk översikt över Götaälvdalens utveckling

1. Den prekvartära utvecklingen

Den påfallande rika spricktopografi, som karakteriserar Fennoskandias randområden, har i mycket hög grad satt sin prägel på Bohuslän och angränsande delar av Västergötland. Detta framgår av såväl flygkartor i skala 1:10 000, topografiska kartblad i skala 1:50 000 som äldre topografiska blad. Frödin (1919) har ägnat dessa förhållanden ett översiktligt studium och anger främst de tektoniska faktorerna men jämväl en senare glacial omformning av landskapet kring Göta älv som orsakerna till den nutida bergytans skulptur. Sandegren (1931) framhåller även terrängens brutenhet, där kala bergsplatåer omväxlar med djupt nedskurna av lösa avlagringar fyllda dalar, såsom det mest kännetecknande för området. De båda nämnda författarnas uppmärksamhet har fångats av dalgångarnas relativt rätlinjiga och parallella förlopp. Dalarna är mestadels *sprickdalar*, som har utskulperats utmed större sprick- och krossningszoner i berggrunden, uppkomna vid förskjutningar i jordskorpan vilka inträffat under olika geologiska skeden. En detaljerad analys av dessa förhållanden för sträckan Göteborg—Kungälv finner man i Lundegårds (1958) beskrivning av Göteborgstraktens berggrund. En modern berggrundskarta ingår i beskrivningen. Med hänsyn till riktningen låter sig sprickdalarna fördela på olika *spricksystem*. De mest framträdande dalriktningarna är sålunda nord-sydliga, nordost-sydvästliga och västnordväst—ostsydostliga med mindre avvikelser åt ena eller andra hållet. Göta älvs nedre lopp från Säveåns mynning till Kungälv följer den nord-sydliga förkastningen mellan Hisingsblocket och Västgötablocket. Denna förkastning är i stort sett parallell med strykningsriktningen hos bergarterna. Dalens bredd växlar här mellan några få 100-tal meter och mer än en kilometer. Den kvartära dalfyllnaden når vanligen endast ett fåtal meter över havsytans nivå, medan dalsidorna höjer sig till omkring 100 m över havet. Borrningar har visat att dalens djup är betydande. Sålunda har en borrning vid Säveåns utlopp i Göta älv icke nått bergytan vid 93 m djup, en annan vid Ingebäck nådde berggrunden vid 86 m. Munthe-Johansson-Sandegren (1923, sid. 134) har redovisat jordmäktigheter i Göteborg på 130 m. Det vertikala avståndet uppgår således till inemot 200 m mellan bergplatåns högsta och älvdalens djupaste delar. Denna höjdskillnad minskar mot norr. Vid Älvängen finns dock tre borrhål, som når bergytan först på 88, 62 och 54 m djup, vid Lödöse ett som når berg vid 42 m, vid Skansen (2 km norr om Lilla Edet) ett som når berg vid 54 m, d. v. s. ca 35 m under havsytans nivå. (Jfr även Sundborg, 1961, sid. 8.) Sålunda synes dalbotten så gott som över allt nå ned under havets nuvarande yta, vilket förutsätter en betydligt lägre erosionsbas än den nuvarande. Förhållandet är icke unikt för Göta älvs dalgång och får tillskrivas den landhöjning och kanjonbildning, som ägde rum under tertiärtiden (Frödin, 1919, sid. 7).

Bland de nordost—sydväst förlöpande dalarna urskiljes framförallt den dal, som intas av Göta älvs nedersta lopp och Sävån, Nordre älvs dalgång samt längre norrut Grönåns dalgång, vilken har sin fortsättning i sydväst i den dal i vilken Romesjön ligger och som Göta älv följer ett stycke förbi Älvängen. Dessa dalar är av samma storleksordning som Götaälvdalen.

Norr om Lödöse följer Göta älv nord—sydliga parallella dalgångar till Hjærtum, där den länkats in i den stora dal, som från Ödsmål via Hällungen fortsätter förbi Hjærtum till Trollhättefallen (Björnsjö, 1949, sid. 23).

Den sprickriktning, som går västnordväst—ostsydost, är främst utbildad inom Ämåls—Kroppefjällsgranitområdet väster om Vänern och Göta älv. Flera mindre bäckar, som i Götaälvdalen bildar raviner i leran, upprinner i sådana sprickdalar. Nordre älvs lopp förbi Kungälv följer även denna riktning.

Sammanfattningsvis kan sägas att Götaälvdalen anlagts i anslutning till tektoniska spricksystem, som utbildats långt före den kvartära nedisningen, samt att landisarna fördjupat och möjligen breddat dalgången. I jämförelse med detta erosionsarbete i berggrunden ter sig den efter den postglaciala landhöjningen inträffade erosionen i jordlagren mycket obetydlig såsom naturfenomen betraktad, även om den har haft vittgående konsekvenser i andra sammanhang.

2. Den kvartärgeologiska utvecklingen

De lösa avlagringarna eller jordarterna har avlagrats under den senaste geologiska epoken i jordens historia, kvartärtiden.

Beroende på en avsevärd klimatförsämring blev vårt land under kvartärtiden utsatt för flera nedisningar eller glacialtider under vilka landet blev helt övertäckt med is. Med enstaka undantag har därvid den sista nedisningen sopat bort spåren av de föregående i vårt land. Likaså har jordarter och löst vittringsmaterial, som säkerligen täckte berggrunden före nedisningens början, blivit bortfört och avlagrat vid isens randområden.

Mellan de olika nedisningarna har det funnits tider, interglacialtider, då klimatet varit likt det som existerat efter sista nedisningen, men spåren av jordlagren från dessa har även de så gott som helt försvunnit inom den sista nedisningens område. Utanför detta finns avlagringar från flera äldre nedisningar och interglacialtider bevarade. Interglaciala bildningar i Götaälvdalen har ansetts föreligga i Dössebacka (Romelanda socken). Här ligger underst en röd morän med rösberg av den underliggande röda gnejsen. Skiktat grus och sand med rester av mammut och myskoxe följer, överlagrat av en grå, mycket hårt packad morän. Full enighet om lagrens ålder råder emellertid icke (Munthe, 1905; Alin-Sandegren, 1947; Björnsjö, 1949, sid. 247; Brotzen, 1961, sid. 147; m. fl.).

Förutom att en landis sopar bort allt löst material vid sin framryckning, lösbryter den och bortför även stycken av berggrunden på sådana ställen,

där denna på förhand varit söndersprucken. Sprickfattigare massiva delar av berggrunden blev endast ytavrundade medan områden med stor sprickrikedom fördjupades. Detta är ett av skälen till att bergytan i dag företer en betydande brutenhet med djupa sänkor mellan uppstickande höjder över sedimenttäcket.

Isrörelseriktningar

Bergytan blev avrundad och slipad samt även räfflad och fårad genom block och stenar, som fanns inneslutna i den framglidande isens bottenlager. Räfflorna ger upplysning om den riktning, i vilken landisen rörde sig. På jordartskartan över Götaälvdalen finns räfflor företrädesvis från nordnordost och nordost (N 30°—50° O) men även nästan rakt från öster.

Även hållarnas egna former kan ge upplysning om riktningen, åtminstone i stort. Den sida, som vette åt det håll, varifrån isen kom, stötsidan, blev ofta jämn och välpolerad, medan läsidan vanligen är mera brant, ojämn eller skrovlig. Bergarternas struktur och sprickigheten påverkade dock även hållens slutliga skulptur. Man finner allmänt i Göta älvs dalgång i enlighet med detta, att den östra dalsidan och de mot söder eller sydväst vettande delarna av bergspartierna stupar brantast ned mot dalbotten (Björnsjö, 1949, sid. 27—36; Lundqvist, 1954).

Moränavlagringar

De sten- och grusmassor, som landisen förde med sig och gnuggade sönder under transporten, avlagrades direkt ovanpå bergytan när isens strömnings-hastighet och därmed dess transportförmåga avtog. Fortfarande låg därvid ett anseeligt istryck på denna avlagring, som därvid blev hårt sammanpackad till s. k. bottenmorän. Det i landisen inneslutna moränmaterialet avlagrades, när isen smälte bort, och blev därför icke så hårt packat. Man brukar kalla denna luckrare och ofta ovanpå bottenmoränen avlagrade del av moränmaterialet för ytmorän.

Vad ytmoränen beträffar har den i Götaälvdalen till större delen spolats bort eller omlagrats till svallgrus och på många ställen kvarligger endast block som rester av moränen. Samma öde har sannolikt även drabbat en anseelig del av den från början ganska tunna bottenmoränen. Vid isens avsmältning låg nämligen havsytan vid Göteborg 95 m och vid Vänern 128 m högre än nu och den vida större delen av områdena kring Göta älv låg således under havsytan. Som framgår av jordartskartan (röd punktering på blå botten) har den blottade moränen så gott som överallt i Götaälvdalen ett svallat ytskikt eller är t. o. m. täckt av en 2—5 dm tjock svallgruskappa. Moränrester förekommer i svackor och på andra skyddade platser, men huvudparten av de ur lerslätten uppstickande hållpartierna har blivit renspolade av havsvågorna. Moränen täcker enligt Björnsjö (1949) i Sydbohuslän endast ca 10 procent av markarealen. Under marina gränsen

är moränen vanligen grusig eller sandig och mohalten överstiger vanligen icke 20 procent.

Vid sidan om den vanliga moränen uppträder här och var även tjockare moränlager, som antingen avlastats intill en isrand eller hopskjutits av isen under oscillatoriska rörelser av denna. Sådana mäktigare randmoräner påträffas t. ex. vid Brandkärr och Kärra (på Hisingen).

Vid Ellesbo (på Hisingen), Vedbacka, Lyckorna (1,2 km norr om Kungälv) och Dössebacka, norr om Uxås och vid Hjærtum finns mäktiga s. k. drumlinier. Denna typ av morän är företrädesvis mellansandig, stundom grovmoig, och har avlagrats under starkt istryck så att den erhållit en mycket tät packning.

En annan moräntyp, som är vanlig inom undersökningsområdet, är de s. k. läsidesmoränerna. Som namnet antyder finner man dem på bergknallarnas mot väster eller sydväst vettande sidor (Björnsjö, 1949, sid. 67). De utmärkes genom att de utom oskiktat moränmaterial ofta innehåller linser eller lager av skiktat, vattensorterat material. De är att räkna till drumlin-typen och är ganska mäktiga, men har ofta icke drumlinernas utsträckta form. (Magnusson-Lundqvist-Granlund, 1957, sid. 325.) De liknar stundom nedsköljda och omlagrade morän- och svallgrusbildningar. Som exempel kan nämnas Tingstadsmoränen på Hisingen, Kyrkåsmoränen vid Olskroken i Göteborg (Munthe, 1923; Sandegren, 1931) samt moränerna vid Tunge-Torp (söder om Göta) och nordost om Tösslandagården (vid Lilla Edet).

Moränerna uppvisar vanligen låg sten- och blockhalt och en ringa halt av mjäla och lera. De har i jämförelse med älvdalens leravlagringar en genomsläpplighet för vatten, som är över hundra gånger större än i leran.

Hur dessa moränanhopningar än bildats, låg de utsatta för bränningarna vid den landhöjning som följde efter avlagringen. De utgjorde därigenom viktiga depåer av sand- och momaterial, som kunde svallas ut och avlagras som mer eller mindre tjocka lager i lerorna.

Glacifluviala bildningar

Undersökningsområdet innehåller icke några egentliga rullstensåsar av den eljest i landet vanliga, långsträckta typen. Det glacifluviala (isälvs) materialet har i stället samlats som isranddeltan, i vilka stundom gruset omlagrats genom oscillationer av isranden över redan avlagrat material. De stora isälvsgrus- och isälvs sandavlagringarna vid Skårdal (öster om Bohus), 2 km söder om Nödinge samt norr om Åkerström (västra älvstranden söder om Trollhättan) är av denna typ. Hit torde även räknas de stora isälvsfält som finns väster om Hjærtum och vid Lysegården (Romelanda socken), en del av det stora Romesjöfjället (Björnsjö, 1949, sid. 222, jfr jordartskartan).

Vid Lyckorna och Dössebacka förekommer även rullstensgrus. Detta grus ligger i grustagens botten och har kommit i dagen först i och med grustäkternas öppnande. Det har sålunda tidigare varit täckt med morän och är

därför att hänföra till ett interstadialt eller möjligen interglacialt skede (jfr ovan).

Vid flera djupa borrhningar efter vatten har under lertäcket påträffats sandiga skikt på dalens botten. Dessas tjocklek är ofullständigt känd men torde icke nämnvärt överstiga ett fåtal meter (Järnefors, 1957, sid. 5). Det är möjligt, att de vid borrhningarna som sand angivna lagren delvis utgöres av ytmorän, men invid den mot norr och nordost retirerande iskanten avlastade säkerligen även smältvattenströmmarna sitt sand- och grusmaterial ovanpå bottenmoränen eller direkt på berggrundsytan.

Nivåförändringar

I vårt land är jordlagrens tillkomst främst betingad av två orsaker, nämligen för det första den kvartära inlandsisens verksamhet samt för det andra fördelningen mellan land och vatten från den tidpunkt, då isen släppte sitt grepp och till våra dagar, d.v.s. under den senoglaciala och postglaciala tiden.

Då landisen låg över landet utövade den ett avsevärt tryck på jordskorpan, så att denna pressades ned. Vid avsmältningen lättade detta tryck och samtidigt frigjordes stora vattenmängder, så att havsytan steg. Landhöjningen gick emellertid långsammare på grund av jordskorpan stelhets. Därigenom skapades ett komplicerat växelspel mellan jordskorpan rörelse, den isostatiska komponenten, och havsytan, den eustatiska. Resultatet blev sammanfattningsvis: 1. Transgression¹ efterhand som inlandsisen smälte bort. 2. Regression sedan landhöjningen satt in. 3. Under den genom det förbättrade klimatet ökade isavsmältningen ny transgression eller ett jämviktstillstånd mellan landhöjning och havsytan stigning. 4. När isarna i det närmaste försvunnit, upphörde havsytan stigning och en ny ännu pågående regression inträffade. (Sandegren, 1946.)

Den högsta nivå till vilken havet nått benämnes *marina gränsen* (MG). Denna nåddes av det senoglaciala havet omedelbart efter det landet frilagts från is, vilket i Göteborgstrakten inträffade ca 11 000 år f. Kr.² Gränsen är under gynnsamma omständigheter markerad av abrasionsmärken och strandvallar. Inom jordartskartans område finns endast ett fåtal punkter på bergens högsta toppar, som nått över MG, och det faktum, att jordlagren där varit allt för tunna för att någon registrering av denna strandnivå skulle kunna åstadkommas, gör att endast interpolerade värden står till buds. Närmast Göta älv har Björsjö (1949, sid. 212) anförts några siffror på MG bl. a. vid Hålt (Västerlanda socken) 124,5 m och vid Man (5 km väster om Hjærtum) 125 m över nuvarande havsyta. Marina gränsen är icke en synkron³ strandlinje, eftersom den norrut retirerande isen ständigt blottade ny mark

¹ Transgression = höjning, regression = sänkning av havsytan.

² Åsikterna om isavsmältningens tidsförlopp varierar något hos olika forskare (jfr sid. 67).

³ Synkron = på en gång utbildad.

i vilken allt yngre strandlinjer skar in sina märken. Dessa MG-märken i Västsverige är alltså yngre ju längre nordost ut de påträffas. Som ungefärliga värden på MG kan följande tjäna

Göteborg	95 m
Surte	110 m
Lödöse	124 m
Hjärtum	125 m
Trollhättan	126 m
Vänern (Halleberg)	128 m

När isavsmältningen nått i höjd med Dals Ed—Lidköping—Billingen ca 8 000 år f. Kr., fanns en bred öppen havsvik utanför isranden i vilken endast ett 30-tal mindre öar och skär stack upp. Under fortsatt isavsmältning vidgades viken och salt havsvatten nådde in över hela Vänerbäckenet och trängde in i Östersjön via sunden i Närke, som emellertid genom landhöjningen minskade i omfång och småningom övergick till en älv Svea älv, Östersjöns dåtida avlopp till Västerhavet (von Post, 1928). Ungefär samtidigt, ca 6 000 år f. Kr., avsnördes Vänern och Götaälvdalen förändrades till en fjord genom upphöjningen av norra och södra Inlandsplatån över havsytan. Världshavets yta steg så småningom och landhöjningen blev allt långsammare. Den stagnerade, då havet i finiglacial tid nått ca +15 m vid Göteborg, ca +20 m vid Surte, ca +28 m vid Lilla Edet och ca +43 m vid Trollhättan, och övergick i en landsänkning, varvid den s. k. *postglaciala gränsen* (PG) utblidades i tidig stenålder, ca 4 000 år f. Kr. Vid PG utbildades tydliga strandhak och terrasser, som kan följas utmed dalsidorna. PG nådde följande höjd över nuvarande havsytta vid

Göteborg	22 m
Surte	27—28 m
Lilla Edet	36 m
Vargön	43 m

Vid Vargön skedde ingen landsänkning utan där höll landhöjningen jämna steg med havsytans höjning.

Efter det havet nått detta maximum började den regression, som med några mindre uppehåll på lägre nivåer fortsatt till våra dagar och ännu gör sig gällande med omkring 0,20 m per sekel i Göteborg och 0,25—0,30 m per sekel i Vänersborg (Bergsten, 1954; von Post, 1928; Asklund, 1936; Mohrén 1956; m. fl.).

3. Lerornas stratigrafi¹

Utom moränen och den glacifluviala sanden, som omedelbart bottenfälldes vid isranden, tillfördes med tiden recipienten-havet betydande mängder slam, som sedimenterades ovanpå de grövre sedimenten. I det elektrolytrika

¹ Lagerföljd.

havsvattnet koagulerade lerslammet (kornstorlek $<0,002$ mm) och bildade så stora flockar, att de sjönk till botten tillsammans med mjålan ($0,002$ — $0,02$ mm) och finmon ($0,02$ — $0,06$ mm) bildande en så gott som homogen blandning av dessa kornstorlekar.

Alldeles intill iskanten skedde en viss sortering. Lerornas bottenlager är därför skiktade, dock vanligen icke varviga. Stundom har dessa leror, som särskiljas som *glacialleror*, en brunaktig färg beroende på att järnföreningarna i isälvs-slammet var oxiderade redan i utgångsmaterialets bergarter. Senare reduktion har uteblivit på grund av bristen på organiskt material i detta slam. I glaciallerans lerskikt uppgår lerhalten till mellan 50 och 60 procent, men den kan tillfälligtvis vara ännu högre. Där skiktningen är utpräglad, torde avlagringen ha skett intill den smältande isen i det så gott som elektrolytfria smältvattnet. På kort avstånd från iskanten har en inblandning av saltvatten gjort sig gällande, så att de homogena lertyperna bildats. Det har vid försök (Tullström, 1954) visat sig, att lera flockas redan vid en elektrolythalt av omkring 10 mekv/l¹ i sedimentationsmiljön. Havsvatten håller ca 600 mekv/l. En inblandning av ca 1,7 procent av havsvatten i smältvattnet var sålunda tillräcklig för att förhindra uppkomsten av varvig lera. Innehållet av organisk substans är av utförda kolanalyser att döma lägre i glacialleran än i lagerserien i övrigt. Även sulfidhalten är mycket låg i glacialleran.

Uppåt blir leran successivt styvare (finkornigare) i den s. k. *senglaciala* delen av lagerserien och får då vanligen en ökad järnsulfidhalt. Sulfiden uppträder ofta i distinkta, vanligen 1—3 cm tjocka, mörkgrå skikt, som ibland starkt påminner om årsvarvighet. Stundom är dock begränsningsytorna mot mellanliggande, ljusare grå partier diffusa i de folieborrkärnor som genomgått. Skiktningen kan vara sekundärt störd av krypspår efter organismer, som levat i slammet på havsbotten. Spåren påminner mest om maskgångar. En mera diffus och oregelbunden mörkfärgning, s. k. sulfidflammighet, är ganska vanlig. Sulfidhalten tyder på en riklig förekomst av organiskt liv i havet under sen-glacial tid. Svavelhalter på mellan 1,3 och 0,5 procent är vanliga i de mörka banden. Pyritkorn har iakttagits i mikroskopet. För bildning av sulfider fordras reducerande sedimentationsmiljö d.v.s. syrefritt mer eller mindre stagnant vatten.

När Götaälvdalen ingick i fjordstadiet och dalsidorna kom i bränningszonen, spolades sand ut över den redan avsatta leran. Dessa sandskikt är vanligen begränsade till områdena närmast dalsidorna och har en mot dal-mitten avtagande tjocklek. En del sandskikt har dock kunnat följas flera hundra meter ut i leran.

De sulfidhaltiga, styva eller mycket styva lerorna dominerar fjordstadiet, och de når en betydande tjocklek. Bland de funna diatomacéerna (kisel-

¹ 1 mekv (milliekivalent) = 1/1000 ekv (ekivalent). 1 ekv av ett ämne = så många gram av ämnet som kemiskt motsvarar 1 gramatom väte (= 1,008 g väte).

alger) är många saltvattensformer, vilket visar att leran är en företrädesvis marin avlagring. Skäl av saltvattensmollusker förekommer även, i synnerhet *Mytilus edulis* (blåmusslan), som stundom närmast fjordstränderna anhopats i leriga skalgrusbankar.

Lerhalten, som bestämts i ett mycket stort antal borrhprov, är hos dessa leror mycket hög, vanligen mellan 60 och 70 procent. Vid undersökning av leror från olika djup i ostörda lagerföljder finner man, att i samma profil leran uppåt blir grövre (lerhalten minskar). Denna övergång från en styvare till en lättare lera beror bl. a. på den tidigare nämnda uppgrundningen av fjorden och den därigenom ökade transportförmågan hos det framrinnande vattnet.

Vid tiden för den finiglaciala regressionens maximum synes på flera ställen ha skett en betydande erosion av redan avsatta sediment. Sålunda fattas stundom delar av lagerserien och i stället finner man en delvis oxiderad zon eller lager av sand. På flera ställen närmast dalsidorna kan den del av leran, som paleontologiskt hör till senoglacial II vara helt borteroderad, så att postglacial lera direkt överlagrar lager tillhörande senoglacial I. Detta är fallet vid Lilla Edet (sekt. V 37,60 och H 37,54 samt sekt. V 38,0 borrhål 135 m från älven), Båstorp (sekt. V 53,64 borrhål 800 m från älven), Parkudden (sekt. H 36,77) m. fl. platser.¹ Dessa stratigrafiska luckor kan på vissa håll hänföras till skred under sedimentationstiden. Det är sannolikt, att flera sådana inträffade just under den finiglaciala regressionsperioden, då en del avlagringar kom att ligga ovanför havsytan med därav följande ändringar i stabilitetsförhållandena. Där underlaget för lersedimenten haft stor lutning har även submarina skred säkerligen inträffat under sedimentationen. Vid Ödsmål (sekt. H 26,02 borrhål 5 m från älven) är skiktningen störd helt nära bottenlagren men även på flera ställen högre upp i lagerserien. Ovanpå skreden ligger emellertid lera sedimenterad under ostörda förhållanden. Sådana mycket tidiga skred har även konstaterats vid en borrhning vid Lödöse (sekt. H 50,15, 45 m från älven), där på 21,5 m djup under minst 16 m postglacial lera ett prov icke kunnat dateras på grund av att skilda avlagringars faunor sammanblandats (undersökt av Brotzen). De postglaciala lerorna karakteriseras i strandnära delar av dalen av en ökad mo- och grovmjälalhalt samt, åtminstone i de sydligare delarna av dalgången, av en olivgrön färgton i de grå till ljusgrå ofta sulfidfattiga lerorna beroende på samtidig avsättning av lerslam och organiskt slam.

De avslutande sedimenten är att hänföra till *älvstadiet*, under vilket dels älverosionen började först i de norra delarna av dalen, senare längre söderut, dels bräckvattens- och sötvattenssediment ackumulerades. De senare innehåller ej sällan vassrester och skikt av sand och mo. Deras mäktighet

¹ Beträffande angivande av undersökta sektioners lägen, se sid. 4. Sektion V 37,6 betecknar en sektion belägen på östra stranden 37,6 km från Bastungens fyr. Samtliga undersökta sektioner finns utmärkta å kartbil. 1.

är tämligen liten och torde icke nämnvärt överstiga 7 m. De ligger vanligen närmast intill älven i dalens djupare delar. Enligt Järnefors är sedimenten avsatta vid älvens mynning. Jordartskartans beteckning för de grövre jordarterna är gles rödprickning, som anger finmo och mjåla. Även sand (tätare prickning) förekommer i smala stråk närmast älven. Den dominerande jordarten är dock en lättlera eller en gyttjig lättlera (jfr Ekström, 1926).

E. Sedimentation och lagerställning

Olika teorier om hur den marina slamtillförseln och sedimentationen tillgått leder till ett och samma resultat, nämligen att de avsatta sedimenten är mäktigast, där vattendjupet varit störst. (De Geer, 1940, sid. 27; Kuenen, 1951, sid. 70.) Submarina skred och sedimentation verkar sålunda båda utjämnande på de ursprungliga bottenformerna. Å andra sidan packas sedimenten tätare under trycket av efter hand avsatt slam. Denna konsolidering bör således medföra, att lagerställningen så småningom kommer att luta mot den del av dalen, där berggrunden ligger djupast, vilket icke alltid är detsamma som älvens nuvarande djupfåra. Givetvis är lagerställningen starkt beroende av den ursprungliga bottenkonfigurationen.

Eftersom vissa geotekniska rön framkommit, enligt vilka stor hänsyn skall tas till skiktens lutning, kan det vara skäl att belysa dessa förhållanden med några exempel. Genom mikropaleontologisk datering av leran har undre gränsen för de postglaciala lagren i flera fall kunnat fastläggas. Därvid har erhållits en minimilutning av de postglaciala bottenskikten. Lutningen kan uppskattas till

- 3° vid Lödöse (sekt. V 49,94)
- 5° » Båstorp västra (sekt. H 53,80)
- 1° » Båstorp östra (sekt. V 53,64)
- 4,5° » Solberg (sekt. H 59,55)
- 7,5° » Sundören (sekt. H 37,11)

Vid Surte stupade undre gränsen för de postglaciala lagren 8° mot älven strax söder om den plats där initialscredet inträffade (sekt. 464 + 966, SGU, Ca nr 27, plansch 3). Stupningen flackade dock ut mot dalmitten. En stupning på 6° torde därför icke vara särskilt ovanlig, åtminstone ej i smalare partier av dalgången, medan den sannolikt ej går upp till så stora värden i mitten av bredare dalpartier. Vid Älvängen i två borrhål (sekt. V 57,56 14 resp. 360 m från älven), vilka nådde 30 m djup, verkade båda profilerna stödda att döma av de mikropaleontologiska undersökningarna. T. o. m. bottenlagren tillhörde den postglaciala leran. I en sektion (H 23,45) lutar bottenskikten från älven, sannolikt beroende på tidiga submarina skred medan ytskikten lutar mot älven.

F. Lerornas urlakningsförhållanden

Ett stort arbete har nedlagts på bestämning av salthalten i lerorna. Därvid har konstaterats att klorid-natriumrelationen i det ursprungliga sedimentet förskjutes beroende på att kloridjon lättare urlakas än natriumjon. Som mått på urlakningsgraden är därför kloridhalten överlägsen natriumhalten. I naturfuktigt material synes resultaten av saltsonderingar och motståndsmätningar med instickselektroder även bäst stämma överens med resultaten av kloridbestämningarna. Samtliga nu nämnda metoder är av utomordentligt värde för erhållande av en snabb uppfattning om lerornas urlakningstillstånd av vilket sensitiviteten är beroende. Kloridhalten bestäms lätt på potentiometrisk väg i torkade prover, en metodik, som utvecklats på SGU:s laboratorium.

1. Undersökta lokaler

De erhållna undersökningsresultaten visar, att lerorna i Götaälvdalens norra del vid Intagan (Hjärtums socken) och vid Vesten (sekt. H 23,45) är så gott som fullständigt urlakade. Det är inom detta parti av dalen, som det under de senaste åren inträffat ett par släntskred, av vilka ett utvecklade sig till ett s. k. flaskskred. Urlakningen är mest accentuerad inom partierna närmast dalsidan. Lerhalterna inom sulfidlerorna ligger mellan 60 och 70 procent. Dalens bredd är omkring 400 m.

Vid Ödsmål (sekt. H 26,02) har dalbredden ökat till ca 500 m. Leran är närmast älven urlakad till ca 20 m djup och 270 m från älven till ca 22 m djup, i båda fallen räknat från sedimentplanets yta, d. v. s. ner till +2 m resp. +4 m över havet. Lerhalten är i lagerföljdens övre delar under 50 procent och mohalten ca 30 procent. Lerhalten stiger mot djupet samtidigt som salthalten ökar.

Vid Torpa och Utby (sekt. 26,87) är leran urlakad till de borrhårens djupen, nämligen vid följande nivåer:

- ± 0 i borrhål 300 m från östra stranden
- 21 i borrhål 20 m från västra stranden

Dalens bredd är i denna sektion ca 2 km. I sektionen ligger det stora skredärrat vid gården Köpingen vid Torpa.

Vid Fråstad (sekt. 30,10) är leran närmast älven salthaltig vid +5 m nivå och 200 m från älven vid +6 m. Vid dalsidorna är urlakningen fullständig. Älvens medelvattenyta före 1916 var +4,5 m. En plötslig ökning av salthalten vid +5 m i en borrhålspunkt (40 m öster om älven) kan ha med älvvattenståndet att göra men kan även ha andra orsaker.

Vid Bondeström går en sektion (35,56) i sin västra del genom ett skredärr. Lerorna är helt urlakade. På östra sidan älven har de djupaste delarna av dalen, som ligger 200—300 m öster om älvstranden, icke undersökts. Två

relativt grunda borrhål (50 resp. 520 m öster om älven) har gått genom helt urlakad lera.

Inom området söder om Ströms sluss har flera sektioner undersökts, huvudsakligen på västra stranden. I en sektion (H 36,77) var lerorna urlakade ända till fast botten. En obetydlig saltrest fanns kvar i ett borrhål (370 m från älven) mitt i lagerföljden, indicerande att urlakningen skett både underifrån och uppifrån.

Redan i sektion H 37,11 är förhållandena annorlunda. En rätt betydande salthalt finns kvar i lerorna, större halt ju närmare älven man kommer. Urlakningen har här nått ungefär havsytans nivå. Salthalten ökar successivt mot djupet. I ett borrhål (340 m från älven) finns vid 17 m djup ett sandskikt och det är under detta som högre salthalt förekommer. Ett språng i salthalten från 1,9 till 2,8 mekv Cl/100 g torr jord har konstaterats på nämnda djup.

Vid sektion H 37,58 är lerorna liksom i föregående sektion mäktiga och salthalten står delvis kvar nedanför ungefär 0-nivån 240 m från älven, medan däremot leran i borrhål 360 m från älven, vilket når fast botten vid ca —2 m, är fullständigt urlakad. På motsatta sidan om älven är lerorna närmast älven så gott som urlakade till —12 m, sannolikt även till fast botten på —15,5 m.

Bland övriga borrhningar kring Lilla Edet uppgår icke kloridhalten till 10 mekv/100 g torr jord med undantag för en borrhning (sekt. V 38,16 34 m från älven). Lerhalten är, där analys gjorts, överallt över 60 procent även i de urlakade lerorna.

Nedströms Lilla Edet finns med avseende på kloridhalt undersökta lerprover från sektioner vid Lödöse, Båstorp, Solberg (Romelanda socken) och Ingebäck samt från flera ställen inom Göteborgs stad. På samtliga dessa platser stiger kloridhalten hastigt till mellan 25 och 35 mekv/100 g torr jord i borrhål inom lågt liggande platser nära älven, medan lerorna nära dalsidorna är urlakade.

Vid Ingebäck har gjorts en geoelektrisk motståndsmätning, som visade att salthalten var låg mellan dalsidan och ett borrhål 500 m från älven, varefter den på en sträcka av 20 m plötsligt ökade även uppe vid markytan (5 m djup).

Vid Ellesbo (sekt. H 73,05) var leran urlakad, men urlakningen är starkast i lerans bottenlager, där ett sandskikt konstaterats. Platsen ligger nära en mäktig moränackumulation.

2. Något om urlakningens kemiska förlopp

Sedimentationsmiljön för Götaälvdalens lersediment har växlat med avseende på vattnets innehåll av elektrolyter (lösta salter). I de relativt öppna vatten, som fanns under sen-glacial tid, kan man dock med fog anta, att saltkon-

centrationen inom sedimentationsområdet icke skilde sig mycket från existerande halter i världshaven.

Enligt Sverdrup (1942) cit. av Rosenqvist (1955, sid. 64) är jonkoncentrationen i havet omräknat i mekv/l följande:

<i>Jonslag</i>	<i>mekv/liter</i>
Klorid Cl	535
Sulfat $\frac{1}{2}$ SO	55
Bikarbonat HCO ₃	2,3
Natrium Na	462
Kalium K	9,7
Magnesium $\frac{1}{2}$ Mg	105
Kalcium $\frac{1}{2}$ Ca	20

De högsta noterade kloridhalterna i porvatten utpressat ur göteborgslera, från en borrhning för Tingstadstunneln, vid —55 m nivå ligger vid ca 550 mekv/l. Natriumhalten i samma porvatten är bestämd till 435 mekv/l, kalium till 25 mekv/l och skillnaden mellan klorid och summan av alkalimetalljoner uppgick till ca 90 mekv/l. Denna skillnad är i huvudsak beroende på magnesiumhalten. Ifrågavarande leras ålder är enligt C¹⁴-bestämning (se sid. 66) 29 000 år. Porvattnet högre upp i samma lagerserie innehåller ca 525 mekv klorid per liter porvatten. Dessa värden överensstämmer sålunda nära med nuvarande salthalt i havet. Ungefär samma tillstånd har konstaterats från en borrhning vid Olskroksmotet i Göteborg. Omräknade på torr lera motsvarar kloridhalterna 33—35 mekv/100 g.

Flera borrhningar i Götaälvdalen har gått genom lera med lika höga kloridhalter, vilket visar att denna lera har kvar sin ursprungliga halt av klorid. Dessa borrhningar ligger företrädesvis söder om Lödöse. Norr om Lilla Edet har lerorna mer eller mindre urlakats, och i detta område föreligger analyser från så gott som alla grader av urlakning. De överskott av kloridjon över alkalijon, som konstaterats i södra delen av älvdalen, torde indikera en hög halt av magnesium i porvattnet. Man kan konstatera att mängden klorid i förhållande till mängden natrium avtar hastigare vid sjunkande salthalt i porvattnet, balanseras i ekvivalenta mängder vid en halt av ca 125—175 mekv/l samt understiger natrium vid halter därunder. Då kloridhalten än 10—20 mekv/l ligger natriumhalten icke sällan på 40—50 mekv/l. Detta förhållande kan förklaras genom att urlakningen sker genom kolsyrehaltigt regnvatten. När urlakningen sker underifrån, kan dock ej alltid tillräcklig mängd kolsyra tillföras. I sådant fall råder under viss tid sannolikt balans mellan natrium- och kloridjon även vid jämförelsevis låga halter. Bikarbonatjon kan sålunda ersätta kloridjon, men även andra kombinationer är tänkbara (Rosenqvist, 1955, sid. 66). Karbonatanalyser har gjorts på lera från Lilla Edet (sekt. V 38,0 135 m från älven). Nära 1,8 procent CO₂ förelåg som karbonatkolsyra motsvarande 44 mmol/100 g lera¹. Bikarbonat-

¹ 1 mmol (millimol) = 1/1000 mol. 1 mol av ett ämne = så många gram av ämnet som molekylvikten anger.

jon i tillräcklig mängd förelåg således för att förklara underskottet av klorid. Kiselsyra har konstaterats i vattnet efter dialys av lera (muntligt meddelat av R. Söderblom), varför det icke är osannolikt att natriumsilikater även finns i porvattnet.

Det ganska stora analysmaterial, som finns på utbytbar natrium i leran med samtidig bestämning av natriumjonkoncentrationen i porvattnet, har något studerats bl. a. från lerorna vid Strandbacken, Lilla Edet.

Det visade sig, som väntat, att kloridurlakade leror nära följer en adsorptionsisoterm (Kelley, 1948)

$$\frac{x}{m} = K c^n \quad \text{där}$$

x = adsorberat natrium, m = mängd torr lera, c = natriumjonkoncentration i porvattnet och K och n är konstanter. Avsättes på ett dubbellogaritmiskt papper $\log x$ på den ena axeln och $\log c$ på den andra, faller punkterna utefter räta linjer. Konstanterna varierar något för olika material och från borrhål till borrhål. Om natriumhalten överstiger vissa värden, varvid även kloridhalterna brukar öka, gäller icke detta enkla förhållande. I stället minskar åter natriumhalten i den fasta fasen, när porvattnets natriumhalt ökar. Detta kan förklaras med att adsorptionsställena vid mätning blockeras av andra förekommande joner såsom t. ex. magnesium. Mättnadspunkten har för de undersökta lerorna vid Lilla Edet visat sig ligga vid en natriumkoncentration av mellan 70 och 90 mekv per liter porvatten.

Starkt sensitiva leror uppträder i de undersökta fallen icke över mättnadspunkten, men väl under denna. Det finns dessutom en högre frekvens av kvickleror, då skillnaden mellan natrium adsorberat i fasta fasen och löst i porvattnet är som störst (fig. 4). Kvikklora uppträder särskilt ofta när natriumhalten i den fasta fasen ligger mellan 2 och 8 mekv/100 g lera. Undantag från denna regel finns dock, vilket är förklarligt med hänsyn till att materialets basbrytande egenskaper, kornstorleksfördelning etc. icke är desamma i alla undersökta prov. Det nämnda är framfört endast för att påpeka en viss tendens. Ett djupare studium av dessa förhållanden förutsätter modellförsök.

Den högsta hittills konstaterade halten av utbytbar natrium i den fasta lerfasen har varit 7,1 mekv/100 g lera i Lilla Edet och 8,9 vid Ellesbo, där halterna genomgående ligger mycket högt. Ellesbolerorna skiljer sig från de övriga undersökta genom att urlakningen har skett i huvudsak underifrån.

Av visst intresse är även kalium-natriumförhållandet i lerorna. I havsvattnet är detta förhållande 2,1 ekvivalentprocent. En sammanställning av analysresultaten från två sektioner (H 23,45 och H 26,02), som undersökts 1960, illustrerar porvattnets halt av Na och Cl samt förhållandet K/Na uttryckt i ekvivalentprocent (fig. 5 och 6). I ovittrade delar närmar sig

Kvicklerornas relation till Na-halt
i porvatten (C) och fast fas (X) i
Götaälvdals leror.

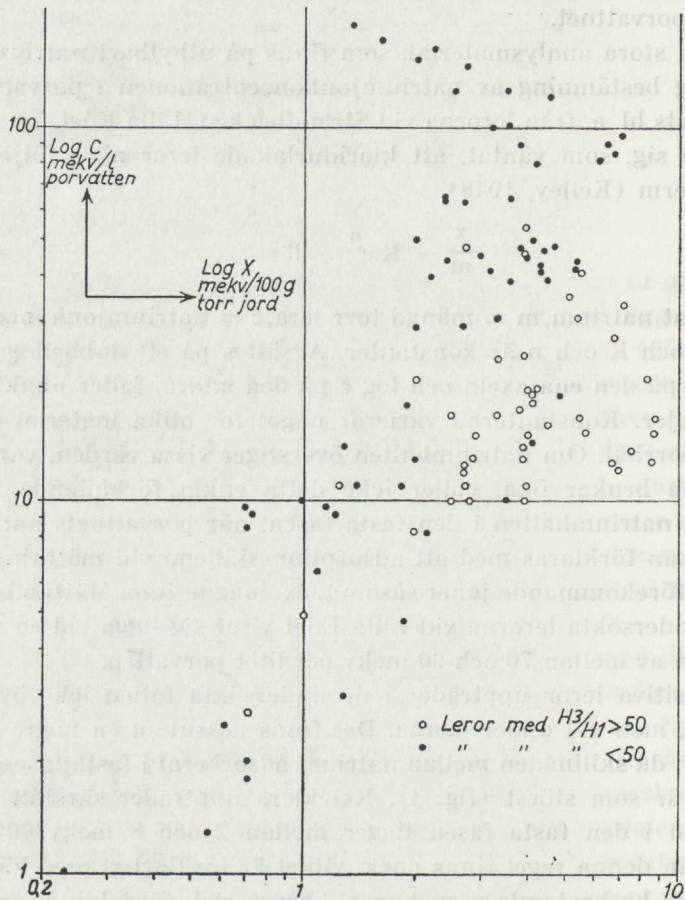


Fig. 4. Frekvensen kvickleror ($H^3/H^1 > 50$) är särskilt stor då skillnaden mellan natrium adsorberat i fast fas (X) och löst i porvatten (C) är som störst.

detta förhållande värdet 2,5 procent medan urlakning från ytan ändrar förhållandena högst avsevärt.

Enligt Rosenqvist (1955, sid. 67) förklaras de högre värdena av vittring i lerorna efter sedimentationen. Denna vittring äger rum till synes under oförändrad vattenhalt. De låga värdena närmast ytan beror sannolikt på växternas förmåga att tillgodogöra sig kalium. Kalium frigöres under inverkan av koldioxidhaltigt vatten ur silikat, framförallt ur fältspater och mörk glimmer. Vid urlakning underifrån utblir som väntat denna vittring. Något samband med lerornas sensitivitet kan icke utläsas ur dessa kurvor.

Varken urlakning av Cl och Na eller K/Na-förhållandet synes anpassa

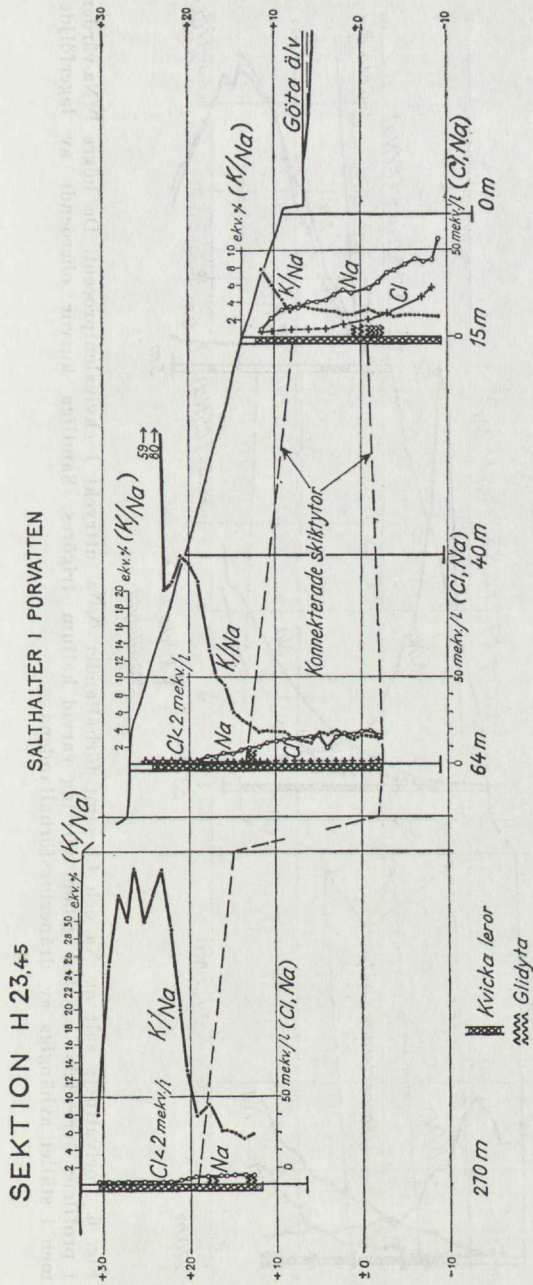


Fig. 5. Portvattnets halt av Na och Cl samt förhållandet K/Na uttryckt i ekvivalentprocent. De högre K/Na -värdena i profilens övre delar orsakas genom vittring varvid kalium frigöres. Samtliga kurvor är oberoende av lagerföljden, men i stället avhängiga av dräneringsförhållandena.

SEKTION H 26.02

SALTHALTER I PORTVATTEN

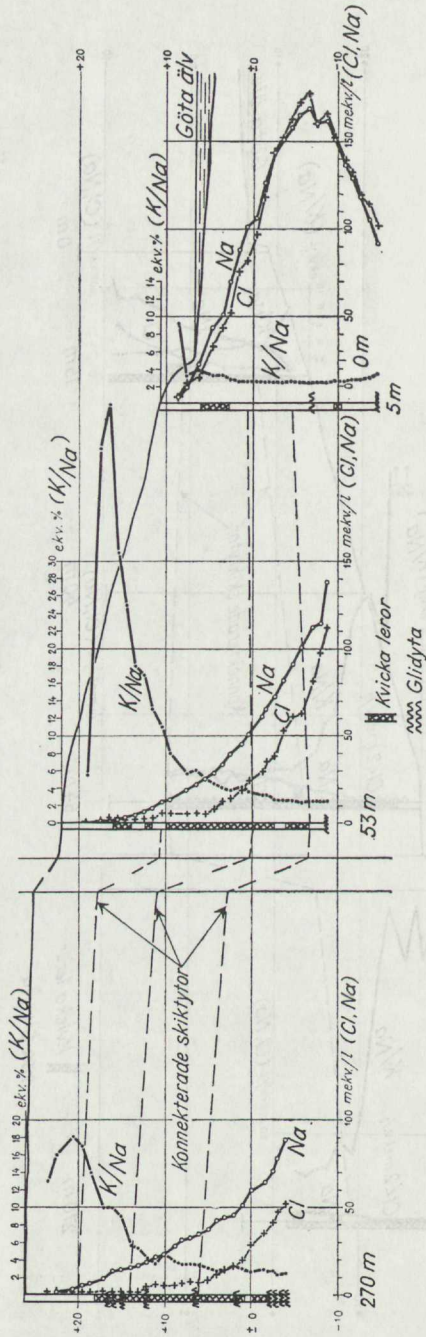


Fig. 6. Portvattnets salt av Na och Cl samt förhållandet K/Na uttryckt i ekvivalentprocent. De högre K/Na -värdena i profilens övre delar orsakas genom vittring varvid kalium frigöres. Samtliga kurvor oberoende av lagerföljden, men i stället avhängiga av dräneringsförhållandena.

sig efter stratigrafiska förhållanden utan är i stället beroende av dräneringsförhållanden, d. v. s. av grundvattenströmmens riktning och recipientens nivå.

Av de utförda undersökningarna synes framgå vissa allmänna regler för urlakningens förlopp.

1. Lerans läge i förhållande till recipienten synes vara bestämmande för hur djupt urlakningen nått ovanifrån. I norra delen av dalen kan därvid även ravinernas djup spela viss roll. Den geologiska åldern spelar däremot underordnad roll.

2. Urlakningens hastighet är större, ju grovkornigare sedimenten är. Detta är särskilt påtagligt, om grundvatten kan cirkulera i sandskikt såväl inuti som under botten av lersedimenten. Tillgång på större depåer av morän och sand på dalsidorna har varit av betydelse för bildning av sandskikten inne i leran.

3. Urlakningen har vanligtvis blivit fullständig invid dalsidorna och där lerans mäktighet är liten på grund av uppstickande bergknallar. På ställen, där älven går nära andra dalsidan, kan man därför räkna med att urlakningen nått älvstranden.

4. Urlakningen synes i stor utsträckning ske genom diffusion i kombination med grundvattenströmning. Grundvattenströmmarnas hastighet är nämligen för låg för att ensam ge en tillfredsställande förklaring av urlakningsförloppet. Saltdiffusionens front synes enligt Järnefors (1958, sid. 99) i leran vid Surte förflytta sig med en hastighet av ca 3 dm per år. Lerornas k -värden¹ är för närvarande blott 10^{-8} — 10^{-10} m/sek, men k -värdet minskar vid konsolidering, varför det säkerligen varit större.

5. Söder om Lilla Edet synes leror belägna i dalens mitt ha ett porvatten med ungefär samma sammansättning som det havsvatten, ur vilket de avsatts. Norr därom har däremot urlakningen ofta nått fram till älvfåran, varvid betingelser för kvicklerebildning uppkommit. Lerorna urlakas ovanifrån av koldioxidhaltigt vatten varvid kloridjon utbytes mot bl. a. bikarbonatjon, medan åtminstone på vissa ställen under viss tid urlakningen underifrån sker utan tillförsel av koldioxid. När större delen av salterna urlakats, så att natriumhalten i porvattnet nått under 70—90 mekv/l, råder jämvikt mellan halterna i fast fas och halterna i vätskefas. Inom detta intervall uppträder kvickleror med större frekvens, när utbytbart natrium i fast fas ligger mellan 2 och 8 mekv/100 g torr jord. K/Na-förhållandet stiger på grund av vittring kraftigt under urlakningsprocessen.

