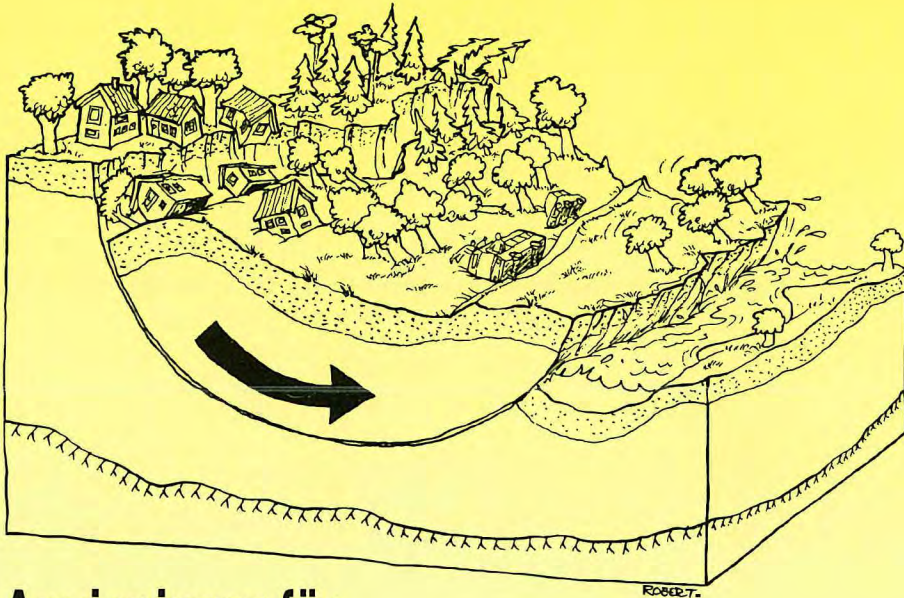


INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

SKREDKOMMISSIONEN

COMMISSION ON SLOPE STABILITY



Anvisningar för släntstabilitetsutredningar

Brukaranvisning

Skredkommissionen

Skredkommissionen - en IVA-kommission (Ingenjörsvetenskapsakademien), för forskning, utveckling och information i jordskredsfrågor - bildades 1988.

Skredkommissionen har till uppgift att under IVA:s hägn initiera och samordna forskning samt sprida information rörande släntstabilitet, jordskred och metoder för förebyggande åtgärder.

Verksamheten finansieras med avgifter från kommissionens medlemmar och forskningsanslag.

Commission on Slope Stability

The Commission on Slope Stability - a committee of the Royal Swedish Academy of Engineering Science (IVA) - was founded in 1988 for the purpose to handle research, development and information on landslide matters.

The main task of the Commission is to initiate and to co-ordinate research on and to give information about slope stability, landslides as well as methods for preventive measures.

The work of the Commission is financed by research grants and fees of the members.

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

SKREDKOMMISSIONEN
COMMISSION ON SLOPE STABILITY

Rapport 4:95

Anvisningar för
släntstabilitetsutredningar
Brukaranvisning

Linköping 1995

Rapport	IVA Skredkommissionen c/o Statens geotekniska institut 581 93 Linköping
Beställning	Statens geotekniska institut Biblioteket Tel. 013-20 18 04 Fax. 013-20 19 14
ISSN	1101-105X
ISRN	IVA/SKRED/R--95/4--SE
Upplaga	1 400
Tryckeri	Roland Offset, Linköping, november 1995

Förord

Denna skrift är en av tre, som framtagits av IVA's Skredkommission, i syfte att höja och säkra kvaliteten i stabilitetsutredningar. De tre delarna av **Anvisningar för Släntstabilitetsutredningar** utgörs av

- * **Anvisningsdel** - där kraven och metoderna i redovisas detalj.
- * **Brukaranvisning** - som skall säkerställa att geoteknikern genomför de undersökningar och analyser som krävs i varje enskilt skede och det med rätt kvalitet.
- * **Information** - som för lekmän redovisar hur arbetet med analysen av en slänt systematiskt drivs fram till beslut om eventuell åtgärd.