G. Erosionen i Götaälv dalen

Som framgått vid behandlingen av landhöjningen har strandzonen inom älv dalen passerat alla nivåer från marina gränsen (se sid. 45) ned till den

¹ vattengenomsläpplighet.

nuvarande älvstranden. Vågerosionen har säkerligen i tidigare skeden varit betydande, då stränderna låg exponerade för havsvågorna. Vid uppehåll i landhöjningen har strandplan utbildats, mest bestående av svallgrus och sand. Skikt av sand och grus har inlagrats i sedimentlagerföljden.

Vid tiden för den postglaciala transgressionen hade redan ansenliga partier av tidigare avsatta lersediment lyfts ovanför havsytan. En älvfåra började skära sig ned i fjordbotten först i norr, senare allt längre söderut, varvid älvmyningen samtidigt försköts mot söder. Ravinbildningen började sannolikt redan då, och ravinerna fördjupades efter hand som erosionsbasen sänktes. Genom uppgrundningen kunde även ansenliga delar av de föga konsoliderade lerlagren bortroderas, något som bl. a. framgått av foraminiferundersökningar (se sid. 65).

De processer, vilka bidragit till utformningen av Göta älvs fåra, fortsätter i stor utsträckning sin verksamhet även i nutiden. Älvens eroderande och transporterande verksamhet är därigenom en mycket viktig faktor vid bedömningen av stabilitetsförhållandena. I det följande lämnas en kortfattad sammanfattning av resultaten av de allmänna erosionsundersökningar, vilka under åren 1958—60 utförts i SGU:s regi.

Erosionsundersökningarna har omfattat följande huvudmoment:

1. Grundläggande förutsättningar beträffande geologi, hydrologi och fartygstrafik.
2. Älvens nutida morfologi (strand- och bottenformer) med särskild hänsyn till erosionsförhållandena.
3. Strand- och djuperosionens förlopp, speciellt under 1900-talet.
4. Älvens sedimenttransport och dess samband med erosionen.
5. Pågående processer, studerade med hjälp av grodmansundersökningar, vågmätningar samt vattenhastighets- och grumlighetsmätningar i samband med fartygspassager.

Beträffande de grundläggande förutsättningarna måste främst framhållas särprägel hos dalgångens sediment. Sedimentens karaktär av kohesionsjordarter är bestämmande för såväl erosionsprocesser, botten- och strandmorfologi som sedimenttransport. Praktiskt taget all transport av fast material sker i suspension (uppslamning), vilket ger botten ett på kort sikt till synes oföränderligt utseende. På längre sikt sker dock en sträng anpassning till nya förutsättningar, betingade av landhöjning, regleringsåtgärder, fartygstrafik etc. Anpassningen sker med en hastighet, som är beroende av lokala förhållanden, speciellt jordarternas egenskaper.

De hydrologiska förutsättningarna har i huvudsak förändrats genom två åtgärder, *dämningen vid Lilla Edet 1916* (i samband med anläggningen av Lilla Edets kraftstation) och *Vänerregleringen 1937*.¹

¹ Västerbygdens vattendomstols dom den 19 juni 1937 i mål angående Vänerns reglering (se sid. 19). I Vänerdomen återges även föreskrifter för vattenhushållningen vid Lilla Edet (sid. 8496 i den tryckta domen).

Genom dämningen vid Lilla Edet 1916 steg vattenståndet med i genomsnitt omkring 2 m uppströms Lilla Edet. Därigenom ökades arean av älvens tvärsektioner, och vattnets strömningshastighet minskades. Effekten av denna minskning i strömningshastighet eliminerades dock vid Vänerregleringens genomförande, då högsta högvattenföring ökades betydligt.

Vänerregleringen medförde, att högsta förekommande vattenföring ökade från 840 m³/sek till drygt 1 000 m³/sek. Frekvensen av såväl mycket höga som mycket låga vattenföringar har också ökat markant. Vattenföringar på mer än 800 m³/sek, vilka före regleringen var mycket sällsynta, förekommer numera med en varaktighet av ungefär 13 procent. Dygnsreglering medför mycket stora dagliga variationer i vattenföringen.

Den för stranderosionen mest betydelsefulla följden av Vänerregleringen har dock varit den *ökade frekvensen av vattenståndsvariationer* på sträckan mellan Trollhättan och Lilla Edet. Genom korttidsreglering och samkörning mellan kraftverken i Göta älv varierar vattenståndet numera mycket snabbt inom hela det tillåtna regleringsintervallet. Vågerosionen får därigenom möjlighet att verka inom hela området mellan hög- och lågvatten under kort tidsrymd, ofta mindre än ett dygn. Detta står i stark kontrast till förhållandena före Vänerreglering och dämning, då vattenståndet i Göta älv var en direkt funktion av Vänerns vattenstånd och sålunda ändrades mycket långsamt.

Genom kanalombyggnaden åren 1909—16 kom slussarnas och den övriga farledens dimensioner att tillåta passage av större fartyg. Fartygstrafiken har sedan dess ökat, dels genom en 50—100 procentig ökning av antalet resor med maskindrivna fartyg, och dels genom en påtaglig ökning av fartygens medelstorlek. Det har framgått, att fartygsgenererade vågor är av större betydelse för stranderosionen än vindvågor. *Erosionseffekten är beroende av fartygens storlek och fart.* De största fartyg, som nu trafikerar kanalen, ger en mångdubbelt större vågeffekt än fartyg av medelstorlek under i övrigt likartade betingelser. Fartygstrafikens utveckling måste därför anses vara en viktig faktor för stranderosionens förlopp.

1. Erosion uppströms Lilla Edet

Allmänt skiljer man mellan djuperosion, som betingas av vattenströmningens inverkan på älvbotten, och stranderosion, som endera kan vara strömbetingad eller orsakad av vågverkan.

Beträffande *djuperosionen uppströms Lilla Edet* har det framgått, att bottenförhållandena uppströms Lilla Edet icke märkbart har förändrats under 1900-talet. Konstaterade förändringar i bottenens utseende kan i de flesta fall förklaras genom utglidningar av lermassor i samband med släntskred och därav orsakad erosion eller också genom sådana artificiella ingrepp som sprängningar, muddringar och tippning av muddermassor. Genomförda regleringsåtgärder har därför betytt mycket litet för älvbottens utveckling norr om Lilla Edet.

För *stranderosionen* betydde däremot dämningen år 1916 en radikal förändring av de yttre förutsättningarna. Under en långvarig period före dämningen av relativt oförändrade yttre betingelser hade ett tydligt strandplan hunnit utbildas. Detta var på många ställen vegetationstäckt, och erosionen hade där avstannat eller helt upphört. En viss erosionsaktivitet förekom dock inom andra områden, och utglidningar från strandslänten ägde rum. Slänterna hade i stort sett nått en mjuk vågform.

Genom dämningen nådde vattnet upp till tidigare helt opåverkade delar av strandslänten. Strandkonturen blev mera orgelbunden genom att vattnet kom att täcka lågt liggande skredärr och låglänta områden nära bäck- och ravinmynningar. Mellan de sålunda uppkomna inbuktningarna sköt högre partier fram. Dessa kom att få ett för vågerosionen mycket exponerat läge. Det är i första hand dessa exponerade punkter, som angripits av stranderosion. Strandkonturen har åter utjämnats genom erosion. (Fig. 7 och 8.)

Erosionsförloppet har dock inte avstannat i och med att strandkonturen utjämnats. På många ställen har erosionen under senare år utlöst flera betydande släntskred (t. ex. vid västra stranden av älven nära Vesten i Hjärtums socken). De utglidande skredmassorna eroderas snabbt ned, varvid nya utskjutande partier bildas på ömse sidor om skredärrret. Dessa exponerade avsnitt utsätts därefter i sin tur för vågerosion, och förloppet fortsätter på så sätt stegvis inåt dalsidan. (Fig. 9 och 10.)

För bedömning av den framtida utvecklingen är det viktigt att observera, dels att strandhakets nivå oftast ligger ca 30—50 cm under högvattennivån, och dels att viss erosion sker även på själva strandplanet. Någon tendens till avtagande aktivitet kan inte spåras. Tvärtom blir verkningarna av erosionen allt allvarligare, emedan erosionen efter hand når allt längre in, och slänterna därigenom blir brantare och högre. Före dämningen förmådde inte vågerosionen transportera bort allt material, som gled ut eller föll ned på strandplanet. Numera är vågerosionen så aktiv, att strandplanen överallt har karaktär av renspolade erosionsytor. Underminering av släntfoten är en normal företeelse. Avgörande för utvecklingen är inte vad som händer i slänterna, utan vad som sker på strandplanet och i strandhaket.

För denna starkt intensifierade stranderosion under senare decennier bär inte dämningen vid Lilla Edet hela ansvaret. Vänerregleringen och fartygstrafiken har också en viktig andel i den ökade aktiviteten.

För att ge en bild av stranderosionens kvantitativa omfattning efter dämningen har en jämförande kartanalys genomförts. På grundval av dessa jämförelser har en erosionskarta konstruerats¹.

Av erosionskartan framgår, att stranderosion under perioden 1916—58 orsakat en markförlust av ca 100 000 m² mellan Åkerström och Lilla Edet. Mängden borteroserat material på samma sträcka har uppskattats till mel-

¹ Erosionskartan ingår i Å. Sundborgs i januari 1961 avlämnade utredning, tillgänglig i SGU:s bibliotek. Erosionskartan kommer till stor del att publiceras i SGU ser. Ca.

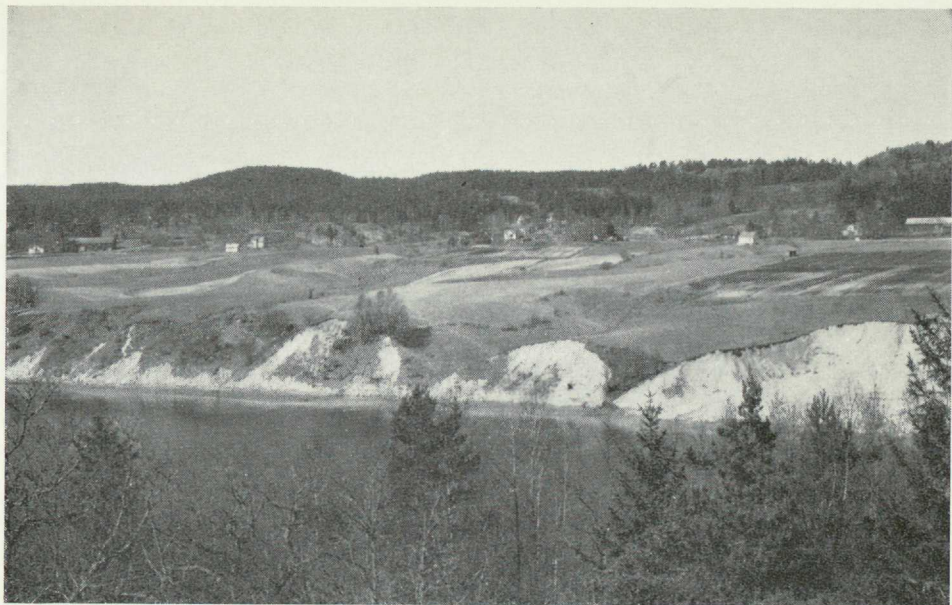


Fig. 7. Västra stranden av Göta älv vid Vesten mellan Trollhättan och Lilla Edet. Sedimentplanet är fårat av raviner, och strandslätten präglas av släntskred och aktiv stranderosion. Observera strandplanet vid foten av slänten. Foto L. Sunnerholm 1960.

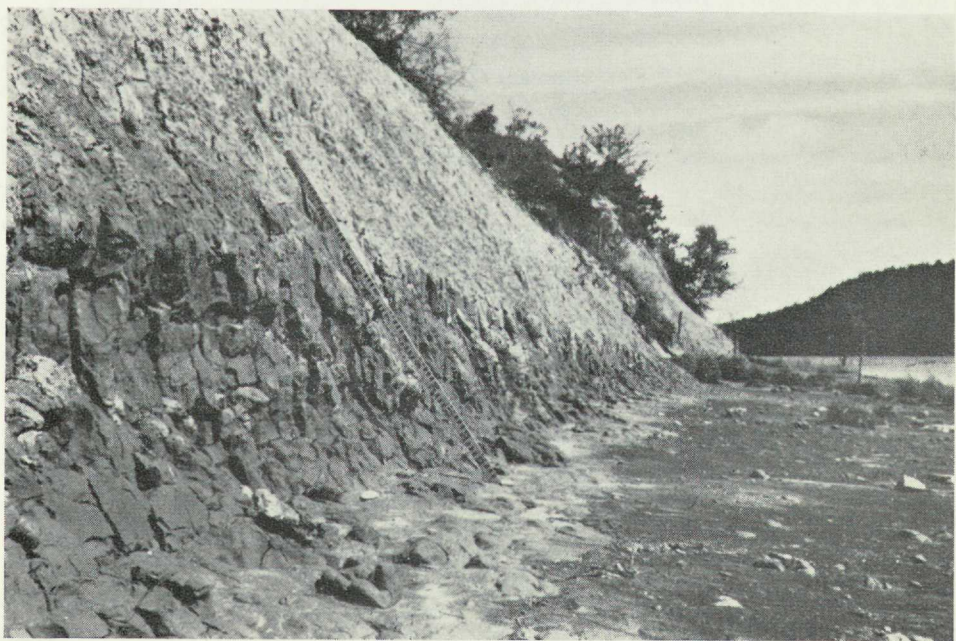


Fig. 8. Strandhak utsatt för aktiv vågerosion, med karakteristiskt torkspricksmönster. Det mörka sedimentet på strandplanet består huvudsakligen av lera, hopbakad till millimeterstora partiklar genom järnutfällning. Foto J. Norrman 1958.

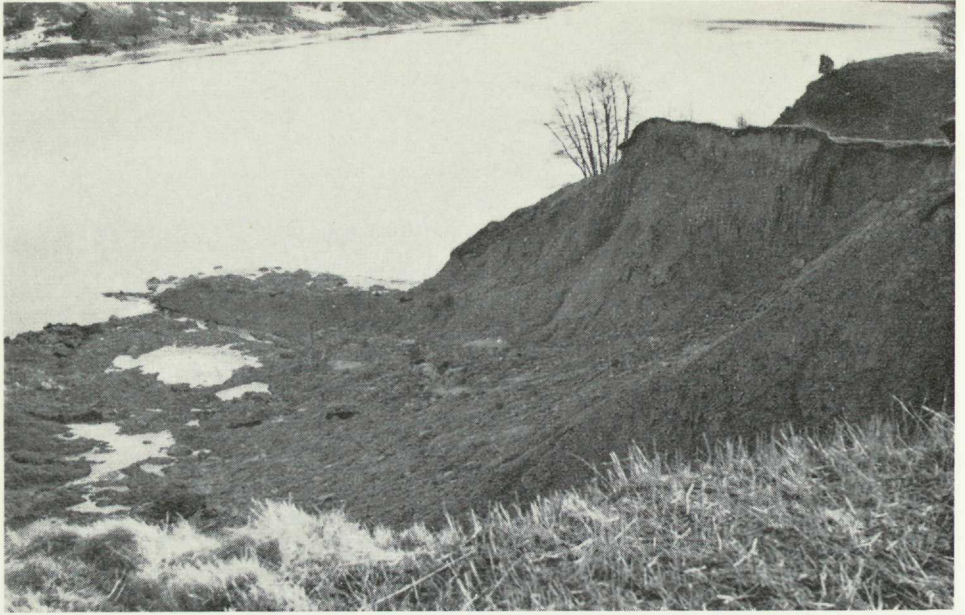


Fig. 9. Västra stranden av Göta älv nära Vesten. På strandplanet utglidna släntskredsmassor bildar utskjutande tungor med oregelbunden kontur. Massorna eroderas dock snabbt bort av vågsvallet. Foto Å. Sundborg 1959.

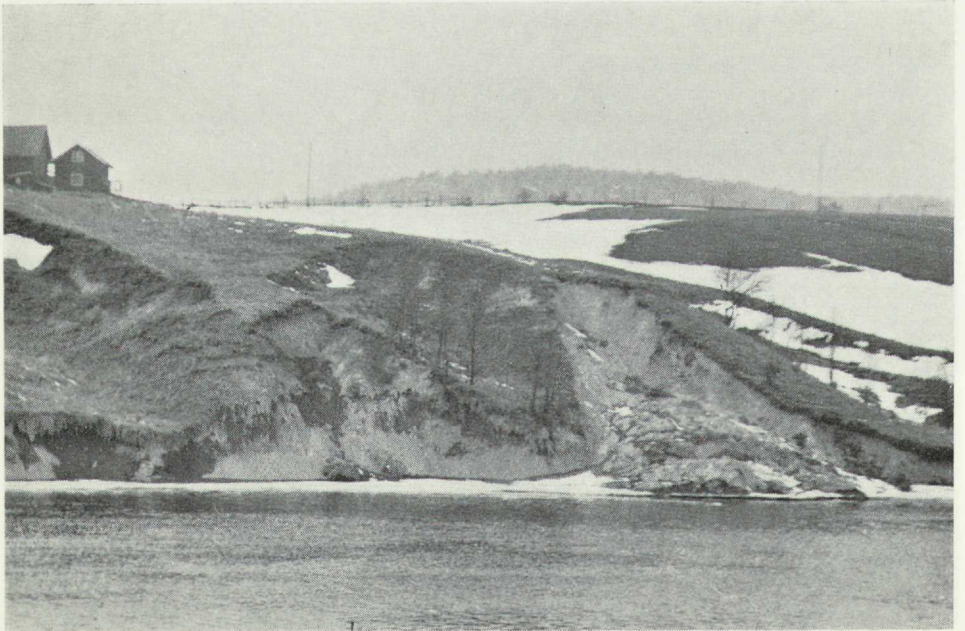


Fig. 10. Släntskred i kvarstående partier mellan äldre raviner och skredskällor. Genom stranderosionen bildar de äldre erosionsrännarna i slänten »hängande dalar». Foto J. Norrman 1959.

lan 800 000 och 1 250 000 ton, vilket i genomsnitt per år betyder ca 20 000—25 000 ton¹.

2. Erosion nedströms Lilla Edet

Nedströms Lilla Edet är inte *stranderosionen* av lika stor omfattning som uppströms. Erosionen har i regel inte heller så stor betydelse i stabilitets-hänseende, eftersom stränderna i allmänhet är låga. Endast närmast nedströms Lilla Edet har någon mera betydande *stranderosion* kunnat konstateras vid kartjämförelser.

Vid jämförelser mellan äldre och nyare pejlingar har däremot betydande *djuperosion* kunnat konstateras, särskilt i avsnittet närmast uppströms Kungälv.

Djuperosionen nedströms Lilla Edet är en följd dels av landhöjningen och dels av Vänerregleringen. Fartygstrafiken är sannolikt av underordnad betydelse. Om man antar att djuperosionen håller jämna steg med landhöjningen, skulle årligen en kvantitet av ca 20 000 ton fast material eroderas bort från botten av älven mellan Lilla Edet och havet. Processen är dock långsam och kan antas vara relativt jämnt fördelad på hela sträckan. Den har därför ingen större betydelse ur stabilitetssynpunkt annat än på mycket lång sikt.

Viktigare är effekten av Vänerregleringen. De högre vattenhastigheterna efter Vänerregleringens genomförande innebär en ökad tendens till erosion. Så småningom kommer flodbädden att anpassas till de nya betingelserna genom en vidgning av tvärsektionerna, vilket i regel är liktydigt med djuperosion. Eftersom botten till övervägande del utgöres av kohesionsmaterial med hög resistens mot erosion, sker anpassningsprocessen i regel mycket långsamt. På många ställen har bottenformerna sådan karaktär, att korrosion (nötning) genom bottentransporterat material synes vara den verk samma kraften för bottenens utformning.

Där bottenmaterialets motståndskraft mot erosion är sämre, kan dock anpassningen gå relativt snabbt. Den konstaterade djuperosionen i vissa sektioner omedelbart uppströms Kungälv rör sig sålunda om ungefär en meter. I allmänhet sker dock anpassningen så långsamt, att viss djuperosion kan väntas fortsätta under lång tid framåt.

3. Sedimenttransport

Genom vattenprovningar har transporten av suspenderat material följts under en period av ett år (fig. 11). Den totala transporten till havet under året rör sig om ca 130 000 ton fast material. Av denna kvantitet har ca 20 000 ton tillförts på sträckan mellan Trollhättan och Lilla Edet och ca 60 000 ton mellan Lilla Edet och havet. Största delen av denna tillförsel här-

¹ Stränder med aktiv och mycket aktiv erosion har utmärkts å kartbil. 2.

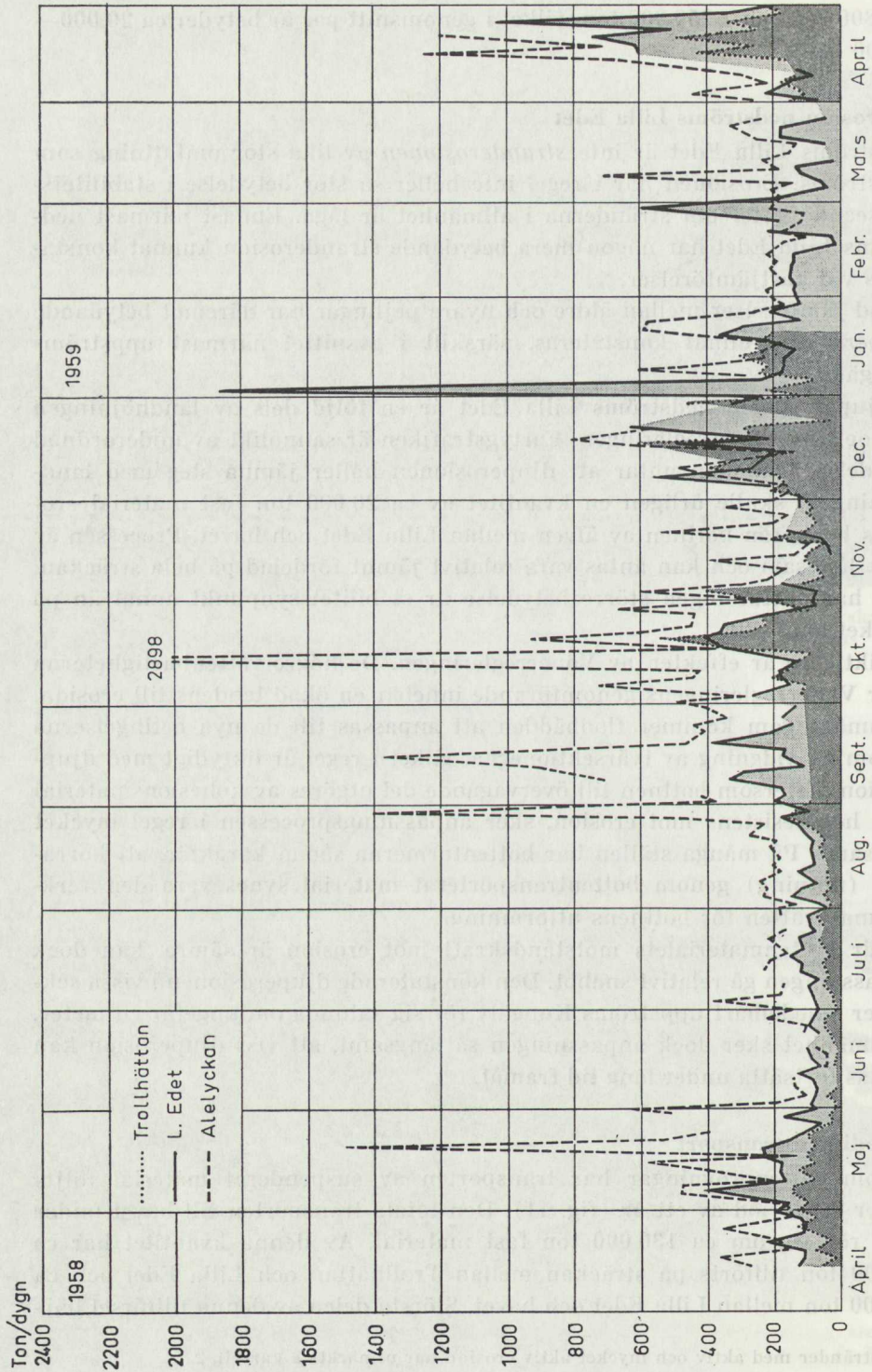


Fig. 11 Transporten av suspenderat, oorganiskt material i Göta Älv under perioden april 1958 t. o. m. april 1959. Värdena vid Alelyckan avser den sammanlagda transporten i Nordre älv och Göta älvs Göteborgsgren. Ökningen i sedimentmängd i nedre delen av älvloppet är klart utskiljbar.

rör från stranderosion uppströms Lilla Edet och från erosion i själva älvfåran nedströms Lilla Edet. Genom kartanalyser uppskattades stranderosionens kvantitativa omfattning till ca 20 000—25 000 ton i genomsnitt per år sedan dämningen vid Lilla Edet år 1916, vilket väl stämmer med storleksordningen av den direkt uppmätta sedimenttransporten.

4. Den framtida utvecklingen

För den framtida utvecklingen under oförändrade yttre betingelser kan följande prognos ställas.

Uppströms Lilla Edet torde stranderosionen fortsätta med ungefär likartad intensitet under lång tid framåt, såvida inte erosionskydd anläggs. Vågerosionens följdverkningar kommer dock att bli allt allvarligare, efter hand som erosionen skapar allt brantare och högre strandlänter. Detta medför nämligen risk för släntskred av allt större dimensioner. Djuperosion kommer däremot inte heller i fortsättningen att få någon större betydelse.

Nedströms Lilla Edet kommer stranderosionen att fortsätta på sträckan omedelbart nedströms Lilla Edet och på enstaka ställen längre söderut. Jämfört med förhållandena uppströms blir den dock av mindre betydelse. Djuperosion kommer att fortsätta, dels som en följd av landhöjningen och dels som en följd av anpassningen till de genom Vänerregleringen förändrade vattenföringsförhållandena.

H. Hydrogeologiska förhållanden

Som nämnts vid behandlingen av nivåförändringar, har mo- och sandskikt inlagrats i Götaälvdalens leror. Sådana skikt förutsätter för sin bildning antingen en viss minsta strömhastighet hos vattnet, i vilket de avsattes, eller tillgång till jordlager, som genom abrasion (vågornas nedbrytande arbete) kunnat slamas upp och därefter ackumuleras nära intill abrasionsområdet.

Strömmande vatten i isälvarna under inlandsisens avsmältning är orsaken till förekomsten av de grovkornigare glaciala avlagringarna närmast dalbotten (Caldenius, 1956, sid. 44). De grövre sedimenten närmast markytan har avsatts, när fjorden på grund av landhöjningen grundades upp och strömhastigheten i älvdalen till följd härav ökade.

Det är emellertid icke sannolikt att under den senglaciala tiden några mo- eller sandskikt bildades genom havsströmmar, ty sedimenten från denna tid har hög sulfidhalt, vilket anger, att bottenvattnet säkerligen varit stagnant. Enstaka sandskikt har dock noterats i leror från denna tid. De torde emellertid vara betingade av andra orsaker t. ex. av slamströmmar med större täthet än havsvattnets s. k. turbulenta strömmar (Kuenen, 1951), som genom tyngdkraften kommit i rörelse mot dalens botten och där avlastat sitt sandmaterial.

De utan jämförelse hydrogeologiskt viktigaste sand- och molagren är de, som är en följd av den finiglaciala regressionen och efterföljande transgressionen till postglaciala gränsen (se sid. 46). Dessa lager är vanligen mäktigast invid dalsidan, där de med få undantag står i kontakt med berg eller moränlager. Infiltrationen sker vid dalsidorna på sådan nivå, att grundvatt-net i dessa skikt kommer att stå under artesiskt tryck. Detta påverkar som bekant lerornas porvattentryck och därmed deras skärhållfasthet. Kontakten med dalsidan kan dock vara avbruten genom erosion eller jordskred.

Det artesiska tryckets storlek varierar med nederbördsförhållandena men även med grundvattenuttag från större vattentäkter, som nedförts i dessa lager. Tryckstegringen vid nederbörd sker i samma takt som grundvattenytan i infiltrationsområdet stiger. Själv rinnande dräneringsrör, som nedslagits inom skredområdet vid Göta, visar t. ex. en momentan ökning av flödet vid stark nederbörd.

Någon allmängiltig regel för dessa sandlagers uppträdande kan icke ges, men om den ovanpå sanden avlagrade postglaciala leran icke blivit bortoroderad, är det vanligt, att sandskikten påträffas på 10—14 m djup i norra delen av älv dalen och på 14—17 m i södra delen. Lagren lutar vanligen från dalsidan mot dalens mitt.

Lokalt påträffas sandlager mitt i dalen på större djup.

Inom sektioner mellan H 33,0 km och H 34,10 km närmast älven finner man ett område med sand av ca 50—100 m bredd på 20—30 m djup i norr och på 27—30 m djup i söder. Sandlagret kan icke anknytas till kända geologiska händelser. Den enklaste förklaringen är, att sand genom abrasion på östra dalsidan, där stora moränanhopningar förekommer, spolats ut ovanpå redan avsatt lera. Slutligen har leran givit vika och ett submarint skred uppkommit, vilket förflyttat sandskikten till deras nuvarande läge.

Vid Lilla Edets pappersbruk förekommer flera sandskikt mellanlagrade av lera och linsformigt uttunnade mot älven. Inåt östra dalsidan övergår dessa sandskikt i en enda sammanhängande sandbank (utredning av Järnefors, redovisad genom plastmodell). Samtliga skikt torde ha bildats under regressions-transgressionsperioden vid övergången mellan sen glacial och postglacial tid (se sid. 45).

Undersökningar rörande lerjordens hydrologi har utförts inom Örebro län av Ekström och Flodkvist (tryckt 1926). De berör särskilt förhållandena inom torrskorpan. Under 1925 utförde Ekström på uppdrag av vattenfallsstyrelsen en liknande undersökning inom Göta älvs dalgång mellan Älvängen och Agnesberg (tryckt 1926). Resultaten av dessa undersökningar är i kort-het följande.

Torrskorpans tjocklek är inom lerjorden i de lägre delarna av älv dalen mellan 0,9 och 1,6 m. Från 0,5 till 0,8 m under markytan ner till såpleran är den s. k. undre torrskorpehorisonten genomdragen av vertikala 1—6 mm vida torksprickor, som är permanenta. Jorden blir därför starkt genomsläpplig för vatten.

Inom den närmast älven liggande ca 40—100 m breda, av ängar och mader bestående strandremsan saknas grövre sprickor. I den närmast därinnanför liggande zonen upp till minst 2,2 m över havet i norra och 1,2 m över havet i södra delen av undersökningsområdet är jorden genomsläpplig, medan den högre upp i slutningen blir svårgenomsläpplig. Jordarterna är företrädesvis gyttjiga lättleror, men sprickrik jord förekommer även i de styva lerorna.

I. Geologisk datering av sediment i Götaälvdalen

Genom talrika borrhningar har man funnit, att Götaälvdalen är utfylld med lera, som vilar dels på sand och grus dels på urberget. Hela dalen synes ha bildats i en sprickzon i urberget, vilken utrymdes av vattnet långt före istiden. I denna dalgång avlagrades sand och grus av avsmältande glaciärer under istiden. Leran karakteriseras av talrika snäckor och musslor, som endast förekommer i havet och är således en avlagring i havet. Dess tjocklek varierar. Sålunda är leran nära dalens sidor endast 10—20 m tjock, och i dalens mittparti, i själva djupfåran, nästan 100 m mäktig.

Såväl ur praktisk som teoretisk synpunkt har en rad problem uppkommit vad beträffar lerans geologiska datering. Är leran en enhetlig bildning, eller består den av olika lager med olika sammansättning? Efter de stora skreden i Götaälvdalen ställdes frågan, vilka lersorter som hade särskild benägenhet att ge upphov till sådana rörelser. I samband med hållfasthets- och kemiska undersökningar föll det på geologernas lott att utröna lerans stratigrafi, d.v.s. lerans åldersföljd, dess relativa och absoluta ålder samt dess bildningsmiljö.

Fossilfynd av snäckskal och musslor hade redan för 50 år sedan visat, att det förekommer två olika lager av lera. Det ena måste ha bildats, när större delen av Sverige låg täckt av inlandsisen och då istäcket långsamt smälte, varvid isen krympte mot norr. Den senare leran hade bildats, när isen försvunnit från Skandinavien. Dess fossil visar på ett varmare klimat. Man skiljer sålunda mellan istidens lera, den senglaciala, och den lera som bildades efter istiden, den postglaciala.

I under senare tid utförda borrhningar hittade man här och var större fossil, som tillät en bestämning av lerans geologiska ålder. Metoden att leta fram dessa isolerade förekomster av fossil är dock irrationell, och ofta saknas sådana fossil. Inom SGU har därför (av Brotzen) tillämpats en metod, som är vanlig vid oljeborrhningar. Från 25 g lera isoleras de fossil, som är mikroskopiska, och sedan bestäms faunans eller florans livsbetingelser. Sådana fossil kan undersökas i nästan alla prover. I första hand är det foraminiferskal som ofta förekommer mycket rikligt, upp till 100 i ett gram av leran. Foraminiferer är encelliga djur, med en genomsnittsdiameter av 0,3—0,5 mm (det finns mycket mindre och mycket större arter). De har ett kalk-

eller sandskal. Skalens form är mycket varierande, ofta rena konstformer. Även små skelett av kiselalger, som endast är några tusendels mm stora, undersöktes för detta ändamål.

För att erhålla en standardlagerföljd bearbetades två borrhningar, en i Göteborgs stad och en vid Ingebäck ca 12 km norr om Göteborg, så detaljerat att prov från varje halvmeter undersöktes. I ca 300 prov räknades sålunda foraminiferer och andra mikrofossil. Standardundersökningarna resulterade i att man lätt kunde urskilja en lagerserie, som i botten av borrhålen börjar med en fauna, som trivs i tempererat vatten. Denna fauna förlorar senare alla element från varmt vatten och endast de former, som förekommer under arktiska förhållanden, stannar kvar. Nästa lerlager utmärker sig genom en övervikt av former från kallt och arktiskt vatten, den därpå följande serien har en fauna från kallt och tempererat vatten, och överst finns ett lerlager med foraminiferer, som lever i tempererat och varmt vatten. Denna lagerföljd relaterades till olika tider enligt följande:

1. Närmast jordytan 15—18 m postglacial lagerföljd, tempererad havsmiljö.
2. 15—17 m mäktig lagerföljd från senaste istidens slutskede, seneglacial II, med kall och tempererad fauna.
3. Ca 20 m mäktig lera från ett äldre skede av istiden med en kall och arktisk fauna, seneglacial I.
4. Ca 15—30 m mäktiga leror från ett mellanstadium med en i början tempererad senare arktisk fauna.

För att uppnå dessa resultat har SGU:s laboratorium undersökt ca 100 000 foraminiferer och därvid funnit en metod att snabbt bestämma varje borrhåls lagerföljd. Denna metod har använts för datering av alla borrhningar, som utförts från Intagan i norr till Göteborg i söder. Man har funnit att lerorna från seneglacial I och II oftast har en hög sensitivitet och därför spelar en viss roll för utvecklingen av skred.

Vid den teoretiska forskningen uppstod bl. a. ett nytt problem. Var det möjligt att på något sätt bestämma avlagringarnas absoluta ålder, d.v.s. den tid som gått sedan våra olika leror bildades? En möjlighet kunde skönjas i tillämpningen av den metod, som utarbetats av nobelpristagaren Libby, som påvisat att en isotop av kolämnen är radioaktiv. Denna behöver en tid på ca 70 000 år för att aktiviteten skall minska så att den blir omätbar. Om man ur något material kan isolera denna isotop (C^{14}), kan man mäta hur mycket aktivitet, som finns kvar, och på så sätt bestämma när materialet har bildats. Naturligtvis är denna förklaring förenklad, men den ger ändå en bild av principen för den absoluta åldersbestämningen. Om det t. ex. gäller rester av ett träd, bestämmer man deras C^{14} -halt och får därmed åldern. Om trädet är mycket gammalt, är aktiviteten mycket liten och metodiken invecklad. Sedan några år tillbaka har SGU tillgång till ett laboratorium för ändamålet. Vid försök att åldersbestämma leror utgick man från

att avlagringarna från tiden före istiden saknade aktivitet av mätbart kol och att de äldsta lagren endast innehöll sådana fossila kolämnen, som hade bildats samtidigt med sedimenten. Kemister hade funnit ca 1,5—2 procent kolämnen i leran. Om halten av organiskt material endast är 1,5 procent innehåller ett kg lera 15 g organiska ämnen, som i sin tur innehåller så mycket C^{14} att säkra mätresultat kan ernås. Sex olika prov lämnade förvänsvärt överensstämmande resultat. Kolet i leran hade bildats för 24 000—30 000 år sedan, vilket även måste vara lagrens verkliga ålder. Mycket svårare var det att bestämma de yngre lagrens absoluta ålder. Under istiden hade havsvattnet frusit, och ingen sedimentering hade ägt rum. Efter istiden förändrades havets nivå, och en stor del av de äldre sedimenten blev om-lagrade och uppblandade med mycket yngre lermaterial. Därför finns i detta nya sediment såväl nya som gamla kolämnen, och bestämningarna visar sålunda för hög ålder. Trots detta gav C^{14} -bestämningarna ett viktigt resultat. De resulterade i en ålder av 15 000 år, d.v.s. minst ca 10 000 år yngre än den äldsta lertagerföljden i Götaälvdalen. Senare dateringar av ur den yngre lertagerföljden isolerade fossil visade en betydligt yngre C^{14} -bestämd ålder av 8 000 för den yngsta och 12 000 år för den äldre delen av denna lagerföljd. Ett långt och dyrbart forskningsarbete återstår för framtiden på detta område.

Isen hade enligt dessa C^{14} -dateringar sålunda för 30 000 år sedan dragit sig så långt tillbaka att havet hade blivit uppvärmt i Göteborgstrakten, och man kan vara säker på att avlagringarna representerade en mellanistid av ganska stor omfattning. Konstaterandet av en sådan fjärde mellanistid var nytt för Europa, medan tre äldre var kända sedan lång tid tillbaka. Om inte nordamerikanska C^{14} -bestämningar under de senaste två åren visat samma resultat, hade de svenska bestämningarna icke haft något kontrollerbart motstycke. De amerikanska forskarna antog att denna sista mellanistid har varit betydande och icke bara en lokal företeelse. Åldersbestämningarna på lera från Götaälvdalen bevisade, att den europeiska och nordamerikanska sista mellanistiden är en världsomfattande företeelse, och så väl daterad att ett flertal andra observationer kan relateras till dessa resultat. Av en ren tillfällighet blev de svenska resultaten tidigare publicerade än de amerikanska (Brotzen, 1961).

Sammanfattar man resultaten av undersökningarna, framgår sålunda att för 30 000 år sedan var Göteborgstrakten isfri och havet utbredde sig långt in över den svenska västkusten. För ca 25 000 år sedan ryckte inlandsisen fram på nytt och stannade troligen i närheten av Göteborg. Den del av Väst-sverige, som låg utanför isranden under havsytan, täcktes av ett tjockt lager snö och is. Under denna period bildades inga avlagringar i havet, och därför finns en lucka mellan äldre och yngre avlagringar på minst 10 000 år. När inlandsisen slutligen smälte och drog sig tillbaka för ca 15 000 år sedan¹,

¹ Åsikterna om isavsmältningens tidsförlopp varierar något hos olika forskare (jfr sid. 45).

tillfördes med smältvattnet ånyo material för avlagringar, och en ny serie leror lade sig över Västsverige, särskilt i de djupa dalgångarna. Till detta skede hänför sig lerorna med den kalla arktiska faunan i Götaälvdalen.

Jordytan låg i början av avsmältningsperioden åtminstone 95 m djupare i Göteborgstrakten än i dag. Havet nådde alltså långt in över nuvarande landytor. Befriad från det kolossala trycket av den väldiga ismattan, som vilade på Skandinavien under istiden, lyfte sig landet långsamt och havet trängdes tillbaka västerut. När isen hade försvunnit helt från Skandinavien var det ett tempererat hav, som täckte djupare dalgångar, och alla större höjder stack upp ur havet, bildande en skärgård. Leravlagringar från denna tid innehåller fossil från en varm och tempererad fauna och bildar det avslutande skedet i Götaälvdalens sedimentation.

I stort sett har undersökningarna hunnit till en viss avslutning. Lerornas åldersbestämning är geologiskt och fysikaliskt uppklarad och en metod finns tillgänglig för snabb bestämning av åldern på sedimentet i kommande borrhål. Å andra sidan finns fortfarande forskningsuppgifter, såsom undersökning och publicering av mikrofaunans och mikrofloras formrikedom samt kompletteringar av flera viktiga detaljer.

J. Sammanfattning av undersökningarnas resultat

Jordlagrens tillkomst i Götaälvdalen är främst en följd av två saker, för det första inlandsisens verksamhet samt för det andra fördelningen mellan land och vatten från den tidpunkt, då inlandsisen släppte sitt grepp, till våra dagar d.v.s. under den sen-glaciala och post-glaciala tiden.

Morän och sandavlagringar eroderades under havets omväxlande regression och transgression med påföljd att skikt av sand och grus inlagrades i lertäcket. Lertäckets mäktighet växlar med underlagets d.v.s. bergytans och de glaciala lagrens form så att en jämförelsevis plan sedimentyta slutligen bildades innan älven började skära sig ned i de äldre avlagringarna.

De olika sedimentationsbetingelserna under skilda tidsavsnitt har givit upphov till olika lertyper. Sålunda har sulfidrika leror bildats i syrefritt, stagnant vatten med ett jämförelsevis rikt organiskt liv. De sulfidfattiga lerorna har däremot sannolikt sedimenterat i ett vatten med starkare omsättning och de post-glaciala grönaktiga lerorna under en tid med stark algproduktion etc. Lerornas styvhet är störst i de sen-glaciala sulfidlerorna. Lerhalten avtar mot botten i de endast någon meter mäktiga glaciala lerorna samt i de post-glaciala lerorna, som avsattes i ett grundare vatten.

Klimatförhållandena har växlat under sedimentationstiden och därmed även betingelserna för djurlivet i havet. Värmeälskande arter växlar med tempererade och arktiska och produktionen av organiskt liv ömsom ökade ömsom minskade, vilket givit oss möjlighet att genom undersökning av mikrofaunan datera de olika lertyperna.

Järnefors har antytt, att de sen-glaciala lerorna skulle ha den största flytbenägenheten och ha lägre flytgränser än de postglaciala lerorna, medan lägsta flytgränsen uppgives finnas i glaciala leror. Begreppet flytbenägen är icke definierat, men synes vara liktydigt med benägenhet att innehålla kvickleror. Även om detta vanligen är fallet torde de för ett skreds utveckling så betydelsefulla kvicklerornas uppträdande icke säkert kunna konstateras på annat sätt än genom undersökning av lerlagrens mekaniska egenskaper. Genom geoteknisk undersökningsmetodik har områden upptäckts med kvicklera även i den postglaciala leran och till synes oberoende av de stratigrafiska förhållandena.

Det har hittills icke gått att påvisa något strängt samband mellan sensitivitet (känslighet för mekanisk störning) och mineralogisk sammansättning, sådan denna yttrar sig i differentialtermiska analyser, basbyteskapacitet eller röntgenanalyser. Tvärtom har dessa analyser visat nästan identisk sammansättning i lager med växlande värden på sensitiviteten. Korngruppsanalyser av lerorna har visat, att omkring hälften av mängden partiklar under $2 \mu^1$ även är mindre än $0,5 \mu$, samt att såväl sensitiva som insensitiva leror förekommer vid samma kornstorleksfördelning.

Allt pekar på att lösningen av kvicklerebildningens problem är att söka i lerornas kemiska förhållanden. Det har synts angeläget att genom undersökning få ett grepp om de naturliga fysikaliskt-kemiska processer, som på grund av den geologiska utvecklingen kunnat påverka lersedimentens mekaniska egenskaper.

Urlakningen av salter anses under vissa omständigheter bidra till en ökning av skredriskerna. Dess förlopp har kunnat belysas något med ett ganska stort antal kvantitativa analyser. Det har konstaterats att sensitiviteten ökar med avtagande kloridhalt i leran. Då koncentrationen av natrium i porvattnet är större än 70—90 mekv/l, är lerorna mättade med natrium och sensitiviteten har låga värden. Dessa värden tenderar att öka, när utbytbar natrium i den fasta lerfasen är mellan 2 och 8 mekv/100 g torrsubstans. Området med lägre natriumhalter än 2 mekv/100 g finns vanligen representerat i torrskorpelera, men i denna råder speciella förhållanden, som verkar nedsättande på sensitiviteten.

Hydrogeologiska förhållanden påverkar urlakningen på olika sätt. Urlakningen kan sålunda ske genom att leran tillföres syre- och koldioxidhaltigt vatten med nederbörden men även genom att grundvatten, som är syrefritt, underifrån påverkar lerlagren. Därigenom erhålles väsentligt skilda förlopp, som ger sig till känna genom att förhållandena mellan klorid och natrium samt mellan kalium och natrium i porvattnet ändras på olika sätt. Det tillgängliga analysmaterialet har varit begränsat till bestämningar av dessa ämnen i porvattnet. En fortsatt undersökning av lerornas kemi rekommenderas och kan sannolikt bli fruktbärande. Speciellt synes ett klarläggande

¹ 1μ (grekiska bokstaven my) = 1/1000 mm.

av rådande jämviktstillstånd mellan olika jonslag angeläget. Hög vätejonaktivitet synes t. ex. nedsätta sensitiviteten avsevärt, men denna aktivitet är beroende av även övriga jonslags koncentrationer.

Sensitiviteten har sannolikt ingen omedelbar inverkan på lerans ostörda skärhållfasthet. Sedan skredrörelsen väl kommit igång, kan emellertid på grund av en hög sensitivitet hos leran skredet utvecklas till naturkatastrof. Man måste därför inrikta sig på att om möjligt förhindra initialscred inom områden med kvickleror.

För uppkomsten av initialscred i älvslänterna är älvens stranderosion av avgörande betydelse. Utan förebyggande åtgärder i erosionshindrande syfte, förutses en oförändrad intensitet av stranderosionen uppströms och närmast nedströms Lilla Edet. Härvid bildas allt högre slänter, varigenom riskerna för skred ökar.

Inom området nedströms Lilla Edet synes skredriskerna (i den mån de sammanhänger med urlakningen) närmast älven i åtminstone bredare dalpartier, där älven flyter ungefär mitt i dalen, vara små emedan lerorna där har kvar en hög salthalt. Där älven går nära dalsidan kan emellertid risk föreligga på grund av djuperosion i förening med urlakning.

Högt grundvattentryck nedsätter lerornas skärhållfasthet. Några principiella uttalanden har gjorts om älvdalens hydrogeologiska förhållanden. Ett visst material föreligger redan för bedömning av hithörande frågor, men en förnyad genomgång av tillgängligt material, sedan SGI:s porvattentrycksundersökningar och borrningsdiagram blivit sammanställda, kan tänkas ge ytterligare värdefulla upplysningar. I princip kan man vänta sig vattenförande skikt framför allt på platser, där dalsidorna är beklädda med tjockare morän- och svallgruslager. Förekomsten av dessa lager framgår av jordartskartan.

Även om ett uttömmande svar icke kunnat ges på samvariationen av alla faktorer, som kan orsaka eller förhindra markförskjutningar, har viktiga rön beträffande det nuvarande tillståndet i älvdalen erhållits.

Undersökningarna har sålunda ådagalagt, att om de naturliga processerna får fortgå ostörda, en sakta gående stabilitetsförsämring i skilda delar av älvdalen kan bli följden.

K. Litteratur

- GFF Geologiska föreningens förhandlingar
- NGI Norges geotekniska institutt
- SGI Statens geotekniska institut
- SGU Sveriges geologiska undersökning

Alin, J., och Sandegren, R., 1947: Dösebackaplatån. Geologisk beskrivning av fyndorten för mammut och myskoxe vid Dösebacka, Romelanda socken, Bohuslän. SGU, C 482, Stockholm.

- Asklund, B.*, 1936: Den marina skalbärande faunan och de sen-glaciala nivåförändringarna med särskild hänsyn till den gotiglaciala avsmältning-zonen i Halland. SGU, C 393. Stockholm.
- Bergsten, F.*, 1954: The land uplift in Sweden from the evidence of the old water marks. Geografiska annaler årg. XXXVI. Stockholm.
- Bjerrum, L.* and *Huder, J.*, 1957: Measurement of the permeability of compacted clays. NGI nr 26. Oslo.
- and *Wu, Tien-Hsing*, 1960: Fundamental shear strength properties of the Lilla Edet clay. Geotechnique, Vol X, nr 3. London. (Även i NGI nr 38. Oslo 1961.)
- Björnsjö, N.*, 1949: Israndstudier i södra Bohuslän. SGU, C 504. Stockholm.
- Brotzen, F.*, 1951: Bidrag till de svenska marina kvartäravlagringarnas stratigrafi. GFF 73, sid. 57—58. Stockholm.
- , 1961: An interstadial (radiocarbon dated) and the substages of the last glaciation in Sweden. GFF 83, sid. 144. Stockholm.
- Caldenius, C.*, *Lundström, R.*, *Fellenius, B.* and *Mohrén, E.*, 1956: The landslide at Surte on the river Göta älv. SGU, Ca 27. Stockholm.
- , *Järnefors, B.*, *Mohrén, E.* and *Tullström, H.*, 1960: Recession of the landice in southwestern Sweden. Guide to the excursion A 20 Intern. Geol. Congr. XXI Session, Norden 1960. SGU, Swedish geological guidebooks. Stockholm.
- De Geer, G.*, 1940: Geochronologica Suecica, principles. K. Sv. Vet. Akad. Handl., 3, Ser. 18. Stockholm.
- Ekström, G.* och *Flodkvist, H.*, 1926: Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. SGU, C 334. Stockholm.
- , 1926: Inverkan av Vänerens reglering på förhållandena i Götaälv-dalen. Tekniska medd. från Kungl. Vattenfallsstyr. Ser. B nr 9, H-bilaga 5, sid. 2132. Stockholm.
- Frödin, G.*, 1919: Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång. Medd. från Kungl. Vattenfallsstyr. nr 19. Uppsala.
- Gandahl, R.*, 1952: Hydrometermetoden. GFF 74, sid. 497. Stockholm.
- Huder, J.*, 1957: se *Bjerrum, L.*, 1957.
- Jerbo, A.*, *Norder, B.* och *Sandegren, E.*, 1961: Några geotekniskt intressanta iakttagelser på leror från Kramforstrakten. Järnvägsteknik, sid. 89. Stockholm.
- Järnefors, B.*, 1957: Skredet vid Intagan år 1648. SGU, C 539. Stockholm.
- , 1958: Determination of slip surfaces in the landslide at Surte on the Göta river. GFF 80, sid. 97—103. Stockholm.
- , 1958: Preliminär rapport över geologiska undersökningar i Götaälv-dalen. Stencilerad rapport till Götaälvskommittén.
- , 1959: Jordartskarta över Götaälv-dalen, 3 blad. SGU, Ba 20. Stockholm.
- , 1959: De geologiska undersökningarna i Götaälv-dalen sommaren 1959. Föredrag inför Götaälvkommittén den 5 nov. 1959. Stencilerad upplaga.
- , 1960: se *Caldenius, C.*, 1960.
- Kelley, P.*, 1948: Cation exchange in soils. Am. Chem. Soc. Monograph series nr 109. New York.
- Kjessler & Mannerstråle AB*, 1958: Geotekniskt utlåtande över stabilitetsförhållanden i Göta älvs dalgång, område C, Bondeström. Stencilerad rapport.
- Kuenen, Ph. H.*, 1951: Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents. GFF 73, sid. 69. Stockholm.
- Lundegårdh, P. H.*, 1958: Göteborgstraktens berggrund. SGU, C 553. Stockholm.
- Lundqvist, G.*, 1954: Räckflor, ändmoräner och isrecessionslinjer. Atlas över Sverige, blad 21, 22. Stockholm.
- , 1957: se *Magnusson, N. H.*, 1957.

- Lundström, R.*, 1956: se *Caldenius, C.*, 1956.
- Mackenzie, R. C.*, 1959: se *Mitchell, B. D.*, 1959.
- Magnusson, N. H.*, *Lundqvist, G.* och *Granlund, E.*, 1957: Sveriges geologi. Tredje uppl. Stockholm.
- Mitchell, B. D.* and *Mackenzie, R. C.*, 1959: An apparatus for differential thermal analysis under controlled atmosphere conditions. *Clay Minerals Bulletin*. Bd. 4; 21. London.
- Mohrén, E.*, 1945: Något om de hydrografiska förhållandena i Göteborgstrakten vid övergången mellan sen- och postglacial tid. *GFF* 67, sid. 249. Stockholm.
- , 1956: se *Caldenius, C.*, 1956.
- , 1960: se *Caldenius, C.*, 1960.
- Munthe, H.*, 1905: Om ett fynd av kvartär myskoxe vid Nol i Bohuslän. SGU, C 197. (Även *GFF* 27.) Stockholm.
- , *Johansson, H.* och *Sandegren, R.*, 1923: Göteborgstraktens geologi. Göteborgs jubileumspublikationer. Göteborg.
- Norder, B.*, 1961: se *Jerbo, A.*, 1961.
- Odenstad, S.*, 1958: Jordskredet i Göta den 7 juni 1957. *GFF* 80. Stockholm.
- Orrje & Co*, 1958: Redogörelse för hittills utförda grundundersökningar och beräknade stabilitetsförhållanden i Göta älvdal, delen Intagan—Utby. Stencilerad rapport.
- Osterman, J.*, 1960: Views on the stability of clay slopes. *GFF* 82. Stockholm.
- Post, L. von*, 1928: Svea älvs geologiska tidsställning. SGU, C 347. Stockholm.
- Rosenqvist, I. Th.*, 1955: Investigation in the clay-electrolytewater system. Med sammandrag på norska. NGI nr 9. Oslo.
- Sandegren, E.*, 1961: se *Jerbo, A.*, 1961.
- Sandegren, R.*, 1923: se *Munthe, H.*, 1923.
- och *Johansson, H. E.*, 1931: Beskrivning till kartbladet Göteborg. SGU, Aa 173. Stockholm.
- , 1946: De senkvartära nivåförändringarnas problem. *GFF* 68. Stockholm.
- , 1947 a: Svenska nivåförändringsproblem. *Medd. fr. Dansk Geol. For.* Bd. 11. Köpenhamn.
- , 1947 b: se *Alin, J.*, 1947.
- Sidenbladh, E.*, 1870: Beskrivning till geologiska bladet Wenersborg. SGU, Aa 40. Stockholm.
- Statens geotekniska institut*, 1958 a: Preliminär rapport över stabilitetsundersökning utmed Göta älvs västra strand vid Ström inom Inlands Torpe kommun. Stencilerad rapport.
- , 1958 b: Preliminär rapport angående stabilitetsförhållandena för Göta älvs östra strandbrink vid Smörkullen i Lilla Edet. Stencilerad rapport.
- , 1959: Kompendium i Geoteknik. SGI, medd. nr 5. Stockholm. (Särtryck ur Bygg.)
- Sundborg, A.*, 1961: Utredning rörande Göta älvs utveckling med särskild hänsyn till erosionsförhållandena efter år 1916. Stencilerad rapport till Götaälvskommittén.
- Sveriges geologiska undersökning*, 1958: Karta över Sveriges berggrund i tre blad, (sammanställd av *N. H. Magnusson* o. a.). SGU, Ba 16. Stockholm.
- Söderblom, R.*, 1957: Some investigations concerning salt in clay. *Proc. 4 Internat. Conf. Soil. Mech. a. Found. Engng.* Vol. I.
- , 1959: Aspects on some problems of geotechnical chemistry. *GFF* 81, sid. 727. Stockholm.

- , 1960: Aspects on some problems of geotechnical chemistry. Part II. GFF 82, sid. 367. Stockholm.
- Tullström, H., 1954: Kvartärgeologiska studier inom Rönneåns dalbäcken i nordvästra Skåne. SGU, C 530. Stockholm.
- , 1960: se *Caldenius, C.*, 1960.
- Östlund, H. G., 1959: Stockholm natural radiocarbon measurements II. Amer. Journ. of Sci. Radiocarbon suppl. Vol. 1. New Haven.
- and *Engstrand, L. G.*, 1960: Stockholm natural radiocarbon measurements III. Amer. Journ. of Sci. Radiocarbon suppl. Vol. 2. New Haven.

KAPITEL 5

Geotekniska undersökningar

Detta kapitel bygger på en av SGI i september 1962 till kommittén överlämnad redogörelse för institutets undersökningar av stabilitetsförhållandena i Göta älvs dalgång.¹

A. Inledning

SGI:s undersökning av stabilitetsförhållandena utmed Göta älvs stränder har i huvudsak utförts enligt det av institutet och SGU upprättade program, vilket förelades statsmakterna i samband med länsstyrelsens i Älvsborgs län begäran om statsanslag för de geologiska och geotekniska undersökningarna i älvdalen. Programmet förutsatte, att den geotekniska utredningen utfördes i två etapper. Den första avsågs omfatta en *preliminär*, översiktlig *undersökning* av stabilitetsförhållandena på hela älvsträckan mellan Vänern och Göteborg och en inbördes gradering av skredrisken på olika älvsträckor samt igångsättandet av långtidsobservationer av grundvattentryckets variationer inom olika delar av älvdalen. Den andra, *definitiva etappen* innebar en mera ingående undersökning av de älvsträckor, där enligt den preliminära bedömningen skredrisk kunde tänkas föreligga.

Syftet med stabilitetsutredningen har varit att undersöka i vad mån i Götaälvdalen risk föreligger för stora jordskred, som kan vålla skada eller intrång för sjöfarten i älven eller för bebyggelse och industrianläggningar vid stränderna. Stabilitetsförhållandena invid flertalet av de talrika djupa raviner som flerstädes finnes utskurna i terrängen vid sidan om älven har däremot icke undersökts.

Utredningen har berört de nu rådande förhållandena i och utmed älven. Ingen hänsyn har tagits till eventuella framtida fördjupningar av denna, ej heller till den inverkan som nybebyggelse och andra speciella ansträngningar skulle kunna ha på stabiliteten.

I samband med stabilitetsutredningen har utförts forskning bl. a. beträffande lerors hållfasthet, kvicklerors bildning och egenskaper samt mätning av rörelser i jord.

Undersökningen har skett i samråd med SGU. Samarbete har ägt rum med länsstyrelserna i Älvsborgs samt Göteborgs och Bohus län, Trollhätte kanal-

¹ Redogörelsen med bilagor finns att tillgå hos SGI.

verk resp. vattenfallsstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, järnvägsstyrelsen, kommunerna utmed älven m. fl.

B. Den preliminära undersökningen

Rekognosceringen för och planläggningen av den preliminära undersökningsetappen samt vissa kalibreringsarbeten utfördes under år 1954 och övriga fältundersökningar under 1955 och 1956. Slutrapporten över undersökningsresultatet, daterad december 1956, överlämnades i början av år 1957.

Nedan lämnas en kort sammanfattning av rapporten.

På älvsträckan Trollhättan—Göteborg undersöktes grundförhållandena i 107 sektioner, fördelade på båda stränderna och i stort sett vinkelräta mot älven. Sektionernas lägen, som valts efter bedömningar i fält och med hjälp av tillgängliga nivåkartor över älv dalen, framgår av kartbil. 1. Avståndet mellan de undersökta sektionerna varierar mellan några hundra meter och några kilometer. Undersökning utfördes endast i ett fåtal punkter i varje sektion.

Vid borringarna användes mestadels den s. k. iskymetern för att bestämma jordlagrens hållfasthet. Denna utrustning är jämförelsevis lätt samt billig i drift men eftersom den neddrives huvudsakligen för hand har man i regel endast kunnat nedföra den till ett begränsat djup. För bestämning av de lösa jordlagrens mäktighet utfördes maskinsondering och viktsondering. I några sektioner utfördes vidare vingborring samt upptagning av jordprover för bestämning av huvuddragen i älv dalens jordlagerföljd och för laboratorieundersökning av jordlagrens hållfasthetsegenskaper m. m. Slutligen nedsattes ett antal porttrycksmätare för undersökning av grundvattentryckets storlek och variationer. Älvfåran pejldes med hjälp av ekolod, dels i tvärled i de undersökta sektionerna, dels i längdled i farledens vänstra och högra kant.

På grundval av resultatet från fält- och laboratorieundersökningarna utfördes en stabilitetsanalys. Denna måste på grund av undersökningens rekognoscerande karaktär utföras med förenklade antaganden beträffande jordens hållfasthet, grundvattentryck m. m.

Stabilitetsberäkningarna gav vid handen, att ansträngningen i jorden var relativt hög på vissa älvsträckor. Övervägande antalet av dessa sträckor ligger mellan Trollhättan och Lilla Edet och endast ett fåtal söder därom. Institutet framhöll i sin slutrapport angelägenheten av att undersökningarna i den definitiva etappen fortsattes på de områden, som bedömts ha låg säkerhet mot skred. Härvid borde man ha mindre avstånd mellan sektionerna, göra ingående undersökning av jordarternas egenskaper samt utöka antalet observationspunkter för porttrycksmätningar. I stabilitetsbetraktelserna borde man beakta huruvida de under senare år på vissa håll i utlan-

det framförda synpunkterna på långtidsstabilitet hos naturliga slänter vore tillämpliga även för förhållandena inom Götaälvdalen.

I den preliminära undersökningen ingick ej de älvsträckor som i andra sammanhang blivit föremål för geoteknisk undersökning. Bland dessa områden kan nämnas östra älvstranden vid Smörkullen i Lilla Edet, Sulfit AB Götas fabriksområde i Göta, Dorch, Bäcksin & Cos AB:s område i Agnesberg samt västra älvstranden närmast ovanför och nedanför slussen vid Ström.

Beträffande några av dessa områden hade vid de utförda undersökningarna framhållits, att stabiliteten utmed älven var låg och att förstärkningsåtgärder borde utföras.

C. Den definitiva undersökningen

1. Omfattning

Den definitiva undersökningen skulle såsom tidigare nämnts omfatta de områden, som i den preliminära utredningen bedömts ha låg säkerhet mot skred. De terrängavsnitt, som härvid enligt rapporten i december 1956 i första hand kom i fråga var västra älvstranden på en ca 8 km lång sträcka mellan Intagan och Torp och en 1,5 km lång sträcka uppströms Bondeström samt östra älvstranden på en 1,5 km lång sträcka kring Slumpåns mynning och en kortare sträcka i anslutning till Göta fabriksområde.

I samband med den av Kungl. Maj:t med anledning av skredet vid Göta år 1957 infordrade redogörelsen för behovet av att påskynda och eventuellt utvidga undersökningarna i älvdalen omprövades det tidigare undersökningsprogrammet. Det befanns angeläget, att detta utvidgades att bl. a. omfatta ett större antal sektioner och flera grundvattentrycksmätningar än som tidigare planerats. Vidare borde ytterligare forskning upptas rörande kvicklerornas egenskaper och möjligheten att mäta släntrörelser. Slutligen borde programmet kompletteras med dels geologiska undersökningar för noggrannare kartläggning av jordlagerföljder och lerornas olika egenskaper, dels en undersökning av erosionsförhållandena i älven. Dessa sistnämnda undersökningar skulle ombesörjas av SGU.

De sektioner, som omfattats av den definitiva undersökningen, har markerats på kartbil. 1. Utöver de ovannämnda älvsträckorna har bl. a. utförts kompletterande undersökningar inom två i andra sammanhang undersökta områden vid Lilla Edet, nämligen västra älvstranden uppströms och nedströms slussen vid Ström samt östra stranden närmast norr om Smörkullen. Undersökningen på sistnämnda område samordnades med en utredning om grundförhållandena för en projekterad omläggning av riksvägen, som i sin dåvarande sträckning gick tätt utmed stranden. Vidare har undersökningar utförts på östra älvstranden vid Älvängen och Agnesberg—Ekeberg samt på västra stranden utmed motorvägen vid Ellesbo. Sistnämnda undersökning föranleddes av ett markgenombrott på den under byggnad varande motor-

vägen och har utförts på uppdrag av och i samråd med väg- och vattenbyggnadsverket.

Parallellt med den allmänna stabilitetsutredningen har undersökningar utförts inom vissa områden genom försorg av kommuner och industrier. Här kan nämnas undersökningar vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk av Norges geotekniska institutt och AB Skånska Cementgjuteriet, inom Dorch, Bäcksin & Cos AB:s industriområde i Agnesberg av AB Skånska Cementgjuteriet, inom Elektrokemiska AB:s industriområde i Bohus av Svenska AB Christiani & Nielsen samt slutligen inom ett bostadsområde söder om Smörkullen i Lilla Edet av SGI. De olika områdena har angivits på kartbil. 1 liksom även det i samband med skredet i Göta undersökta terrängavsnittet.

Slutligen har vissa undersökningar utförts av statens järnvägar för järnvägen Göteborg—Trollhättan och av väg- och vattenbyggnadsverket för befintliga och projekterade vägar på båda sidor om älven. I den mån resultatet av dessa undersökningar har varit tillgängligt och kunnat utnyttjas för stabilitetsbedömningen har de inritats på kartbil. 1.

Inom några av de undersökta älvsträckorna t. ex. den mellan Intagan och Utby samt den vid Agnesberg har grundförhållandena varit sämre och mera varierande än vad som framgår av den preliminära utredningen, och undersökningarna har där blivit mera omfattande än som ursprungligen förutsattes. Till följd härav och på grund av att utredningen enligt statsmakternas beslut måste hållas inom en viss kostnadsram, lägre än den tidigare beräknade, har icke det större undersökningsprogrammet kunnat genomföras helt. Sålunda har fältarbeten för en speciell erosionsundersökning, som institutet skulle göra vid områden med dålig stabilitet, icke genomförts. Lika så har vissa områden, som medtagits i det större programmet, måst utslutas.

Forskning beträffande möjligheten att mäta rörelser i slänter har resulterat i konstruktion av en inklinometer, med vilken man kan mäta sidorörelser i ett i jorden nedfört plaströr. Mätmetoden har beskrivits av Kallstenius och Bergau (1961).

Av forskningen rörande lerors hållfasthet samt kvicklerors bildning och egenskaper har vissa resultat publicerats (Osterman, 1960 a och b samt 1962; Odenstad, 1961, och Söderblom, 1959 och 1960).

2. Fältundersökningens uppläggning

I det program, som uppgjordes för fältundersökningarna, angavs som rikt-punkt, att man skulle undersöka de områden, inom vilka den preliminära undersökningen visat en beräkningsmässig säkerhet mot skred mindre än ca 1,5. Nämnade värde valdes under beaktande av undersökningsmetodernas bristande skärpa. Avsikten var att man skulle börja med de områden, som bedömdes ha den minsta säkerheten och sedan successivt utvidga undersök-

ningen med ledning av de resultat som efter hand kom fram under arbetets gång och i den utsträckning beviljade anslag så medgav.

Erforderlig omfattning av fältundersökningen fick bedömas efter terrängens utseende samt erhållna borrhingsresultat. Preliminärt önskemål var, att avståndet mellan de undersökta sektionerna icke skulle överstiga ca 200 m. I sidled, mätt från älven, borde undersökningarna utsträckas tillräckligt långt för att medgiva en bedömning av stabilitetsförhållandena såväl vid älvbrinken som på längre avstånd från denna. Borrhingar skulle utföras även ute i älvfåran.

Fältundersökningen skulle omfatta bestämning av lerlagrens mäktighet och hållfasthet samt mätning av grundvattentrycket, erforderlig avvägning ävensom pejling av älvfåran. Jordprover skulle upptas för undersökning på laboratorium.

Vid den av vattenfallsstyrelsen våren 1958 utförda flygfotograferingen av älvdalen signalerades flertalet av de undersökta sektionerna, varigenom inmätningen av dessa i plan avsevärt underlättades. Undersökningarna inom en del områden avslutades emellertid innan flygfotokartan var färdig och redovisades därför på provisoriska kartor.

Pejlingarna utfördes i stor utsträckning genom vattenfallsstyrelsens försorg.

3. Undersökningens utförande

Fältarbetet för den definitiva undersökningen påbörjades av SGI vid Utby våren 1957. På grund av skredet vid Göta i juni samma år avbröts arbetet och personal och utrustning flyttades till skredområdet, där undersökningar pågick hela sommaren. Först på hösten återupptogs arbetet på den allmänna, definitiva stabilitetsundersökningen.

Eftersom institutets personella och materiella resurser icke medgav det påskyndande av stabilitetsutredningen, som efter skredet vid Göta ansågs önskvärt, uppdrog institutet åt vissa privata konsulterande firmor att biträda vid stabilitetsutredningen. Sålunda uppdrogs i början av år 1958 åt Ingenjörfirman Orrje & Co AB att undersöka stabilitetsförhållandena på västra älvstranden söder om Intagan, Kjessler & Mannerstråle AB på västra stranden norr om Bondeström och Bjurströms Geotekniska Byrå på östra stranden omkring Slumpåns mynning. Omfattningen av nämnda områden har angivits på kartbil. 1. Undersökningsprogrammet uppgjordes i samråd mellan firmorna och institutet, som också hade fortlöpande kontakt med dessa under arbetets gång. Firmorna slutförde sina uppdrag i stort sett under år 1958.

I övrigt har institutet utfört undersökningarna med egen personal. Fältarbetena har pågått till och med sommaren 1961.

Preliminära rapporter rörande stabilitetsförhållandena på de undersökta områdena har avgivits efter hand som utredningarna slutförts.

Följande rapporter har lämnats:

Av Kjessler & Mannerstråle den 26 november 1958

Geotekniskt utlåtande över stabilitetsförhållandena i Göta älvs dalgång, område C. Bondeström.

Av Orrje & Co den 8 december 1958

Redogörelse för hittills utförda grundundersökningar och beräknade stabilitetsförhållanden i Göta älvdal, delen Intagan-Utby.

Av Bjurströms Geotekniska Byrå den 23 oktober 1959

Redogörelse för grundundersökning för bestämning av stabiliteten hos vänstra stranden av Göta älv på sträckan sektion 27,1—28,7 (Torpaområdet).

Av SGI den 9 december 1958

Preliminär rapport angående stabilitetsförhållandena för Göta älvs östra strandbrink vid Smörkullen i Lilla Edet.

Preliminär rapport över stabilitetsundersökning utmed Göta älvs västra strand vid Ström inom Inlands Torpe kommun.

den 15 december 1958

Preliminär rapport över stabilitetsundersökning för Göta älvs västra strand på en 2,5 km lång sträcka vid Utby ca 1,5 mil norr om Lilla Edet.

den 16 oktober 1959

Yttrande rörande markspricka i lokalväg ca 1 km norr om Lödöse, Älvsborgs län.

den 22 oktober 1959

Yttrande rörande sprickor i riksväg 7 norr om Smörkullen i Lilla Edet.

den 9 september 1960

Preliminär rapport över stabilitetsförhållanden utmed Göta älvs östra strand i Älvängen.

den 24 oktober 1960

PM angående förslag till förstärkningsåtgärder på Göta älvs västra strand inom en 1,3 km lång älvsträcka nedströms slussen vid Ström, Inlands Torpe kommun.

den 5 februari 1962

Utlåtande över stabilitetsförhållandena för Göta älvs västra strand vid Ellesbo utmed sträckan 2/100—2/900 av motorväg 2, delen inom Kungälv stad, Göteborgs och Bohus län.

4. Vid fältundersökningen använd utrustning

Vid fältundersökningen har för bestämningen av de lösa jordlagrens måktighet i stor utsträckning använts den s. k. *maskinsonden*, som har större nedträngningsförmåga än den vanliga viktsonden och dessutom är betydligt snabbare än denna, där terrängen är framkomlig för en jeep. Institutet har även biträtt de engagerade firmorna med borrhningar av denna typ. I övrigt har *viktsondering* använts samt i några fall även *hejarsondering*, där det ansetts angeläget att få en säkrare lokalisering av de fasta bottenlagrens läge.

För bestämning av jordlagrens hållfasthet direkt i marken har huvudsakligen använts *vingborr*. Såsom komplettering till denna borrh har i viss utsträckning använts iskymeter och s. k. A-sond.

Fördelen med *iskymetern* är att den ger en kontinuerlig registrering av hållfasthetsfördelningen i jorden, varigenom förekommande skikt av avvi-

kande fasthet upptäckes även om de har en ringa tjocklek. Tolkningen av dess mätvärde är emellertid beroende av jordens sensitivitet, varför man måste räkna med en viss spridning i resultat, dock i medeltal icke större än ± 10 procent av vingborrvärdet.

A-sonden är en mekaniserad borrhutrustning, som har stor nedträngningsförmåga. Den är speciellt användbar, där jorden innehåller fasta lager, som underlagras av lösare material, av vilket man vill ta upp prov eller bestämma hållfastheten direkt. Institutet har anlitat AB Geotest, som utvecklat denna borrhutmetod, för borrhutningar vid Ekeberg söder om Agnesberg, vid Holmen söder om Strandbacken samt i en sektion norr om Utby. Leran innehåller på dessa ställen fasta skikt av mo, sand och grus, vilket försvårat bestämning av lerans hållfasthet med vingborr.

För närmare undersökning av jordarternas egenskaper samt för klarläggande av jordlagerföljden på de olika undersökta områdena har ostörda jordprov upptagits med *kolvborr* från skilda nivåer, vanligen på varje eller varannan meters djup under markytan. På några platser har man för att erhålla en sammanhängande bild av lagerföljden samt för kontroll av beskaffenheten av eventuella i fasthet avvikande skikt upptagit långa lerkärnor med den s. k. *folieborren*.

Portrycksmätare har nedsatts för mätning av grundvattentrycket dels inom de undersökta områdena, dels på andra platser, där den preliminära utredningen antytt, att högt vattentryck kan förekomma. Inalles har ca 150 mätare utplacerats, inberäknat dem inom skredområdet i Göta. Läget för observationspunkterna framgår av kartbil. 1. Avläsningen av mätarna sker i regel varannan månad.

För kontroll av i vad mån rörelser pågår i terrängen vid sidan om älven har *anordningar för sidorörelsemätning* nedsatts på några ställen i älvdalen, nämligen vid Ellesbo, Göta, Parkudden (strax söder om slussen vid Ström), Utby och Vesten, såsom angivits på kartbil. 1. Dessa mätningar är relativt dyrbara och utföres numera endast 1—2 gånger om året.

I några sektioner har lerans elektriska ledningsmotstånd mätts med den s. k. *saltsonden*. Denna mätning ger viss upplysning om bl. a. lerans salthalt, vilken är av betydelse vid kvicklerebildningen.

5. Laboratorieundersökningar

De vid fältundersökningen upptagna jordproverna har undersökts på laboratorium. Undersökningarna har omfattat dels klassificeringsprov såsom bestämning av volymvikt och konsistensgränser, dels undersökning av jordprovernas hållfasthetsegenskaper genom konprov, skärförsök, treaxliga tryckförsök samt kompressionsförsök. Dessutom har elektriska ledningsmotståndet bestämts på ett antal jordprover.

D. Strandbrinkarnas utformning

I södra delen av älvdalen är strandbrinkarna låga eller saknas helt, så att terrängen från älvens nivå långsamt höjer sig in mot fastmarken vid dalsidan. Först i närheten av Lödöse förekommer en mera utpräglad strandbrink med krönet någon meter över vattenytan. Ju längre mot norr man kommer desto högre blir strandbrinkarna på de områden, där det ursprungliga sedimentplanet i huvudsak finnes kvar. Vid Vesten, ca 3 km söder om Intagan, når sålunda strandbrinken upp till 20 m över älvens vattenyta. Släntlutningen är i regel tämligen brant.

På fig. 12 har angivits strandbrinkens högsta krönhöjd på älvsträckan Åkerström—Älvängen samt terrängens nivå utmed älven på en del skredområden. Dessutom har djupet i farleden inritats, varigenom man kan få en uppfattning om den maximala höjdskillnaden mellan älvbrinkens krön och älvens botten. På figuren finns endast enstaka uppgifter om strandbrinkens krönhöjd på östra stranden norr om Torpa. Detta beror på att sedimenttäcknet där i stor utsträckning saknas och att berget på större delen av sträckan når fram till älven.

E. Lerans beskaffenhet och egenskaper

Såsom framgår av kapitel 4 består de lösa jordlagren i älvdalen huvudsakligen av lera. Dennas mäktighet sammanhänger bl. a. med utformningen av den underliggande berggrunden och kan inom ett relativt begränsat område variera mellan några få meter och 50 à 60 meter. De mäktigaste lerlagren föreligger ej alltid intill älven utan kan lika ofta finnas någonstans mellan denna och dalsidan.

1. Lerans konsistensgränser

Till klassificeringen av leror hör även uppgifter om lerans vattenhalt och s. k. konsistensgränser. Dessa ger bl. a. en uppfattning om lerans formbarhet och vattenbindande förmåga och har en viss inverkan på lerans hållfasthet och hoptryckbarhet. De konsistensgränser, som härvid är av betydelse, är flytgränsen w_L och plasticitetsgränsen w_P . Den förra anger den övre och den senare den undre gränsen för det intervall av vattenhalten (räknad i procent av lerans torra vikt), inom vilket leran är plastisk. Detta intervall benämnes även plasticitetsindex, I_P . I samband med bestämning av lerans hållfasthet medelst konprov bestämmes i regel det s. k. finlekstalet. Detta anger vattenhalten vid en viss konsistens hos leran och utgör ett relativt mått på lerans vattenbindande förmåga. Finlekstalet är av samma storleksordning som flytgränsen.

Det synes finnas en tendens till systematisk regional variation av konsistensgränserna hos leran i älvdalen. Visserligen är variationerna stora

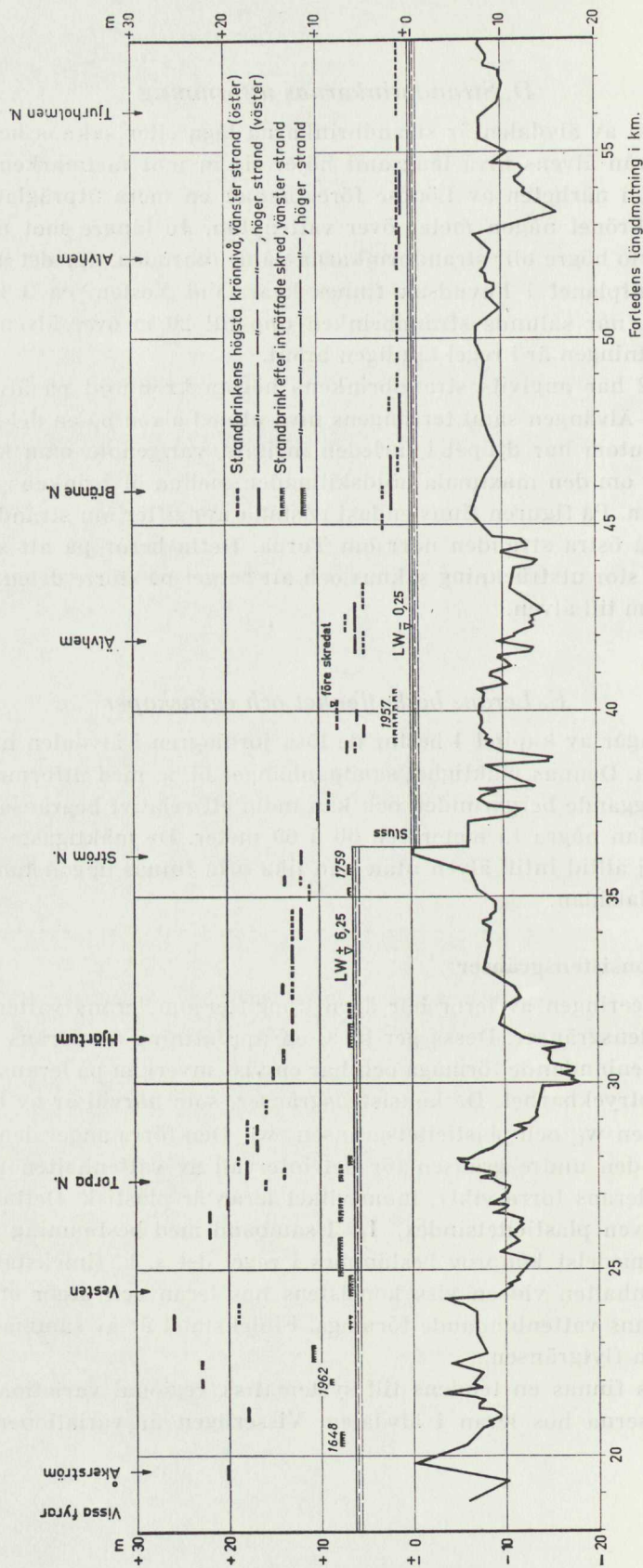


Fig. 12. Strandbrinkens höjd och älvens djup på sträckan Akerström—Älvängen.

inom varje undersökt område, men genomsnittligt synes leran vara mer plastisk i den nedre än i den övre delen av dalgången.

2. Lerans hållfasthet

Det finns ett samband mellan hållfastheten hos en lera och den effektiva belastning (totalvikt reducerad för vattnets uppdrift) denna varit utsatt för i marken. Genom vattenavgång, konsolidering, anpassar sig leran så småningom för trycket från de ovanför liggande jordlagren. Leran säges då vara *normalkonsoliderad*. Om spänningarna i marken minskar t. ex. på grund av att en del av de övre jordlagren eroderas bort, kvarstår i viss utsträckning konsolideringen och leran blir *överkonsoliderad* i förhållande till det nya överlagringstrycket. Den visar emellertid en tendens att långsamt svälla under upptagande av vatten, vilket kan medföra en minskning av hållfastheten.

Jordens hållfasthet anses vara uppbyggd av dels friktion (belastningsberoende), dels kohesion (beroende på lerpartiklarnas orientering och inbördes avstånd), varav följer att hållfastheten är beroende på huruvida dränering sker eller ej under belastningen. Man skiljer sålunda på dränerad och odränerad hållfasthet.

Sambandet mellan lerans hållfasthet och överlagringstrycket regleras av bl. a. lerans konsistensgränser (t. ex. Hansbo, 1957). Det förefaller som om följande uttryck med relativt god approximation med undantag för ytliga jordlager gäller för de normalkonsoliderade lerorna i Götaälvdalen

$$\tau_t = 0,45 w_L \cdot p$$

där τ_t = odränerad hållfasthet enligt vingborr

w_L = lerans flytgräns

p = överlagringstrycket reducerat med rådande porvatten-tryck

Ett liknande, ehuru ej rätlinigt, samband råder mellan skärhållfasthet, överlagringstryck och plasticitetsindex.

Inom de södra, låglänta delarna av dalgången har leran i regel en tunn torrskorpa, ca 1 m tjock, är därunder lös men ökar vanligen i fasthet med djupet under markytan. Av utförda provningar att döma synes den vara normalkonsoliderad.

Inom området med högre strandbrinkar har leran, speciellt i närheten av älven, oftast en tjockare torrskorpa och är därunder halvfast till fast med sin lägsta hållfasthet på 3—8 m djup, under vilken nivå den vanligen ökar i fasthet med djupet. Förmodligen är den högre hållfastheten i de övre lagren en effekt av uttorkning och dränering, möjligen har även en kemisk vitt-ringsprocess bidragit. Leran är normalkonsoliderad eller något överkonsoliderad.

Lerans hållfasthet under älvbotten är i många sektioner med undantag

för ett löst ytskikt i stort sett densamma som på motsvarande nivå vid sidan om älven. Detta synes tyda på att älvfåran ursprungligen nedskurits i ett tämligen horisontalt sedimentplan och att leran därigenom såväl under som vid sidan om älven konsoliderats för samma överlagringsstryck.

I andra sektioner är leran något lösare under älvbotten än vid sidan därom, förmodligen beroende på att den svällt under vattenupptagning och minskat i hållfasthet, när den vid älvfårans långsamma fördjupning successivt avlastats. Hållfasthetsnedsättningen är emellertid måttlig, och leran har i allmänhet fortfarande betydligt högre hållfasthet än den skulle ha haft, om den från början varit utsatt för det nu rådande överlagringsstrycket.

Bland de faktorer, som synes ha betydelse för svällningen, kan nämnas lagermaktighet och grundvattentryck. Vid liten tjocklek hos lerlagren under älven liksom vid högt grundvattentryck i bottenlagren kan hållfasthetsnedsättningen vara betydande. Lerans sammansättning inverkar även härvid.

3. Lerans sensitivitet

Lerorna i Götaälvdalen har flerstädes hög sensitivitet, d.v.s. förhållandet mellan lerans odränerade hållfasthet i ostört och i fullständigt omrört tillstånd är högt. Sensitiviteten hos svenska leror är normalt av storleksordningen 10. Vid sensitiviteter högre än 30—50, beroende på provningsmetod, brukar leran benämnas *kvicklera*. Denna förekommer ibland som tunnare skikt, ibland som mäktiga lager inuti mindre sensitiva lagerserier. Vid Vesten i övre delen av dalgången utgöres så gott som hela lagerföljden från markytan till de fastare bottenlagren på 20 à 30 m djup av kvicklera med sensitiviteter upp till ca 600.

På kartbil. 2 har sammanställts de områden, där kvicklera påträffats vid borringarna i den definitiva undersökningen. I den preliminära etappen användes endast på enstaka ställen utrustning, med vilken sensitiviteten kunde mätas. Förmodligen har kvickleran i verkligheten betydligt större utbredning än vad som framgår av kartan.

Närvaron av kvicklera inom ett område med dålig stabilitet ökar risken för att storskred skall utvecklas även ur relativt små begynnelsekred, eftersom kvickleran förefaller vara mera känslig för snabba lastväxlingar än normalsensitiv lera.

Kvicklerans bildning och egenskaper har som nämnts varit föremål för forskning bl. a. på SGI. Det synes som om kvicklerebildningen skulle vara ett resultat av kemiska processer i leran.

Tidigare har allmänt antagits att leror, som sedimenterats i havsvatten, övergår till kvickleror, om deras salthalt genom urlakning nedbringas i tillräcklig grad. De senare årens forskning inom institutet har emellertid visat, att för svenska marina leror salturlakningen visserligen är ett nödvändigt men dock icke tillräckligt villkor för att kvickleror skall uppstå.

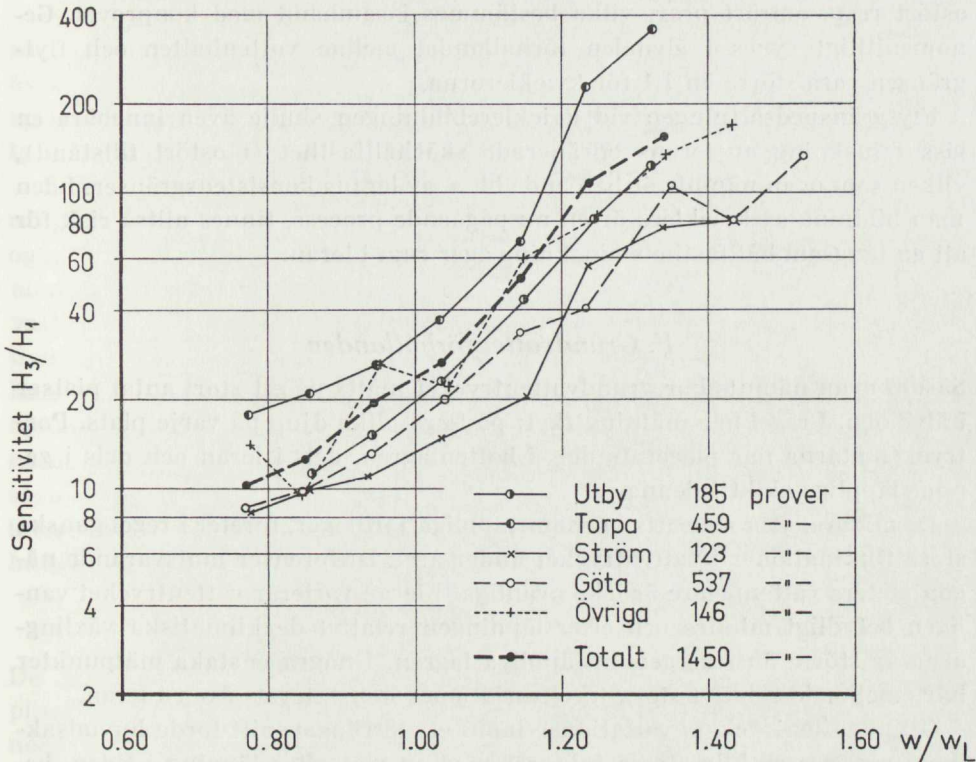


Fig. 13. Sambandet mellan lerans sensitivitet uttryckt genom H-kvoten H_3/H_1 och förhållandet mellan vattenhalt och flytgräns inom olika områden i Götaälvdalen.

Man måste förutsätta, att även andra kemiska processer försiggår jämsides.

Härvid synes man främst böra räkna med den sensitivitetshöjande effekt, som vissa i naturen allmänt förekommande ämnen har på leror. De viktigaste av dessa s. k. dispersionsmedel är karbonater (uppstår genom tillförelse av kolsyrehaltigt vatten) samt vissa humusföreningar av den typ, som bildas i torvmossor. För att leran under inverkan av nämnda ämnen skall bli högsensitiv (kvik) fordras dock, att dess pH-värde (surhetsgrad) ligger inom vissa gränser. Dessutom måste den såsom nämnts vara ej alltför salt.

Resultatet av de undersökningar, som utförts på ler- och vattenprover från Götaälvdalen, stämmer väl överens med ovannämnda antaganden rörande kvicklerebildningen.

När en normalsensitiv lera omvandlas till kvicklera, torde i regel dess flytgräns sjunka, medan kornstrukturen och därmed även vattenhalten torde bli i stort sett oförändrade. Karakteristiskt för kvicklerorna är bl. a. att flytgränsen i regel är lägre än vattenhalten. Sambandet mellan sensitivitet, uttryckt genom H-kvoten H_3/H_1 , och förhållandet mellan vattenhalt och flytgräns framgår av fig. 13. H_3 och H_1 är de s. k. relativa hållfasthetstalen för

ostört resp. omrört prov, vilka bestämmas i samband med konprovet. Genomsnittligt synes i älv dalen förhållandet mellan vattenhalten och flytgränsen vara större än 1,1 för kvicklerorna.

Flytgränsnedsättningen vid kvicklerebildningen skulle även innebära en viss minskning av lerans odränerade skärhållfasthet (i ostört tillstånd), vilken som ovan nämnts är beroende bl. a. av lerans konsistensgränser. I den mån bildning av kvicklara är en nu pågående process, finnes alltså risk för att en långsam hållfasthetsminskning äger rum i leran.

F. Grundvattenförhållanden

Såsom ovan nämnts har grundvattentrycket mätts på ett stort antal platser i älv dalen. I regel har mätning skett på flera olika djup på varje plats. Portrycksmätarna har placerats dels i bottenlagren, dels i leran och dels i genomsläppliga skikt i denna.

De mätare, som nedsatts i genomsläppliga jordlager, företer i regel ganska stora fluktuationer i vattentrycket under året. Differenser motsvarande någon meters vattenpelare är icke ovanliga. I leran varierar vattentrycket vanligen betydligt mindre och eftersläpningen relativt de klimatiska växlingarna är större än i de genomsläppliga lagren. I några enstaka mätpunkter har emellertid relativt stora tryckvariationer konstaterats även i leran.

Grundvattentryckets variationer inom ett terrängavsnitt torde huvudsakligen regleras av klimatiska faktorer med en viss eftersläpning i tiden, beroende bl. a. på jordlagrens beskaffenhet. Sambandet mellan klimatet och grundvattenståndet synes dock vara relativt komplicerat och det torde icke vara möjligt att med hjälp av den tillgängliga meteorologiska statistiken göra någon uppskattning av tänkbara extremvärden i grundvattenståndet. Man synes i stället vara hänvisad till långtidsobservationer av grundvattentrycksvariationerna. Det kan i detta sammanhang nämnas, att under år 1961 flertalet portrycksmätare visat högre vattentryck än under någon tidigare mätperiod. Trycket har under början av 1962 avtagit och närmast sig tidigare genomsnittsvärde.

Inom en del områden förekommer artesiskt vattentryck. Dessa har markerats på kartbil. 2. På denna har även angivits brunnar, där enligt SGU:s brunnsarkiv övertryck förekommer. Som regel är övertrycket relativt måttligt och motsvarar en fri vattenyta på endast 1 à 2 m höjd över markytan. Vid Agnesberg, speciellt inom Dorch, Bäcksin & Cos område, vid Jordfallet samt vid Ellesbo har dock uppmätts övertryck motsvarande 7, 4 resp. 3 m vattenpelare i ett sandlager under leran. Övertrycket är störst i det vattenförande lagret och avtager mot markytan. Vidare har avsevärda vattenövertryck konstaterats i Slumpåns dalgång vid den nya bron på riksvägen samt i en ravin på östra älvstranden strax norr om Lilla Edets pappersbruk. I sistnämnda fall ligger dock trycknivån under sedimentplanet på båda sidor om ån resp. ravinen.

På några områden speciellt i norra delen av älvdalen, synes vattentrycket i de djupare belägna jordlagren svara mot en lägre fri vattenyta än i de övre lagren. Vattentryckets ökning med djupet under markytan är alltså mindre än vad som svarar mot en hydrostatisk tryckfördelning. Detta kan tyda på att bottenlagren står i förbindelse med älven.

Grundvattentrycket inverkar som nämnts på jordens hållfasthet. En höjning av vattentrycket orsakar en reduktion av effektivspänningen och kan i ogynnsamt fall innebära en minskning av hållfastheten, medan en sänkning medför en långsam konsolidering och höjning av hållfastheten. Artesiskt vattentryck är särskilt ogynnsamt. Utöver den statiska reducering av effektiva belastningen och nedgång i hållfastheten, som vattentrycket orsakar, kan den av övertrycket intensifierade vattenströmningen genom jordlagren medföra snabbare urlakning och andra kemiska ändringar av leran. Sistnämnda effekter kan också orsaka hållfasthetsändring i leran. Likaså kan såsom antytts ett porvattenövertryck även medverka till att den överkonsoliderade leran under älvfåran och i strandbrinkarna sväller med nedsatt hållfasthet som följd.

G. Mätning av horisontalrörelser i jorden

De anordningar för mätning av rörelser i horisontalled i jorden, vilka utplacerats på några ställen i älvdalen, består i princip av ett plaströr, som nedförts i marken till fastare bottenlager. Röret är så böjligt, att det bedömes kunna följa de rörelser, som eventuellt försiggår i jorden. Med en inklinometer, som nedsänkes i röret, kan man mäta eventuella horisontalrörelser i detta samt på vilken nivå och i vilken riktning krökningen sker. Mätningen är relativt noggrann och ger utslag för rörelser betydligt mindre än 1 cm.

Av de hittills utförda mätningarna har den vid Ellesbo icke visat några märkbara sidorörelser i jorden. Däremot synes vissa mindre sådana försiggå vid Göta och Parkudden. Beträffande mätningarna vid Utby och Vesten föreligger ännu icke tillräckligt med observationer för att man skall kunna dra några säkra slutsatser beträffande eventuella markrörelser.

Både av mätningarna och av teoretiska överväganden framgår, att sidorörelser försiggår i hårt ansträngda slänter, men genomförda studier synes icke vara tillräckligt omfattande för att SGI nu skall kunna ge några rekommendationer till en uppbyggnad av ett alarmsystem, grundat på horisontalrörelser av aktuella slänter i Götaälvdalen.

H. Stabilitetsberäkningar

När en slänt utbildas i jord antingen på naturlig väg t. ex. genom erosion av ett vattendrag eller till följd av en arbetsoperation, såsom i en vägskärning, mobiliseras i jorden spänningar för att motverka bl. a. tyngdkraftens strä-

van att jämna ut slänten. Ju högre och brantare slänten är, desto större blir spänningen i jorden. När ansträngningen blir så stor, att hållfastheten i jorden överskrides, inträffar brott och slänten glider ut och lägger sig i en flackare lutning. Erfarenheten visar, att utglidningen i regel sker efter en viss yta i jorden, nämligen den i vilken skärspänningen i förhållande till hållfastheten är störst. Denna s. k. glidyta har ofta en mer eller mindre krökt form men kan också följa lösare skikt i jorden och därigenom bli nästan plan.

De flesta stora jordskred synes börja med ett mindre begynnelseskred. Man torde som regel ha goda möjligheter att bedöma, om någon fara för ett begynnelseskred föreligger. Däremot föreligger för närvarande stora svårigheter då det gäller att avgöra, huruvida från ett sådant initialscred sekundära skred kan utvecklas. Den slutliga omfattningen av ett stort jordskred kan därför knappast med någon större grad av säkerhet beräknas i förväg.

Om man utsätter en vattenmättad, normalkonsoliderad jordart, såsom lera, för en spänning, t. ex. till följd av en belastning, upptas denna först huvudsakligen såsom en ökning av trycket i vattnet (porvattentryck), som utfyller mellanrummen mellan lerpartiklarna. Till följd av ändringarna av porvattentrycket uppkommer långsam strömning av vatten i jorden, t. ex. mot markytan, och samtidigt överföres spänningarna successivt till lerpartiklarna. Eftersom leran är ett tätt material och har låg vattengenomsläpplighet, tar det lång tid innan tryckändringen i vattnet utjämnats och den påförda spänningen helt överförts till lerans kornskelett. De spänningar, som överföres genom lerans kornskelett, kallas effektiva spänningar. Summan av den effektiva normalspänningen och vattentrycket ger totala normalspänningen i ett snitt i jorden.

Utbildningen av en naturlig lerslänt t. ex. utmed ett vattendrag pågår i regel under en mycket lång tidsperiod i den takt vattendraget fördjupar sin fåra. Spänningarna i jorden ökar därvid så långsamt, att ändringen i porvattentrycket hinner att utjämnas efter hand. Eftersom vattnet successivt hinner att avgå, säges spänningsändringen i slänten ske under *dränerade* förhållanden.

Om en vägskärning upptas i lera, hinner i regel ändringen i porvattentrycket icke att utjämnas efter hand som schaktningsarbetet fortgår. När arbetet avslutats, kvarstår därför en spänning i porvattnet, som först efter lång tid utjämnas. Spänningsändringen i slänten sker vid schaktningen under *odränerade* förhållanden.

För att kunna klarlägga stabilitetsförhållandena i en lerslänt måste man bl. a. bestämma lerans skärhållfasthet. Den metod man därvid väljer för bestämningen sammanhänger med den analysmetod, efter vilken stabilitetsförhållandena beräknas.

Tidigare har man vid bedömningen av stabilitetsförhållandena i allmänhet

försummat inverkan från porvattenövertryck i jorden, i den mån denna icke återspeglats i de erhållna provningsresultaten. Härvid har man som regel använt sig av lerans odränerade skärhållfasthet, vilken bestämmes med exempelvis vingborr eller genom konprov.

På senare år har man speciellt i utlandet börjat övergå till att genomföra stabilitetskalkylerna på grundval av de beräknade effektiva spänningarna i marken. Man har då betraktat lerans skärhållfasthet såsom sammansatt av en kohesions- och en friktionsandel, vilka båda skulle vara funktioner av vissa effektiva spänningar. För bestämning av skärhållfastheten i detta fall har man utfört långsamma, dränerade försök i skärbox eller i triaxialapparat på upptagna, i möjlig mån ostörda lerprover. Tolkningen av resultatet från nämnda apparater har blivit föremål för ingående diskussioner, bl. a. på grund av att leran i viss mån förändras under provningens gång.

Utländska undersökningar har visat, att vid överkonsoliderade och spruckna leror beräkningar på grundval av de äldre metoderna ger osäkra resultat. Man har bl. a. gjort gällande att effekten av överkonsolideringen så småningom skulle försvinna och hållfastheten reduceras till ett värde, som lägst skulle motsvara det rådande överlagringstrycket.

I Götaälvdalen inträffar årligen släntskred i de branta älvslänter, som är utsatta för erosion i vattenbrynet. Normalt beröres endast själva slänten eller del därav av utglidningen, men i enstaka fall utvecklas skredet bakåt och når åtskilliga tiotal meter in i det bakomvarande området.

SGI har nyttjat ett par skred av den sistnämnda typen för att pröva skärpan i de olika beräkningsförfarandena vid stabilitetsbedömningen. Dessa skred har inträffat vid Vesten (mellan Trollhättan och Utby) och är av en sådan storleksordning, att de under ogynnsamma förhållanden bedömts kunna utlösa ett storskred. Med hjälp av den nya flygfotokartan, som upprättats över älvdalen, har man möjlighet att rekonstruera terrängförhållandena före skreden. Genom att utföra borringar och mäta grundvattentryck m. m. intill skredområdet kan man även med nöjaktig noggrannhet bestämma grundförhållandena därstädes och man kan därefter erhålla en kontroll på beräkningsförfarandet.

Det visar sig därvid, att stabilitetskalkyler grundade på den odränerade hållfastheten, bestämd genom vingborr, ger ett värde på den nominella säkerhetsfaktorn mellan 1,0 och 1,07. Säkerhetsfaktorn definieras då såsom förhållandet mellan uppmätt och beräknad erforderlig skärhållfasthet i leran. Eftersom säkerheten vid brott skall vara 1,0, innebär nyssnämnda värden en god överensstämmelse mellan beräkningar och verklighet.

Om beräkningen utföres med effektiva spänningar, d.v.s. hänsyn tas till rådande porvattentryck, samt med de hållfasthetsparametrar, som bestämts genom treaxliga tryckförsök eller dränerade skärförsök, måste man för att erhålla lika god överensstämmelse medräkna effekten av överkonsolideringen i slänten. Man kan alltså för Götaälvlerorna som regel icke förut-

sätta, att hållfastheten hos den överkonsoliderade leran inom överskådlig tid skall nedgå till den, som skulle motsvara en normalkonsoliderad lera.

Till liknande resultat kommer man vid kontrollberäkning av de slänter, som fortfarande står intakta. Genom skärförsök och treaxliga tryckförsök har lerans inre friktionsvinkel bestämts till 22 å 28°, något varierande inom olika delar av älvdalen. Det finns emellertid långa älvsträckor, där älvbrinken står i betydligt brantare lutning än vad som svarar mot denna vinkel. Detta skulle vara möjligt endast om man kan räkna med att överkonsolideringseffekten fortfarande kvarstår i leran, trots att älvfåran med i huvudsak sitt nuvarande utseende varit utbildad under mycket lång tid. I viss utsträckning inverkar även torrskorpebildning och rotsystem.

Om vattentrycket i jorden är artesiskt, så att det försiggår en vattenströmning under relativt högt tryck i leran, förefaller det som om den överkonsoliderade leran skulle ha större tendens att svälla. Under sådana tryckförhållanden måste man iaktta viss försiktighet vid utvärdering av hållfastheten.

Bedömningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen har i regel genomförts på grundval av den med vingborr uppmätta, odränerade skärhållfastheten hos leran. Dessutom har för flertalet undersökta områden som kontroll utförts jämförande kalkyler, baserade på effektivspänningar och dränerad hållfasthet.

Såväl plana som cirkulärcylindriska och andra krökta glidytor har undersökts. För några områden, där grundförhållandena varit tillräckligt enhetliga, har stabilitetskalkylerna utförts med hjälp av matematikmaskin.

I. Erforderlig säkerhetsfaktor

Den nominella säkerhetsfaktor, som är önskvärd för att ett område skall kunna anses stabilt, sammanhänger bl. a. med den bristande skärpan i använda undersöknings- och beräkningsmetoder, med variationer i grundförhållanden samt med den skada, som ett eventuellt skred kan väntas medföra. För ett bebyggt område måste man kräva större säkerhet än för ett obebyggt. Ett område, där ett skred kan tänkas få sådan omfattning att det förmår täppa igen älvfåran (farleden), får likaså bedömas strängare än ett terrängavsnitt, där dessa förutsättningar saknas.

Medelfelet på grund av brister i undersöknings- och beräkningsmetodik samt olikheter i grundförhållandena torde vara relativt litet, säg ± 10 procent, men ytterlighetsvärdena kan på grund av spridningen vara avsevärt större, speciellt vad beträffar de enskilda hållfasthetsvärdena.

I de fall, då man t. ex. genom bebyggelse eller anläggning av vägar o. d. kan förväntas komma att ändra de rådande stabilitetsförhållandena brukar krävas en säkerhetsfaktor av 1,4 å 1,5, då hållfasthetsvärdena bestämts på ovan angivet sätt.

Om man däremot kan förutsätta, att ingen framtida försämring av stabilitetsförhållandena t. ex. genom bebyggelse kommer att inträffa inom det aktuella området, bör man kunna tillstyrka en något lägre säkerhetsfaktor, 1,3 eller undantagsvis 1,2. I dessa fall är det viktigt, att eventuell erosion förhindras genom erosionsskydd. Vidare bör sådana områden beläggas med byggnadsförbud. Belastningar och åtgärder bör undvikas, som kan påverka stabiliteten i ogynnsam riktning, t. ex. skakningar och muddringar.

Vid lägre säkerhetsfaktorer kan man icke räkna med att någon nämnvärd säkerhetsmarginal finnes, varför man åtminstone för bebyggda områden bör utföra någon form av grundförstärkning. Denna kan ges en relativt måttlig omfattning, eftersom man vet att åtgärderna ifråga innebär en verklig ökning av säkerhetsmarginalerna.

J. Sammanfattning av undersökningsresultat

I det följande har i allmänhet angivits vem som utfört undersökningarna, i den mån icke SGI självt utfört eller slutfört dessa. Institutet har stickprovsmässigt granskat de av andra utförda undersökningarna.

1. Västra älvstranden mellan Intagan och Torp (20,9—29,0)¹

Sträckan 20,9—21,7 (pl. 1)

Detta terrängavsnitt, som undersökts av Orrje & Co, ligger strax nedströms skredärret efter det omfattande jordskredet vid Intagan år 1648. Inom området har i den definitiva undersökningen borrhningar utförts i tre mot älven ungefär vinkelräta sektioner, sträckande sig från stranden in till fastmarken vid dalsidan. Dessutom har borrhningar utförts längs med stranden på hela den berörda älvsträckan.

I den preliminära undersökningsetappen utfördes borrhningar i två sektioner.

Strandbrinken är tämligen hög och brant och når ca 12 m över medelvattnytan. Stranderosionen är mycket aktiv och lokala utglidningar av brinken sker årligen. Ovanför strandbrinken höjer sig terrängen i lutningen 1: 10 å 1: 30 mot dalsidan, där fastmarken i form av berg och morän går i dagen. Älven är 8—15 m djup vid lågvatten.

Jorden består av lera med en största mäktighet av 55 m. Den ligger i regel avlagrad direkt på berget, dock har i några borrhål påträffats ett tunt sandskikt närmast detta. Berget når upp till älvbotten strax uppströms och nedströms det undersökta området. Leran är något mjällig och moig med enstaka sand- och moskikt på större djup. Dess vattenhalt varierar från 50 å 70 procent omedelbart under torrskorpan till 40 å 50 procent på 30—40 m

¹ Beträffande angivande av älvsträckor, se sid. 4. »20,9—29,0» betecknar sträckan mellan en punkt 20,9 km och en punkt 29,0 km från Bastungens fyr.

djup. Finlekstalet ligger omkring 40. Ur några borrhål strömmade gas vid borrhningen.

Leran har en med djupet under markytan så gott som rätlinigt tilltagande hållfasthet, bestämd med vingborr eller genom konprov. Vid stabilitetskalkylerna har man räknat med hållfasthetstillväxten 0,15 t/m² per m och en skärhållfasthet i markytan av 1,6—2,6 t/m².

Kvicklera förekommer inom större delen av området, flerstädes i relativt mäktiga lager.

Enligt den utförda saltsonderingen ökar lerans salthalt i riktning mot älven samt med djupet under markytan.

Portrycksmätningen visar, att grundvattentrycksökningen med djupet är mindre än vad som motsvarar den hydrostatiska tryckfördelningen, tydande på att bottenlagren kommunicerar med älven. En portrycksmätning invid fasta botten i en borrhpunkt visar en trycknivå som ungefär motsvarar älvens vattenyta.

Stabilitetsberäkningar baserade på den odränerade skärhållfastheten enligt vingborr och konprov visar, att ansträngningen i jorden är jämförelsevis hög i älvbrinken. Den beräkningsmässiga säkerheten mot utglidning anges av Orrje & Co till 1,15 å 1,20 på mellersta och norra delen och 1,5 på södra delen av sträckan. På grund av utglidningar, huvudsakligen orsakade av den fortgående erosionen i strandbrinkarna, skärpes efter hand lutningen och höjden hos strandbrinken och därigenom ökar ansträngningen i jorden.

Sträckan 21,7—23,1 (pl. 1)

Inom detta område undersöktes tre sektioner i den preliminära undersökningsetappen.

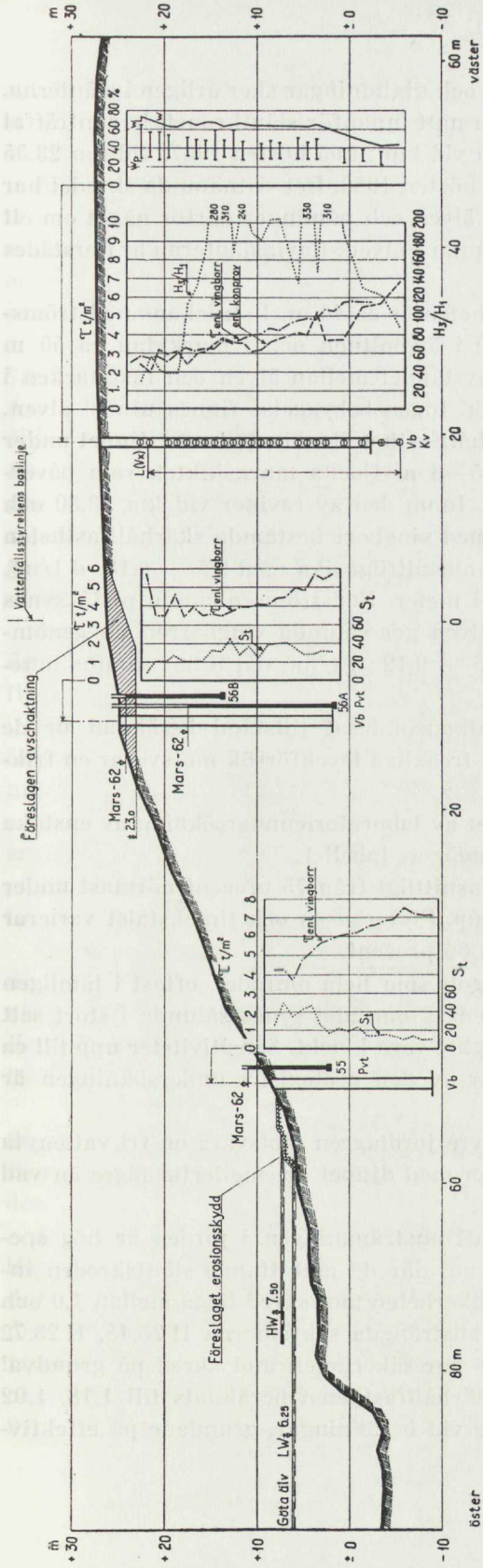
På norra och mellersta delen av sträckan är terrängen närmast älven sönderskuren av bäckraviner och företer många skredärr efter äldre och nyare utglidningar. Ett relativt stort släntskred inträffade i maj 1962 (jfr pl. 1). Aktiv stranderosion förekommer. Berget går upp till älvbotten i norr och på mellersta delen av sträckan når fastmarken i form av berg och morän ganska nära stranden. På södra delen av området är strandbrinken låg efter ett äldre skred, som nått fram till en bergrygg, som delvis går i dagen på ca 150 m avstånd från stranden. Älven är 6,5—17 m djup.

Inom denna sträcka bedömes risken för storsked vara jämförelsevis ringa.

Sträckan 23,1—24,3 (pl. 2, fig. 14)

Utmed denna älvsträcka har borrhningar utförts i två sektioner i den preliminära samt åtta sektioner i den definitiva undersökningsetappen.

Strandbrinken är hög och når på mellersta delen av sträckan upp till 20 m över älvens vattenyta samt i övrigt 10—15 m. Ovanför släntkrönet höjer sig terrängen långsamt in mot dalsidan. Älven är 12—14 m djup.



Teckenförklaring

Hf	hejarsond med fyrkantspets	Pvt	porttryckmätning	τ	skärhållfasthet
Ma	maskinsond	St	sensitivitet enl. vingsbarr		
Vi	viktsond	H ₃ /H ₁	%sensitivitet enl. konprov (lob)		
Vb	provning in situ med vingsbarr	w	naturlig vattenhalt		
Fo	provtagning med foliekärnbarr	w _p	plasticitetsgräns		
Kv	provtagning med kalvbarr	w _L	flytgräns		
	Siffror till vänster om hejarsondhål anger belastningen i kg på sonden. Siffror till höger om viktsondhål anger antalet vridna halvvarv				
	Siffror till höger om hejarsondhål anger antalet serier om 20 slag (hejarvikten 65 kg och fallhöjden 0,6 m).				
L	lera	M	ma	M ₅	grovma (sand)
L	lerig	m	moig		torv
			v	v	vörvig
			()	()	något eller tunnare
					Sk skal

Stignivå för fri vattenpelare från
Nivå å vilken porttryck mätes

Fig. 14. Sektion H 23,82. Vissa undersökningsresultat samt förslag till förstärkningsåtgärder.

Stranderosionen är mycket aktiv och utglidningar sker årligen i slänterna. Tre ganska omfattande skred, vilka nått innanför släntkrönet, har inträffat under utredningens gång, nämligen vid km 24,05 hösten 1957, vid km 23,55 vintern 1958—59 och vid km 23,77 hösten 1960. Det sistnämnda skredet har sin minsta bredd i mynningen mot älven och påminner därför något om ett flaskskred. Flera djupa raviner mynnar i älven. Ravinslänterna är flerstädes lika branta som älvsälanten.

Den största uppmätta lermäktigheten är ca 40 m. I sträckans nedströmsdel vid sekt. 24,29 går berget upp i älvbotten och i markytan ca 50 m innanför släntkrönet. I övrigt är avståndet mellan älven och fastmarken i form av berg eller morän ca 400 m. Ingen bebyggelse finnes utmed älven.

Leran är tämligen fast och dess hållfasthet ökar i regel med djupet under markytan, bortsett från det övre 5—6 m tjocka markskiktet, som påverkats av uttorkning, dränering o. d. Inom den av raviner vid km 23,30 och km 23,95 omslutna platån är den med vingborr bestämda skärhållfastheten hos leran under nivån + 20 m genomsnittligt lika med $2,5 + 0,18 \cdot d$ t/m², där d = djupet under denna nivå i meter. Nedströms nämnda platå synes leran vara något fastare. Utmed älven ger sålunda vingborren en genomsnittlig skärhållfasthet lika med $4,5 + 0,12 \cdot d$ t/m², där d har samma innebörd som ovan.

Lerans skärhållfasthet i normalkonsoliderat tillstånd beräknad ur de effektiva spänningarna vid utförda treaxliga tryckförsök motsvarar en friktionsvinkel av 24—26°.

En sammanställning av resultatet av laboratorieundersökning av enstaka jordprover från några borrhål framgår av tabell 1.

Lerans vattenhalt varierar genomsnittligt från 75 procent närmast under ytlagret till 42 procent på 30 m djup. Flytgränsen och finlekstalet varierar på motsvarande sätt mellan 65 och 36 procent.

Kvicklera förekommer inom så gott som hela området, oftast i tämligen mäktiga lager. Inom mellersta delen av området synes sålunda i stort sett hela lerlagret med 20—30 m mäktighet vara kvickt. Sensitiviteter upp till ca 600 har uppmätts. Såsom framgår av den geologiska undersökningen är lerorna så gott som helt urlakade.

Grundvattentrycket synes i de övre jordlagren motsvara en fri vattenyta ungefär i markytan. Tryckökningen med djupet är emellertid lägre än vad som motsvarar hydrostatiskt tryck.

Stabilitetsberäkningarna visar, att ansträngningen i jorden är hög speciellt på mellersta delen av sträckan, där de omfattande släntskreden inträffat. Beräkningsmässigt synes säkerheten mot skred ligga mellan 1,0 och 1,3. I de beräkningsmässigt mest ansträngda sektionerna H 23,45, H 23,72 och H 23,82 (jfr pl. 2 och fig. 14) har säkerheten mot skred på grundval av den med vingborr bestämda skärhållfastheten beräknats till 1,18, 1,02 resp. 1,07. Motsvarande siffror blir vid beräkningar, grundade på effektiv-

spänningar och de vid treaxliga försök bestämda hållfasthetsparametrarna resp. 1,30, 1,03 och 1,03. Härvid har effekten av överkonsolideringen i älvens slänter och botten medräknats.

Skreden i slänterna innebär en tillfällig förbättring av stabilitetsförhållandena på närliggande släntpartier. När de utglidna massorna bortförts av vattnet och erosionen på de kvarstående släntdelarna intensifieras, blir emellertid risken för dessa desto större och man kan därför räkna med fortsatta skred inom området.

Sträckan 24,3—25,9

Av den geologiska kartan att döma har hela denna sträcka berörts av ett äldre skred. Strandbrinken är relativt låg, 1—4 m vid lågvatten. Älven är 12—20 m djup. På den norra delen av sträckan, där den gamla skredkanten går relativt nära älven, sluttar terrängen ganska brant ner mot den låga strandbrinken. Lutningen synes delvis regleras av det underliggande bergets utformning.

Borrningar har utförts i tre sektioner inom området.

Lerans största mäktighet, ca 35 m, har uppmätts i södra delen av området. I övrigt synes den variera mellan 10 och 20 m. Kvikklera förekommer flerstädes och speciellt i norra delen av området i tämligen mäktiga lager.

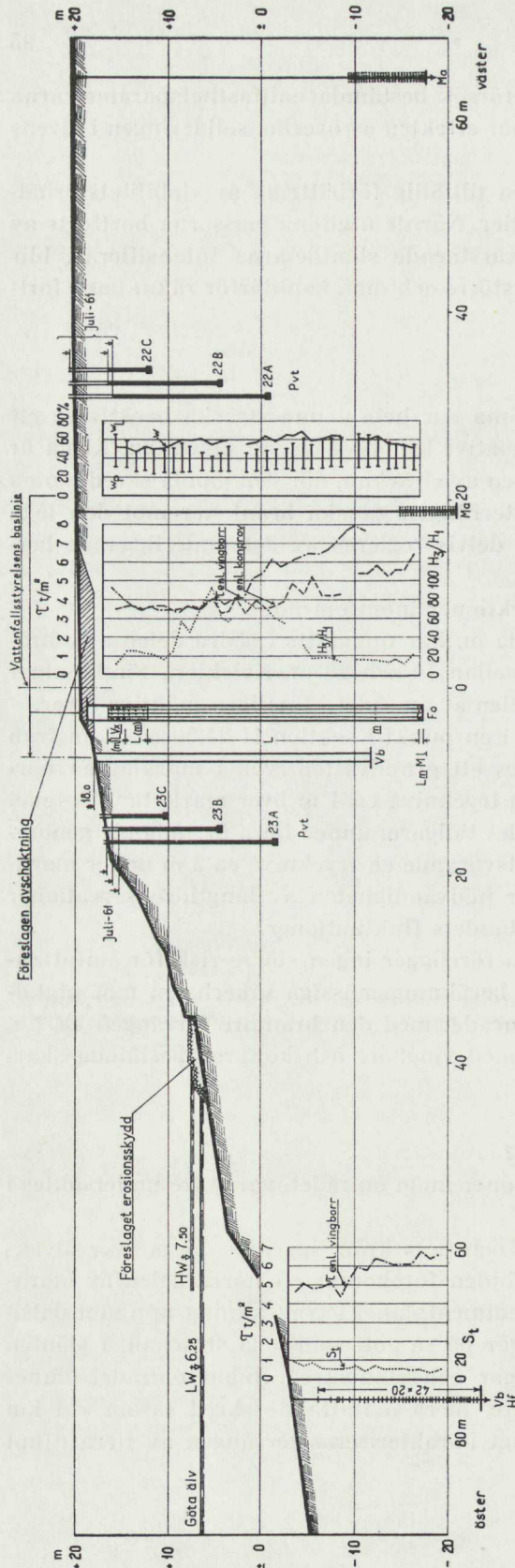
Portrycksmätning har utförts i en punkt i sektion H 24,50 ca 15 m från älven. Sommaren 1961 uppmättes ett grundvattentryck i marklagren närmast fast botten motsvarande en trycknivå ca 4 m över markytan. Trycket avtog därefter och återgick till det tidigare, under flera år rådande genomsnittliga grundvattentrycket, motsvarande en trycknivå ca 2 m under markytan. Mätresultatet understryker nödvändigheten av långtidsobservationer för bestämning av grundvattenståndets fluktuationer.

Enligt stabilitetsberäkningarna föreligger ingen större risk för omfattande skred på denna sträcka. Den beräkningsmässiga säkerheten mot utglidning är i den norra delen av området med den brantare terrängen ca 1,5. Kalkylerna ha baserats på den med vingborr och konprov bestämda skärhållfastheten i leran.

Sträckan 25,9—29,0 (pl. 3, fig. 15)

Borrningar har utförts i 18 sektioner inom området, varav tre undersöktes i den preliminära utredningen.

Älvbrinken är tämligen brant och dess krön ligger 6—17 m över älvens lågvattenyta. Den största krönhöjden förekommer i norra delen av området. Ovanför älvbrinken stiger sedimentplanet i svag lutning upp mot dalsidan. Aktiv stranderosion försiggår på så gott som hela sträckan. I slänten pågår flerstädes små utglidningar och släntskred. Inom området finnes också kvarstående ärr från äldre, mera omfattande skred såsom vid km 27,35 och 28,0 (se pl. 3). I övrigt karakteriseras terrängen av flera djupt



Teckenförklaring

- Hf hejarsond med fyrkantspets
- Ma maskinsond
- Vi viktsond
- Vb provning in situ med vingborr
- Fo provtagning med foliekärnborr
- Kv provtagning med kolborr
- Pvt porttryckmätning
- St sensitivitet enl. vingborr
- H₃/H₁ sensitivitet enl. konprov (lab)
- w naturlig vattenhalt
- w_p plasticitetegräns
- w_L flytgräns

Siffror till vänster om viktsondhåll anger belastningen i kg på sonden. Siffror till höger om viktsondhåll anger antalet vridna halvvarv
 Siffror till höger om hejarsondhåll anger antalet slag (hejarvikten 65 kg och fallhöjden 0.6 m).

- L lera
- L lerig
- M_f finmo
- M_m mo
- m moig
- M_s grovmo (sand)
- H torv
- () något eller tunna
- v varvig
- Sk skal

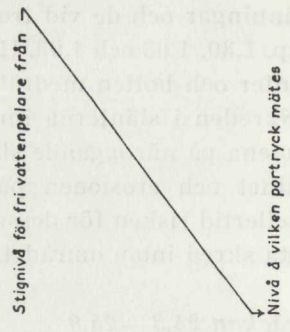


Fig. 15. Sektion H 27.52. Vissa undersökningsresultat samt förslag till förstärkningsåtgärder.

nedsburna bäckraviner. Berget går i dagen på två ställen inom det undersökta området på ca 200 m avstånd från stranden.

Älven går på ifrågavarande sträcka i en S-formad båge och är 150—200 m bred. Vattendjupet i älvfåran är 12—15 m på mellersta delen, 18 m på norra och ca 20 m på södra delen av älvsträckan.

Marken består av lera, underlagrad av sand. Lerans mäktighet varierar i regel mellan 20 och 40 m inom norra och mellersta delen av området och ökar till 50 à 60 m i södra delen. Det största uppmätta lerdjupet uppgår till 64 m. Leran är i regel täckt av ett ytligt sand- och moskikt.

Hejarsonden och maskinsonden har stoppat i det under leran belägna sandlagret, och mäktigheten av detta har därför icke bestämts. Den torde dock flerstädes överstiga 10 m. Sandlagret når sin högsta nivå på älvsträckan 26,9—27,1, där dess överyta utmed älven ligger 7—8 m under havsytan. Från nämnda sträcka sjunker sandlagrets överyta till nivån —20 m i norra och till nivån —47 m i södra delen av det undersökta området.

Leran är mestadels tämligen fast. I regel synes skärhållfastheten enligt vingborr vara i stort sett konstant, 3 à 4 t/m², ned till nivån + 7,0 m, varunder den ökar rätlinigt med djupet i regel med tillväxten 0,17 à 0,19 t/m² per m under nämnda nivå. I den nordligaste delen av det undersökta området (norr om km 26,3) är leran genomsnittligt något fastare än inom området i övrigt.

Enligt utförda treaxliga tryckförsök synes skärhållfastheten i normalkonsoliderad lera motsvara en friktionsvinkel av 23—28°.

I tabell 2 har sammanställts resultatet av laboratorieundersökning av enstaka jordprover från ett par borrhål inom det undersökta området.

Lerans vattenhalt är i genomsnitt 50 à 60 procent närmast under ytskiktet, ökar nedåt till 60 à 70 procent på 20 m djup och avtar åter till 50 à 60 procent på 30 à 40 m djup. Finlekstalet och flytgränsen varierar i regel mellan 50 och 70 procent med enstaka högre och lägre värden.

Kvicklera förekommer inom norra och mellersta delen av det undersökta området, dock i regel endast i vissa skikt.

I södra delen av området har i ett par punkter gasfickor påträffats i jorden vid borrhågarna.

Enligt portrycksmätningarna svarar vattentrycket i de övre marklagren vanligen mot en fri vattenyta någon meter under markytan. Inom vissa delar av området är tryckökningen med djupet lägre än vad som motsvarar hydrostatisk tryckfördelning. Artesiskt vattentryck har uppmätts inom det gamla skredområdet vid km 28,0.

Ansträngningen i älvslänten är flerstädes hög, speciellt omkring sektionerna 26,88 och 27,52 (jfr pl. 3 och fig. 15). Den beräkningsmässiga säkerheten mot utglidning synes där vara omkring 1,1, om kalkylerna baseras på den med vingborr bestämda skärhållfastheten. Stabilitetsberäkningar, grundade på effektiva spänningar och de med treaxliga tryckförsök samt dräne-

Resultat av laboratorieundersökningar

Tabell 1

Borrpunkt	Djup m	Geoteknisk benämning	Vol. vikt t/m ³	Skär- håll- fast- het τ_{kon} t/m ²	V.-halt och Atterbergs kons.-gränser				3-axl. CIU-försök				
					w %	w _L %	w _P %	I _P %	σ'_c	σ'_1	σ'_3	ϕ_{eG}	ϕ'_{nc}
H 23,45 27 m fr. älv	6	Grå lera	1,68	4,1	60	61	30	31	2,10	2,59	0,91	18° _{0,5}	25° _{0,6}
	14	—»—	1,67	5,2	59	57	26	31	4,20	4,48	1,50	18° _{0,5}	25° _{0,1}
80 m fr. älv	10	Grå lera	1,63	3,2	66	62	26	36	4,15	3,85	1,25	17° _{0,0}	23° _{0,8}
	20	—»—	1,66	5,0	54	51	28	23	6,10	5,80	2,08	21° _{0,5}	25° _{0,1}
	30	—»—	1,69	4,8	50	43	26	17	6,10	5,89	2,15	24° _{0,0}	25° _{0,6}
H 23,82 70 m fr. älv	7	Grå lera	1,64	3,0	64	54	30	24	4,10	3,88	1,40	21° _{0,0}	25° _{0,0}
	15	—»—	1,60	3,6	67	47	28	19	6,00	5,48	2,00	23° _{0,0}	26° _{0,0}
	23	—»—	1,64	5,2	62	50	28	22	6,20	5,94	2,30	21° _{0,5}	24° _{0,5}

Tabell 2

H 26,02 50 m fr. älv	5,5	Grå mjällig lera	1,66	3,8	57	57	31	26	4,15	3,83	0,93	20° _{0,0}	28° _{0,0}
	10,5	Grå lera	1,73	4,0	50	52	31	21	5,15	4,95	1,43	22° _{0,0}	27° _{0,6}
	15,5	—»—	1,70	4,0	50	45	28	17	5,10	5,14	1,58	23° _{0,5}	28° _{0,4}
	18,8	—»—	1,74	4,5	53	52	30	22	6,10	6,13	2,13	21° _{0,5}	25° _{0,6}
	22,2	—»—	1,73	5,7	52	52	32	20	6,10	6,21	2,31	22° _{0,5}	25° _{0,8}
H 27,52 35 m fr. älv	11	Grå lera	1,70	3,6	55	46	26	20	4,10	4,02	1,32	22° _{0,5}	26° _{0,5}
	16	—»—	1,67	4,0	61	47	26	21	5,60	5,22	1,80	22° _{0,0}	25° _{0,4}
	22	—»—	1,63	4,8	63	57	28	29	8,15	8,21	3,05	18° _{0,0}	23° _{0,5}

σ'_c = konsolideringstryck i 3-axl. försök i kg/cm²

σ'_1 = största huvudspänning vid brott i kg/cm²

σ'_3 = minsta huvudspänning vid brott i kg/cm²

ϕ_{eG} = sann friktionsvinkel enl. Gibson

ϕ'_{nc} = skenbar friktionsvinkel korrigerad enl. Osterman och Odenstad

w = naturlig vattenhalt i viktsprocent

w_L = flytgräns, w_P = plasticitetsgräns, I_P = plasticitetsindex

rade skärförsök bestämda hållfasthetsparametrarna, ger ungefär samma värde på säkerhetsfaktorn, om man förutsätter att effekten av lerans överkonsolidering i älvbrink och älvbotten kommer att bestå. Om stranderosionen kommer att fortsätta som hittills, kan man räkna med en långsam skärpning av ansträngningen i älvbrinken.

I norra och södra delen av området varierar den beräknade säkerheten mot skred mellan 1,3 och 1,4. Inom de gamla skredskålarna, där älvbrinken vanligen är låg, får stabilitetsförhållandena anses vara betryggande.

2. Västra älvstranden uppströms Bondeström (33,14—34,64)

Detta terrängavsnitt har undersökts av Kjessler & Mannerstråle. Borrningar har utförts i 10 sektioner. Den preliminära undersökningen omfattade tre sektioner inom området.

Strandbrinken är 6—8 m hög. Därövanför höjer sig terrängen i svag lutning in mot dalsidan, som ligger 200—600 m från älven. Denna är 12—16 m djup. Aktiv stranderosion försiggår lokalt i utskjutande partier av älvbrinkar och vid bäckmynningar.

Lerans mäktighet har utmed stranden uppmätts till 40 à 50 m. Den är underlagrad av grus och sand samt innehåller på 35—40 m djup ett några meter tjockt sand- och grusskikt.

Lerans hållfasthet enligt vingborr synes genomsnittligt vara ca 2 t/m^2 ned till nivån + 7,0 m, varunder den rätlinigt ökar med $0,14 \text{ t/m}^2$ per m djup. Leran är något överkonsoliderad.

Kvicklera förekommer i södra delen av det undersökta området. Vingborrvärdena tyder på att leran även på andra delar av området har relativt hög sensitivitet.

En portrycksmätning i bottenlagren på 12 m djup ca 400 m från älven i sekt. H 33,9 visar ett genomsnittligt grundvattentryck motsvarande en fri vattenyta i eller något under markytan. Sommaren 1961 steg dock trycknivån till 0,7 m över markytan.

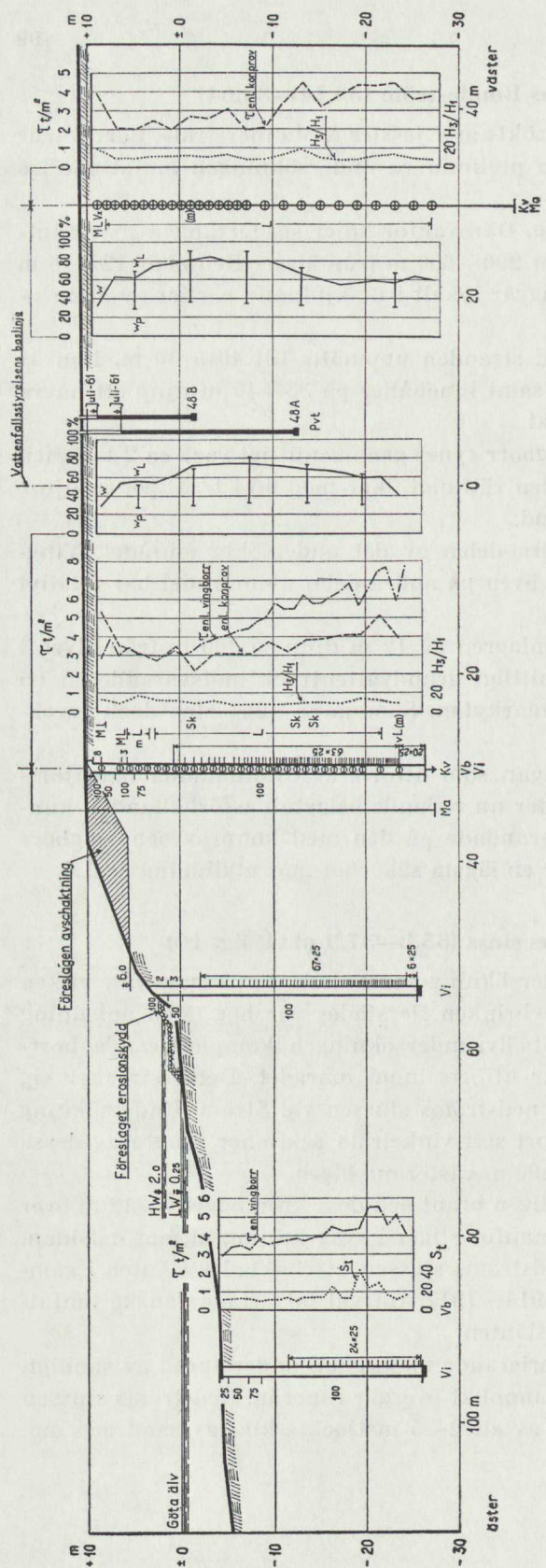
Enligt de stabilitetsberäkningar, som utförts av ovannämnda ingenjör-firma, synes strandbrinken under nu rådande belastningsförhållanden kunna anses stabil. Beräkningar grundade på den med konprov och vingborr bestämda skärhållfastheten ger en lägsta säkerhet mot utglidning av 1,5.

3. Västra älvstranden vid Ströms sluss (35,8—37,9 pl. 4, fig. 16)

År 1951 utfördes en grundundersökning inom detta terrängavsnitt, vilken visade, att ansträngningen i älvbrinken flerstädes var hög. Med anledning därav har i samband med Götaälvsundersökningen kompletterande borrningar och portrycksmätningar utförts inom området. Detta sträcker sig 450 m uppströms och 1 500 m nedströms slussen vid Ström. Undersökning har utförts i 21 mot älven i stort sett vinkelräta sektioner. Några av dessa sträcker sig in till dalsidan ca 500 m väster om älven.

Strandbrinken är i regel tämligen brant och dess krön ligger 6—12 m över älvens vattenyta. Terrängen innanför stiger i svag lutning in mot dalsidan. Inom 500 m uppströms och nedströms slussen utschaktades slänten i samband med slussombyggnaden 1914—1917. Härvid inträffade ganska omfattande skred i den nyupptagna slänten.

Jorden består av lera med varierande mäktighet, underlagrad av sandigt, grusigt material, vilket nedåt sannolikt övergår i morän. Nedströms slussen täckes lerlagret närmast älven av ett 2—5 m tjockt skikt av sand och mo.



Teckenförklaring

- Hf hejarsond med fyrkantspets
- Ma maskinsond
- Vi viktsond
- Vb provning in situ med vingbör
- Fo provtagning med foliekärnbör
- Kv provtagning med kalvbör

Siffror till höger om viktsondhål anger belastningen i kg på sonden. Siffror till höger om viktsondhål anger antalet vridna halvvarv Siffror till höger om hejarsondhål anger antalet serier om 20 slag (hejarvikien 65 kg och fallhöjden 0,6 m).

- Pvt porttryckmätning
- St sensitivitet enl. vingbör
- H_g/H_i sensitivitet enl. konprov (lab)
- w naturlig vattenhalt
- wp plasticitetsgränna
- wL flytgräns

τ skärhållföresthet

- L lera
- L lerig
- M_f finmo
- M₅ grovmo (sand)
- M mo
- m moig
- v varvig
- () något eller tunn

- Sk skal
- torv

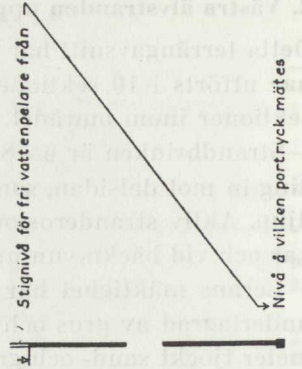


Fig. 16. Sektion H 37.58. Vissa undersökningsresultat samt förslag till förstärkningsåtgärder.

Lerans mäktighet varierar från några få meter vid slussen till ca 50 m inom södra delen av området. Det största djupet till fast botten uppträder mellan släntkrönet och dalsidan i de flesta sektionerna. Leran innehåller enstaka skikt av sand. I farleden utgöres botten av fasta marklager, sannolikt morän, inom ca 600 m nedströms och på en kortare sträcka, ca 200 m, uppströms slussen. Omkring 200 m väster och sydväst om denna går fast mark i dagen i form av en mindre bergrygg.

Leran är genomsnittligt tämligen fast och hållfastheten enligt vingborr ökar i regel med djupet under markytan. I södra och mellersta delen av området synes hållfasthetstillväxten per m djup under nivån ± 0 genomsnittligt utmed älven vara 0,10—0,15 t/m². Den lägre tillväxten gäller mestadels i älvbotten och intill strandlinjen. I norra delen av området, där djupet till fast botten är mindre, är hållfasthetstillväxten med djupet mera oregelbunden.

Enligt utförda treaxliga tryckförsök synes den dränerade skärhållfastheten i normalkonsoliderad lera motsvara en skenbar friktionsvinkel av 20—25°.

Lerans vattenhalt varierar från 60 à 100 procent i de övre och mellersta lerlagren till 30 à 50 procent i de undre. Genomsnittligt synes vattenhalten vara något större på längre avstånd från älven än i och strax intill strandbrinken. Flytgränsen varierar på liknande sätt mellan 30 och 90 procent.

I tabell 3 återges resultatet av laboratorieundersökning av några enstaka jordprov, upptagna inom området.

Kvicklera förekommer flerstädes inom det undersökta terrängavsnittet, delvis i relativt tjocka lager.

Portrycksmätning har utförts på olika nivåer i 13 punkter inom området. Trycknivån ligger i eller under markytan vid samtliga mätställen.

Mätning av rörelserna i älvslänten i horisontal- och vertikalled har utförts i sektion H 36,74. Mätresultatet tyder på att vissa mindre rörelser pågår i slänten. De synes vara i ganska hög grad klimatberoende.

Stabilitetsberäkningar baserade på lerans skärhållfasthet enligt vingborr (c-analys) visar, att den beräkningsmässiga säkerheten mot utglidning av älvslänten är relativt låg på stora delar av den undersökta sträckan. Beräkningar grundade på den dränerade skärhållfastheten och effektivspänningar (c_{φ} -analys) ger även låga värden på säkerheten. Den beräknade säkerhetsfaktorn F i några av de undersökta sektionerna framgår av följande sammanställning

Sektion	H 36,11	H 36,26	H 36,85	H 37,01	H 37,11	H 37,33	H 37,50	H 37,58
F enligt c-analys ...	1,5	1,25	1,3	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1
F enligt c_{φ} -analys ...	—	—	—	1,0	1,0	1,0	—	—

Eftersom området delvis är bebyggt, är det angeläget, att förstärkningsåtgärder vidtas. Viss avschaktning av släntkrönet utfördes sommaren 1959 vid Strandbackenområdet, där bebyggelsen når ända fram till älvbrinken, men förstärkning erfordras på ytterligare några delsträckor.

Erosionsskydd har utlagts på älvslänten utmed hela området utom den sydligaste delen, där erosion pågår och mindre utglidningar i slänten inträffar tid efter annan.

4. Västra älvstranden vid Älvhem (41,9—42,1 pl. 5)

Undersökningen på denna sträcka har utförts av Orrje & Co på uppdrag av Trollhätte kanalverk och har omfattat fyra sektioner.

Strandbrinken är 6—7 m hög och delvis ganska brant. Därövanför stiger terrängen i mycket svag lutning in mot fastmarken. Älven är tämligen långgrund invid stranden.

Lerlagrets mäktighet varierar mellan 6 och 19 m. Kvikklera har påträffats inom området.

Ansträngningen i älvbrinken är delvis relativt hög. Med hänsyn till att djupet till fast botten är tämligen litet, där ansträngningen är störst, torde dock risken för en mera omfattande utglidning icke vara direkt överhängande. Eftersom ingen bebyggelse finnes på området, synes för närvarande inga åtgärder erfordras. Eventuella förändringar i strandbrinken på grund av erosion bör dock observeras. Möjligen kan erosionsskydd bli aktuellt.

Området bör ej bebyggas och likaså bör muddring i älven ej utföras utan vidare utredning.

Helst borde man utföra kompletterande undersökningar på angränsande terrängavsnitt. Några kontrollborrningar ingick i det ursprungliga undersökningsprogrammet men har av skäl som tidigare anförts ej kunnat genomföras.

5. Västra älvstranden vid Ellesbo (72,7—73,6 pl. 7)

Strandbrink saknas på denna sträcka. Terrängen sluttar svagt ner mot älvens vattenyta. Djupet i älven varierar mellan 6 och 9 m. Farleden synes delvis ha upptagits genom muddring. Terrängen närmast stranden har utfyllts med avfallsmassor från ett närliggande grustag.

I samband med ett markgenombrott vid utbyggnaden av motorvägen, som går på 140—200 m avstånd från älven, konstaterades, att marken lokalt var ovanligt lös utmed vägen och att högt grundvattenstånd rådde inom stora delar av området. Detta har föranlett en mer omfattande undersökning av stabilitetsförhållandena utmed älven. Borrningar och mätningar har utförts i fyra sektioner vinkelrätt mot älven.

Lerlagrets mäktighet varierar mellan 6 och 50 m i de undersökta punkterna och är störst invid älven, där leran som regel är fastare än vid vägen.

Leran underlagras av sandigt, grusigt material och innehåller även rikligt

med tunna skikt av sand, mo och skalgrus. Invid och i älven är leran överst något gyttjig.

Bortsett från ett lokalt område intill vägen vid km 73,05 (i kanalverkets längdmätning), där leran är mycket lös speciellt i närheten av bottenlagren, ökar i regel hållfastheten enligt vingborr med djupet under markytan. Genomsnittligt synes lerans odränerade hållfasthet utmed älven motsvara $0,5 + 0,12 \cdot d$ t/m², där d = djupet under nivån ± 0 i meter. Enligt laboratorieundersökningen synes den dränerade hållfastheten för normalkonsoliderad lera motsvara en friktionsvinkel av 21—24°. Resultatet av laboratorieundersökning av några enstaka jordprover har sammanställts i tabell 4.

Kvicklera förekommer flerstädes inom området. Sensitiviteten hos leran avtar emellertid i riktning mot älven och någon kvicklera har ej påträffats inom 30 m från stranden.

Grundvattentrycket är högt inom hela området och motsvarar en fri vattentyta på 2—3 m höjd över markytan.

Beräkningsmässigt synes ansträngningen i jorden utmed älven vara störst i sekt. H 73,05. Om man utgår från den odränerade hållfastheten enligt vingborr erhålles en beräknad säkerhet mot utglidning av storleksordningen 1,6. En kontroll av stabiliteten på grundval av den dränerade hållfastheten utan hänsynstagande till överkonsolideringen i älvslänt och älvbotten ger en säkerhetsfaktor lägre än 1. Om effekten av överkonsolideringen medräknas, synes säkerhetsfaktorn för glidytor, som når in under fyllningen utmed älven, bli av samma storleksordning som den som erhålles för odränerad hållfasthet. För glidytor närmare älven blir säkerheten något lägre.

Någon fara för skred bedömes icke föreligga. Med hänsyn till det rådande höga grundvattentrycket och den eventuella försämrande effekt detta kan ha på stabilitetsförhållandena bör man emellertid icke fortsätta med utfyllningen utmed älven.

6. Östra älvstranden uppströms och nedströms Slumpån (27,1—28,7 pl. 3)

Detta område har undersökts av Bjurströms Geotekniska Byrå. Borrningar har utförts i tretton sektioner, varav fyra i den preliminära undersökningen.

Älven bildar i och kring det undersökta terrängavsnittet en S-formad dubbelkrök. Slumpån mynnar ungefär mitt i avsnittet. Dessutom når ett par raviner fram till älven, den ena omedelbart uppströms det undersökta området (sekt. ca 27,0) och den andra strax nedströms Slumpån (sekt. ca 28,15). Vattendjupet i älven är 12—13 m vid Slumpåns mynning och i övrigt 15—18 m.

Strandbrinken är 8—12 m hög och flerstädes mycket brant. Den karakteriseras av pågående utglidningar, orsakade av erosion och jordflytning, samt företer flerstädes ärr efter tidigare mera omfattande skred.

Leran har genomsnittligt stor mäktighet. Borrningar har utförts till drygt 60 m djup utan att fast botten uppnåtts. Omkring Slumpåns mynning finnes ett 6—13 m mäktigt sand- och gruslager, inbäddat i leran.

Leran har överst en torrskorpa, vanligen 1—2 m tjock. Under denna avtar hållfastheten till ett lägsta värde på 3—5 m djup under markytan för att därunder öka tämligen rätlinigt med djupet. Lerans hållfasthet synes genomsnittligt vara något lägre uppströms än nedströms Slumpån. I närheten av älvbrinken är sålunda lerans lägsta värde ca 3 t/m² uppströms ån och 4 å 4,5 t/m² nedströms därom. Hållfasthetstillväxten med djupet uppgår flerstädes till 0,2 t/m² per meter djup.

Kvicklera förekommer utmed älven, dels i områdets norra del, dels nedströms Slumpån. I uppströmsdelen förekommer kvickleran inom ett stråk med en största mäktighet av ca 15 m och en bredd av ca 100 m. Den högsta uppmätta sensitiviteten är ca 300. Nedströms Slumpån, där kvickleran har mindre mäktighet, har sensitivitetsvärden upp till 600 å 700 uppmätta.

Endast enstaka portrycksmätningar har utförts och dessa visar trycknivåer under markytan. Enligt uppgift har vid borrhningarna ej iakttagits något som tyder på onormalt högt grundvattenstånd. I samband med brobygget över Slumpån på riksvägen konstaterades emellertid ett vattenövertryck i bottenlagren, som motsvarade en fri vattenyta högre än älvens vattenyta men lägre än det omgivande sedimentplanet. En grundvattensänkning har enligt uppgift anordnats vid bron.

Enligt de av nämnda ingenjörsmått utförda stabilitetsberäkningarna, vilka baserats på den odränerade hållfastheten bestämd med vingborr och konprov, är stabilitetsförhållandena relativt tillfredsställande. Den beräknade säkerheten mot skred är 1,45 eller högre. Den fortgående erosionen kan emellertid orsaka utglidningar, som medför ökad ansträngning i marken.

7. Östra älvstranden uppströms och nedströms Smörkullen i Lilla Edet (34,5—35,8 pl. 4)

Strandbrinken är 5—6 m hög. Terrängen innanför släntkrönet stiger i svag lutning in mot dalsidan, som ligger på 100—500 m avstånd från älven.

På större delen av sträckan har erosionsskydd av sten utlagts på älvslänten. På en ca 200 m lång sträcka uppströms moränkullen vid km 35,35 (se nedan) är emellertid skyddet bristfälligt eller saknas delvis.

Leran har en mäktighet varierande mellan 0 och 35 m. Fast mark i form av morän och berg går i dagen och bildar en liten kulle utmed stranden vid km 35,35, där älven gör en tvär krök. Älven är 12—16 m djup. Fast mark i form av berg eller morän når upp i älvbotten på mellersta delen av det undersökta terrängavsnittet.

Lerans hållfasthet enligt vingborr ökar i regel tämligen rätlinigt med djupet under markytan, om man bortser från det övre 3—5 m tjocka lagret, som påverkats av uttorkning och vittring. Hållfasthetstillväxten varierar mellan 0,1 och 0,2 t/m² per meter djup.

Enligt utförda skärprov och treaxliga tryckprov motsvarar den normal-

konsoliderade lerans dränerade hållfasthet en skenbar friktionsvinkel av 21—25°.

Leran är delvis högsensitiv och skikt av kvicklera förekommer flerstädes. Den högsta sensitiviteten, ca 130, har uppmätts i mellersta delen av området.

Porttrycksmätningen visar en trycknivå, som ligger under markytan. Bottenlagren synes delvis kommunicera med älven.

Vid en grundundersökning 1952 konstaterades, att säkerheten mot skred var låg inom en sträcka strax uppströms den nämnda morän- och bergkullen vid km 35,35. I samband med muddringsarbetena vid Götaskredet 1957 utfylldes därför stora mängder muddermassor i älven, där ansträngningen i strandbrinken var störst.

Enligt stabilitetskalkylerna får stabiliteten på hela den undersökta sträckan numera anses vara i stort sett tillfredsställande. Den på grundval av vingborrvärdena beräknade säkerheten mot utglidning i älven synes vara av storleksordningen 1,4 å 1,5 inom uppströmsdelen och 1,4 å 2,0 inom nedströmsdelen av området. Beräkningar, baserade på lerans dränerade hållfasthet, ger en säkerhetsfaktor av 1,3—1,5 om överkonsolideringseffekten medräknas.

Det är ur stabilitetssynpunkt viktigt, att de utlagda muddermassorna ej borteroteras. Man bör ägna denna fråga uppmärksamhet vid kontroll av älvens eroderande verksamhet.

8. Östra älvstranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk (37,2—38,7 pl. 5)

Inom detta område har grundundersökning utförts av Skånska Cementgjuteriet och Norges geotekniske institutt.

Älvbrinken är 8—11 m hög och delvis mycket brant. Älven är 6—13 m djup.

Enligt de nämnda undersökningarna har leran inom norra delen av området en mäktighet av 15—20 m, är underlagrad av sandigt och grusigt material samt innehåller ett metertjockt sandskikt, som i likhet med bottenlagren sluttar mot älven. Närmast älven är leran gyttjig till 5 å 10 m djup.

Dess hållfasthet ökar i allmänhet med djupet under markytan, flerstädes dock ganska oregelbundet. Skärhållfastheten enligt vingborr och konprov varierar mellan 2 och 5 t/m². Innanför det parti, där leran är gyttjig och har låg sensitivitet, förekommer kvicklera, vanligen på större djup än 6—8 m. Sensitiviteter över 150 har konstaterats i vissa skikt.

Inom den södra delen av området är leran likaså underlagrad av sandigt, grusigt material samt har invid älven en mäktighet av 10—15 m.

Leran synes genomsnittligt vara något fastare än inom norra delen av området och kan i stort sägas variera från 3 t/m² på 4 m djup till 6 t/m² på 15 och 8—9 t/m² på 30 m djup.

Portrycksmätningarna ger i de övre lerlagren en trycknivå, som ligger i eller några meter under markytan. I det underlagrande sandiga och grusiga materialet är vattentrycket lägre.

Vissa förstärkningsarbeten har utförts inom pappersbrukets industriområde. Ansträngningen i jorden är relativt hög inom delar av området.

De av Norges geotekniska institutt utförda beräkningarna har delvis utförts enligt andra förutsättningar än de, som legat till grund för undersökningarna i övrigt, och SGI har icke tagit ställning till det norska beräkningsförfarandet.

9. Östra älvstranden vid Göta (38,9—41,4 pl. 5)

Denna sträcka omfattar i huvudsak skredområdet vid Göta samt angränsande strandpartier uppströms och nedströms därom. Inom den sydligaste delen av området har undersökningarna utförts av Bjurströms Geotekniska Byrå på uppdrag av Sulfit AB Göta.

I den norra delen av sträckan är strandbrinken 6 m och i den sydligaste inemot 10 m hög, men i övrigt är den bl. a. på grund av skredet och utförda avschaktningar relativt låg.

Leran har en maximal mäktighet av ca 45 m. Den största lermäktigheten har uppmätts i mellersta delen av området. I den södra delen är farleden delvis utsprängd i berg och detta går även i dagen på några ställen utmed stranden.

Leran visar i regel en med djupet tilltagande fasthet, bortsett från de störningar, som orsakats av skredet. Hållfasthetstillväxten synes enligt vingborren variera mellan 0,10 och 0,20 t/m² per meter djup. Enligt skärförsök och treaxliga tryckprov motsvarar lerans dränerade skärhållfasthet en skenbar friktionsvinkel av 22—28°. Den större vinkeln gäller för de grövre älvsedimenten. I tabell 5 återges resultatet av laboratorieundersökning av några enstaka jordprov från området. Lerans vattenhalt är i allmänhet 50—70 procent. Inom de högsensitiva lerlagren i sydöstra och norra delen av området ligger dock vattenhalten omkring 100 procent. Kviklera förekommer flerstädes. Den högsta sensitiviteten, ca 300, har uppmätts i norra delen av området.

Grundvattentrycket, som mätts på ett flertal platser, ger inom skredområdet en trycknivå, som flerstädes ligger några meter över nuvarande markytan, vilken vid skredet sjönk 6 à 8 m. Utanför skredområdet synes trycknivån ligga i eller något under markytan. Dock förekommer övertryck vid någon enstaka mätare.

I samband med uppmuddringen av den nya farledsrännan företogs avschaktningar utmed denna för att säkerställa stabiliteten i slänterna. Vidare har grundvattensänkning utförts inom södra delen av skredområdet. Vissa mindre rörelser pågår i terrängen i norra och mellersta delen av skredområdet. Frånsett detta synes stabilitetsförhållandena vara i stort sett godtagbara utmed den rubricerade älvsträckan.

10. Östra älvstranden uppströms Lödöse (47,75—48,10)

Undersökning på denna sträcka har utförts dels 1954 i samband med en breddning av riksvägen, dels 1959 med anledning av att en kraftig markspricka upptäckts i en åkerväg vid km 47,75.

Terrängen höjer sig i svag lutning från älvens vattenyta in mot dalsidan, som på norra delen av sträckan ligger ca 250 m och på södra delen ca 75 m från stranden.

Älven är närmast stranden relativt långgrund och är i farledsmitt 7 à 8 m djup.

Marken består huvudsakligen av lera, vars mäktighet ökar från dalsidan mot älven och vid denna inom norra delen av området är större än 40 m och inom södra delen större än 20 m.

Enligt vingborrning visar leran i regel en med djupet under markytan tilltagande hållfasthet. Kvicklera förekommer flerstädes.

En grundvattentrycksmätning i nordöstra delen av det undersökta området visar i de fastare bottenlagren på 24 m djup en trycknivå ca 1,5 m över markytan.

Stabilitetsberäkningar baserade på den medelst vingborr bestämda hållfastheten visar, att någon risk för terrängens utglidning under nuvarande belastningsförhållanden icke kan anses föreligga.

11. Östra älvstranden vid Älvängen (57,0—58,0 pl. 6)

Terrängen sluttar svagt ner mot älvens vattenyta. Ingen strandbrink är utbildad. Inom de industriområden, som finns utmed älven på den undersökta sträckan, har man genom utfyllning anordnat ett strandplan drygt en meter över älvens medelvattenyta. Älven är 7—10 m djup.

Leran har stor mäktighet, enligt borrningarna större än 55 m utmed älven. Den är upptill tämligen lös men ökar i fasthet med djupet under markytan. Hållfasthetsfördelningen synes vara tämligen likartad inom det undersökta området och den genomsnittliga hållfasthetstillväxten motsvarar ca 0,2 t/m² per meter djup. Den dränerade hållfastheten för normalkonsoliderad lera motsvarar en skenbar friktionsvinkel av 21—23°. I tabell 6 har sammanställts resultatet av laboratorieprovning av några enstaka prover från en borrhyp invid älven.

Lerans vattenhalt är ca 100 procent i de övre lerlagren och avtar nedåt till 60 à 70 procent på 30 m djup. Flytgränsen, som genomsnittligt är något högre än vattenhalten, varierar på samma sätt.

Leran synes i stort sett vara normalkonsoliderad. Den har normal sensitivitet.

Portrycksmätningarna ger en trycknivå hos grundvattnet, som ligger i eller obetydligt över markytan.

Risken för omfattande skred bedömes vara ringa. Genom utfyllning i älven har dock lokalt ansträngningen i jorden blivit relativt hög.

Nedströms Älvängen har institutet i annat sammanhang för kommunens räkning undersökt två sektioner nämligen V 58,25 och V 59,17. Undersökningen har givit vid handen att någon risk för skred under nuvarande förhållanden icke synes föreligga vid dessa sektioner.

12. Östra älvstranden vid Bohus (71,2—71,7)

I samband med projekteringen av bron över Göta älv vid Jordfallet har SGI kontrollerat stabilitetsförhållandena utmed älven inom ca 200 m uppströms färjeläget i Bohus. Vidare har Elektrokemiska AB låtit Christiani & Nielsen undersöka stabilitetsförhållandena inom sitt industriområde.

Leran har i det projekterade broläget maximalt 60—70 m mäktighet. Dess hållfasthet, bestämd med vingborr, ökar tämligen rätlinigt med djupet under markytan. Tillväxten motsvarar 0,10 à 0,12 t/m² per meter. Leran är i stort sett normalkonsoliderad. Den innehåller flerstädes skikt av mo och sand.

Lerans vattenhalt varierar från 90 à 100 procent i de övre lagren till 50 procent på 60 m djup. Flytgränsen som i regel är något högre än naturliga vattenhalten företer ungefär samma variation med djupet.

Leran är normalsensitiv.

Portrycksmätningarna ger en trycknivå i eller obetydligt under markytan.

Stabiliteten är tillfredsställande inom den av SGI undersökta älvsträckan. Enligt professor J. Brinch Hansen, som varit geoteknisk sakkunnig vid Christiani & Nielsens undersökningar inom fabriksområdet, får stabilitetsförhållandena där likaledes anses vara betryggande.

13. Östra älvstranden vid Agnesberg-Ekeberg (78,0—80,0 pl.8)

På denna sträcka har Skånska Cementgjuteriet utfört grundundersökning inom industriområdet mellan km 78,4 och km 78,7. Järnvägsstyrelsens geotekniska avdelning har utfört borrhningar i ett antal sektioner för kontroll av järnvägens stabilitet. Slutligen har SGI utfört kompletterande undersökningar, speciellt i området vid Ekeberg.

I norra och mellersta delen av området stiger terrängen från älvens vattenyta i svag lutning in mot dalsidan. I södra delen är lutningen brantare, speciellt öster om riksvägen. Inom nämnda och vissa andra industriområden har fyllning utlagts vid stranden. Älven är 7—8 m djup. Den är i regel tämligen långgrund utmed stranden utom mitt för industrianläggningarna, där muddring tydligen har utförts.

Leran har utmed älven en mäktighet av 35—50 m och är underlagrad av sandigt material. Den innehåller flerstädes skikt av mo och sand och är delvis täckt med ett ytskikt av sand.

Inom norra och mellersta delen av området är leran upptill tämligen lös. Hållfastheten ökar i regel något med djupet under markytan, men hållfasthetstillväxten är ganska oregelbunden. Eftersom leran flerstädes har hög

Resultat av laboratorieundersökningar

Tabell 3

Borrpunkt	Djup m	Geoteknisk benämning	Vol. vikt t/m ³	Skär- håll- fast- het τ_{kon} t/m ²	V.-halt och Atterbergs kons.-gränser				3-axl. CIU-försök				
					w %	w _L %	w _P %	I _P %	σ_c	σ'_1	σ'_3	\varnothing_{eG}	\varnothing'_{nc}
H 37,11 200 m fr. älv	7	Grå lera	1,45	2,4	96	80	32	48	3,40	3,26	1,32	15° ₀	20° ₈
	17	—»—	1,69	3,1	57	57	24	33	5,60	5,09	1,65	17° ₀	24° ₃
H 37,58 vid älv	10	Grå lera	1,64	3,2	67	67	26	41	4,20	4,12	1,40	16° ₅	23° ₇
	20	—»—	1,56	3,8	75	90	34	56	6,40	6,44	2,20	14° ₃	23° ₀

Tabell 4

H 73,27 vid älv	6	Grå lera	1,53	1,7	84	97	29	68	4,10	3,69	1,20	12° ₂	21° ₈
	14	—»—	1,52	3,0	83	92	32	60	6,10	6,08	1,84	13° ₅	23° ₈
	20	—»—	1,56	3,5	77	82	29	53	6,10	5,79	1,73	14° ₆	22° ₅
75 m fr. älv	8	Grå lera	1,53	1,1	89	84	32	52	2,00	1,71	0,59	14° ₅	21° ₈
	15,5	—»—	1,62	—	71	58	26	32	4,00	3,76	1,40	18° ₀	23° ₀

Tabell 5

V 39,75 50 m fr. älv	8	Grå moig lera	1,71	4,0	50	68	30	38	6,15	6,13	1,21	17° ₀	27° ₅
	16	Grå lera	1,65	5,3	66	77	35	42	6,10	6,26	2,32	16° ₀	22° ₈
	24	—»—	1,59	5,2	69	86	38	48	6,15	6,73	2,71	15° ₀	21° ₈
V 40,50 50 m fr. älv	10	Grå moig lera	1,68	3,8	57	61	33	28	6,15	5,53	1,21	19° ₅	28° ₀

Tabell 6

V 57,56 15 m fr. älv	8	Grå lera	1,49	2,2	95	108	34	74	2,15	2,27	0,77	11° ₂	22° ₈
	16	—»—	1,55	3,2	82	100	34	66	4,00	3,68	1,40	12° ₈	21° ₂
	24	—»—	1,59	4,4	73	89	36	53	6,00	6,08	2,16	14° ₅	22° ₅

σ_c = konsolideringstryck i 3-axl. försök i kg/cm²

σ'_1 = största huvudspänning vid brott i kg/cm²

σ'_3 = minsta huvudspänning vid brott i kg/cm²

\varnothing_{eG} = sann friktionsvinkel enl. Gibson

\varnothing'_{nc} = skenbar friktionsvinkel korrigerad enl. Osterman och Odenstad

w = naturlig vattenhalt i viktsprocent

w_L = flytgräns, w_P = plasticitetsgräns, I_P = plasticitetsindex

sensitivitet, kan de upptagna jordproverna ha blivit mer eller mindre störda och en spridning i hållfasthetsvärdena därmed erhållits.

Lerans vattenhalt ligger genomsnittligt mellan 60 och 80 procent och företer icke någon påtaglig tendens till minskning med djupet under markytan.

Inom den södra delen av området synes leran genomsnittligt vara fastare

än inom den norra. Den visar i regel en med djupet under markytan tilltagande hållfasthet. Vattenhalten är vanligen lägre än flytgränsen och finlekstalet, medan förhållandet inom norra delen av området är det motsatta. Vattenhalten varierar i allmänhet mellan 40 och 60 procent och stiger till 80 procent i ett par borrhål utmed älven. Kvikklara har påträffats i några borrhål invid dalsidan.

I sandlagret under leran råder ett artesiskt vattentryck inom större delen av området. Övertrycket synes vara störst (6 à 7 m) inom det av Skånska Cementgjuteriet undersökta industriområdet och avtar uppströms och nedströms därom. Några filterbrunnar har nedförts för sänkning av grundvattentrycket men har ej tillräcklig kapacitet.

Ansträngningen i jorden är relativt hög inom nyssnämnda industriområde, delvis beroende på belastningen från byggnaderna närmast älven, där säkerheten mot skred på basis av den odränerade hållfastheten lokalt beräknats vara 1,1 och eljest 1,2 à 1,3. På övriga delar av det undersökta området synes stabiliteten vara i stort sett godtagbar.

Vid Ekeberg i södra delen av det undersökta området är ansträngningen i marken högst inom det terrängavsnitt, som har den brantare lutningen. Säkerheten mot utglidning har där på basis av den odränerade hållfastheten beräknats till ca 1,5 och på grundval av den dränerade hållfastheten till 1,3 à 1,5.

14. Områden invid dalsidan

Vid den preliminära undersökningen bedömdes stabilitetsförhållandena böra kontrolleras inom några enstaka områden i närheten av dalsidan, där iskymeterprovningen antydde, att högt grundvattentryck kunde förekomma. Bland dessa områden kan nämnas vissa terrängavsnitt vid Groröd och Skår på västra och Kattleberg på östra sidan om älven. Utförda porttrycksmätningar visar en trycknivå 1—2 m över markytan på de förstnämnda platserna och ungefär samma mått under markytan på den sistnämnda platsen. Kompletterande borrhningar visar, att stabilitetsförhållandena inom ifrågasvarande terrängavsnitt torde få anses vara i stort sett godtagbara, ehuru ytterligare någon kontrollborrning skulle ha varit värdefull.

K. Förstärkningsåtgärder

1. Olika slag av förstärkningar

För att minska risken för skred i lerslänter kan man enligt SGI vidta olika förstärkningsåtgärder. Dessa kan i princip uppdelas i tre skilda grupper, nämligen sådana åtgärder som går ut på att minska ansträngningen i marken, sådana som avser att förbättra jordens hållfasthet, så att den förmår uthärda den höga påkänningen, samt slutligen sådana som förhindrar en långsamt pågående försämring av rådande stabilitetsförhållanden.

Till de förstnämnda åtgärderna hör avschaktning av släntkrönet eller utfläckning av slänten, utfyllning i älven utanför strandbrinken samt, under vissa förutsättningar, höjning av älvens vattenyta. Hit kan även räknas förstärkning med pålar i slänten.

Till de hållfasthetsförbättrande åtgärderna kan räknas sänkning av grundvattentrycket, antingen det sker genom pumpning i filterbrunnar eller vid högt tryck genom självavrinning i vertikal- eller horisontalled. Vid grundvattensänkningen ökas långsamt effektiva trycket i marken och därmed sker en hållfasthetstillväxt hos leran.

Den försämring av stabiliteten, som orsakas av erosion, kan förhindras med erosionsskydd. Skyddets egen vikt medför däremot icke någon nämnvärd förbättring av stabiliteten, eftersom dess bidrag till det stabiliserande momentet är ringa i förhållande till det pådrivande momentet i brinken.

Vilka åtgärder som skall väljas sammanhänger med de lokala förhållandena på varje speciell sträcka, såsom strandbrinkens höjd och lutning, vattentryck, förekomsten av vattenförande lager, erosionsförhållanden m. m.

En avschaktning av släntkrönet ger normalt större stabiliserande effekt än om motsvarande schaktvolym borttas genom en utfläckning av släntlutningen. Maximal förbättring av stabiliteten för en viss schaktvolym erhålles vid ett bestämt förhållande mellan schaktens bredd och djup. I vissa fall torde avschaktning av släntkrönet, kombinerad med utfyllning av schaktmassorna vid släntfoten, vara den mest rationella metoden.

Förstärkning medelst pålning är normalt en ganska dyr metod och innebär även vissa tillfälliga risker, om stabiliteten är mycket låg.

Sänkning av grundvattentrycket är en praktiskt användbar metod endast om grövre, vattenförande skikt förekommer i eller under leran. Effekten av grundvattensänkningen, d. v. s. hållfasthetstillväxten i leran, sker långsamt och stabiliteten förbättras i samma takt.

Om det råder artesiskt tryck i de vattenförande skikten, kan man sänka trycknivån till markytan genom att nedföra s. k. filterbrunnar, i vilka vattnet till följd av övertrycket strömmar upp. För lägre trycknivåer måste vattnet pumpas upp.

En sänkning av grundvattentrycket orsakar i regel en hoptryckning av lerlagret och en sättning i markytan. Vidare kan den medföra, att brunnarsinor även på ganska långt avstånd från den plats, där grundvattensänkningen utförts.

För stabilitetsförhållandena i älvsälänterna synes stranderosionen för närvarande ha större betydelse än djuperosionen. Man bör av de befintliga strandskoningarna att döma kunna hindra stranderosionen med relativt enkla erosionsskydd i form av stenfyllningar med erforderlig tjocklek och stenstorlek. Eftersom strandbrinken på de sträckor, där erosionsskydd erfordras, flerstädes är mycket brant, kan det i vissa fall vara önskvärt, att man kombinerar skyddet med en utfläckning av slänten för att undvika att detta skadas av lokala utglidningar.

Såsom framgår av sammanfattningen av undersökningsresultatet är säkerheten mot skred låg på några av de undersökta områdena och det blir därför aktuellt att utföra vissa förstärkningar. Följande älvsträckor bör enligt SGI:s mening härvid i första hand beaktas (jfr kartbil. 2).

2. Västra älvstranden mellan Intagan och Torp (20,9—29,0)

Generellt gäller för större delen av denna sträcka att stabilitetsförsämrande åtgärder såsom belastningar på släntkrönet i form av byggnader, upplag o. d. liksom muddringar i älven bör undvikas eller åtminstone icke utföras utan föregående grundundersökning.

Sträckan 20,95—21,52 (pl. 1)

På större delen av denna sträcka är den beräknade säkerheten mot skred 1,15—1,20. Med hänsyn till den omfattande stranderosion, som pågår, samt till förekomsten av kvickleror ända fram till strandbrinken bör man anordna ett erosionskydd, så att en långsamt fortgående försämring av stabiliteten hejdas. Om skyddsarbeten av ekonomiska eller andra skäl inte utföres, bör man åtminstone som alternativ åtgärd bevaka utvecklingen genom noggrann årlig kontroll av erosion och utglidningar samt vidta de eventuella lokala stabiliseringsåtgärder, som efter hand kan visa sig erforderliga. Omfattningen av erosionskyddet har skisserats på pl. 1.

Sträckan 23,35—23,95 (pl. 2, fig. 14)

De på denna sträcka under de senaste åren inträffade, relativt omfattande skreden i älvbrinken bestyrker undersökningsresultatet, att ansträngningen i marken är hög. Visserligen har skreden, som nämnts, inneburit en viss avlastning av slänten, men när de utglidna massorna borteroderats, vilket synes gå relativt snabbt, är faran för nya skred överhängande. Eftersom leran i så gott som hela lagerserien är kvick, föreligger viss risk för att ett storskred kan utvecklas. Det är ur denna synpunkt angeläget, att erosionskydd utlägges utmed stranden. Dessutom borde man helst utföra mindre avschaktning av släntkrönet vid km 23,45, 23,72 och 23,82. Totalt uppskattas erforderlig schaktvolym till ca 6 000 m³. Avschaktningen beräknas medföra en höjning av säkerhetsfaktorn mot utglidning med ca 10 procent, beräknat på grundval av lerans odränerade hållfasthet. Omfattningen av förstärkningsåtgärderna har skisserats på pl. 2 samt beträffande området vid km 23,82 även fig. 14.

Sträckan 25,95—26,07 (pl. 3)

Säkerheten mot skred har beräknats till 1,3. Med hänsyn till att älvslänten har sådan utformning, att ett relativt måttligt släntskred kan reducera säkerheten avsevärt, bör man lägga ett erosionskydd på denna sträcka och

därigenom förhindra en fortsatt försämring av stabiliteten. Skyddets utsträckning framgår av pl. 3.

Sträckan 26,25—26,40 (pl. 3)

Visserligen synes stabilitetsförhållandena på denna sträcka vara relativt tillfredsställande, men med hänsyn till att bebyggelse finnes relativt nära älven och mycket aktiv stranderosion förekommer, bör man helst anordna ett erosionsskydd, såsom angivits på pl. 3.

Sträckan 26,74—26,94 och 27,48—27,64 (pl. 3, fig. 15)

Eftersom säkerheten mot skred är låg och därtill stranderosionen är betydande, bör man på dessa sträckor anordna erosionsskydd. Helst bör man dessutom på båda platserna utföra mindre avschaktning av släntkrönet ungefär såsom skisserats på pl. 3 (jfr även fig. 15). Avschaktningen beräknas på de båda områdena ge en förbättring av säkerhetsfaktorn med ca 10 procent, beräknad på grundval av lerans odränerade skärhållfasthet. Totalt uppskattas erforderlig schaktvolym till ca 6 000 m³. Om schaktningens arbetena av ekonomiska eller andra skäl inte utföres, bör man åtminstone hålla området under inspektion tills man har kontrollerat effekten av erosionsskyddet.

3. Västra älvstranden vid Ströms sluss (35,8—37,9 pl. 4, fig. 16)

Viss avschaktning av släntkrönet utfördes på sträckan 37,32—37,48 sommaren 1959. De bortschaktade jordmassorna uppgick till ca 6 000 m³. I promemoria den 24 oktober 1960 föreslog institutet ytterligare åtgärder, nämligen avschaktning av släntkrönet på sträckan 36,73—36,80, 36,98—37,19 och 37,48—37,58, totalt ca 11 000 m³, samt erosionsskydd på sträckan 37,48—37,74 och i övrigt översyn av befintliga erosionsskydd. Bebyggelse och annan belastning på släntkrönet liksom muddring i älven bör undvikas eller utföras först efter särskild utredning. Avschaktningen bedömes medföra ca 10 procent förbättring av säkerheten mot utglidning på de aktuella sträckorna. Omfattningen av arbetena har skisserats på pl. 4 samt beträffande avschaktningen på sträckan 37,48—37,58 även fig. 16.

4. Västra älvstranden vid Ellesbo (72,7—73,6 pl. 7)

Det höga grundvattentryck, som här konstaterats, är ogynnsamt för stabiliteten sedd på lång sikt för området. Man synes, med hänsyn till att tryckets storlek är väsentligt för säkerheten, böra komplettera den vid motorvägen anordnade grundvattensänkningen med ytterligare, förslagsvis ett tiotal, filterbrunnar närmare älven. Området mellan motorvägen och älven bör helst icke bebyggas eller användas såsom upplagsplats o. d. utan särskilda vidare utredningar.

5. Östra älvstranden inom ca 200 m uppströms Smörkullen (35,05—35,25 pl. 4)

Enligt beräkningarna får stabiliteten anses vara i stort sett tillfredsställande. Erosionsskyddet är emellertid bristfälligt. Med hänsyn till att bebyggelsen ligger relativt nära strandbrinken är det önskvärt att skyddet överses och kompletteras i erforderlig utsträckning. På något enstaka utskjutande brant parti borde man även flacka ut strandbrinken förslagsvis i lutningen 1:2.

6. Östra älvstranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk (37,2—38,7 pl. 5)

Avschaktning av släntkrönet har utförts inom Lilla Edets pappersbruks industriområde samt på angränsande strandpartier. Inom en ravin, som mynnar i älven strax uppströms fabriken, har man sänkt grundvattentrycket med hjälp av nedförda filterbrunnar. Bäckens i ravinen har kulverterats och ravinbotten höjts genom utfyllning. Dessutom har man igångsatt en provpumpning för sänkning av grundvattentrycket inom Fuxernaområdet. Enligt uppgift har denna fungerat bra och man avser att genomföra grundvattensänkning inom hela området. Om denna kommer till stånd och upprätthålles, synes tills vidare ytterligare förstärkningsåtgärder icke erfordras på denna älvsträcka. För nybebyggelse eller annan ökning av belastningen inom området liksom för muddring i älven erfordras speciell utredning.

7. Östra älvstranden vid Älvängen (57,0—58,0 pl. 6)

Genom utfyllning i älven har ansträngningen i marken lokalt blivit relativt hög på en ca 200 m lång sträcka. Det är önskvärt, att man där schaktar bort yttre delen av fyllningen och skyddar återstoden med ett erosionsskydd samt undviker att anordna upplag omedelbart intill älven, såsom i plan skisserats på pl. 6.

8. Östra älvstranden vid Agnesberg-Ekeberg (78,0—80,0 pl. 8)

Med hänsyn till det rådande artesiska vattentrycket och den lokalt relativt höga ansträngningen i marken utmed älven på mellersta delen av området är det önskvärt, att ytterligare filterbrunnar anordnas för en grundvattensänkning utmed älven, förslagsvis på sträckan 78,2—78,9 (se pl. 8). Helst bör trycknivån sänkas till markytan. Enligt uppgift föreligger behov av grundvatten till ett projekterat nybyggnadsområde väster om älven. Det förtjänar utredas, om man härvid skulle kunna utnyttja de vattenförande lagren under leran invid stranden.

Vid Ekeberg är som nämnts markpåkänningen högst inom det brantare terrängavsnittet. Man bör helst undvika att där belasta marken med byggnader, upplag o. d. Likaså bör man vid omläggning av riksvägen, som avses

gå fram vid foten av ifrågavarande sluttning, välja ett profilplan, så att man undviker en skärning som kan försämra stabiliteten.

L. Sammanfattande synpunkter

Av praktiska och ekonomiska skäl har de geotekniska undersökningarna begränsats att omfatta områden, som vid besiktningar och en rekognoscerande gradering av stabilitetsförhållandena bedömts böra undersökas mera ingående. Det kan bl. a. därför icke uteslutas, att områden med mindre god stabilitet kunnat förbises på grund av varierande grundförhållanden och svårigheten att utan noggrannare mätningar bedöma förekomsten av vissa på stabiliteten inverkan faktorer, såsom högt grundvattentryck, ovanligt lösa jordlager o. d. Man kan således icke med full visshet förutsäga, att samtliga terrängavsnitt, där förstärkning skulle erfordras, har upptäckts vid undersökningarna. Vidare försiggår vissa kemiska ändringar inom lerlagren, varigenom stabilitetsförhållandena kan påverkas i ogynnsam riktning. SGI har ägnat denna fråga viss forskning och avser att i fortsättningen på forskningsanslag undersöka de kemiska förhållandenas inverkan på lerornas fasthet, eroderbarhet och sensitivitet.

De på olika älvsträckor föreslagna förstärkningsåtgärderna får anses vara relativt måttliga. De medför emellertid en förbättring av stabiliteten inom uppenbart hårt ansträngda strandpartier och innebär därigenom för älvdalen i sin helhet en betydligt ökad säkerhet mot skred av större omfattning.

M. Litteratur

- GFF Geologiska föreningens förhandlingar
 NGI Norges geotekniske institutt
 SGI Statens geotekniska institut
 SGU Sveriges geologiska undersökning

- Bjerrum, L.*, 1954: Geotechnical properties of Norwegian marine clays. NGI, nr 4. Oslo.
- and *Simons, N. E.*, 1960: Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays. NGI, nr 35. Oslo.
- and *Wu, T. H.*, 1960: Fundamental shear strength properties of the Lilla Edet clay. NGI, nr 38. Oslo.
- Caldenius, C., Lundström, R., Fellenius, B. and Mohrén, E.*, 1956: The landslide at Surte on the river Göta älv. SGU, Ca 27. Stockholm.
- Casagrande, A.*, 1954: Characteristics of cohesionless soils affecting the stability of slopes and earth fills. J. Boston Soc. Civ. Engrs. Vol. 23 nr 1.
- and *Wilson, S. D.*, 1953: Prestress induced in consolidated quick triaxial tests. Proc. 3. Internat. Conf. Soil. Mech. a. Found. Engng. Vol. 1. Zürich.
- Fellenius, B.*, 1954: Redogörelse för skredet vid Guntorp på Bergslagsbanan mellan Nygård och Alvhem på linjen Kil—Göteborg den 13 april 1953. Stat. Järnv. geot. medd. nr 4. Stockholm.

- Fellenius, W.*, 1929: Jordstatiska beräkningar med friktion och kohesion för cirkulär cylindriska glidytor. Kungl. Väg- och vattenbyggn. kårens 75-årskrift. Stockholm.
- Frödin, G.*, 1919: Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång mellan Trollhättan och Lilla Edet. Medd. från Kungl. Vattenfallsstyr. nr 19. Uppsala.
- Gibson, R. E.*, 1953: Experimental determination of the true cohesion and true angle of internal friction of clays. Proc. 3. Internat. Conf. Soil. Mech. a. Found. Engng. Vol. 1. Zürich.
- Hansbo, S.*, 1957: A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test. SGI, Proc. nr 14. Stockholm.
- Jakobson, B.*, 1962: The landslide at Surte on the Göta river, September 29, 1950. SGI, Proc. nr 5. Stockholm.
- Kallstenius, T.*, 1961: Development of two modern continuous sounding methods. SGI, Särtryck och prel. rapp. nr 3. Stockholm.
- and *Bergau, W.*, 1961: In situ determination of horizontal ground movements. SGI, Särtryck och prel. rapp. nr 3. Stockholm.
- Odenstad, S.*, 1958: Jordskredet i Göta den 7 juni 1957. GFF Bd 80. Stockholm.
- 1961: Relationship between apparent angle of friction—with effective stresses as parameters—in drained and in consolidated-undrained triaxial tests on saturated clay. Normally-consolidated clay. SGI, Särtryck och prel. rapp. nr 3. Stockholm.
- Olsson, J.*, 1919: Vissa rön beträffande lerors fasthet m.m. Tekn. samf. handl. nr 6. Göteborg.
- Osterman, J.*, 1960, a: Notes on shearing resistance of soft clays. Acta Polytechn. Scand., Ci 2 (263/1959). Stockholm.
- 1960, b: Views on the stability of clay slopes. SGI, Särtr. och prel. rapp. nr 1. Stockholm.
- 1962: A theoretical study of the failure conditions in saturated soils. SGI, Proc. nr 20. Stockholm.
- Roscoe, K. H., Schofield, A. N. and Wroth, C. P.*, 1958: On the yielding of soils. Géotechnique, Vol. 8 nr 1. London.
- Rosenqvist, I. Th.*, 1955: Investigation in the clay-electrolyte-water system. Med sammandrag på norska. NGI, nr 9. Oslo.
- Sevaldson, R. A.*, 1956: The slide in Lodalen. October 6th, 1954. NGI, nr 24. Oslo.
- Skempton, A. W.*, 1954: The pore pressure coefficients A and B. Géotechnique, Vol. 4 nr 4. London.
- Statens järnvägars geotekniska kommission*, 1914—1922: Slutbetänkande. Stat. Järnv. geot. medd. nr 2. Stockholm.
- Söderblom, R.*, 1959: Aspects on some problems of geotechnical chemistry. GFF Bd 81 H 4. Stockholm.
- 1960: Aspects on some problems of geotechnical chemistry. SGI, Särtryck och prel. rapp. nr 2. Stockholm.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B.*, 1948: Soil mechanics in engineering practice. New York.
- Vattenfallsstyrelsen*, 1948: Redogörelse för arbeten med Trollhätte kanals ombyggnad efter 1913 års utgång. Medd. nr 21. Uppsala.

KAPITEL 6

Kommitténs förslag till åtgärder som sammanhänger med rådande läge

Kommittén kommer i detta kapitel, i anslutning till vad som anförts i kapitel 5, att framlägga förslag till utförande på vissa platser av förstärkningsåtgärder av olika slag såsom avschaktning o. d., sänkning av grundvattentryck samt erosionsskydd. I kapitel 7 behandlas åtgärder, som avser framtiden, såsom planeringsåtgärder, åtgärder för övervakning och reglering av bebyggelse m. m., åtgärder som har samband med kanal- och övriga kommunikationsfrågor, beredskapsorganisation samt frågan om och formerna för en fortsatt övervakning av älvdalen. I anslutning därtill upptas vissa kostnadsfördelningsfrågor till behandling.

Kommitténs ståndpunktstagande bygger, vilket redan i olika sammanhang framgått, på de utförda geologisk-geotekniska undersökningarna. Till att börja med måste i detta sammanhang framhållas att dessa undersökningar inneburit en bedömning av stabilitetsförhållandena under den förutsättningen att Götaälvdalen i stort sett får behålla sin nuvarande karaktär. En väsentlig förändring av dalgångens struktur kan komma att kräva ytterligare stabilitetsutredningar. I sitt den 5 mars 1960 till chefen för handelsdepartementet avgivna yttrande i ärende rörande anläggande av en kanal mellan Vänersborg och Uddevalla har kommittén bl. a. uttalat att, därest starka näringspolitiska skäl skulle anses tala för en förbindelseled mellan Vänern och Västerhavet med större kapacitet än nuvarande Trollhätte kanals, det torde bli erforderligt att förutsättningarna för en utbyggnad till avsedd kapacitet av Trollhätte kanal och kostnaderna för en sådan utbyggnad jämväl utredes. Den avsevärda utbyggnad på Trollhätte kanal det i så fall skulle bli fråga om utgör exempel på en sådan väsentlig förändring av hela älvdalen som inte kunnat tas med i beräkningen vid de utförda stabilitetsutredningarna. Den ifrågasatta utbyggnaden av Trollhätte kanal måste följaktligen föregås av ytterligare sådana utredningar. Vid en bedömning av kostnaderna för utbyggnaden har man alltså att räkna även med kostnader för ytterligare stabilitetsutredningar och för de förstärkningsåtgärder vartill dessa kan ge anledning. Vid en jämförelse mellan kostnaderna för en utbyggnad av Trollhätte kanal och kostnaderna för en ny kanalsträckning måste givetvis på samma sätt i kostnaderna inräknas även utgifterna för erforderliga stabilitetsutredningar och förstärkningsåtgärder på denna sträcka.

Anledning är också att här i korthet erinra om det sätt varpå stabilitetsutredningarna i Götaälvdalen bedrivits. Denna sak har utförligare behandlats i kapitel 1, 4 och 5. I enlighet med det ursprungliga programmet har undersökningarna företagits i etapper. Den första etappen har avsett en preliminär undersökning av rekognoscerande art och syftat till att dels utröna vilka områden längs älven, som kan betraktas som fria från uppenbara risker, dels approximativt gradera övriga områden efter farlighetsgrad. Den andra, definitiva etappen har avsett undersökning av de områden, där i den första undersökningsetappen vissa risker bedömts kunna föreligga. Härvid har man sökt att närmare bestämma vilken säkerhetsmarginal som finns samt — om denna inte ansetts tillfredsställande — hur den skall kunna ökas genom olika åtgärder. SGI har ansett att man härigenom, med en rimlig insats av ekonomiska och personella resurser, skulle erhålla ett relativt gott underlag för att bedöma stabilitetsförhållandena i älv dalen.

Emellertid har vissa undersökningar som ursprungligen planerats inte kunnat utföras, främst därför att det vid en avvägning ansetts att tillgängliga resurser borde sättas in på platser där det visat sig påkallat med intensivare undersökningar än man från början tänkt sig. SGI hade sålunda från början avsett att företa en undersökning i fem sektioner norr om Trollhättan. Denna undersökning har inte kunnat utföras, vilket innebär att sträckan Vänersborg—Trollhättan inte alls kommit med i den definitiva undersökningsetappen. Vidare avsåg SGI ursprungligen att i kontrollsyfte företa undersökningar i ytterligare ett par sektioner på västra älvstranden strax nedströms Bondeström inom ett område beläget mellan två äldre skredärr. Även dessa kontrollundersökningar har fått utebli. På motsvarande sätt har SGI fått underlåta undersökningar i några tillämnade kontrollsektioner på västra älvstranden vid Ballabo och ungefär mitt emot på östra stranden vid Kärra. Detsamma gäller kontrollborrning vid Kattleberg (strax norr om Älvängen).

Såsom också i kapitel 5 framhållits har alltså de mera ingående geologisk-geotekniska undersökningar, som vid en relativt ytlig rekognoscering bedömts böra utföras, måst begränsas av olika skäl, främst ekonomiska. Det kan därför inte helt uteslutas, att områden med mindre god stabilitet undgått att uppmärksammas.

Med de reservationer, som följer av det nu anförda, anser sig kommittén kunna dra följande slutsatser ur det utredningsmaterial, som stått till kommitténs förfogande. Om de i kapitel 5 föreslagna förstärkningsåtgärderna vidtas och det program, som nedan framlägges i fråga om planering, reglering av bebyggelse m. m. samt fortsatt övervakning, fullföljes, bör man kunna räkna med att riskerna för skred av katastrofkaraktär förebygges på ett godtagbart sätt.

De ifrågakvarande förstärkningsarbetena har av SGI bedömts utgöra ett *minimikrav* för ernående av ett sådant tillstånd, och kommittén anser det

angeläget, att de blir utförda så snart som möjligt. Stabilitetsförhållandena skulle givetvis bli ännu bättre, om ytterligare erosionskydd, avschaktningar o. d. vidtoges. Emellertid bör enligt kommitténs mening frågan härom anstå i avvaktan på uppföljningen av vissa undersökningar som kommittén i det följande kommer att föreslå.

För några av de områden, där *förstärkningsarbeten* ansetts erforderliga, har de föreslagna åtgärderna redan förberetts.

Sålunda har, vilket framgår av kapitel 3 (sid. 35), kommittén med anlitande av en konsulterande ingenjörfirma låtit uppgöra arbetsplan för ytterligare avschaktning samt utförande av erosionskydd och komplettering av befintliga erosionskydd inom området på *västra älvstranden vid Ströms sluss* (35,8—37,9). Kostnaderna har beräknats till 367 000 alternativt 327 000 kr. Förstärkningsåtgärder inom detta område har ansetts böra komma i fråga med förtur med hänsyn till inom området befintlig tätbebyggelse omfattande ett 50-tal egna hem. På framställning av Inlands Torpe kommun har såsom tidigare nämnts arbetsmarknadsstyrelsen medgivit, att ifrågavarande arbeten får utföras såsom statskommunalt beredskapsarbete.

Vad beträffar området på *västra älvstranden vid Ellesbo* (72,7—73,6), som berör motorvägen väster om älven men saknar bebyggelse, överväges såsom framgår av kapitel 3 (sid. 31) åtgärder av länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län. De i syfte att sänka grundvattnet föreslagna ytterligare filterbrunnarna på denna plats torde enligt vad som inhämtats komma att utföras antingen genom vägförvaltningens i länet eller genom Göteborgs Sand AB:s försorg.

På *östra älvstranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk* (37,2—38,7) föreslås sänkning av grundvattentrycket inom visst område. Åtgärder härför har redan vidtagits. På området finns i östra kanten relativt långt från älven viss villabebyggelse. Några enstaka hus finns även inom själva området. Från Lilla Edets köpings sida har upplysts, att erforderliga arbeten för att genomföra och vidmakthålla grundvattensänkningen inom hela området kommer att utföras av Lilla Edets Pappersbruks AB och köpingen.

Inom ett område på *östra älvstranden vid Älvängen* (57,0—58,0), där genom fyllning i älven ansträngningen i marken lokalt blivit relativt hög på en ca 200 m lång sträcka, föreslås att yttre delen av fyllningen bortschaktas och återstoden förses med ett erosionskydd. Sedan kommittén tillskrivit industriföretaget på platsen Isolerings AB WMB med förfrågan huruvida bolaget avsåg att utföra avsedd avschaktning jämte erosionskydd, har bolaget meddelat, att det var dess avsikt att utföra de rekommenderade åtgärderna ehuru den exakta tidpunkten därför inte kunde anges.

Slutligen föreslås grundvattensänkning på viss sträcka inom ett område på *östra älvstranden vid Agnesberg—Ekeberg* (78,0—80,0). Inom området,

som berör sträckningen av riksvägen öster om älven, inrymmer Dorch, Bäcksin & Cos AB:s industrianläggningar jämte vissa upplag. Här föreligger enligt uppgift samtidigt behov av vatten till bebyggelseområden, bl. a. ett projekterat sådant väster om älven. Genom att nyttja grundvattnet till vattentäkt skulle önskad grundvattensänkning kunna åstadkommas. På kommunalt håll torde föreligga visst intresse för att på detta sätt utnyttja ifrågavarande grundvattentillgångar. Den utredning av frågan som i sådant fall erfordras är emellertid närmast en angelägenhet för vederbörande kommuner. Kommittén får därför föreslå att länsstyrelserna anmodas att verka för att ifrågavarande kommuner — Säve kommun i Göteborgs och Bohus län samt Angereds kommun i Älvsborgs län — snarast låter utreda frågan.

Då det gäller de nu behandlade fem områdena synes man alltså med ett undantag ha grundad anledning att räkna med att föreslagna förstärkningsåtgärder blir utförda relativt snart. Undantaget utgör området vid Agnesberg—Ekeberg, där den föreslagna grundvattensänkningen blir beroende på kommunernas inställning till frågan om att utnyttja grundvattnet och på resultatet av den utredning i sådant syfte som kan komma till stånd. Emellertid bör det i samtliga fall ankomma på vederbörande länsstyrelse att följa utvecklingen. Om det skulle visa sig att någon av de föreslagna åtgärderna eftersättes, bör länsstyrelsen till behandling uppta frågan om dess genomförande på annat sätt. För länsstyrelsernas handlande i sådana fall torde vad som i det följande anföres kunna tjäna till ledning.

På *östra älvstranden uppströms Smörkullen (35,05—35,25)* föreslås komplettering av erosionsskydd och utfläckning av strandbrinken. Med hänsyn till att här finns ett mindre antal bostadshus, bör dessa arbeten utföras med förtur.

Övriga områden, där förstärkningsåtgärder föreslås, är alla belägna på *västra älvstranden mellan Intagan och Torp*. Dessa områden saknar bebyggelse. Ehuru kommittén inte vill efterge kravet på att föreslagna förstärkningsarbeten inom dessa områden blir utförda så snart omständigheterna medger har den ansett sig böra räkna med möjligheten att åtgärderna av ekonomiska och arbetstekniska skäl inte kommer att utföras i ett sammanhang. Kommittén har därför ansett sig böra angelägenhetsgradera dessa arbeten. Graderingen, som har ägt rum i samråd med SGI, har resulterat i följande rangordning:

1. Anordnande av erosionsskydd och utförande av mindre avschaktningar av släntkrön inom sträckan 23,35—23,95.
2. Anordnande av erosionsskydd och utförande av mindre avschaktningar av släntkrön inom sträckorna 26,74—26,94 och 27,48—27,64.
3. Anordnande av erosionsskydd inom sträckan 20,95—21,52.
4. Anordnande av erosionsskydd inom sträckan 25,95—26,07.
5. Anordnande av erosionsskydd inom sträckan 26,25—26,40.

I vissa fall föreslås såväl anordnande av erosionsskydd som utförande av avschaktning. Med hänsyn till vad som blivit utrett om erosionens fortgående försämrande inverkan på stabiliteten, synes i dessa fall erosionsskyddet i fråga om angelägenhet böra sättas före avschaktningen.

För de föreslagna förstärkningsåtgärderna på västra älvstranden vid Ströms sluss — avschaktning, anordnande av erosionsskydd och komplettering av befintliga erosionsskydd — har kommittén såsom tidigare (sid. 35) nämnts låtit uppgöra en arbetsplan, sedan medel härför anvisats i särskild ordning. I denna beräknas kostnaderna för avschaktning till 202 000 kr, för anordnande av erosionsskydd till lägst 100 000 kr samt för komplettering av befintliga erosionsskydd till 25 000 kr. Det nya erosionsskyddet skulle omfatta en sträcka av ca 260 m och anordnas genom utfyllning med sprängsten utmed strandkanten.

Beträffande föreslagna avschaktningar och erosionsskydd på västra älvstranden mellan Intagan och Torp liksom beträffande föreslagna arbeten uppströms Smörkullen föreligger inte motsvarande arbetsplaner.

I de på de utförda stabilitetsutredningarna grundade förslagen har endast platserna för åtgärderna och huvuddragen för deras utförande kunnat anges. Kompletterande utredningar blir därför erforderliga. Sålunda bör i detalj fixeras hur arbetena skall utföras. Olika vid utförandet uppkommande problem måste dessutom närmare utredas. Vid avschaktning har man t. ex. att räkna med intrång på annans egendom av sådan beskaffenhet att medgivande av fastighetsägaren fordras. Frågor om ersättning för intrång kan därvid uppkomma. Omfattningen av dylikt intrång bör klarläggas och, då anledning därtill föreligger, bör förhandlingar med vederbörande fastighetsägare äga rum. Vidare bör klarläggas hur lämpligen bör förfaras med de vid avschaktning uppkommande schaktmassorna o. s. v. Beaktas bör också att, åtminstone i vissa fall, för anordnande av erosionsskydd torde erfordras sådant tillstånd av vattendomstolen som avses i 2 kapitlet 20 § vattenlagen. Slutligen är en detaljerad kostnadsberäkning för de olika åtgärderna nödvändig. Vid den kompletterande utredningen bör vederbörande kommun, SGI samt statens vattenfallsverk såsom företrädare för farleden medverka. Kommittén har sökt approximativt beräkna kostnaderna för arbetena mellan Intagan och Torp. På grundval av stabilitetsutredningarna, varvid schaktvolymen och erosionsskyddens längd ungefärligt angivits (se sid. 112—113), samt med stöd av erfarenheter i samband med uppgörandet av arbetsplanen för området vid Ströms sluss har kommittén därvid kommit fram till en kostnad av 800 000 kr. På motsvarande sätt har kostnaderna för arbetena uppströms Smörkullen approximativt beräknats till 50 000 kr. Till det principiella spörsmålet om vem eller vilka som slutligt bör bekosta åtgärder av nu avsett slag återkommer kommittén senare i betänkandet.

Kommittén har ansett det lämpligt, att länsstyrelsen i Göteborgs och Bo-

hus län fick i uppdrag att enligt nyss angivna riktlinjer låta utarbeta en arbetsplan för åtgärderna mellan Intagan och Torp. På framställning av kommittén har också Kungl. Maj:t den 25 juli 1962 uppdragit åt länsstyrelsen att låta utarbeta en arbetsplan jämte kostnadsberäkning samt för ändamålet ställt erforderliga medel till länsstyrelsen förfogande.

För arbetena uppströms Smörkullen kommer Lilla Edets köping att ombesörja motsvarande utredning, vilken i detta fall beräknas bli mindre omfattande.

Vad beträffar frågan genom vem ifrågavarande arbeten skall utföras, vill kommittén framhålla följande. Vid den avskaktning, vilken under år 1959 såsom beredskapsarbete utfördes på Strandbacken inom området vid Ströms sluss, ombesörjdes själva arbetet av kommunen (se sid. 35). Denna ordning synes ha fungerat väl. I de nu aktuella fallen kan vid sidan av vederbörande kommuner jämväl statens vattenfallsverk som företrädare för farleden i älven komma i fråga. Vidare kan man tänka sig, att något annat statligt verk med regional och lokal organisation, t. ex. väg- och vattenbyggnadsverket eller arbetsmarknadsverket, får stå för arbetena. Kommittén är emellertid benägen föreslå att uppdragen i första hand lämnas resp. kommuner, i detta fall Inlands Torpe kommun och Lilla Edets köping. Förutsättning härför är givetvis att kommunerna är villiga att motta sådana uppdrag. Därest alltså Inlands Torpe kommun och Lilla Edets köping får i uppdrag att låta utföra ifrågavarande förstärkningsåtgärder, bör länsstyrelserna i Göteborgs och Bohus samt Älvsborgs län anmodas att i samråd med SGI öva inseeende över arbetena. Vidare bör föreskrivas, att arbetena skall, särskilt då det gäller erosionsskydden, utföras under medverkan av statens vattenfallsverk som företrädare för farleden i älven.

KAPITEL 7

Kommitténs förslag till åtgärder som avser framtiden

A. Planering

I kommitténs direktiv pekas på möjligheten att det framdeles kan visa sig lämpligt att genom regionplan åstadkomma en form för administreringen på lång sikt av vissa planeringsfrågor inom Götaälvdalen.

Regionplaneinstitutet regleras i 3 och 126—135 §§ byggnadslagen den 30 juni 1947 samt 10 § byggnadsstadgan den 30 december 1959. För samordning av flera kommuners eller samhällets planläggning upprättas regionplan (3 § lagen). Regionplan avser gemensam planläggning i ett eller flera hänseenden beträffande grunddragen för markens användning, såsom i fråga om viktigare trafikleder, flygplats, områden för tätbebyggelse och områden för friluftsliv samt anläggningar för vattenförsörjning och avlopp (126 § lagen). Kungl. Maj:t bestämmer om regionplan skall finnas; i så fall bildas regionplaneförbund med fullmäktige och styrelse. Regionplan fastställs av Kungl. Maj:t, sedan förslag upprättats av styrelsen och antagits av fullmäktige. Regionplan skall tjäna till ledning vid upprättande av generalplan (generalplan anger grunddragen för marks användning inom kommun eller samhälle, 2 § första stycket lagen), stadsplan och byggnadsplan (närmare reglering av bebyggelsen sker genom stadsplan eller byggnadsplan, 2 § andra stycket lagen) samt eljest vid reglering av bebyggelsen eller markanvändningen i övrigt (134 §).

Den 22 september 1949 har Kungl. Maj:t bestämt, att regionplan skall i de hänseenden, varom förmäles i 126 § byggnadslagen, upprättas för regionen kring Göteborg. Följande i Götaälvdalen belägna kommuner ingår i detta regionplaneområde nämligen Göteborg, Kungälv och Säve i Göteborgs och Bohus län samt Angered, Nödinge och Starrkärr i Älvsborgs län.

Fråga om att få till stånd en regionplan för Vänersborg—Trollhättan—Uddevalla området har diskuterats. Det har då närmast gällt framdragande av huvudtrafikleder och placering av flygplats. Till något officiellt initiativ har frågan dock inte avancerat. Den torde f. n. få anses sakna aktualitet. Att sträcka området för en ev. sådan regionplan så långt söderut att det skulle nå fram till området för Göteborgsplanen torde under alla omständigheter inte kunna ifrågakomma.

Kommittén har överlagt med bl. a. länsarkitekterna och överlantmätarna i de båda länen samt regionplanechefen i Göteborg i regionplanefrågan. Re-

sultatet härav har blivit att — bortsett från rasriskerna — några för hela Götaälvdalen gemensamma frågor av den art, att de för sin lösning kräver en regionplan, inte kunnat påvisas. De gemensamma spörsmål, som kan beräknas bli aktuella, torde kunna lösas genom kontakter i de särskilda fallen utan den förhållandevis tungrodda och kostsamma administrativa apparat som en regionplan förutsätter. Vad särskilt beträffar de åtgärder inom stads- och byggnadsplaneringen, som blir en följd av rasriskerna, torde dessa åtgärder få begränsad räckvidd och knappast kräva en regional planläggning som underlag. Det kan även framhållas, att en regionplaneapparat endast löser eventuella gemensamma planläggningsfrågor. Däremot sörjer den inte för att det planerade blir genomfört i praktiken.

Kommittén vill sålunda för sin del avvisa tanken på en regionplan för älvdalen. Beträffande vissa åtgärder inom stads- och byggnadsplaneringen, som aktualiseras av rasriskerna, får kommittén framhålla följande.

Stadsplan eller byggnadsplan skall i regel finnas, där tätbebyggelse uppkommit eller kan förväntas uppkomma inom nära förestående tid (24 och 107 §§ lagen). Sådan planläggning utgör förutsättning för att tätbebyggelse överhuvud skall få äga rum (5 § lagen och 56 § 1 mom. andra stycket stadgan). I stadgan sägs att, där ej särskilda förhållanden föranleder annat, mark skall avses för det ändamål vartill den är mest lämpad med hänsyn till läge, terräng- och grundförhållanden samt övriga omständigheter. Till tätbebyggelse må ej avses mark som ur allmän synpunkt ej är lämpad för sådan bebyggelse (9 § andra stycket). Det är givet att på grund härav mark, vars stabilitet inte med säkerhet bedömes vara tillfredsställande, i princip ej bör avses till tätbebyggelse och alltså inte bör planläggas. Enligt kommitténs mening måste i framtiden innan stads- eller byggnadsplanering äger rum — liksom eljest då större anläggningar planeras i Götaälvdalen — krävas att det får anses uppenbart eller genom ingående undersökningar klarlagt att det aktuella området kan bedömas som stabilt. Förslag till plan skall också enligt stadgan vara åtföljt av utredning angående de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för planens genomförande med beaktande av bl. a. grundens beskaffenhet (16 §).

Undantagsvis kan det emellertid vara lämpligt att vid planläggning av ett större område ta med jämväl osäker mark. Därvid kan i planbestämmelserna beträffande sådan mark föreskrivas t. ex., att nybyggnad eller omfattande terrasseringsarbete ej får företagas, såvida inte byggnadsnämnden efter inhämtande av sakkunnigt utlåtande prövat detta kunna ske utan att markens stabilitet påverkas. Detta förfaringssätt har använts i den av länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län den 19 juni 1958 fastställda byggnadsplanen för Ströms samhälle och Strandbacken i Inlands Torpe kommun (§ 12 i byggnadsplanebestämmelserna). Stadsplan och byggnadsplan antas av kommunens fullmäktige (ev. byggnadsnämnden) och skall fastställas, som regel av länsstyrelsen (26 och 108 §§ lagen).

Kommittén får föreslå, att vederbörande planorgan i Götaälvdalen (planförfattare, kommunernas byggnadsnämnder och fullmäktige samt länsarkitekterna och länsstyrelserna) i lämplig ordning erinras om att markstabiliteten måste ägnas allra största uppmärksamhet både då det skall avgöras om ett område skall planläggas för tätbebyggelse och då vid planläggning ställning skall tas till frågan om hur marken skall disponeras för olika ändamål (lättare och tyngre bebyggelse o. s. v.). Ifrågavarande åliggande bör omfatta samma områden som den kontroll av bebyggelse m. m. som kommer att behandlas i följande avsnitt av detta kapitel.

B. Övervakning och reglering av bebyggelse m. m.

På grund av rasriskerna i Götaälvdalen kommer en på markstabiliteten inriktad kontroll från myndigheternas sida över bebyggelse m. m. inom områdena närmast älven och i angränsande dalgångar att bli nödvändig. Det blir härvidlag fråga om att förhindra såväl åtgärder, som kan inverka på stabiliteten så att risker uppstår, som vissa företag av annat slag. Vidare bör tillsynen inriktas på att för tillämnade företag föreskriva villkor som är påkallade med hänsyn till stabilitetsförhållandena. Det må anmärkas, att här inte avses redan befintlig utan endast tillämnad bebyggelse m. m. Då det gäller lokalisering och utförande av ny bebyggelse m. m. måste enligt kommitténs uppfattning stabilitetsförhållandena fullt ut beaktas.

Ifrågavarande kontroll bör i första hand avse bebyggelse. Den bör emellertid även avse andra företag, vilka innebär att belastningen ökas, huvudsakligen fyllning och inrättande av upplag. Vidare bör — med hänsyn till vådorna av att oljor eller kemikalier rinner ut i älven — inrättande av fast cistern eller annan fast anordning för hantering eller förvaring av sådana vätskor m. m. vara föremål för kontroll.

Vilka områden som bör omfattas av den särskilda kontroll, varom här är fråga, framgår i stora drag av innehållet i kapitel 5. Framhållas må emellertid, att även ett under nuvarande förhållanden stabilt område kan bli instabilt t. ex. genom olämplig utfyllning eller belastning vid bebyggelse. Vidare kan framtida undersökningar ge anledning att i särskilda fall revidera uppfattningen om stabiliteten. Områdena för kontrollen bör med hänsyn härtill göras vida. Kontrollen av bebyggelse m. m. bör därför omfatta i stort sett alla områden utmed älven och i dess omgivningar med undantag för dem där fastmarken (berg eller morän) går i dagen. Önskvärt är att gränserna för områdena, som skall underkastas kontroll, anges på sådant sätt att de blir lätta att identifiera. Det sätt att ange gränserna, som ligger närmast till hands, är att utmärka dessa på karta. Härvid kan den nya ekonomiska kartan komma till användning. Denna är färdigställd för huvuddelen av de områden som är aktuella. Ett annat sätt är att ange gränsernas avstånd från älvstranden. Möjlighet finns även att i viss utsträckning

begagna sig av naturliga gränser, såsom motorvägen Göteborg—Kungälv och allmänna vägen Kungälv—Trollhättan väster om älven samt riksvägen öster därom. Det må i sammanhanget påpekas att stora områden, som nu är i fråga, utgör ren jordbruksmark där det knappast är aktuellt med bebyggelse o. d., t. ex. områdena på båda sidor om älven mellan Trollhättan i norr och Ström—Lilla Edet i söder. Kommittén föreslår, att vederbörande länsstyrelser får i uppdrag att — till ledning för de lokala kontrollmyndigheterna — i samråd med SGI låta på kartor utmärka gränserna för de områden som måste underkastas kontroll. Hinder torde inte möta mot att dessa gränser, för att underlätta arbetet ute i kommunerna, såsom upplysning läggs in också på generalplane-, stadsplane- och byggnadsplanekartor. Ifrågavarande gränser bör i mån av behov underkastas revidering.

På det lokala planet synes ifrågavarande kontroll lämpligen böra handhas av byggnadsnämnden. Byggnadsnämnden, vars verksamhetsområde är kommunen, har att öva inseeende över hur kommunens område bebygges (1 § första stycket byggnadsstadgan). De författningar nämnden i första hand har att tillämpa är byggnadslagen den 30 juni 1947, vari den 30 december 1959 gjorts väsentliga ändringar (SFS 1959 nr 611) som trädde i kraft den 1 juli 1960, samt byggnadsstadgan den 30 december 1959 (SFS 1959 nr 612), som också trädde i kraft den 1 juli 1960. Byggnadsnämndens i praktiken mest betydelsefulla uppgift är att pröva och avgöra ansökningar om byggnadslov. I denna verksamhet torde den nu avsedda på markstabiliteten inriktade kontrollen böra inordnas. Det synes även av andra skäl önskvärt, att byggnadsnämnden väljes till kontrollorgan.

Såsom i det följande närmare utvecklas bör det ankomma på länsstyrelsen att ingripa i en del situationer, t. ex. då det med hänsyn till stabilitetsförhållandena är motiverat att hindra viss bebyggelse e. d. Länsstyrelsen handlägger för närvarande byggnadsärenden i andra instans och har, enligt länsstyrelseinstruktionen den 30 maj 1958 (SFS 1958 nr 333), omfattande befogenheter då det gäller att upprätthålla allmän ordning och säkerhet.

För att länsstyrelser och byggnadsnämnder skall kunna fullgöra dessa uppgifter måste de förfoga över kvalificerad teknisk sakkunskap. Genom detta betänkande får länsstyrelserna och byggnadsnämnderna del av huvuddragen av de utförda geologisk-geotekniska undersökningarna i älvdalen och de resultat man vid dessa kommit till då det gäller stabilitetsförhållandena. De mera detaljerade redogörelserna för dessa undersökningar kommer dessutom att vara tillgängliga hos SGU resp. SGI (se sid. 37 och 74). Vidare bör det ankomma på SGI att lämna länsstyrelserna och byggnadsnämnderna biträde i tekniska frågor vid behandlingen av ärenden som här avses. Det förutsättes, att SGI i fortsättningen såsom hittills kommer att handlägga geotekniska frågor, som sammanhänger med stabiliteten i dalgången.

Av största betydelse är givetvis de nuvarande rättsliga förutsättningarna för att byggnadsnämnden skall kunna utöva en på markstabiliteten inriktad

kontroll över bebyggelse m. m. Som tidigare nämnts har byggnadsnämnden att pröva ansökningar om byggnadslov. Nämnden får sålunda kännedom om alla företag, vartill fordras sådant lov. Skyldigheten att söka byggnadslov regleras i stadgan (54 och 65 §§).

Byggnadslovsskyldighet föreligger i full utsträckning allenast inom område med fastställd generalplan, stadsplan eller byggnadsplan (varmed i detta avseende är jämställd enligt äldre bestämmelser godkänd avstyckningsplan, 83 § stadgan) eller med fastställda utomplansbestämmelser. Vad beträffar utmed Göta älv befintliga tätbebyggelseområden gäller för dessa som regel fastställda stadsplaner eller byggnadsplaner. Övriga i landskommunerna utmed älven befintliga områden, där här avsedd kontroll blir aktuell, täckes för närvarande till största delen av fastställda utomplansbestämmelser. Utomplansbestämmelser har sålunda fastställts för hela Inlands Torpe, Romelanda, Ytterby och Säve kommuner på västra älvstranden samt Västra Tunhems kommun, Gärdhems socken i Södra Väne kommun, Fors socken i Flundre kommun och hela Lödöse, Starrkärrs, Nödinge och Angereds kommuner på östra älvstranden. Av dessa utomplansbestämmelser har de för Ytterby, Västra Tunhems, Starrkärrs och Angereds kommuner tillkommit enligt nu gällande ordning. De övriga gäller endast under en övergångstid och upphör senast den 1 januari 1964 (andra stycket i övergångsbestämmelserna till lagen den 30 december 1959 om ändring i byggnadslagen). I de delar av städerna och Lilla Edets köping, för vilka inte finns fastställd plan, utomplansbestämmelser e. d., skall under samma övergångstid på grund av stadgan (81 §) gälla samma regler för bebyggandet som om utomplansbestämmelser fastställts. Enligt de bestämmelser i lagen, som trädde i kraft den 1 juli 1960 (77—80 och 119 §§), kan fullmäktige (ev. byggnadsnämnden) i vederbörande kommun förordna att utomplansbestämmelser i framtiden skall tillämpas å visst område i kommunen. Förordnande härom skall för att bli gällande fastställas av länsstyrelsen. Där så uppenbarligen är påkallat kan också länsstyrelsen, efter att ha hört fullmäktige, direkt meddela sådant förordnande. Utomplansbestämmelsernas innehåll liksom det formella förfarandet vid förordnande om sådana bestämmelser regleras i stadgan (29 och 30 §§).

Där byggnadslovsskyldighet i full utsträckning föreligger, omfattar skyldigheten följande åtgärder av intresse i detta sammanhang:

1. uppförande av helt ny byggnad och annan åtgärd som (enligt 75 § stadgan) hänföres till nybyggnad; inom område med endast utomplansbestämmelser omfattar skyldigheten dock icke ekonomibyggnader för jordbruk, skogsbruk eller därmed jämförlig näring (35 § stadgan);
2. uppförande eller väsentlig ändring av mur, plank eller därmed jämförlig anordning;
3. schaktning, fyllning eller annan liknande åtgärd inom tomt (varmed enligt 36 § stadgan jämställs annan för bebyggande avsedd fastighet), så-

vida åtgärden innebär avsevärd ändring av höjdläget för tomten eller del därav;

4. inrättande av fast cistern eller annan fast anordning för hantering eller förvaring av brännbara vätskor, såvida åtgärden ej avser allenast att tillgodose viss fastighets husbehov; samt

5. inrättande av upplag.

Inom område, som ej omfattas av fastställd generalplan, stadsplan, byggnadsplan eller utomplansbestämmelser, föreligger byggnadslovsskyldighet i begränsad utsträckning. Skyldigheten omfattar här endast uppförande av byggnad i tre eller flera våningar (dock ej ekonomibyggnad för jordbruk, skogsbruk eller därmed jämförlig näring), byggnad för industriell rörelse samt — under vissa förutsättningar — samlingslokal, undervisningsanstalt, hotell, pensionat, vårdanstalt e. d. (65 § stadgan).

För att i framtiden få byggnadslovsskyldighet i full utsträckning inom de områden, som skall omfattas av den särskilda kontroll varom här är fråga, måste alltså — i den utsträckning detta inte redan skett — förordnanden i nu gällande ordning meddelas att utomplansbestämmelser skall tillämpas inom områdena i den mån dessa inte täckes av fastställda stadsplaner eller byggnadsplaner. Vissa motiv härför torde föreligga, även om man bortser från hänsyn till markstabiliteten. Såsom framgår av det föregående har sålunda utomplansbestämmelser tidigare fastställts för största delen av dessa områden.

Inledningsvis har angivits vilka företag ifrågavarande kontroll bör avse. En byggnadslovsskyldighet i full utsträckning skulle enligt de nu anförda författningsföreskrifterna omfatta följande av dessa företag, nämligen bebyggelse, inrättande av cistern eller annan anordning (av någon betydelse) för brännbara vätskor och inrättande av annat slags upplag; dock skulle inom utomplansbestämmelseområde skyldigheten icke omfatta bebyggelse, som är att hänföra till ekonomibyggnader för jordbruk, skogsbruk eller därmed jämförlig näring. Vidare skulle byggnadslovsskyldigheten omfatta schaktning, fyllning e. d. av större omfattning, dock ej utanför till bebyggande avsedd fastighet. Genom sådana förordnanden om utomplansbestämmelser, som nyss angivits, åstadkommes sålunda att byggnadsnämnden genom byggnadslovsskyldigheten på förhand får kännedom om den övervägande delen av de företag ifrågavarande kontroll bör avse. Påpekas må att byggnad, som tillhör kronan eller landsting, genom särskild bestämmelse i stadgan (54 § 2 mom.) är undantagen från byggnadslovsskyldigheten. Detta förhållande har emellertid i detta sammanhang ingen betydelse enär, innan sådan byggnad påbörjas, anmälan om företaget i god tid skall göras hos byggnadsnämnden (66 § andra stycket).

I detta sammanhang må nämnas, att förvaring m. m. av brandfarliga varor är underkastad ytterligare reglering. Kungl. förordningen den 1 december 1961 om brandfarliga varor (SFS 1961 nr 568) kommer att gälla på

detta område. Den träder i kraft den 1 januari 1963 och ersätter då bl. a. förordningen den 7 oktober 1921 angående eldfarliga oljor. För förvaring av brandfarlig gas eller brandfarlig vätska liksom för yrkesmässig tillverkning eller bearbetning av brandfarlig vara samt transport av brandfarlig vätska medelst rörledning utanför en anläggning kommer enligt 1961 års förordning att utöver ev. erforderligt byggnadslov krävas byggnadsnämndens tillstånd. Då det gäller förvaring av mindre mängder eller hantering under bebyggande former räcker det dock i vissa fall med anmälan till brandchefen. I fråga om transport medelst rörledning genom mer än en kommun blir länsstyrelsen resp. Kungl. Maj:t (genom mer än ett län) tillståndsmyndighet.

Särskild uppmärksamhet kräver sådan ändring i en industris maskinutrustning som innebär att belastningen ökas. En sådan åtgärd kan visserligen vara att hänföra till nybyggnad och alltså underkastad byggnadslovsskyldighet (75 § stadgan), men mestadels torde frågan om byggnadslov inte aktualiseras.

Man måste alltså räkna med möjligheten att företag som får äga rum utan föregående byggnadslov — uppförande av ekonomibyggnader för jordbruk e. d., schaktning e. d. utanför till bebyggande avsedd fastighet samt ändring i en industris maskinutrustning — kan få betydelse för stabilitetsförhållandena. Det torde dock vara möjligt för byggnadsnämnden att, om den har sin uppmärksamhet riktad därpå, hålla sig underrättad om företag som nu avses utan att dessa underkastas byggnadslovsskyldighet. För sådant ändamål kan det vara lämpligt, att fastighetsägarna, särskilt industri-företagen, och andra myndigheter såsom brandchefen i någon form uppmanas att samråda med byggnadsnämnden, därest det skulle bli fråga om att utföra ett sådant företag. Det kan nämnas, att enligt stadgan byggnadsnämnden äger besiktiga även byggnadsföretag, vartill byggnadslov ej erfordras (64 § 1 mom.). Vidare äger den som ämnar verkställa byggnadsarbete, för vilket byggnadslov ej erfordras, ändock om han så önskar genom ansökan påkalla byggnadsnämndens prövning av åtgärden (54 § 4 mom. och 65 § tredje stycket).

Den utvidgning av byggnadslovsskyldigheten, som med hänsyn till det anförda kunde synas önskvärd, skulle kräva ändring i byggnadsstadgan. En lagstiftningsåtgärd — byggnadsstadgan har tillkommit under riksdagens medverkan — som motiveras av speciella förhållanden i en begränsad del av landet, torde dock endast böra tillgripas som en nödfallsåtgärd därest andra möjligheter inte står till buds. I förevarande avseenden synes man emellertid inom ramen för gällande lagstiftning kunna åstadkomma, att byggnadsnämnden på förhand i stort sett erhåller kännedom om de företag vilka bör underkastas den kontroll som här är i fråga.

Kommittén övergår härefter till möjligheterna att förhindra företag, som av hänsyn till stabilitetsförhållandena inte bör komma till stånd, eller att föreskriva ur denna synpunkt påkallade villkor.

Vad beträffar företag, vartill erfordras byggnadslov, föreskrivs i stadgan (56 §) att vid prövning av ansökan om byggnadslov byggnadsnämnden skall tillse bl. a., att det tillämnade företaget ej strider mot byggnadslagen, lagen om allmänna vägar, lagen om enskilda vägar, strandlagen, byggnadsstadgan eller med stöd av nämnda författningar meddelade föreskrifter. Om företaget gör detta, skall byggnadslov i princip (här bortses från dispensmöjligheter) vägras. De föreskrifter, som nu nämnts, utgöres av stadsplaner, byggnadsplaner och utomplansbestämmelser, vilka alla fastställles med stöd av byggnadslagen. Att en plan kan innehålla bestämmelse om hänsynstagande till markstabiliteten har förut antytts.

Som ovan nämnts regleras numera utomplansbestämmelsers innehåll i stadgan (29 §). Om det blivit bestämt att utomplansbestämmelser skall tillämpas inom visst område, skall där gälla särskilda i fem punkter upptagna regler för byggandet; dock kan Kungl. Maj:t i undantagsfall förordna, att utomplansbestämmelser skall ha annat innehåll. Den första av de fem punkterna har följande lydelse: »Byggnad må ej uppföras med mindre tomtplatsen kan anses tillräckligt stor och i övrigt lämpad för den tillämnade bebyggelsen.» Inom ett område med skredrisker måste uppenbarligen, vid bedömning av huruvida en tomtplats är lämpad för tillämnad bebyggelse, hänsyn tas även till markstabiliteten. Observeras bör emellertid att utomplansbestämmelser, liksom stads- och byggnadsplaner, i huvudsak reglerar bebyggelsen och alltså inte direkt tar sikte på andra här ifrågavarande företag.

I ett byggnadsärende kan enligt stadgan byggnadsnämnden förelägga sökanden att inom viss tid inkomma med ytterligare erforderlig utredning, t. ex. om stabiliteten, vid äventyr att ansöknigen om byggnadslov eljest förklaras förfallen (55 § 2 mom.).

Byggnadslagen m. fl. nyss nämnda författningar innehåller också åtskilliga bestämmelser, som omedelbart reglerar byggande och andra nu aktuella åtgärder. Dessa bestämmelser synes dock knappast ge stöd för att vid prövning av ansökan om byggnadslov ta särskild hänsyn till de i Götaälvdalen rådande stabilitetsförhållandena.

Den tidigare behandlade förordningen om brandfarliga varor innehåller en del bestämmelser av intresse. Där stadgas bl. a., att lokaler och utrymmen för förvaring av brandfarlig vara skall vara så utförda och inredda att betryggande säkerhet föreligger för att vid förvaringen skada icke vållas genom brand eller annorledes. Vidare stadgas, att cistern ovan jord skall anbringas på säkert underlag och så att för cisternen och dess tillbehör farliga sättningar icke uppstår. Underjordisk cistern skall förläggas så att cisternen med tillbehör icke skadas till följd av sättningar. Framhållas må emellertid att dessa bestämmelser i första hand riktar sig mot brandfaran.

Sammanfattningsvis kan sägas, att byggnadslagstiftningen och med stöd därav meddelade föreskrifter och även annan lagstiftning innefattar möjlig-

heter att förhindra vissa företag som här är i fråga eller att göra sådana företag beroende av med hänsyn till stabilitetsförhållandena påkallade villkor. Dessa möjligheter är dock ofullständiga.

Emellertid bör länsstyrelsens befogenheter till upprätthållande av allmän ordning och säkerhet kunna användas, då det med hänsyn till stabilitetsförhållandena är motiverat att hindra viss bebyggelse e. d. och byggnadslagstiftningen inte ger tillräcklig möjlighet att göra detta. Enligt länsstyrelseinstruktionen (7 § 1 mom.) äger länsstyrelsen att för upprätthållande av allmän ordning eller säkerhet stadga erforderliga viten. Denna bestämmelse anses ge länsstyrelsen omfattande befogenheter. Då allmän säkerhet kan anses vara äventyrad, kan länsstyrelsen meddela föreskrifter som är ägnade att undanröja de aktuella riskerna samt stadga vite för överträdelse därav. Sådana föreskrifter skall dock vara ändamålsenliga och får inte göras mer ingripande än ändamålet kräver. Bebyggelse eller annat företag, som av hänsyn till markstabiliteten bör förhindras, är uppenbarligen av beskaffenhet att äventyra allmän säkerhet. Genom föreskrift av länsstyrelsen enligt länsstyrelseinstruktionen kan därför ett sådant företag förbjudas vid vite. Ifall förhållandena är sådana, att företaget bör kunna tillåtas endast om särskilda stabiliseringsåtgärder (t. ex. avschaktning eller pålning) utföres, bör länsstyrelsen kunna förbjuda företaget, om inte stabiliseringsåtgärderna kommer till stånd.

Föreskrifter av sist angivet slag är inriktade på enskilda fall, där bebyggelse e. d. redan är aktuell. Med stöd av 7 § 1 mom. länsstyrelseinstruktionen kan emellertid länsstyrelserna även utfärda generella föreskrifter. Tänkbart är sålunda att för ifrågasvarande områden vid Göta älv eller delar av dessa områden stadga förbud vid vite att överhuvud utföra här avsedda företag, givetvis med möjlighet för länsstyrelsen att medge undantag från förbudet. Det kan dock ifrågasättas, om inte föreskrifter av detta innehåll i regel skulle innebära större ingrepp än som är nödvändigt. Frågan synes lämpligen kunna lösas på så sätt, att länsstyrelserna fäster byggnadsnämndernas uppmärksamhet på saken och förklarar sig i princip beredda att i förekommande fall på föranstaltande av byggnadsnämnden inskrida med stöd av tidigare angivna stadganden i länsstyrelseinstruktionen.

Den, som i fall som de nu aktuella av hänsyn till allmän säkerhet förbjudes att vidta viss åtgärd, bör rimligtvis inte vara berättigad till ersättning av det allmänna för den skada han därigenom lider, bl. a. med hänsyn till att det som regel ligger i företagarens eget intresse att åtgärden ej kommer till utförande.

Av det anförda torde framgå, att gällande lagstiftning erbjuder relativt fullständiga möjligheter att bringa bebyggelse m. m. inom områdena närmast Göta älv under en på markstabiliteten inriktad kontroll samt att, om det med hänsyn till stabilitetsförhållandena är erforderligt, förhindra sådana företag eller göra dem beroende av särskilda villkor.

Med hänvisning härtill förordar kommittén, att länsstyrelserna i Göteborgs och Bohus samt Älvsborgs län ävensom styrelserna (drätselkamrarna och kommunalnämnderna) och byggnadsnämnderna i kommunerna i Göta-älvdalen anmodas att på grund av rasriskerna i dalgången ägna markstabiliteten tillbörlig uppmärksamhet vid bebyggelse och annan anläggningsverksamhet inom de områden närmast älven, som fixeras i förut angiven ordning. Vidare bör:

1. De båda länsstyrelserna anbefallas att till behandling i vederbörlig ordning ta upp frågan om utomplansbestämmelser, enligt de nya reglerna i byggnadslagstiftningen, för de delar av nyssnämnda områden som inte täckes av stadsplan eller byggnadsplan.
2. Byggnadsnämnderna anbefallas *att* vid prövning av ansökningar om byggnadslov inom dessa områden särskilt beakta markstabiliteten, *att* även i fall, där byggnadslovsskyldighet ej föreligger, därstädes öva kontroll över bebyggelse, över inrättande av fast cistern eller annan anordning för oljor eller kemikalier samt över andra företag vilka innebär att belastningen ändras, såsom fyllning och inrättande av upplag, *samt att*, om företag som nu sagts av hänsyn till stabilitetsförhållandena bör förhindras eller göras beroende av villkor men detta ej kan ske på grundval av nämndens författningssenliga befogenheter, anmäla förhållandet till länsstyrelsen för eventuella åtgärder enligt länsstyrelseinstruktionen.

Det kan möjligen inge betänkligheter att, såsom nu föreslagits, grunda ingrepp i den enskildes rådighet över sin egendom på en sådan författning som länsstyrelseinstruktionen. Kommittén anser dock tillräckliga rättssäkerhetsgarantier ligga i rätten att anföra besvär över länsstyrelsens beslut. Vidare räknar kommittén med att byggnadsnämnden resp. länsstyrelsen i de allra flesta fall skall kunna på övertygelsens väg få vederbörande att beakta stabilitetssynpunkterna, varför tvångsingripande skulle komma att behövas endast i rena undantagsfall.

C. Kommunikationslederna

I kapitel 2 har lämnats vissa uppgifter om kommunikationslederna i Göta-älvdalen.

Vad beträffar det *allmänna vägnätet* har såsom framgår av kapitel 3 (sid. 29) under kommitténs medverkan kommit till stånd en omläggning av riksväg nr 45 på sträckan strax norr om tätbebyggelsen i Lilla Edet. Denna vägomläggning motiverades bl. a. av otillfredsställande stabilitet på den gamla vägsträckningen. I övrigt har kommittén, som härvidlag samrått med representanter för väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, inte funnit tillräcklig anledning att förorda någon omläggning av det allmänna vägnätet. Då det gäller framtiden är avsikten, såvitt framgått av uttalanden av vederbörande vägmyndigheter, att bibehålla europaväg nr 6 och länsväg nr 625 väster om

älven samt riksväg nr 45 öster om älven i stort sett i nuvarande sträckningar genom dalgången. De viktigaste f. n. aktuella utbyggnaderna av vägnätet är bron över älven vid Jordfallet, tunnelförbindelsen vid Tingstad och bron över älven vid Färjenäs.

Vid vägbyggnadsföretag, särskilt inom ett område som Götaälvdalen, måste markstabiliteten tillmätas avgörande betydelse. De katastrofala följder ett skred kan få för en allmän väg belyses av händelserna i Surte den 29 september 1950. Då förstördes riksvägen på sträckan genom skredområdet. Vid skredet i Göta var riksvägen i farozonen. Med hänsyn till de följder en ny liknande händelse kan få för människor, egendom och trafikens obehindrade fortgång måste det sörjas för att nya vägar förläggas till säkra områden. Då i samband med vägbyggen stabilitetsförhållandena skall bedömas, måste hänsyn även tas till att den belastning och de skakningar som trafiken medför kan påverka stabiliteten i omgivningen i ogynnsam riktning. I framtiden bör vägbyggnadsföretag icke utföras i älvdalen utan att det är uppenbart eller genom ingående undersökningar klarlagtts att aktuella områden kommer att vara fria från rasrisker. I detta sammanhang bör begreppet älvdalen ges en vid omfattning. Dit bör hänföras hela det område, där de för Götaälvdalen kännetecknande grundförhållandena är förhanden, således även sidodalgångar till Göta älv. Med vägbyggnad avser kommittén här, i överensstämmelse med terminologin enligt 4 § lagen den 30 juni 1943 om allmänna vägar (SFS 1943 nr 431), förutom anläggning av ny väg även omläggning och förbättring av väg.

I förberedelsearbetena för Jordfallsbron och Tingstadstunneln — Färjenäsbron grundlägges på fast mark — har ingått omfattande stabilitetsundersökningar, vid vilka SGI medverkat. Dessa har resulterat i att, ehuru marken i och för sig anses stabil, vittgående förstärkningar i form av pålning m. m. kommer att vidtas på grund av den belastning anläggningarna beräknas medföra.

Kommittén har tidigare (sid. 113 o. f.) föreslagit förstärkningsåtgärder m. m. inom områden som berör allmän väg.

Detta gäller sålunda området på västra älvstranden vid Ellesbo (72,7—73,6), vilket direkt berör europaväg nr 6. De där i syfte att sänka grundvattnet föreslagna ytterligare filterbrunnarna torde som tidigare nämnts bli utförda inom en snar framtid. Genom den föreslagna övervakningen och regleringen av bebyggelse m. m. synes vidare garantier skapas för att området mellan vägen och älven icke bebygges eller användes såsom upplagsplats o. d. förrän erforderliga ytterligare undersökningar utförts.

Området på östra älvstranden vid Agnesberg—Ekeberg (78,0—80,0) berör riksväg nr 45. Även här synes föreslagen grundvattensänkning komma till stånd. Tidare har (sid. 110) påpekats, att vid Ekeberg markpåkänningen är ganska hög inom ett brantare terrängavsnitt. Man bör därför helst undvika att där belasta marken med byggnader, upplag o. d. Vidare

bör vid omläggning av riksvägen, som avses gå fram vid foten av ifrågavarande sluttning, väljas ett sådant profilplan att man undviker en skärning som kan äventyra stabiliteten. Den nämnda belastningen med byggnader, upplag o. d. få övervakas i likhet med vad nyss nämnts. Vad som anförs om framdragning av riksvägen vid en omläggning bör beaktas av vägmynigheterna.

Kommittén har tagit del av en den 28 juni 1961 av SGI till vägförvaltningen i Älvsborgs län avlämnad rapport angående mätning av rörelser i marken invid riksväg nr 45 på en sträcka utmed skredområdet i Göta (se även sid. 106). I denna rapport uttalas att — även om observerade rörelser i jorden får anses vara tämligen måttliga och åtminstone f. n. inte torde innebära någon fara för vägens bestånd — det speciellt med hänsyn till konstaterad grundvattenstrycksstegring är önskvärt att pågående observationer fortsättes. Rörelsemätningarna bör dock kunna äga rum med något större tidsintervall än förut, medan avvägning och portrycksmätning bör utföras med en månads mellanrum som hittills. Kommittén förutsätter att vägförvaltningen kommer att följa SGI:s rekommendationer.

Fråga om byggande av allmän väg skall enligt 14 § lagen om allmänna vägar prövas av väg- och vattenbyggnadsstyrelsen efter samråd med länsstyrelsen. Kommittén får därför föreslå, att vad kommittén här anfört i fråga om vägbyggnadsföretag i Götaälvdalen bringas till väg- och vattenbyggnadsstyrelsens och till länsstyrelsernas i Göteborgs och Bohus samt Älvsborgs län kännedom för beaktande vid prövning av frågor om sådana företag.

Av de större skred, för vilka redogjorts i kapitel 2, träffade skredet i Surte och det i Guntorp *Bergslagsbanan* med allvarliga skadeverkningar för trafiken som följd. Ett nytt skred som drabbar järnvägen kan — förutom hinder för trafiken — under olyckliga omständigheter medföra förluster i människoliv och enskild egendom. Det är enligt kommitténs mening oundgängligt att markstabiliteten på järnvägssträckningen genom Götaälvdalen ägnas fortlöpande uppmärksamhet. Kommittén har i dessa frågor haft överläggningar med representant för järnvägsstyrelsen, varvid kommittén informerats om utförda stabilitetsundersökningar och om förstärkningsåtgärder som vidtagits. Kommittén utgår från att järnvägsstyrelsen, som är ansvarig för säkerheten i järnvägstrafiken och för övrigt förfogar över en särskild geoteknisk avdelning, ägnar de säregna grundförhållandena i älv-dalen all uppmärksamhet.

Här må tilläggas att av de områden, för vilka kommittén (sid. 112 o. f.) föreslagit förstärkningsåtgärder m. m., området på östra älvstranden vid Älvängen (57,0—58,0) och det på östra älvstranden vid Agnesberg—Ekeberg (78,0—80,0) berör järnvägssträckningen.

Från de synpunkter, kommittén har att anlägga, tilldrar sig farleden i Göta älv *Trollhätte kanal* stort intresse. Skreden i Surte och Göta medförde under första tiden totalt avbrott i kanaltrafiken, det förra i 21 dagar och det senare i 28 dagar, varefter trafik i begränsad omfattning kunde äga rum under 33 och 112 dagar vid resp. tillfällen. Vid båda dessa avspärrningar blev tonnage, som befann sig ovan spärrarna, liggande överksamt under viss tid (se sid. 17 och 153). Härtill kommer övriga förluster genom det hinder i kanaltrafiken som avspärrningarna medförde. Farledens återställande kostade i båda fallen statens vattenfallsverk avsevärda belopp, sammanlagt över 11 000 000 kr.

Varje skred ut i älven kan betyda såväl förluster i människoliv och privat egendom som även avbrott i kanaltrafiken. De föreslagna och delvis vidtagna förstärkningsåtgärderna beträffande området på västra älvstranden vid Ströms sluss (35,8—37,9) är i väsentlig mån motiverade av bebyggelse inom detta område, men därtill kommer även den stora betydelse som slussen vid Ström har för kanaltrafikens upprätthållande. De övriga områden, för vilka kommittén föreslagit förstärkningsåtgärder, berör till stor del farleden, och med hänsyn härtill är det synnerligen angeläget att åtgärderna blir utförda. I olika sammanhang har av SGI uttalats, att breddning eller fördjupning av farleden liksom muddring eller utfyllning i denna och annan åtgärd däri som kan inverka på stabiliteten bör äga rum endast om det är klarlagt att åtgärden inte innebär några risker. Bestämmanderätten i dessa frågor tillkommer i första hand statens vattenfallsverk som förvaltar farleden. Kommittén får därför föreslå, att vattenfallsstyrelsen för beaktande i framtiden delges vad nu anförts.

Tidigare har i olika sammanhang nämnts, att utbyggnad av Trollhätte kanal till större kapacitet kan bli aktuell. Vattenfallsstyrelsen har sålunda i ett år 1954 avgivet remissyttrande (se sid. 17) redovisat en utredning som innebär en fördjupning av farleden till 5,4 m djupgående. Fråga föreligger dessutom om anläggning av kanal mellan Vänersborg och Uddevalla med avsevärt större kapacitet än nuvarande Trollhätte kanals (sid. 117). Som alternativ härtill kan ifrågasättas en utbyggnad av den nuvarande kanalen till motsvarande kapacitet. I en utredning om en sådan utbyggnad av Trollhätte kanal måste påtagligen ingå undersökningar och utredningar om i vilken mån stabilitetsförhållandena påverkas och vilka åtgärder som erfordras med anledning härav.

D. Beredskapsorganisation

Enligt direktiven skall kommittén beakta behovet av beredskap mot nya rasolyckor.

Såsom framgått av redogörelsen för katastroferna i Surte och Göta medförde dessa omfattande skadeverkningar. Någon särskild beredskap mot

rasolyckor fanns vid dessa tillfällen av naturliga skäl inte. Trots detta lyckades vederbörande samhällsorgan att i samverkan med berörda industri-företag m. fl. tillfredsställande bemästra situationen. Med länsstyrelsen som ledande och samordnande organ sattes snabbt tillgängliga resurser in på själva räddningsarbetet och vad därmed sammanhängde samt rasområdets och trafikledernas återställande. Formerna för det samarbete som blev nödvändigt och mycket annat måste visserligen improviseras, men verksamheten synes det oaktat ha fortgått effektivt.

Inom kommittén har, med tanke på att möjligheten av nya rasolyckor inte helt kan uteslutas, diskuterats att tillskapa en särskild beredskapsorganisation för Götaälvdalen. I och för sig skulle en sådan organisation inte vara något unikt. Motsvarigheter utgör t. ex. den fjällräddningstjänst som är organiserad i landets nordliga delar. Den tidigare (sid. 27) omnämnda promemorian med synpunkter på de åtgärder, som bör vidtas av de lokala myndigheterna vid skred eller skredfara i älvdalen, har syftat till att ute i kommunerna få till stånd en viss beredskap. Promemorian har delgivits älvdalskommunernas styrelser. I kommunerna har också vidtagits mer eller mindre omfattande dispositioner på denna punkt. Den i Lilla Edets köping tillskapade organisationen har särskilt framhållits i det föregående. Då den utgör ett gott exempel på en synnerligen långt gående beredskap, lämnas här en kort redogörelse för densamma.

Organisationen har byggts upp med stöd av erfarenheter från Götakatastrofen och med beaktande av de allmänna synpunkter, som framförts i kommitténs promemoria. Den är i första hand avsedd att träda i verksamhet vid skred eller skredfara inom köpingen.

Organisationen består av frivillig personal och har tillkommit genom samarbete mellan de kommunala myndigheterna och ortens två stora industrier, Lilla Edets Pappersbruks AB och Göta Bruk AB. Dess verksamhetsområde omfattar hela köpingen. Enligt för organisationen gällande bestämmelser skall den efter kallelse ställa sig till förfogande även vid skred eller skredfara i grannkommunerna.

Arbetsuppgifterna har fördelats på följande huvudavdelningar, räddnings- och röjningsavdelning, utrymnings- och inkvarteringsavdelning, ordnings- och vaktavdelning samt reservavdelning.

I spetsen står en organisationschef, som har att utöva befäl på olycksplatsen samt leda arbetet tills dessa uppgifter ev. övertas av annan. Som organisationschefens närmaste män tjänstgör fyra avdelningschefer, som var och en svarar för en av nämnda avdelningar.

Dessa avdelningars sammansättning och viktigaste arbetsuppgifter är följande:

Räddnings- och röjningsavdelningen består av brandkårspersonal, såväl borgarbrandmän som industribrandmän, tre arbetslag om vardera 20 man samt ett sjukvårdslag om 20 personer (ortens röda korskår). Avdelningens främsta arbetsuppgift vid ett olyckstillfälle är att omedelbart påbörja räddningsarbetet antingen det gäller människor eller egendom. Avdelningen är kompetent och utrustad för upp-
röjning och liknande uppgifter.

Utrymnings- och inkvarteringsavdelningen består av 50 personer och tjänstgör även som sambandscentral. För detta ändamål har den till sitt förfogande kortvågsradio och fälttelefoner med utbildad personal. Vidare finns personal för person-

registrering, utrymning och inkvartering, skrivgöromål samt förplägnad (medlemmar i ortens husmodersförening). Dessutom har avdelningen till sitt förfogande personbilar med förare (bilkårister). Avdelningens första och viktigaste uppgift är att snarast möjligt söka få besked om vilken eller vilka som kan befaras ha omkommit eller vistats inom olycksområdet. Avdelningen skall också i förekommande fall ordna utspisning bland de av olyckan drabbade och de i räddningsarbetet deltagande. Det ankommer också på avdelningen att ordna med ev. utrymning av bostadsområden samt inkvartering av hemlösa och i räddningsarbetet deltagande personal av olika kategorier.

Ordnings- och vaktavdelningen består av tre ordningsgrupper om vardera 10 man (främst civilförsvarspoliser) samt en hemvärnsgrupp om 28 man. Avdelningen sorterar under polischefen eller det vid tillfället tjänstgörande polisbefälet. Avdelningen har att biträda polispersonalen med ordningens upprätthållande på och invid olycksplatsen samt svarar för den vakthållning, som kan bli aktuell.

Reservavdelningen, som består av specialister av skilda slag, omfattar två skärbrännarpatruller om vardera 4 man, en domkraftpatrull om 2 man, en Warsop-sprängpatrull om 2 man, en snickarpatrull och en elreparatörspatrull om vardera 4 man samt 8 man chaufförer och reservpersonal. Avdelningen svarar för att organisationen tillhörig materiel vid skred eller skredfara forslas fram. Som framgår av avdelningens sammansättning består den av specialister som kan sättas in allt efter omständigheterna.

Organisationen förutsätter, att larm om skred eller skredfara ges till polis eller brandkår, varefter de i organisationen ingående personerna larmas per telefon efter för varje avdelning uppgjord särskild telefonlista. Detta system är utformat med tanke på de ringa kostnader det medför. Det har vid hittills genomförda övningar visat sig vara tillfyllest.

Organisationen tillhörig materiel, som bekostats av kommunen och industrierna gemensamt, har upplagts i tre depåer i köpingen. Vid larm inställer sig vederbörande vid dessa depåer efter uppgjord plan och hämtar var och en sin utrustning. På bilar transporteras de därefter till olycksplatsen.

Organisationen har haft flera övningar. Dels har det gällt telefonlarmövning utan inställelse och dels har det gällt övning med hela organisationen på fingerad olycksplats. Samtliga övningar har givit vid handen att organisationen snabbt kan vara i arbete.

En beredskap av här avsett slag bör såvitt möjligt byggas upp på sådant sätt att organisationen kan användas vid olika slags olyckor och alltså inte enbart vid rasolyckor. För en lokal beredskapsorganisation finns möjligheter att få nyttja civilförsvarets resurser, både personella och materiella. I sådant syfte bör organisationen träda i kontakt med länsstyrelsens civilförsvarssektion. Flera kommuner bör kunna samverka om en kommunal beredskapsorganisation, antingen så att alla de samverkande kommunerna står för organisationen, eller så att en av dem gör detta men tillhandahåller de andra kommunerna sin organisation vid behov. En sådan samverkan synes lämpligen kunna grundas på avtal mellan kommunerna.

I promemorian med synpunkter på de åtgärder, som bör vidtas av de lokala myndigheterna vid skred eller skredfara i älv dalen, har förutsatts att beredskapsåtgärder vidtas på det kommunala planet och inte centralt. Kommittén finner inte en central organisation vare sig påkallad eller lämplig i

detta sammanhang utan rekommenderar att kommunerna ordnar med erforderlig beredskap. Denna synes få anpassas till förhållandena i resp. kommuner.

Såsom tidigare framhållits har ifrågavarande promemoria delgivits styrelserna i älvdalskommunerna. Därutöver synes i beredskapssyfte den här lämnade redogörelsen för beredskapsorganisationen i Lilla Edets köping jämte kommitténs uttalande i anslutning därtill böra delges styrelserna. Detta kan ske genom vederbörande länsstyrelser. Det bör även ankomma på länsstyrelserna att bistå kommunerna med råd och anvisningar i denna fråga.

De statliga kommunikationsverkens uppgifter vid en eventuell rasolycka blir närmast att i den mån deras verksamhet beröres sörja för uppröjning och trafikledens återställande. Verken förfogar av andra anledningar över resurser, som väl motsvarar kraven på att snabbt kunna utföra uppröjning m. m. Kommittén förutsätter, att verksledningarna har sin uppmärksamhet inriktad på möjligheterna till snabbt ingripande vid en sådan katastrof som här avses och, om utvecklingen ger anledning därtill, förstärker sina resurser i detta avseende.

Önskvärdheten av en beredskap i fråga om att omhänderta eller oskadliggöra olja som runnit ut i älven har något behandlats i kommitténs förenämnda promemoria. Beträffande resurserna härför har inhämtats följande (avser förhållandena i januari 1962).

Trollhätte kanalverk förfogar i Trollhättan och Trollhätte kraftverk i Stenungsund över viss länsmateriel.

Göteborgs hamn förfogar själv över en länsa men anlitar vanligen privata firmor i Göteborg, vilka förfogar över länsmateriel och moderna tankbilar med vakuumaggregat för sugning av slam och annan orenlighet samt resurser för att rena eller oskadliggöra omhändertagen olja.

Vissa oljeföretag i Göteborg disponerar också över länsmateriel.

Ehuru den sålunda tillgängliga materielen relativt snabbt bör kunna forslas fram till en olycksplats i älvdalen, måste man på grund av avstånden och andra orsaker räkna med viss tidsutdräkt. Det skulle därför ur de synpunkter kommittén företräder vara fördelaktigt, om kanalverket anskaffade ytterligare en länsa med placering mellan Trollhättan och Göteborg, förslagsvis i Lilla Edet där kanalverket har förrådsutrymmen och personal som är i tjänst dygnet om.

E. Fortsatt övervakning av stabilitetsförhållandena

1. Uppföljning av erosionsundersökningen

Den under åren 1958—1960 i SGU:s regi utförda undersökningen av erosionen i Götaälvdalen har lämnat värdefulla upplysningar om erosionsförloppet och dess inverkan på stabiliteten. Vid undersökningen har förutsatts,

att det framtida erosionsförloppet skulle följas och övervakas, speciellt inom avsnitt där erosionen har en direkt effekt på stabiliteten.

De processer, varigenom kohesionsmaterial (t. ex. lera) påverkas av strömmande vatten och av vågrörelser, är ofullständigt kända. Processerna som sådana har emellertid stor praktisk betydelse i detta sammanhang. De bör bli föremål för grundläggande laboratoriestudier. Vid geografiska institutionen i Uppsala har inom ordinarie anslagsram utförts vissa förberedande laboratorieundersökningar rörande korrusion (nötning) av leror. En fortsättning kräver dock större resurser. Från institutionens sida har upplysts, att inom American Society of Civil Engineers nyligen bildats en kommitté för studium av just ifrågavarande processer. Uppsalainstitutionen har möjligheter att få färskta uppgifter om amerikanska resultat förutsatt att institutionen själv kan bidra till diskussionen. Götaälvskommittén får understryka det angelägna i att institutionen sättes i tillfälle att fortsätta de undersökningar som nu är i fråga. SGI bör också ägna problemet sin uppmärksamhet.

Med hänsyn till de allvarliga konsekvenser som den pågående erosionen kan medföra för stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen, bör erosionsförloppet kontrolleras fortlöpande. Av vad som tidigare anförts framgår, att det närmast är stranderosionen uppströms Lilla Edet och djuperosionen nedströms Lilla Edet som bör bli föremål för denna kontroll. På hemställan av kommittén har vattenfallsstyrelsen avlämnat ett förslag till uppföljning av erosionsundersökningen. Vattenfallsstyrelsens förslag innebär följande:

Stränderna på den ca 18,5 km långa sträckan mellan Trollhättan och Lilla Edet har vid den utförda erosionsundersökningen uppdelats och delsträckorna har graderats efter erosionsintensiteten. Sammanlagda längden av de sträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», »aktiv» eller »delvis aktiv», är ca 15 km (enkel strand). Härav anges ca 3 km ha »mycket aktiv» erosion. (Se kartbil. 2.)

Det bästa sättet att följa *stranderosionens förlopp uppströms Lilla Edet* synes vara att jämföra sektioner, tagna vid olika tidpunkter. Sektioner ned till vattenlinjen kan erhållas antingen med hjälp av flygfotografering och fotogrammetrisk bearbetning eller med direkt sektionering för hand. Flygfotografering ger utan tvivel större överskådlighet än direkt sektionering. Erosionen på strandplanet under vattenytan torde endast kunna studeras med hjälp av pejlingssektioner, vilka lämpligen bör sträcka sig ca 20 m ut från strandlinjen.

Eftersom risken för ras på grund av erosion under vattenlinjen torde vara förhållandevis liten, förefaller det vara rimligt att begränsa antalet pejlingssektioner och endast förlägga sådana inom de områden, som enligt geoteknisk undersökning visat dålig stabilitet. Förslagsvis väljes i huvudsak de pejlingssektioner, som användes vid den utförda erosionsundersökningen, ca 85 st. Däremot bör sektioneringen över vattenlinjen göras tätare. Eftersom kostnaderna för sådan sektionering är tämligen höga, lämnas fyra alternativa förslag med kostnadsuppgifter.

Alt. 1.

Flygfotografering av de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», »aktiv» och »delvis aktiv», d. v. s. ca 15 km strand. Fotogrammetrisk sektionering c/c 20 m (avstånd mellan sektionerna) inom de områden där erosion förekommer. 85 st pejlingssektioner. Kostnaderna uppskattas bli:

	Sektionering över v.y.	Pejling under v.y.	Summa
Första mätning	65 000 kr	5 000 kr	70 000 kr
Följande mätningar per gång	45 000 kr	5 000 kr	50 000 kr

Alt. 2.

Flygfotografering av de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», »aktiv» och »delvis aktiv», d.v.s. 15 km strand. Fotogrammetrisk sektionering c/c 20 m inom de områden där erosion förekommer, men i huvudsak endast på de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», d.v.s. ca 3 km strand. Vid första mätningen utföres dock fullständiga arbeten för stornät och höjdstöd, så att sektioner senare kan framtas vid behov även inom övriga delsträckor. 85 st pejlingssektioner. Kostnaderna uppskattas bli:

	Sektionering över v.y.	Pejling under v.y.	Summa
Första mätning	45 000 kr	5 000 kr	50 000 kr
Följande mätningar per gång	25 000 kr	5 000 kr	30 000 kr

Alt. 3.

Flygfotografering av de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», »aktiv» och »delvis aktiv», d.v.s. ca 15 km strand. Fotogrammetrisk sektionering c/c 20 m inom de områden, där erosion förekommer, men i huvudsak endast på de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», d.v.s. ca 3 km strand. Inom övriga delar av 15 km-sträckan markeras endast de punkter, som erfordras för att man senare vid behov skall kunna fullständiga stornät och höjdstöd samt framta fotogrammetrisk sektioner. 85 st pejlingssektioner. Kostnaderna uppskattas bli:

	Sektionering över v.y.	Pejling under v.y.	Summa
Första mätning	35 000 kr	5 000 kr	40 000 kr
Följande mätningar per gång	25 000 kr	5 000 kr	30 000 kr

Alt. 4.

Sektionering c/c 20 m för hand inom de områden, där erosion förekommer, men i huvudsak endast på de delsträckor, där erosionen betecknats som »mycket aktiv», d.v.s. ca 3 km strand. 85 st pejlingssektioner.

Detta alternativ, som närmast bör jämföras med alt. 3, har medtagits för att belysa kostnaderna vid sektionering för hand. Det bör observeras, att man med detta alternativ inte får den överskådlighet, som flygfotograferingen ger. Man har ingen möjlighet att vid behov framta utgångsuppgifter om övriga delar av 15 km-sträckan. Kostnaderna uppskattas bli:

	Sektionering över v.y.	Pejling under v.y.	Summa
Första mätning	15 000 kr	5 000 kr	20 000 kr
Följande mätningar per gång	12 000 kr	5 000 kr	17 000 kr

Ett alternativ med sektionering för hand av hela 15 km-sträckan under samma förutsättningar i övrigt som vid alt. 1 har genomräknats. Det visar sig därvid, att kostnaderna blir högre än i alt. 1 samtidigt som överskådligheten blir sämre.

Alt. 2 och 3 synes ge tillräckliga upplysningar om erosionsförloppet, förutsatt att man årligen besiktigar även de delar av erosionssträckan, där sektioner ej tas annat än vid behov. Skillnaden mellan alt. 2 och 3 består i att vissa arbeten och

kostnader för framtagning av extrasektioner i alt. 3 uppskjutes tills behov föreligger.

De två första mätningarna bör utföras med ett icke alltför långt mellanrum, för att man så snart som möjligt skall få en uppfattning om erosionsintensiteten. Tiden mellan dem bör förslagsvis vara två år. Efter den andra mätningen bör man kunna bedöma, när nästa mätning skall göras. Mätning vart femte år i fortsättningen synes vara ett rimligt antagande.

Av erosionsundersökningen framgår, att *djuperosion huvudsakligen förekommer på vissa sträckor nedströms Lilla Edet*. Även om intensiteten synes vara låg, medför dock denna erosion en långsam försämring av stabilitetsförhållandena. Därför föreslås att pejlingar utföres vart femte år i ca 180 redan befästa sektioner, belägna nedströms Göta. Kostnaderna uppskattas bli:

Första mätning	20 000 kr
Följande mätningar per gång	17 000 kr

I anslutning till vad tidigare anförts får kommittén föreslå, att erosionsförloppet i Göta älv underkastas fortlöpande kontroll. Kontrollen bör enligt kommitténs mening avse stranderosionen uppströms Lilla Edet och i denna del omfatta de mätningar m. m. som redovisas såsom alt. 3 i vattenfallsstyrelsens förslag. Detta alternativ synes ge tillräckliga informationer. Första mätningen bör om möjligt sättas in under år 1963. Tiden mellan denna och den andra mätningen föreslås till två år. Efter den andra mätningen får övervägas när nästa mätning skall göras. Vidare föreslår kommittén att kontroll av djuperosionen nedströms Lilla Edet, i överensstämmelse med vattenfallsstyrelsens förslag, anordnas vart femte år genom pejlingar i ca 180 redan befästa sektioner nedströms Göta. Den första pejlingsomgången bör sättas in år 1964 eller 1965. Frågan om periodiciteten kan möjligen behöva omprövas efter denna pejlingsomgång.

Sedan flygfotografering, sektionering och pejlingar utförts, skall de data som därvid kommit fram uppritas, bearbetas och värderas. De slutsatser vartill materialet kan ge anledning skall också redovisas för de i fråga om stabilitetsförhållandena ansvariga myndigheterna. Dessa arbeten medför också viss kostnad, vars storlek blir beroende på resultatet av mätningarna.

Då det gäller att avgöra vilket organ som skall sörja för den föreslagna kontrollen av erosionsförloppet och undersökningsmaterialets bearbetning, synes valet komma att stå mellan statens vattenfallsverk, som förvaltar farleden, samt SGI. På i det följande anförda skäl kommer kommittén att föreslå, att uppgifter som sammanhänger med den samlade övervakningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen såvitt möjligt sammanföres till ett organ och att detta organ blir SGI. Med hänsyn härtill synes lämpligt, att SGI får sörja även för den fortsatta kontrollen av erosionsförloppet och vad därmed sammanhänger. Intet hindrar i så fall att SGI i praktiken löser sina uppgifter på så sätt att institutet uppdrar delar av arbetet åt annan.

Hur länge den kontroll av erosionsförloppet som nu föreslagits behöver fortsättas, kommer att bli beroende på de rön man får fram på basis av

undersökningarna och det fortsatta studiet av erosionsprocessernas inverkan på lerorna.

2. Uppföljning i övrigt av de geologisk-geotekniska undersökningarna

Vissa geotekniska undersökningar som ursprungligen planerats har, såsom tidigare (sid. 118) uppgivits, inte kunnat utföras. Detta gäller undersökning i fem sektioner norr om Trollhättan, undersökningar i kontrollsyfte i ytterligare ett par sektioner på västra älvstranden strax nedströms Bondeström, undersökningar i några tillämnade kontrollsektioner på västra älvstranden vid Ballabo och ungefär mitt emot på östra stranden vid Kärra samt viss kontrollborrning vid Kattleberg. Kommittén får föreslå, att här avsedda undersökningar genom SGI:s försorg fullföljes enligt de ursprungliga planerna. Särskilt angeläget synes vara att undersökningen norr om Trollhättan kommer till stånd. Genom att denna uteblivit har sträckan Vänersborg—Trollhättan inte alls kommit med i den definitiva undersökningsetappen. Bedömningen av stabiliteten på denna ur flera synpunkter mycket betydelsefulla älvsträcka — ett flertal större tyngre industrier är bl. a. belägna här — har därför i stort sett fått grundas på en relativt ytlig rekognoscering.

Ett viktigt led i de geologisk-geotekniska undersökningarna har varit observationer av vattentryck, släntrörelser m. m. För detta ändamål har under olika skeden av undersökningarna varit anordnade fältmätstationer på ett stort antal platser i älvdalen (platser för dylika mätstationer finns utmärkta på kartbil. 1). Vid ett antal av SGI anordnade mätstationer har det ansetts angeläget att låta observationerna fortgå. Det kan också visa sig påkallat att sätta in observationer av denna art på nya ställen. SGI har förklarat det önskvärt att nu nämnda observationer fortsätter åtminstone så länge att man kan ernå säkrare uppfattning om variationerna i de undersökta förhållandena, vilka visat ett påtagligt beroende av klimatet. Den tidrymd under vilken observationerna bör fortgå har uppskattats till fem år. Kommittén ansluter sig till SGI:s önskemål på denna punkt.

Såsom framgår av den tidigare redogörelsen äger inom vissa strandområden fortgående förändringar rum, vilka kan konstateras vid ett iakttagande på ytan. Erosionen förändrar sålunda strandkonturen och orsakar tämligen regelbundet mindre ras. I områdena innanför stranden uppkommer sprickor i marken o. s. v. Förändringar av detta slag kan indicera att stabiliteten är i fara. Ett mindre ras kan t. ex. under olyckliga omständigheter föra med sig ett större skred. Förändringarna bör därför så långt möjligt hållas under kontroll. Vidare bör beskaffenheten av anordningar, som tillkommit för att säkra stabiliteten, i första hand erosionsskydd, fortlöpande kontrolleras.

Kanalverkets personal har stora möjligheter att i sitt dagliga arbete göra iakttagelser beträffande här avsedda förhållanden. Den bör därför instrue-

ras att ägna särskild uppmärksamhet åt saken och att rapportera iakttagelser av intresse till verkets ledning. Motsvarande bör gälla vägförvaltningarnas samt statens järnvägars personal. Göta älvs vattenvårdsförbund torde enligt vad som upplysts vara villigt att, om erforderliga instruktioner lämnas, tillse att rapportering sker beträffande förhållanden av här avsedd art vilka iakttas i förbundets inspektionsverksamhet. Vidare har byggnadsnämnderna av kommittén föreslagits bli lokala organ för övervakning och reglering av bebyggelse m. m. I anslutning härtill synes det naturligt att nämnderna sörjer för att förändringar inom resp. kommuners strandområden hålles under observation. Gjorda iakttagelser bör inrapporteras till vederbörande länsstyrelse, som tar ställning till om det är påkallat att vidarebefordra dem till det centrala organ (SGI), som enligt kommitténs förslag i det följande skall svara för övervakningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen.

Vid sidan av att kanal-, väg- och järnvägspersonalen, vattenvårdsförbundets inspektörer samt byggnadsnämnderna på sätt angivits ägnar uppmärksamhet åt förändringar inom strandområdena och att gjorda iakttagelser bringas till SGI:s kännedom, är det önskvärt att SGI regelbundet självt utför inspektioner av strandområdena. Vid dessa inspektioner bör särskild uppmärksamhet ägnas åt strandområden, där erosion konstaterats pågå men vilka inte ingår i den tidigare föreslagna uppföljningen av erosionsundersökningen.

I anslutning till det anförda får kommittén föreslå, att de båda länsstyrelserna resp. vattenfallsstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen samt järnvägsstyrelsen anmodas tillse att här avsedd observation på det lokala planet av strandområdena och rapportering av gjorda iakttagelser kommer till stånd. Ett motsvarande samarbete med Göta älvs vattenvårdsförbund bör etableras av de båda länsstyrelserna.

3. Den fortsatta övervakningens organisation m. m.

Såsom framgår av de förut i detta kapitel förda resonemangen bör, då det gäller kommunikationslederna i älvdalen, vederbörande statliga verk — väg- och vattenbyggnadsverket, statens järnvägar och vattenfallsverket — liksom hittills svara för övervakningen av stabilitetsförhållandena inom resp. verksamhetsområden. Enligt vad kommittén vid överläggningar med de tre verken inhämtat är någon utökning av dessas resurser för handläggningen av dessa frågor inte behövlig. Den reservationen får dock göras att det för geotekniska specialundersökningar, särskilt sådana av större omfattning, kan bli nödvändigt att anlita SGI eller någon konsulterande ingenjersfirma.

I övrigt bör ansvaret för frågor som sammanhänger med övervakningen av markstabiliteten enligt vad som tidigare anförts lokalt ligga på byggnadsnämnden. På länsplanet bör motsvarande ansvar ligga på länsstyrelsen.

Varken byggnadsnämnderna eller länsstyrelserna förfogar emellertid över teknisk sakkunskap på ifrågavarande område. De frågor det här gäller kan vara av sådan art, att myndigheterna med nödvändighet måste ha möjlighet att i tekniska spörsmål vända sig till ett kvalificerat organ som är i stånd till en samlad bedömning av stabilitetsfrågorna i älvdalen. SGI synes vara den enda institution, som har tillräckliga erfarenheter av Götaälvdalen för att uppfylla dessa krav. SGI:s fortsatta uppgifter beträffande älvdalen bör emellertid inte vara begränsade till att förse myndigheterna med erforderlig teknisk expertis. Överhuvud är av praktiska skäl nödvändigt, att uppgifter som sammanhänger med den samlade övervakningen såvitt möjligt sammanföres till ett centralt organ. Detta organ måste ha resurser att samla och bearbeta resultat av redan utförda och kommande undersökningar. Det måste också ha överblick över förhållandena i hela dalgången och vara rustat att göra bedömningar som myndigheter, kommuner, industriföretag och andra kommer att behöva. Kommittén får därför föreslå, att SGI får till uppgift att fungera som centralt organ i den fortsatta övervakningen av stabilitetsförhållandena.

Då det gäller stabiliteten i Götaälvdalen skall enligt kommitténs förslag *byggnadsnämndernas* åliggande bli *att* vid behandlingen av planläggningsfrågor ägna tillbörlig uppmärksamhet åt stabilitetsförhållandena, *att* på det lokala planet handha övervakningen och regleringen av bebyggelse m. m., samt *att* sörja för att förändringar inom strandområdena hålles under observation och gjorda iakttagelser därom rapporteras. Byggnadsnämndens uppgift sådan den anges i 1 § byggnadsstadgan är att öva inseende över hur kommunens område bebygges. Åtskilligt av de åligganden som här föreslagits faller in under stadgans formulering. Beträffande t. ex. observationen av strandområdena kan det bli fråga om viss utvidgning av nämndens verksamhet. Möjligen skulle härför krävas, att tillägg i detta syfte göres till den nämnda bestämmelsen i stadgan. Enligt kommitténs mening bör det dock vara tillfyllest att Kungl. Maj:t i det beslut, varigenom länsstyrelserna anbefalles tillse att avsedd observation av strandområdena kommer till stånd (se sid. 143), förutsätter att observationen skall ske under byggnadsnämndernas medverkan.

Det torde vara praktiskt att byggnadsnämndernas i älvdalen speciella åligganden då det gäller stabilitetsförhållandena sammanställas i en särskild, av vederbörande länsstyrelser utfärdad instruktion. Denna bör även innefatta en sammanfattande redogörelse för de utförda geologisk-geotekniska undersökningarna och för nämndernas möjligheter att få råd och upplysningar i stabilitetsfrågor.

Länsstyrelsernas åliggande skall enligt kommitténs förslag bli följande. Beträffande av kommittén föreslagna förstärkningsåtgärder, vilka enligt det förut anförda torde komma att utföras, skall vederbörande länsstyrelser följa utvecklingen och vidta av denna betingade åtgärder. För övriga av

kommittén föreslagna förstärkningsåtgärder skall länsstyrelserna i den utsträckning medel anvisas låta utarbeta arbetsplaner. I dessa fall, liksom eljest då stabilitetsförbättrande åtgärder utföres på grund av hänsyn till befintlig bebyggelse eller andra allmänna intressen, skall vederbörande länsstyrelse öva inseende över arbetena. Vid prövning av stads- och byggnadsplaner skall länsstyrelsen ägna tillbörlig uppmärksamhet åt stabilitetsförhållandena. Motsvarande gäller beträffande övervakningen och regleringen av bebyggelse ävensom handläggningen av frågor som rör det allmänna vägväsendet. Om en skredkatastrof skulle inträffa, har länsstyrelsen att ytterst leda och samordna olika åtgärder som då blir nödvändiga. I den fortsatta övervakningen av stabilitetsförhållandena skall länsstyrelsen vidare tillse, att av kommittén föreslagen observation av strandområdena kommer till stånd. De nu uppräknade länsstyrelseuppgifterna utgör emellertid endast exempel. Enligt 5 § länsstyrelseinstruktionen åligger det generellt länsstyrelse att övervaka att allmän ordning och säkerhet upprätthålles i länet samt att, i händelse något däremot stridande förekommer, erforderliga åtgärder blir vidtagna. Detta åliggande måste anses innebära skyldighet för länsstyrelserna i Götaälvdalen att ägna stabilitetsförhållandena där nödig uppmärksamhet samt vidta alla de åtgärder, inom rimliga gränser, som påkallas för att hindra skador å person och egendom.

Någon ändring av de berörda länsstyrelsernas interna organisation torde ej påkallas för behandlingen av nu nämnda frågor. Det torde räcka att en kvalificerad tjänsteman (förslagsvis länsassessorn på planeringssektionen) såsom föredragande får ansvar för behandlingen inom länsstyrelsen av alla frågor som har samband med stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen. Denne tjänsteman bör givetvis vara kontaktman med SGI, kommunerna och andra.

För att underlätta samarbetet mellan de båda länsstyrelserna kan övervägas, att en och samma person under normala förhållanden blir föredragande i Götaälvsfrågor hos båda länsstyrelserna. Detta kan ordnas på det sättet, att t. ex. planeringsassessorn vid den ena länsstyrelsen av Kungl. Maj:t erhåller särskilt förordnande att vara föredragande i dessa frågor jämväl vid den andra länsstyrelsen.

Kommittén har föreslagit, att SGI skall fungera som centralt organ vid övervakningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen. Vissa av institutets uppgifter i detta sammanhang har särskilt angivits.

SGI skall sålunda medverka vid tillsynen över förstärkningsarbeten, som kan komma att utföras, samt sörja för den fortsatta kontrollen av erosionsförloppet och vad därmed sammanhänger. Vidare har föreslagits att vissa geotekniska undersökningar, som planerats men inte blivit utförda, skall fullföljas genom SGI samt att vissa av institutet arrangerade observationer av vattentryck, släntrörelser m. m. fortsättes. I den föreslagna övervakningen av förändringar inom strandområdena skall SGI inta en aktiv roll. Kompletteringar av de allmänna geologisk-geotekniska undersökningarna, var-

till den fortsatta övervakningen kan ge anledning, bör likaså handhas av SGI.

De geologisk-geotekniska undersökningarna har avsatt ett omfattande undersökningsmaterial. Statliga verk, kommuner och enskilda har också låtit utföra stabilitetsutredningar i älv dalen. Sådana torde även komma till stånd i framtiden. Det skulle uppenbarligen vara av värde för den framtida verksamheten, om de utredningar som rör stabiliteten i älv dalen så långt möjligt kunde förvaras centralt och katalogiseras. En stor del av det material som här avses finns redan hos SGI. Kommittén anser, att den materialsamling institutet redan har bör utvecklas till ett Götaälv sarkiv. För dettas aktualitet och vård bör institutet ansvara även i framtiden.

SGI:s föreslagna åliggande att vara centralt organ skulle även innebära, att institutet skall bearbeta nytt undersökningsmaterial som framkommer och göra de bedömningar vartill detta ger anledning. Överhuvud skall institutet ägna stabilitetsförhållandena i älv dalen fortlöpande uppmärksamhet. Anses framställningar till Kungl. Maj:t, myndigheter eller enskilda påkallade, skall sådana framställningar göras. Detta blir t. ex. fallet, om nya undersökningar eller förstärkningsarbeten aktualiseras. I alla frågor av större intresse skall institutet samråda med vederbörande länsstyrelse. Länsstyrelserna bör också orienteras om vad institutet erfar i sin ifrågavarande verksamhet. Kommittén förutsätter även, att det samarbete mellan SGI och SGU som pågått under hela Götaälv utredningen kommer att fortsätta.

SGI:s här nämnda uppgift att handlägga Götaälv s frågor förutses av kommittén normalt inte bli så omfattande att den kommer att motivera utökning av institutets personal. Inom institutet torde det omedelbara ansvaret för dessa frågor bära sammanföras till en kvalificerad tjänsteman, som jämväl får fungera som kontaktman med länsstyrelserna.

Enligt den för SGI gällande, den 18 juni 1958 utfärdade instruktionen (SFS nr 442) har institutet att inom landet biträda statlig myndighet och enskild järnvägsförvaltning samt, i den mån arbetet i övrigt det tillåter, kommunal myndighet och enskild med geotekniska undersökningar och utredningar m. m. För utförda uppdrag äger institutet uppbära ersättning enligt särskilt fastställda grunder. SGI har hittills stått myndigheter i älv dalen, i första hand länsstyrelserna och byggnadsnämnderna, till tjänst med råd och upplysningar i frågor som sammanhänger med grundförhållandena. Denna rådgivning har i stor utsträckning varit kostnadsfri. En fortsatt rådgivnings- och upplysningsverksamhet från SGI:s sida utgör en av förutsättningarna för att den verksamhet, som föreslagits skola åvila länsstyrelser, byggnadsnämnder och andra myndigheter i Götaälv dalen, skall bli effektiv. Kommittén förutsätter, att SGI:s medverkan därvidlag, liksom hittills (Kungl. brev den 27 maj 1949) blir kostnadsfri i vad avser yttranden m. m., för vilka inte erfordras särskilda fältundersökningar, laboriearbeten eller annat mera omfattande utredningsarbete.

Kommittén vill i detta sammanhang gå in på den i direktiven berörda frågan om att inrätta ett särskilt organ — mer eller mindre fast anknutet till SGI — med uppgift att handlägga geotekniska frågor i Västsverige, bl. a. älvdalens stabilitetsproblem. Vid Chalmers tekniska högskola inrättas från och med den 1 juli 1962 en professur i geoteknik med grundläggning och i anslutning därtill kommer en särskild institution för dessa ämnen att byggas upp. Om en SGI-filial inrättas skulle en förläggning till Göteborg möjliggöra en samverkan mellan denna och högskoleinstitutionen.

Bortsett från Mellansverige är för SGI:s vidkommande uppdragsfrekvensen störst i Västsverige. Utgår man ifrån att en filial till institutet skall inrättas, är det därför naturligt att förlägga den till Göteborg. Ur de synpunkter kommittén företräder skulle det givetvis vara till fördel med en filial i Göteborg. Kommittén finner emellertid inte Götaälvdalsfrågorna utgöra tillräcklig grund för en sådan filialbildning och framlägger därför inte något förslag härom.

I frågor som rör SGI:s organisation har kommittén samrått med den enligt Kungl. Maj:ts den 30 juni 1960 lämnade bemyndigande tillkallade utredningen angående statens geotekniska instituts arbetsuppgifter och organisation.

F. Kostnadsfrågor och vissa därmed sammanhängande spörsmål

Då kommittén i kapitel 6 föreslagit *förstärkningsåtgärder* i form av avschaktningar och erosionsskydd på västra älvstranden mellan Intagan och Torp i Inlands Torpe kommun — vilka arbeten approximativt kostnadsberäknats till 800 000 kr — har kommittén förklarat, att det principiella spörsmålet om vem eller vilka som slutligt bör bekosta sådana åtgärder skulle behandlas senare.

Vid bedömningen av detta spörsmål spelar det aktuella områdets karaktär en viss roll. Områdena mellan Intagan och Torp är i stort sett inte byggda utan användes till åker och betesmark. Skred inom områdena skulle med största sannolikhet inte beröra länsvägen Kungälv—Trollhättan, som går fram väster om älven. Någon järnväg finns inte här. Däremot skulle ett skred, i varje fall ett sådant av större omfattning, beröra farleden och ev. även kraftstationerna i älven. Förstärkningsåtgärderna motiveras därför, förutom av markägarnas intresse, av farleds- och kraftverksintresset samt av hänsyn till att människor vid ett eventuellt skred tillfälligt kan uppehålla sig på platsen. De som på grund härav kan tänkas bära bidra till kostnaderna för förstärkningsåtgärder är markägarna och staten, den sistnämnda såsom förvaltare av farleden och ägare av kraftverken samt bärare av intresset av att allmän säkerhet upprätthålles. Vidare kan möjligen hävdas att kommunen bör bidra. Av dessa synes i här angivna fall markägarna utan vidare kunna elimineras ur sammanhanget. Deras ekonomiska intresse

i saken är i allmänhet relativt obetydligt, och någon rättslig grund för att ålägga dem att bidra kan knappast göras gällande. Vad beträffar kommunen bör påpekas att kostnaderna för de förstärkningsåtgärder kommittén föreslår till alldeles övervägande del belöper på områden belägna i Inlands Torpe kommun. Det synes i och för sig föga rimligt, att en enda kommun skulle belastas med någon mera avsevärd del av de relativt stora kostnader det här är fråga om. Något allmänt kommunalt ansvar för i enskild ägo befintlig icke tätbebyggd mark torde inte föreligga. Enligt kommitténs mening bör på grund av det anförda förstärkningsåtgärder inom sådana områden som dem mellan Intagan och Torp bekostas av staten. Kommittén har därför ansett, att den arbetsplan för arbetena mellan Intagan och Torp som måste utföras bör komma till stånd genom statens försorg. Kungl. Maj:t har också (se sid. 122) den 25 juli 1962 på framställning av kommittén uppdragit åt länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län att låta utarbeta en arbetsplan jämte kostnadsberäkning samt medgivit att för ändamålet 20 000 kr får tas i anspråk av nedan omförmälda vattenregleringsavgifter.

Kostnadskrävande förstärkningsåtgärder är emellertid aktuella även inom områden av annan karaktär än de nu nämnda. Sålunda föreslås avschaktning, anordnande av erosionsskydd och komplettering av befintliga erosionsskydd på västra älvstranden vid Ströms sluss, även i Inlands Torpe kommun, vilka arbeten kostnadsberäknats till 327 000 kr (se sid. 119). Dessa arbeten motiveras främst av hänsyn till befintlig äldre bebyggelse. Detsamma är fallet med föreslagen komplettering av erosionsskydd m. m. på östra älvstranden inom ca 200 m uppströms Smörkullen, vilket arbete approximativt kostnadsberäknats till 50 000 kr. Det statliga intresset av den allmänna säkerheten är särskilt framträdande då det gäller tätbebyggelse. Det låter sig svårigen göra att ur ett ev. ansvar för tillkomsten av ifrågavarande äldre bebyggelse härleda någon skyldighet att bekosta förstärkningsåtgärder. Att belasta fastighetsägarna — det gäller här egna hem — med sådana kostnader torde f. ö. av sociala skäl vara uteslutet. Kommittén har därför ansett, att även inom de båda nu nämnda områdena erforderliga förstärkningsåtgärder bör bekostas av staten. På framställning av Inlands Torpe kommun har också arbetsmarknadsstyrelsen den 20 juli 1962 (se sid. 36) medgivit, att arbetena vid Ströms sluss får utföras såsom statskommunalt beredskapsarbete och att kostnaderna intill högst 327 000 kr får gäldas av till styrelsens förfogande stående medel.

I kostnadssammanhang intar *kostnader för erosionsskydd* på visst sätt en särställning. Eftersom erosionen utövar en fortgående försämrande inverkan på statabiliteten, vill man med dessa skydd på särskilt utsatta ställen hindra eller i varje fall mildra erosionen. Såsom tidigare utvecklats råder ett påtagligt samband mellan erosionens verkningar och vattenföringen i älven (se sid. 58). Den sistnämnda har emellertid varit föremål för vattenrättslig bedömning.

Västerbygdens vattendomstols dom den 19 juni 1937 i mål angående Vänerens reglering och andra domar i saken innehåller bestämmelser om dämning och tappning vid Vargön, Trollhätta och Lilla Edet. Dessa anknyter, då det gäller Trollhättan och Lilla Edet, till tidigare meddelade bestämmelser. I Vänerdomen behandlades även den ökning av erosionen som antogs bli en följd av regleringen. Syftet var att söka hindra markförluster eller i andra hand att beräkna ersättningar till markägare. Domstolen byggde på en utredning av SGU. Beträffande sträckan Vargön —Lilla Edet fann domstolen regleringens utförande icke innebära risk för ökad erosion. Alla yrkanden i detta avseende lämnades därför utan bifall. Beträffande sträckan nedströms Lilla Edet uttalade domstolen följande. Då markförlust orsakad av erosion eller släntskred även efter regleringen komme att bli obetydlig, fann domstolen någon ersättning för sådan förlust ej böra utgå. Däremot ansåg domstolen, att av regleringen orsakad ökning i risk för släntskred innebar visst intrång för en del strandägare. För sådant intrång tilldömdes vissa strandägare ersättning. På andra sträckor skulle vattenfallsverket antingen utföra strandskydd eller ock till vederbörande strandägare utge ersättning motsvarande kostnaderna för strandskydds anordnande. Strandskydd skulle därvid utföras som enkel glacis (strandskonings), vilande på en bakfyllning av sprängsten av 0,5 m tjocklek. Glacisen skulle ha en lutning utåt av 1:1 och sträcka sig minst från dåvarande strandhakets nivå upp till nivån för blivande högsta möjliga strandhak. För strandskonings framtida underhåll utdömdes viss ersättning.

De utdömda intrångsersättningarna utgör genomgående obetydliga belopp. Föreskrifterna om intrångsersättning eller strandskonings avser fastigheter i Lilla Edets köping, Tunge socken i Lödöse kommun och Västerlanda socken i Inlands Torpe kommun.

Om den uttagbara vattenkraften i ett strömfall ökas genom vattenreglering, är ägaren av fallet under vissa förutsättningar skyldig utge en årlig regleringsavgift (4 kapitlet 14 § vattenlagen den 28 juni 1918). Enligt vad som nu gäller skall avgiften av vattendomstolen bestämmas till belopp utgörande i regel minst 3 och högst 8 kr för varje turbinhästkraft som ökningen omfattar. Avgiften bestämmas för tio år i sänder. Influtna avgifter skall, efter närmare bestämmelser som meddelas av Kungl. Maj:t, användas dels till förebyggande eller minskande av skada eller olägenhet, som vållas genom företaget och för vilken ersättning icke blivit av vattendomstolen bestämd, samt till gottgörelse för sådan skada eller olägenhet, dels ock för tillgodoseende av annat ändamål beträffande den bygd, som beröres av företaget, såsom jordbrukets främjande, särskilt genom jords torrläggning, eller beredande av tillgång till elektrisk kraft för samfärdsel, jordbruk, hantverk eller småindustri eller eljest för befolkningens behov (4 kapitlet 15 § vattenlagen). I domen angående Vänerens reglering bestämdes

regleringsavgiften till 1 kr 25 öre per nytillkommen turbinhästkraft, vilket blir för Vargöfallet 1 021 kr, för Trollhättefallen 7 244 kr och för Lilla Edet-fallet 1 544 kr. Enligt då gällande regler var minimi- och maximibeloppen lägre än nu. I regleringsavgifter inflyter f. n. 9 809 kr om året för 7 847 nytillkomna turbinhästkrafter. Emellertid har kammaradvokatfiskalsämbe-tet numera yrkat höjning av regleringsavgiften till 5 kr per nytillkommen turbinhästkraft. Ämbetet har därvid bl. a. åberopat den ökade erosionen.

Av inbetalda regleringsavgifter innestod den 1 januari 1962 oanvänt ett belopp av ca 87 000 kr. Tidigare har, enligt särskilda beslut av Kungl. Maj:t, använts sammanlagt 70 000 kr till försöksverksamhet inom jordbruket i Göteborgs och Bohus, Älvsborgs, Skaraborgs och Värmlands län samt 80 000 kr till elektrifiering av öarna Lurö och Aspholmen i Vänern.

Enligt kommitténs mening skulle det vara i överensstämmelse med de nu relaterade stadgandenas både innehåll och syfte att använda medel, som inflyter i form av regleringsavgifter, till utförande av erosionskydd och ev. även andra förstärkningsåtgärder vid Göta älv.

Kommitténs förslag att SGI skall fungera som centralt organ vid *övervakningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen* skulle, utöver vissa extra-ordinära uppgifter, innebära årligen återkommande åligganden för institutet. En del av dessa åligganden är av den art att institutet, enligt de allmänna principerna för dess verksamhet, bör uppbära ersättning för deras utförande. Hit kan räknas tillsyn över förstärkningsarbetens utförande, fortsättande av observationer av vattentryck, släntrörelser m. m., övervakning av förändringar inom strandområdena samt omvårdnad om det föreslagna Götaälvsarkivet och vad därmed sammanhänger. Den föreslagna utvidgningen av institutets för mottagaren kostnadsfria rådgivnings- och upplysningsverksamhet bör också beaktas i detta sammanhang. Det kan nämnas, att för budgetåret 1962/63 (statsverksprop. 1962, kommunikationsdep. sid. 137) anvisats ett reservationsanslag om 35 000 kr till Geotekniska undersökningar i Götaälvdalen m. m., vilket anslag avser utförande av i huvudsak nu avsedda ordinarie arbetsuppgifter för SGI. Kommittén föreslår, att i fortsättningen årligen i riksstaten anvisas ett anslag till SGI för ifrågavarande uppgifter. Inom ramen för detta anslag bör medel kunna ställas till förfogande för geologisk bearbetning av föreliggande material. Anslaget bör upptas under särskild rubrik. Det bör åligga SGI att, i förekommande fall efter samråd med SGU, vid sina årliga förslag till anslagsäskanden beakta detta anslagsbehov liksom ev. behov av anslag till sådana ytterligare geotekniska undersökningar, som omförmäles här nedan.

Den av kommittén föreslagna *uppföljningen av erosionsundersökningen* och vad därmed sammanhänger skall enligt förslaget handhas av SGI. Kostnadsberäkning för uppföljningen redovisas på sid. 139 o. f. Uppföljningen

bör liksom den redan utförda erosionsundersökningen bekostas av staten, och det bör ankomma på institutet att för de budgetår, då utgifter för ändamålet blir aktuella, hos Kungl. Maj:t göra framställning angående anslag.

De (sid. 142) föreslagna *geotekniska undersökningarna* på fem platser (norr om Trollhättan etc.), där undersökningar planerats men inte blivit utförda, innebär endast ett fullföljande av de allmänna geologisk — geotekniska undersökningarna. Även de nya undersökningarna bör därför bekostas av staten. Kostnaderna beräknas uppgå till ca 75 000 kr, och kommittén får föreslå, att detta belopp ställes till SGI:s förfogande.

Den fortsatta övervakningen kan i framtiden ge anledning till att de allmänna undersökningarna bör kompletteras. I vilken omfattning kompletterande undersökningar kan komma att erfordras låter sig inte nu bedömas. Sådana undersökningar bör liksom de nyss nämnda handhas av SGI och bekostas av staten.

Nya geotekniska undersökningar kan leda till att förslag framläggs om utförande av *ytterligare förstärkningsåtgärder*. Man kan i detta sammanhang inte bortse från möjligheten att i framtiden förstärkningsåtgärder kan visa sig nödvändiga även inom områden där man f. n. inte räknar därmed. Då det skall avgöras vem som skall bekosta sådana arbeten, blir de synpunkter aktuella som anlagts vid bedömningen av vem som bör bekosta nu föreslagna förstärkningsarbeten. Kommittén anser det emellertid inte möjligt att uppdra några riktlinjer för hur kostnadsfrågorna bör lösas i framtiden. Ställningstagandet härvidlag får göras beroende av omständigheterna i de särskilda fallen.

Om en *skredkatastrof* skulle inträffa, kan liksom i Surte och Göta åtgärder från myndigheternas sida bli nödvändiga för att hjälpa människor och rädda egendom, för omedelbart erforderliga stabiliseringar samt för att återställa det av skredet drabbade området. I samband med en katastrof kan det också bli aktuellt att hålla de drabbade ekonomiskt skadeslösa. Kommittén har vid behandling av frågan om en beredskapsorganisation uttalat, att åtgärder i sådant sammanhang givetvis kan medföra utgifter för vederbörande kommun men att detta inte innebär att kommunen slutligt skall stå för alla kostnader. Inte heller i detta avseende finner kommittén möjligt att förorda några allmänna riktlinjer för kostnadsfrågornas lösande. Med hänsyn till allmän säkerhet och av sociala skäl kan det emellertid visa sig skäligen att såväl stat som kommun tar på sig vissa kostnader av ifrågavarande slag.

Nödvändigheten av att det allmänna träder emellan i sådana situationer accentueras av att det inte är möjligt att annat än i begränsad omfattning (enligt Svenska Tarifföreningens nu gällande villkor för hemförsäkring och

affärsförsäkring omfattar dessa försäkringsformer skada, som genom jordskred eller jordbävning orsakas personlig löseegendom resp. varor och inventarier) i Sverige teckna försäkring mot naturkatastrofer i egentlig mening. Fast egendom är sålunda undantagen från försäkringsmöjligheten. Det torde visserligen finnas viss möjlighet att i utlandet försäkra egendom i Sverige mot naturkatastrofer, men denna möjlighet torde i praktiken endast stå till buds då det gäller mycket värdefulla objekt.

Även i Sverige har diskuterats att införa en generell försäkring mot naturkatastrofer. Riskerna har dock ansetts alltför svårbedömbara och de av naturkatastrofer hotade områdena alltför begränsade. Det synes därför vara förenat med betydande svårigheter att finna någon form för naturskade-försäkring i Sverige. Kommittén har inte funnit rasriskerna i Götaälvdalen utgöra tillräcklig anledning att föreslå särskilda åtgärder för att få tillstånd en sådan försäkringsform i landet.

I avsnittet angående *planering* har kommittén föreslagit, att markstabiliteten ägnas uppmärksamhet, då det gäller att avgöra om ett område skall planläggas för tätbebyggelse och då vid planläggning ställning skall tas till frågan om hur marken skall disponeras för olika ändamål. Det kan då bli nödvändigt att utföra geotekniska undersökningar. Stadsplan och byggnadsplan, som det här kan bli fråga om, upprättas i regel genom kommunens försorg (24 och 107 §§ byggnadslagen). Förslag till sådan plan skall, då det överlämnas till kommunal eller statlig myndighet för antagande eller fastställelse, vara åtföljt bl. a. av utredning angående de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för planens genomförande med beaktande särskilt av grundens beskaffenhet (16 § byggnadsstadgan). Detta måste anses innebära, att den som har att sörja för planens upprättande — i regel kommunen — skall bekosta för planförslagets bedömande erforderliga geotekniska undersökningar. Dessa kostnader får anses ingå i plankostnaderna. En annan sak är, att kommunen har vissa möjligheter att få ersättning för sina plankostnader, t. ex. av markexploatör (111 § byggnadslagen).

Då det varit fråga om *reglering av bebyggelse m. m.* har kommittén föresatt, att det vid prövning av ansökan om myndighets tillstånd (t. ex. byggnadslov) till anläggningsarbete kan bli nödvändigt att kräva utredning om grundförhållandena. Det blir uppenbarligen anläggarens sak att förebringa och bekosta sådan utredning. Då ärendet avgöres kan det vidare vara påkallat att göra tillståndet beroende av villkor som innebär att visst förstärkningsarbete skall utföras. Givetvis ankommer det i sådant fall på anläggaren att bekosta detta arbete.

En speciell fråga skall något beröras i detta sammanhang. Genom Surte- och Götaskreden samt de undersökningar som följt på dessa har uppmärk-

samheten fästs på rasriskerna i älvdalen. Det kan tänkas att detta inverkat negativt på fastighetsvärdena inom områden som betraktas som särskilt utsatta. I några fall har fastighetsägare också hävdats, att det allmänna borde svara för förment *värdeminskning*. Inom ett område har vederbörande länsstyrelse, med hänsyn till rasriskerna, i enlighet med byggnadslagstiftningen träffat sådana dispositioner att byggnadsföretag inte må utföras utan länsstyrelsens tillstånd. Här har från fastighetsägarhåll gjorts gällande, att fast egendom till följd av länsstyrelsens åtgärd minskat i värde och att därför staten bör ersätta värdeminskningen. I fall som dessa har såvitt man vet ingen reell förändring i stabilitetsförhållandena ägt rum. Vad som skett är, att man blivit mer medveten om risker som länge funnits och att myndigheterna därför på en del punkter velat bringa bebyggelse o. d. under kontroll. Att under sådana omständigheter anse att det allmänna bör svara för en mer eller mindre diskutabel värdeminskning, kan enligt kommitténs uppfattning inte komma i fråga.

Ett annat speciellt problem uppkom vid skreden i Surte och Göta. Vid dessa befann sig såsom tidigare påpekats ovanför spärrarna *tonnage som blev liggande överksamt* under viss tid. Detta förhållande har lett till att det satts i fråga att staten såsom ansvarig för farleden skulle svara för de förluster som därigenom tillfogats vederbörande (redare, befraktare och andra). Några formella skadeståndskrav har dock inte framförts. Rättslig grund för dylika krav torde inte heller kunna göras gällande med hänsyn till att orsakerna till avspärrningarna otvivelaktigt varit att hänföra till force majeure.

Emellertid har efter skredet i Göta representanter för rederinäringen hos Kungl. Maj:t hemställt att redarna det oavsett skulle hållas skadeslösa av det allmänna för sina förluster till följd av skredet. Rederiföreningen för Mindre Fartyg, Hälsingborg, har framhållit att det ekonomiska läget för det mindre tonnaget sedan en längre tid är synnerligen ansträngt. Föreningen har gjort sig till talesman för 22 fartygsägare, vilkas förluster i samband med skredet beräknats uppgå till sammanlagt 166 305 kr. Redareföreningen för Sveriges Kusttankfartyg, Göteborg, har framfört liknande synpunkter. Föreningen har för de av sina huvudmäns fartyg som var ifråga beräknat bruttoförlusterna till 476 129 kr. Nettoförlusterna utgjorde enligt föreningen 65 procent av bruttoförlusterna. Verband Deutscher Küstenschiffer E. V., Hamburg, har uppgivit att 20 tyska kustmotorfartyg genom skredet blev fast i Vätern. Förlusterna för dessa har uppgivits till omkring 270 000 mark. Liknande framställningar har även gjorts av andra fartygsägare. I ifrågavarande ärende har yttranden avgivits av statskontoret och sjöfartsstyrelsen. Statskontoret har funnit sig icke kunna tillstyrka framställningarna.

Enligt sjöfartsstyrelsen kunde ersättning av statsmedel till de svenska

småfartygsredarna med åtminstone viss del av det av raset förorsakade inkomstbortfallet vara befogad. Storleken av ersättningsbeloppen syntes därvid få göras beroende av individuell behovsprövning.

Genom beslut den 25 juni 1959 har Kungl. Maj:t funnit ifrågavarande framställningar om ersättning av statsmedel ej föranleda någon åtgärd.

Lika litet som staten i princip kan ersätta värdeminskning å fast egendom kan enligt kommitténs mening ersättning av statsmedel utgå i en sådan situation som den sist angivna. Ett motsatt ställningstagande skulle leda till för statsverket svåröverskådliga konsekvenser i liknande fall. Detta hindrar inte, att det — om älven skulle avspärras genom skred i framtiden — undantagsvis av sociala skäl kan bli befogat att lämna enskilda fartygsägare ersättning. Frågan om dylik ersättning torde emellertid efter omständigheterna få prövas från fall till fall.

G. Götaälvdalens framtid

Allmänt torde kunna sägas, att de åtgärder kommittén föreslagit inte kommer att bli särdeles betungande vare sig för kommuner, företagare eller enskilda. Åtgärderna håller sig också inom en rimlig kostnadsram. Den frågan kommer säkert att ställas, huruvida man genom att följa kommitténs rekommendationer eliminerar varje risk för skredkatastrofer i framtiden. Att ge ett oreserverat svar på den frågan är, vilket tidigare torde ha framgått, inte möjligt. Lika litet har man på grundval av föreliggande utredningsmaterial rätt att söka hindra den fortsatta utvecklingen i Götaälvdalen eller, för att hålla sig till en brännbar fråga, att »utdöma» kanalleden. Vad som gäller denna gäller f. ö. även övriga allmänna trafikleder i älvdalen.

Enligt kommitténs mening bör utvecklingen i Götaälvdalen kunna fortsätta och stödjas av myndigheterna i stort sett som hittills. Vad kommittén föreslagit om planeringen samt om övervakning och reglering av bebyggelse m. m. innebär visserligen att vissa restriktioner lägges på denna utveckling, men dessa syftar inte till att förvisa industrier och annan bebyggelse från själva älvdalen utan endast till att få dem förlagda till platser med konstaterad säkerhet. Det finns gott om sådana platser i dalgången även inom områden som ur andra synpunkter är lämpade för lokalisering av industrier o. d.

Det faller utom kommitténs uppgifter att närmare gå in på den omdiskuterade frågan om en ny kanal mellan Vänersborg och Uddevalla med avsevärt större kapacitet än nuvarande Trollhätte kanals. Om förstnämnda kanal kommer till får man dock räkna med möjligheten att den nuvarande kanalen av ekonomiska skäl delvis måste läggas ner. Kommittén har i annat sammanhang uttalat, att som ett led i en ev. förberedande utredning om en kanal Vänersborg—Uddevalla bör ingå en bedömning av förutsättning-

arna för en utbyggnad av Trollhätte kanal till avsedd kapacitet och av kostnaderna för en sådan utbyggnad. Om en kapacitetsökning överhuvud är påkallad, något som kommittén inte går in på, bör nybyggnad å ena samt utbyggnad av den befintliga kanalen å andra sidan vara alternativ som kostnadsmässigt ställs mot varandra. I kommitténs arbete har intet framkommit, som utesluter möjligheten av en sådan utbyggnad av Trollhätte kanal.

Någon förflyttning av industrier eller andra befintliga arbetsplatser har kommittén inte ansett sig böra föreslå. På näringslivets lokalisering i Göta-älvdalen bör enligt det nyss anförda ur de synpunkter kommittén företräder inte läggas andra band än sådana som motiveras av intresset att bebyggelsen förlägges till säkra platser. Det nu sagda innebär, att utredningsarbetet inte gett anledning till några arbetsmarknadsproblem som kommittén har att ta ställning till.

Sammanfattning

Götaälvskommittén har haft i uppdrag att utreda vissa genom rasriskerna i Götaälvdalen aktualiserade spörsmål. I *kapitel 1* redogöres för utredningsarbetets bedrivande. Den viktigaste grunden för kommitténs arbete har utgjorts av geologisk-geotekniska undersökningar, som under åren 1954—1961 utförts i statens geotekniska instituts (SGI) och Sveriges geologiska undersöknings (SGU) regi. Dessa undersökningar har bekostats av staten och varit uppdelade i en preliminär och en definitiv etapp. För undersökningarna har disponerats i runt tal 2 200 000 kr. Arbetsfördelningen mellan de båda instituten har i stort varit följande. SGU:s uppgift har varit att upprätta en geologisk karta över dalgången, att klarlägga den karakteristiska jordlagerföljden i skilda delar av denna samt att belysa olika egenskaper hos förekommande lertyper. Vidare har SGU låtit utföra en undersökning av erosionen. SGI å sin sida har på grundval av utförda undersökningar gjort en bedömning av rådande stabilitetsförhållanden. Institutets fältundersökningar har bl. a. avsett bestämning av jordlagrens mäktighet och beskaffenhet med beaktande av rådande grundvattentryck, förekomsten av högsensitiva leror, rörelser och skred i slänter m. m. Laboratorieundersökningarna har huvudsakligen gällt lerornas hållfasthetsegenskaper.

Kapitel 2 innehåller en beskrivning av Götaälvdalen samt näringsliv och trafikleder i dalgången. Dessutom lämnas en redogörelse för inträffade större skred.

Under sitt arbete har kommittén vidtagit vissa, huvudsakligen av säkerhetshänsyn motiverade punktåtgärder. För dessa redogöres i *kapitel 3*. Kommittén har sålunda etablerat kontakt med de organ som har bebyggelselokalisering m. m. i älvdalen om hand. Vidare har i en särskild promemoria sammanställts synpunkter på åtgärder, som bör vidtas av de lokala myndigheterna vid skred eller skredfara. Med hänsyn till de svårigheter som vid skred kan uppkomma på grund av att älven användes som vattentäkt, har vissa utredningar verkställts. Dessa har dock inte gett anledning att förorda särskilda åtgärder. Kommittén har haft uppmärksamheten inriktad på aktuella vägbyggnadsföretag och i ett fall — riksvägen norr om Lilla Edet — förordat åtgärder för att påskynda en omläggning. Beträffande vissa områden på västra älvstranden, mellan Trollhättan och Ström, har kommittén vidtagit åtgärder för att hindra bebyggelse och andra stabilitetsför-

sämrande företag. Vidare har på initiativ av kommittén under år 1959 utförts förstärkningsarbeten i form av avschaktning vid Strandbacken inom området vid Ström. Dessa arbeten har utförts som statskommunalt beredskapsarbete och dragit en kostnad av ca 70 000 kr. Hela denna kostnad har utgått av statsmedel.

De geologiska undersökningarna behandlades i *kapitel 4*. Detta innehåller bl. a. en allmän översikt över Götaälvdalens geologiska utveckling med tyngdpunkt på förhållandena under kvartärtiden. En redogörelse lämnas för förekomsten av olika avlagringar, för nivåförändringar efter istiden samt lerornas lagerföljd. Genom en speciell metod har de olika sedimentens geologiska ålder kunnat bestämmas. I ett avsnitt behandlas det kemiska förloppet vid lerornas urlakning speciellt med avseende på sensitiviteten (lerans känslighet för mekanisk störning). I en sammanfattning av erosionsundersökningens resultat framhålles bl. a. erosionens betydelse för stabilitetsförhållandena. Utan åtgärder i erosionshindrande syfte förutses en oförändrad intensitet av stranderosionen uppströms och närmast nedströms Lilla Edet. Om terrängen innanför släntkrönet stiger in mot dalsidan, bildas härvid allt högre slänter, och riskerna för mera omfattande utglidningar i dessa växer. Därigenom kan även faran för skred av katastrofkaraktär öka, speciellt om leran är högsensitiv. Nedströms Lilla Edet kan djuperosion i älvfåran så småningom försämra stabilitetsförhållandena.

I *kapitel 5* behandlas de geotekniska undersökningarna. Sedan vid den preliminära undersökningen utförts en rekognoscering för gradering av skredrisken på olika älvsträckor, har vid den definitiva undersökningen företagits en mera ingående undersökning utmed de älvsträckor där enligt den preliminära bedömningen skredrisk kunde tänkas föreligga. För de härvid berörda områdena lämnas en sammanfattning av undersökningsresultatet bl. a. beträffande terrängens utformning, erosionsföreteelser, jordlagrens mäktighet och beskaffenhet, grundvattenförhållanden samt den beräknade säkerheten mot skred. Säkerhetsfaktorn definieras därvid såsom förhållandet mellan uppmätt och beräknad erforderlig skärhållfasthet. Metoder för att bestämma skärhållfastheten hos leran och bedöma stabilitetsförhållandena i slänter omnämnes. Vidare anges vilken säkerhetsfaktor man under olika förhållanden bör kräva. Beräkningarna visar, att säkerheten mot skred inom vissa områden får anses vara så låg att åtgärder bör vidtas för att förbättra stabilitetsförhållandena. Som exempel på tänkbara förstärkningar anges olika arbeten, som minskar ansträngningen i marken, ökar jordens hållfasthet eller hindrar en långsamt pågående försämring av stabiliteten. Valet av lämplig åtgärd sammanhänger med de lokala förhållandena på området i fråga, såsom strandbrinkens höjd och lutning, grundvattentryck, förekomsten av vattenförande jordlager, erosion o. d. För de områden, där förstärkning bedömts erforderlig, lämnas förslag till åtgärder.

I *kapitel 6* föreslår kommittén, på grundval av de geotekniska undersök-

ningarna, att förstärkningsåtgärder i form av avschaktningar och erosionskydd utföres på västra älvstranden mellan Intagan och Torp. Dessa arbeten har approximativt kostnadsberäknats till 800 000 kr. Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län har redan av Kungl. Maj:t erhållit uppdrag att låta uppgöra en arbetsplan jämte kostnadsberäkning för arbetena. På västra älvstranden vid Ströms sluss har, utöver redan utförd avschaktning vid Strandbacken, föreslagits ytterligare avschaktning samt utförande av erosionsskydd och komplettering av befintliga erosionsskydd för en beräknad kostnad av 327 000 kr. Medgivande har redan lämnats, att ifrågavarande åtgärder får utföras som statskommunalt beredskapsarbete. Förstärkningar såsom grundvattentryckssänkning, anordnande av erosionsskydd m. m. föreslås vidare på västra älvstranden vid Ellesbo, på östra stranden vid Fuxerna kyrka och Lilla Edets pappersbruk, på östra stranden vid Älvängen och på östra stranden vid Agnesberg — Ekeberg. Enligt vad kommittén inhämtat finns i dessa fyra fall förutsättningar för att de föreslagna åtgärderna relativt snart blir utförda genom vederbörande vägmyndigheters, kommuners och industriföretags försorg. Slutligen föreslår kommittén på östra älvstranden uppströms Smörkullen komplettering av erosionsskydd och utfläckning av strandbrinken, vilket arbete approximativt kostnadsberäknats till 50 000 kr.

Kommittén framhåller, att de utförda undersökningarna inneburit en bedömning av stabilitetsförhållandena under den förutsättningen att Götaälv-dalen i stort sett får behålla sin nuvarande karaktär. Vidare erinrar kommittén om det sätt varpå stabilitetsutredningarna bedrivits, vilket inte helt utesluter att områden med mindre god stabilitet undgått att uppmärksammas. Kommittén drar med angivna reservationer vissa allmänna slutsatser ur det utredningsmaterial, som stått till förfogande.

Kommittén framlägger i *kapitel 7* förslag i syfte att stabilitetsfrågorna skall beaktas vid stads- och byggnadsplanering i älv-dalen. Vidare föreslås, att bebyggelse m. m. underkastas på markstabiliteten inriktad övervakning och reglering. I båda dessa avseenden kan kommitténs förslag genomföras inom ramen för gällande lagstiftning.

Då det gäller kommunikationslederna förutsätter kommittén att vederbörande myndigheter ägnar grundförhållandena i älv-dalen all uppmärksamhet. Med tanke på att möjligheten av nya skredolyckor inte helt kan uteslutas, diskuteras frågan om särskild beredskapsorganisation. Redogörelse lämnas för en i Lilla Edets köping tillskapad organisation i sådant syfte. Kommittén anser, att kommunerna bör sörja för erforderlig beredskap och lämnar vissa rekommendationer på denna punkt.

Kommittén föreslår, att undersökningen av erosionsförhållandena i Götaälv-dalen uppföljes. Enligt ett av kommittén förordat kostnadsalternativ skulle kontroll av stranderosionen uppströms Lilla Edet dra en kostnad av 40 000 kr för första mätningen och 30 000 kr per gång för följande mätningar. Mellan första och andra mätningen förutsättes förflyta en tid

av två år, varefter det får övervägas när nästa mätning skall sättas in. Kontroll av djuperosionen nedströms Lilla Edet föreslås anordnad vart femte år. Kostnaden beräknas till 20 000 kr för första mätningen och 17 000 kr per gång för följande mätningar. Vissa kostnader beräknas även uppkomma för bearbetning av undersökningsmaterial.

För fullföljande i övrigt av de geologisk-geotekniska undersökningarna föreslås, att vissa ursprungligen planerade geotekniska undersökningar kommer till utförande. Kostnaden för dessa beräknas till ca 75 000 kr. Utöver detta bör man räkna med möjligheten, att ytterligare geotekniska undersökningar kan visa sig påkallade i framtiden. Kommittén föreslår vidare, att vissa observationer av vattentryck, släntrörelser m. m. fortsättes samt att strandområdena underkastas fortlöpande inspektion.

Överhuvud skall, enligt kommitténs förslag, stabilitetsförhållandena i älvdalen i fortsättningen vara föremål för övervakning av myndigheterna. I fråga om kommunikationslederna bör vederbörande statliga verk liksom hittills svara för övervakningen inom resp. verksamhetsområden. I övrigt bör ansvaret för övervakningen lokalt läggas på byggnadsnämnderna. På länsplanet bör motsvarande ansvar åligga länsstyrelserna. SGI föreslås få till uppgift att fungera som centralt organ vid den fortsatta övervakningen.

På skäl, som närmare utvecklas, anser kommittén att förstärkningsarbeten inom sådana områden som dem mellan Intagan och Torp bör bekostas av staten. Även inom de aktuella områdena vid Ströms sluss och uppströms Smörkullen har kommittén ansett, att staten bör bekosta erforderliga förstärkningsåtgärder. Uppföljningen av erosionsundersökningen liksom utförande av ytterligare geotekniska undersökningar, som allenast innebär ett fullföljande av de förut nämnda geologisk-geotekniska undersökningarna, föreslås ankomma på SGI och bekostas av staten. Vidare föreslår kommittén, att i fortsättningen årligen i riksstaten anvisas ett anslag till SGI för vissa uppgifter, som sammanhänger med övervakningen av stabilitetsförhållandena i Götaälvdalen.

Vad beträffar ytterligare förstärkningsåtgärder, som kan bli aktuella i framtiden, anser kommittén det inte möjligt att uppdra några riktlinjer för hur kostnadsfrågorna bör lösas.

Kostnadsfrågor, som kan uppkomma i samband med framtida skredkastastrofer samt vid bebyggelseplanering och regleringen av bebyggelse m. m. diskuteras av kommittén.

Slutligen gör kommittén i ett sista avsnitt av kapitel 7 vissa uttalanden om Götaälvdalens framtid.

GÖTAÄLVSUNDERSÖKNINGEN

Teckenförklaring
för Pl. 1 - 8

Älvsträcka	km	20.5 - 22.7	(Jntagan)	Pl.	1
"	km	23.0 - 25.0	(Vesten)	"	2
"	km	25.3 - 28.7	(Utby-Torpa)	"	3
"	km	34.5 - 38.0	(Smörkullen-Strandbacken)	"	4
"	km	37.0 - 42.5	(Fuxerna-Göta)	"	5
"	km	57.0 - 58.0	(Älvängen)	"	6
"	km	72.5 - 74.7	(Ellesbo)	"	7
"	km	77.5 - 80.0	(Agnesberg)	"	8

21.5 Siffror i älven utmed farledsmitt anger i kilometer farledens längdmätning

H 21.51 Siffror (km) och V eller H (vänster eller höger) utmed sektionsmarkering anger den undersökta sektionens beteckning och läge. (Sektionens skärningspunkt med farledens mittlinje)

(prel.) Sektionen undersökt i den preliminära etappen

SGU Sektionen undersökt av Sveriges geologiska undersökning.



Gräns för vissa skred inträffade under utredningens gång



utmed strandkontur avser mycket aktiv erosion



" " " aktiv erosion



" " " atterossionskydd föreslås



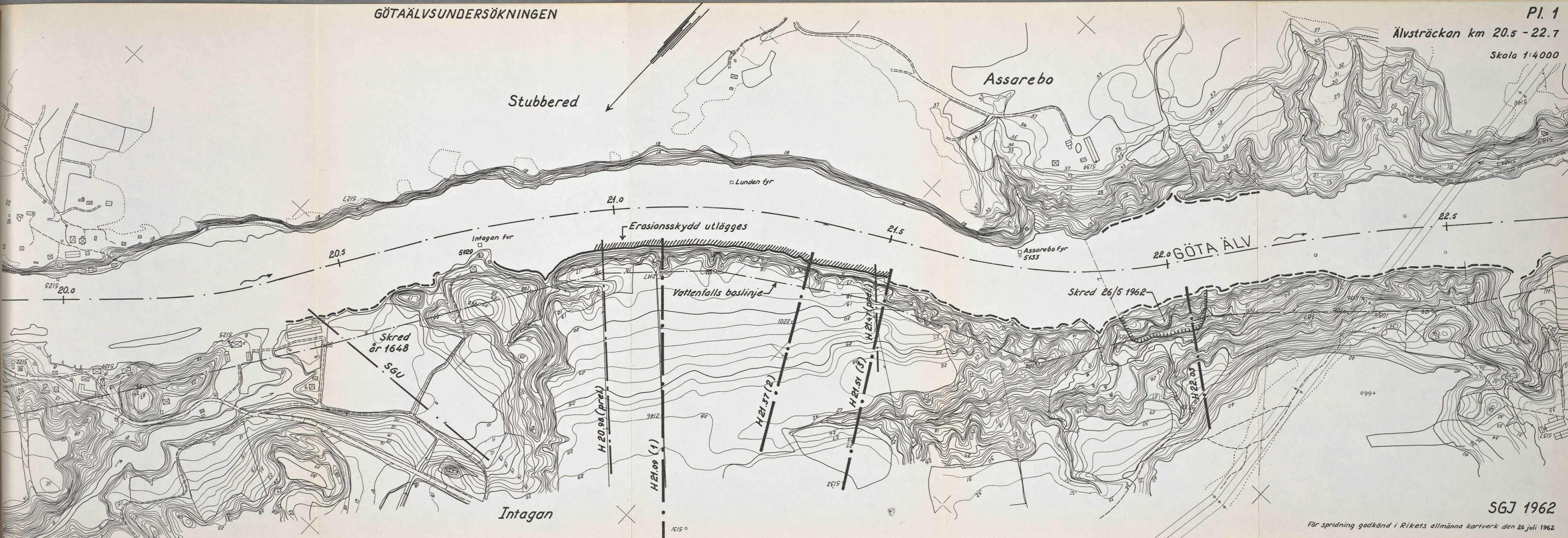
Avschaktning föreslås



" utförd

Kartunderlaget utgöres av Vattenfallsstyrelsens fotogrammetriska nivå-karta över Göta älv 1958 i skala 1:4000

SGJ 1962



STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1902:10

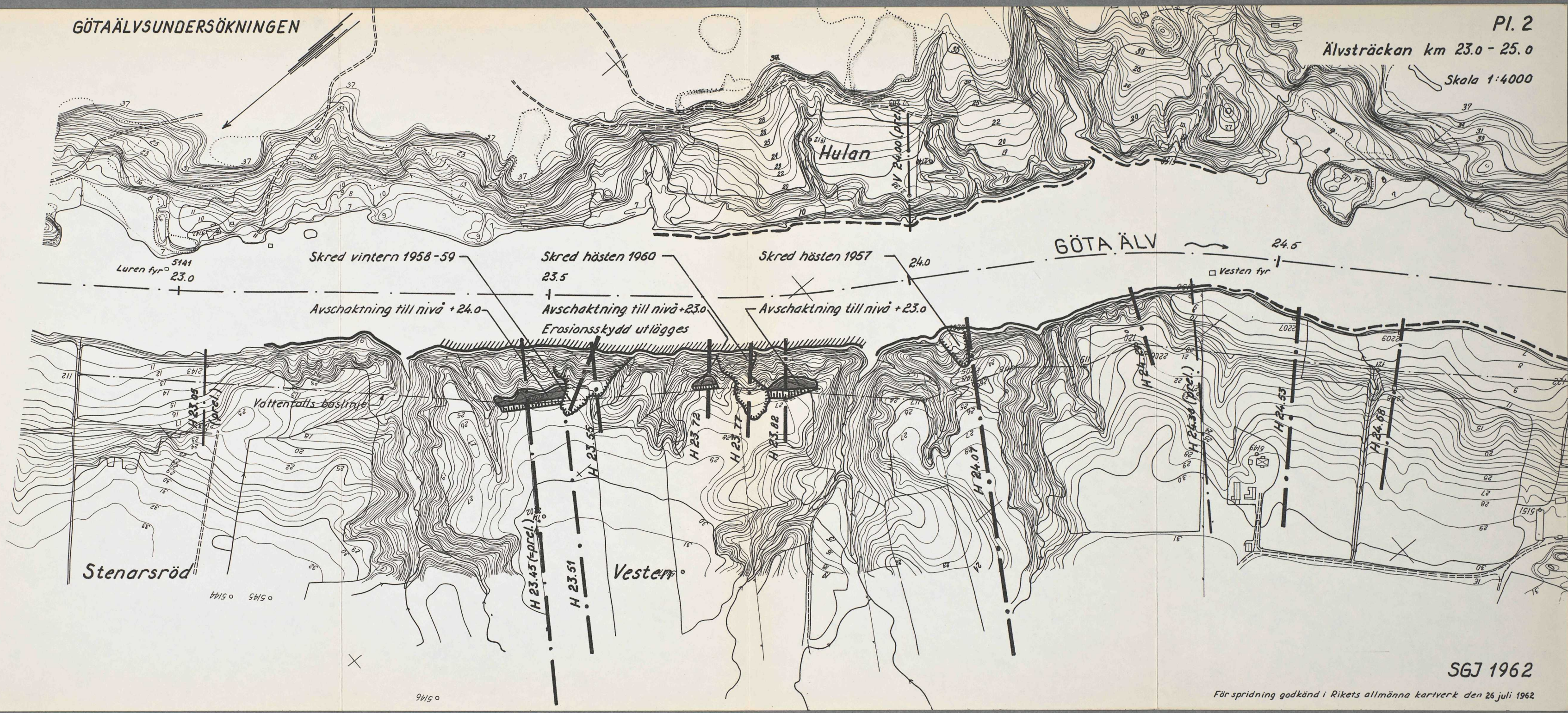
Lärkesdepartementet



RÄSRIKERNAS
I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaålvdaleskommissionen

UTGITT AV KUNSKAPSBYRÅN
STOCKHOLM 1902



Skred vintern 1958-59

Skred hästen 1960

Skred hästen 1957

GÖTA ÄLV

24.5

Vesten fyr

Avschaktning till nivå +24.0

Avschaktning till nivå +23.0

Avschaktning till nivå +23.0

Erosionsskydd utlägges

Vattenfalls baslinje

Stenarsröd

Vestem

5146

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1902:10

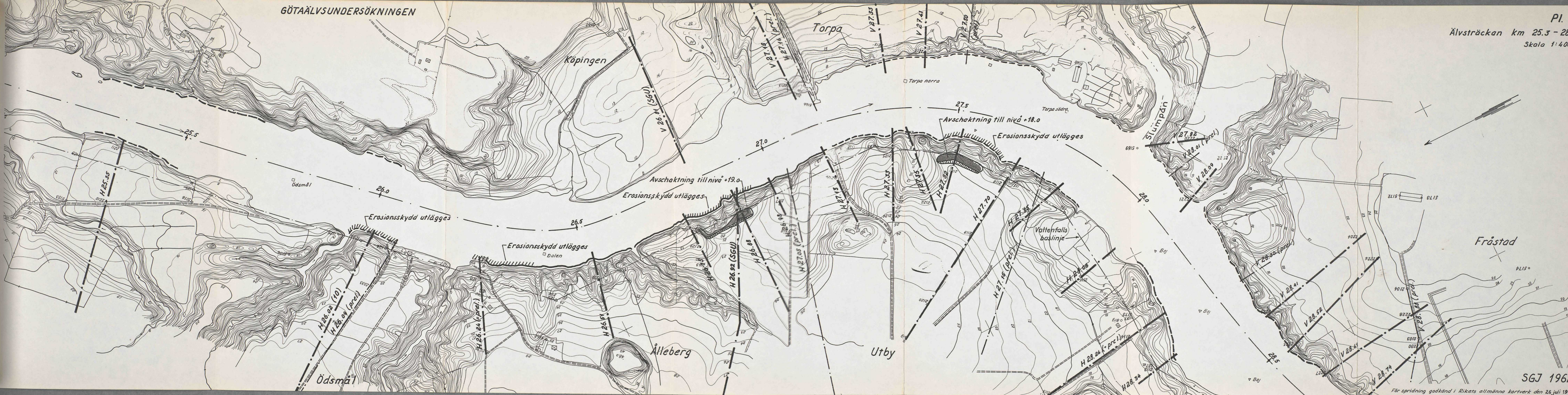
Läkemedelsdepartementet



RASRISKERNA
I GÖTAÄLVDALEN

Redovisning utgivet av Götaälvscommissionen

EMIL KILBOM'S TRYCKERI A. S.
STOCKHOLM 1902



STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

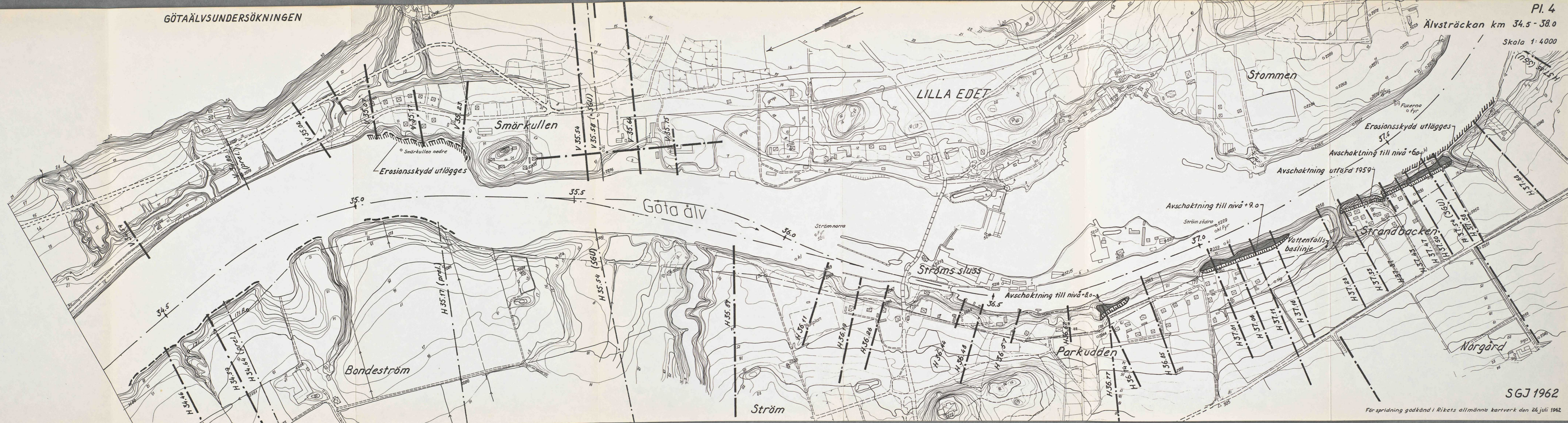
Läkemedelsdepartementet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaälvsmyndigheten

UTGITT AV GÖTAÄLVSMYNDIGHETEN
STOCKHOLM 1962



STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

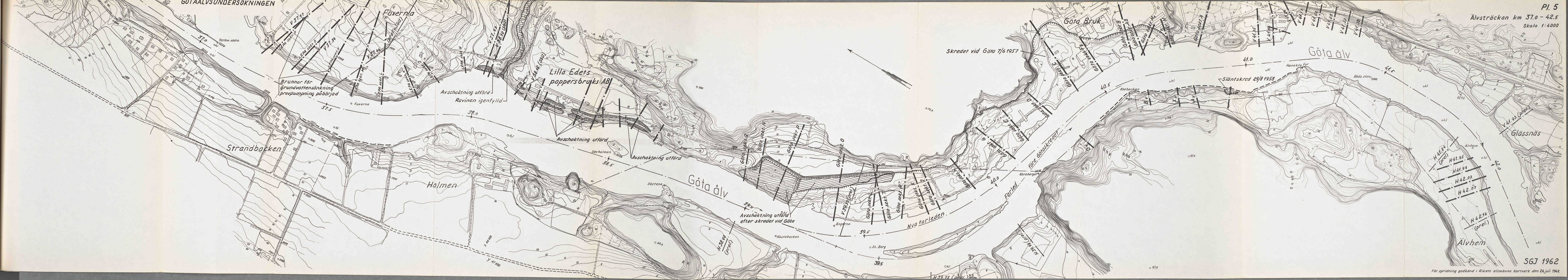
Läkemedelspolitiska



RÄSRIKERNAS I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Göta läskommittén

UTGITT AV RÄSRIKERNAS
STOCKHOLM 1962



STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

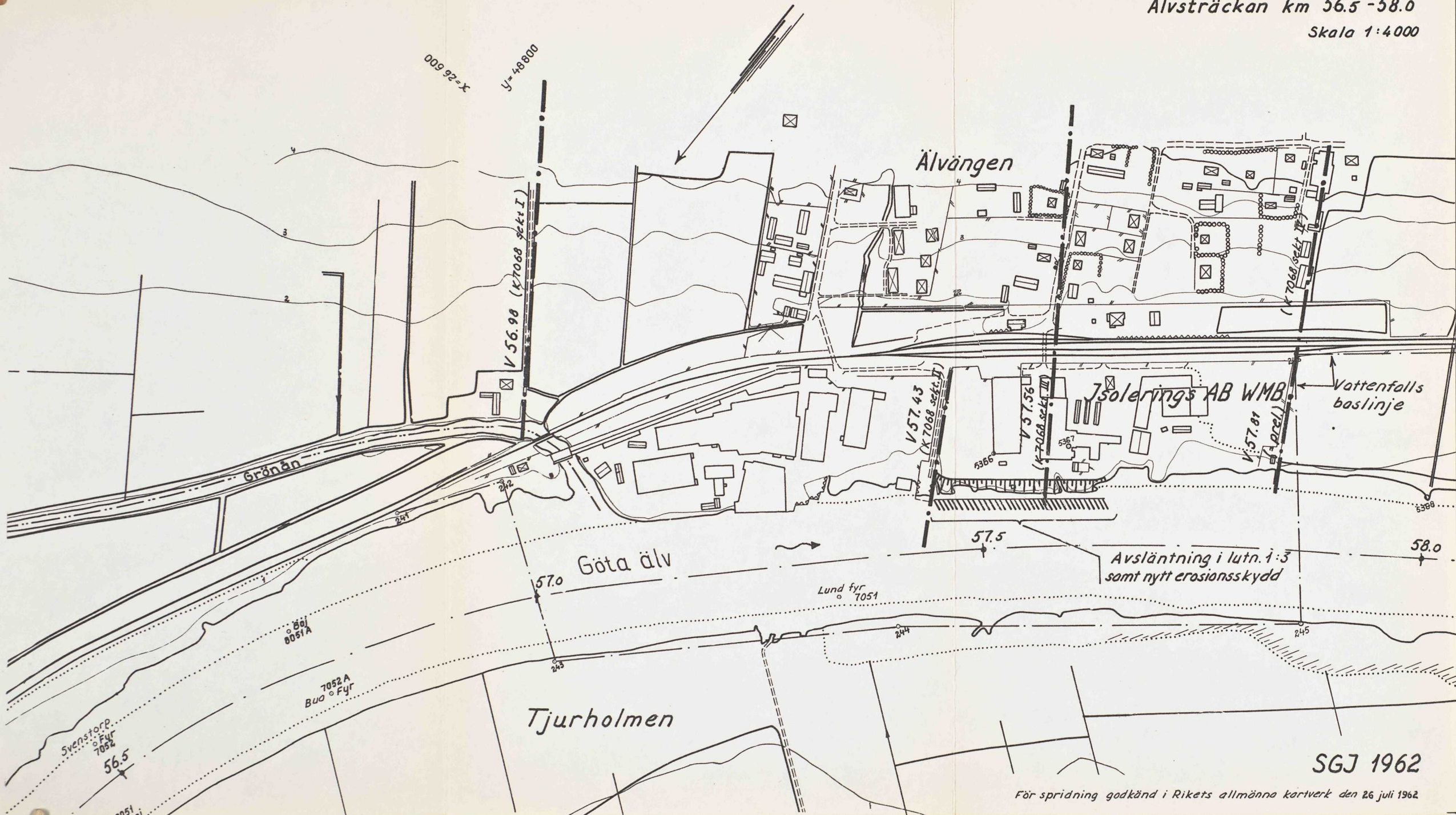
Läkemedelsdepartementet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaälvskommittén

ENLIGT KUNSKAPENS TRYCKERI
STOCKHOLM 1962



SGJ 1962

För spridning godkänd i Rikets allmänna kartverk den 26 juli 1962

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

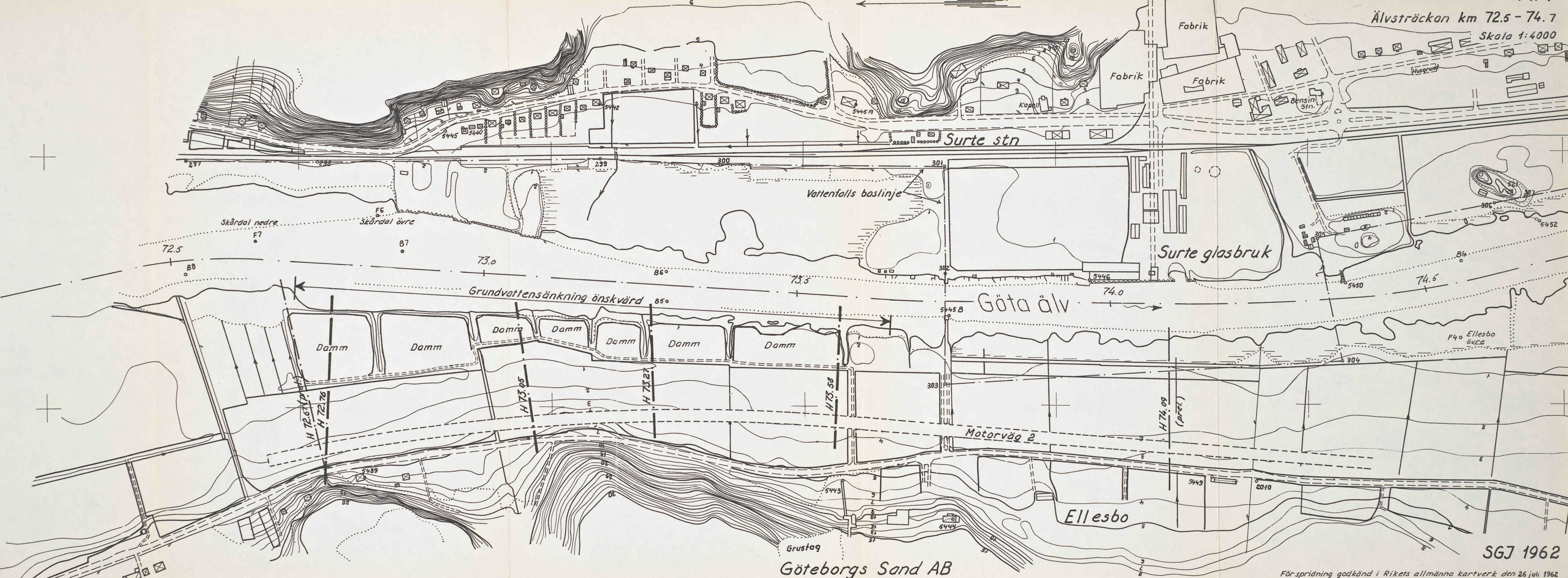
Lärkesdepartementet



RÄSRIKERNAS I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaälvskommittén

UTGITT AV KUNSKAPSBYGGNADEN
STOCKHOLM 1962



Göteborgs Sand AB

SGJ 1962

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962:10

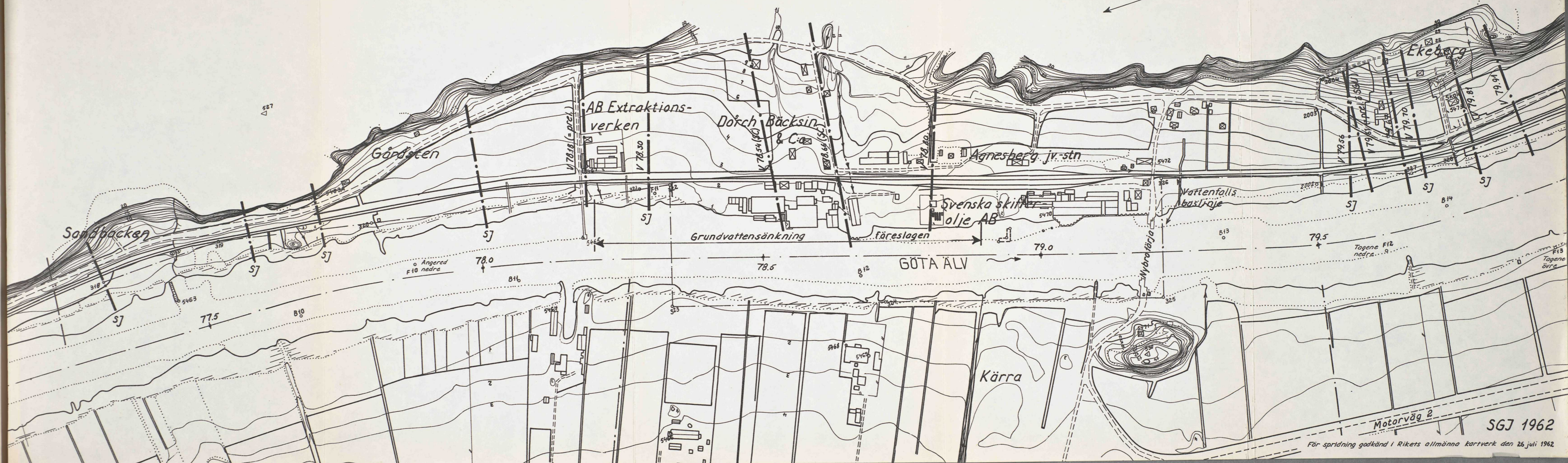
Lärkräddningsmyndighet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

Utredning utgivet av Götaälvskommittén

EMIL KILBOMSGATAN 12
STOCKHOLM 1962



STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1902:10

Lärkesdepartementet



RASRISKERNA I GÖTAÄLVDALEN

Utbökning utgivet av Utbökningssamfundet

UTBÖKNINGSSAMFUNDET
STOCKHOLM 1902

NORDISK UDREDNINGSSERIE (NU) 1962

1. Helsetjeneste for søfarende.
2. Nordiskt samarbete inom radio och television.
3. Vattenkraften i Torne och Kalix älvar.
4. Nordisk bogmarked.
5. Sommartid.
6. Nordisk arbetsmarknad för tandläkare.
7. Beretning om insamling af materiale til forhåndsorientering af eksperter, der fra de nordiske lande sendes til udviklingslandene.

STATENS

OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1962

Systematisk förteckning

(Siffrorna inom klammer beteckna utredningarnas nummer i den kronologiska förteckningen)

Justitiedepartementet

Atomansvarighet II. [14]
Utlandssvenskars deltagande i allmänna val. [19]
Nedre justitierevisionens arbetsorganisation. [20]
Expropriation för sanering av historiskt eller kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. [24]
Radions juridiska ansvar. [27]

Utrikesdepartementet

Aspekter på utvecklingsbiståndet. [12]

Försvarsdepartementet

Totalförsvarets personalfrågor. [8]
Försvarets tandvård. [23]
Arbetstidsreglering för militär personal och civilmilitär. [30]

Socialdepartementet

Skogstillgångarna i Jämtlands län. [1]
Arbetstidsförkortningens omfattning och utläggning. [17]
Ny semesterlag. [44]

Kommunikationsdepartementet

Statsbidrag till enskild väghållning, m. m. [6]
Avgiftsbelagda trafikaneläggningar. [26]
Säkerhetsinspektion av motorfordon och släpvagnar. [29]
Svensk trafikpolitik III. [35]
Byggnadsstyrelsens arbetsuppgifter och personalorganisation. [37]
Vägväsendets distriktsorganisation. [46]

Finansdepartementet

Finansplan för budgetåret 1962/63 samt Preliminär nationalbudget för år 1962. [8]
Städernas särskilda rättigheter och skyldigheter i förhållande till staten. [9]
1959 års långtidsutredning. 1. Svensk ekonomi 1960—1965. [10] 2. Svensk ekonomi 1960—1965. Bilagor 1—5. [11]

Skärpta regler för rusdrycksinköp. [18]
Automatisk databehandling inom folkbokförings- och upp-
bördsväsendet. Del II. [18]
Reviderad nationalbudget för år 1962. [25]
Stadshypoteks- och bostadskreditinstitutionerna. [31]
Automatisk databehandling. [32]
Mål och medel i stabiliseringspolitiken — Remissyttran-
den. [41]
Avdrag för representationskostnader, m. m. [42]
Beskattnig för traktamenten m. m. [47]

Ecklesiastikdepartementet

Vidgad vuxenutbildning på gymnasieadidiet. [5]
Korrespondensundervisningen inom skolväsendet. [16]
Skolväsendets centrala ledning. [23]
Försvarsmedicinsk forskning i totalförsvaret. [34]
Socionomutbildningen. [43]

Jordbruksdepartementet

Yrkesutbildningen på trädgårdsområdet. [2]
Veterinärmedicinsk forskning och undervisning. [33]
Naturen och samhället. [36]
Jordbrukstekniska institutet och statens forskningsan-
stalt för lantmannabyggnader. [45]

Handelsdepartementet

Den allmänna näringslagstiftningen. [15]
Beredskapslagring av olja 1963—1969. [40]

Inrikesdepartementet

Arbetsuppgifter och utbildning för viss sjukvårdsperso-
nal. [4]
Kommunalrättskommittén. 2. Kommunal beredskap. [7]
3. Kommunalt stöd åt studerande från utvecklingslän-
derna. [21]
Samhällsfarlig asocialitet. [22]
Utbildning av sjukvårdsadministratörer. [38]
Rasriskerna i Götaälvdalen. [48].

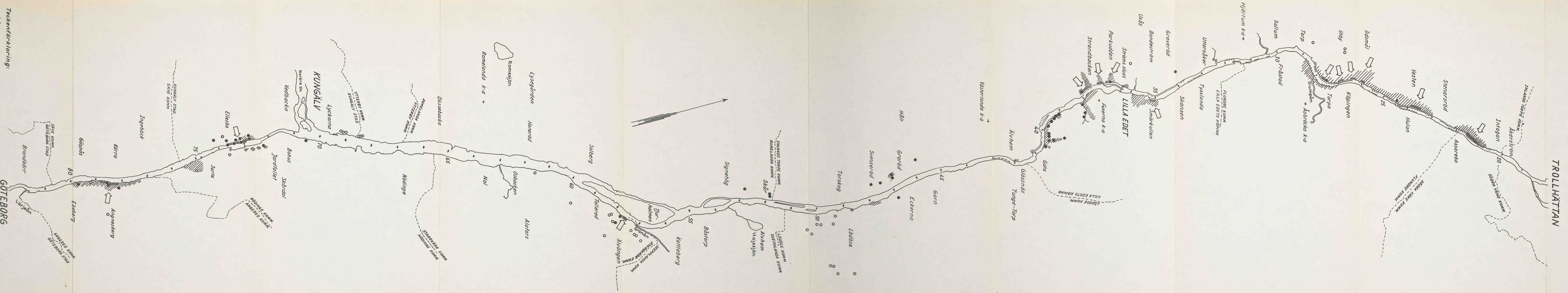
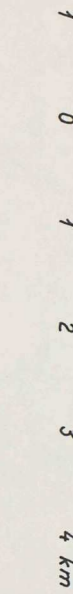
Civildepartementet

Ortsprisindex. [39]

GÖTA ÄLV Mellan TROLLHÄTTAN och GÖTEBORG

Karta utvisande vissa undersökningsresultat

Skala 1:50 000

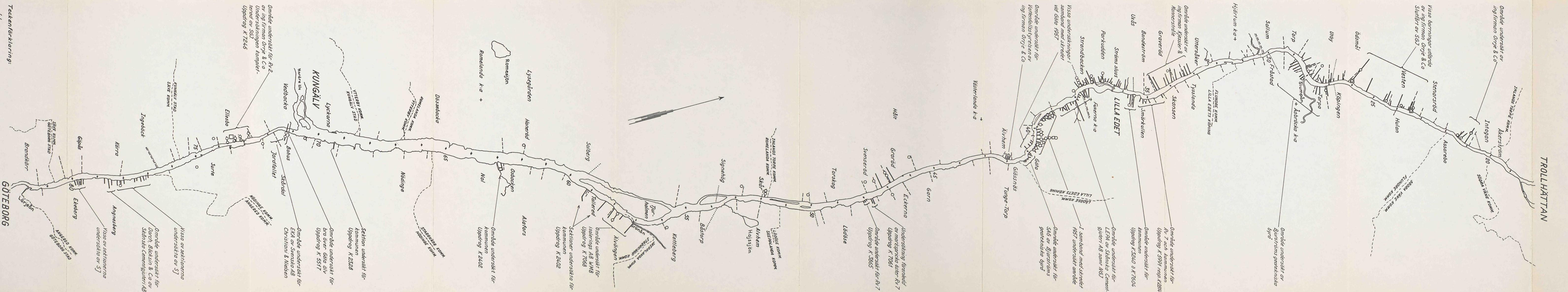
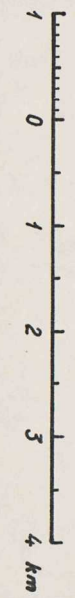


- Teckenförklaring:**
- ||| 25 Forledens längdmätning i km
 - Områden med konstaterad kricklara
 - Punkter med artesisikt vattenryck enl porttryckmätning
 - Punkter med artesisikt vattenryck enl brunnsarkiv
 - ~ Stränder med mycket aktiv erosion
 - ~ Stränder med aktiv erosion
 - ⇨ Åtgärder föreslagna

GÖTA ÄLV mellan TROLLHÄTTAN och GÖTEBORG

Karta utvisande undersökta sektioner
och vissa observationspunkter

Skala 1:50 000



Teckenförklaring:

— 25 Forledens längdmätning i km

--- Sektioner undersökta i prel etappen

— Sektioner undersökta i det etappen

□ Sektioner undersökta av SGU

○ Plats för portryckmätning (SGJ)

SGJ 1962

För spridning godkänd i Rikets allmänna kartverk den 25 juli 1962