Denna del, **Brukaranvisning**, anger för varje skede, vad som skall beaktas och i vilken omfattning. Detaljeringsgraden anges genom hänvisningar till **Anvisningsdelen**.

Anvisningarna vänder sig främst till geotekniker, konsulter och de myndigheter som har att granska utförda stabilitetsutredningar, men kan också tjäna som information till beställare av stabilitetsutredningar. De är utarbetade av en referensgrupp bestående av

Kenneth Axelsson , LuTH	Elvin Ottosson , SGI
Per-Evert Bengtsson , SGI	Karin Rankka , CTH
Per Engström , VBB-VIAK	Jan Schälin , SGI
Anders Fredriksson , ADG Grundteknik	Eskil Sellgren , J&W
Rolf Larsson , SGI	Göran Sällfors , CTH
Marianne Nyberg , Vägverket	Peter Zackrisson , Banverket

Medlemmarna i gruppen har också varit representanter för respektive organisationer.

Anvisningarna har remissbehandlats i en vid krets bestående av SGF, geotekniska konsulter, beställare, kommissionens medlemmar m. fl. Anvisningarna har också provtillämpats av ett antal geotekniska konsulter. Härigenom har värdefulla synpunkter och förslag erhållits som i stor utsträckning inarbetats i anvisningarna.

Syftet med anvisningarna är att höja och säkra kvaliteten på de utredningar av naturliga slänters stabilitet som utförs i Sverige. Detta görs genom

- att kombinera äldre erfarenhet med moderna undersökningsmetoder och den empiriska kunskap om jords egenskaper som vuxit fram på senare tid
- att tillse att undersökningarnas omfattning och kvalitet är tillräckliga för att utgöra ett gott bedömningsunderlag
- att de beräkningsmetoder som används är relevanta för det aktuella stabilitetsproblemet och i så stor omfattning som möjligt beakta alla kända faktorer av betydelse.

Syftet med anvisningarna är också att de skall leda till förbättrade stabilitetsutredningar utan att onödigtvis fördyra dem. Jämfört med tidigare praxis bedöms undersökningarnas kostnader och omfattning i de flesta fall bli i stort sett oförändrade. I vissa fall kan utredningarna bli mer omfattande, vilket å andra sidan kan medföra besparingar i förstärkningsåtgärder och förhindra skador orsakade av skred.

I anvisningarna behandlas undersökningar, bestämning av beräkningsparametrar och metoder för beräkning av stabilitet i jord för främst svenska förhållanden. Eventuella kontroll- och uppföljningsmetoder för slänter med otillfredsställande stabilitet, vilka bland annat skall ställas i relation till ett omedelbart åtgärdande av stabiliteten och som måste bestämmas i samråd med beställare och eventuellt den lokala räddningsledningen, behandlas inte.

Anvisningarna är avsedda att kunna användas som ett fristående dokument och avsnitt ur tidigare skrifter, bl.a. handledningar i stabilitetsberäkning och SGI:s informationsskrifter, återges därför i tillämpliga delar. I vissa fall har dessa reviderats med hänsyn till

nya kunskaper och erfarenheter. Det förutsätts dock att undersökningar i förekommande fall utförts enligt av SGF rekommenderad standard för fältundersökningar och svensk standard för laboratorieprovning.

Till alla som deltagit i utredningsarbetet, utfört provtillämpning, bidragit med remissvar, synpunkter och förslag riktas ett varmt tack.

Linköping i november 1995

Skredkommissionen

Arbetsgång vid stabilitets- utredningar

Det kan vara svårt att finna en generell arbetsgång, som är tillämpbar i alla tänkbara fall, för hur man bör förfara vid analys av en naturlig slänts stabilitet. Det är emellertid viktigt att börja med en rimlig omfattning på arbetet och sedan successivt öka omfattningen och detaljeringsgraden tills dess att slänten beräkningsmässigt kan bedömas vara tillfredsställande stabil (eventuellt med hjälp av förstärkningsåtgärder) eller att beslut fattas om utrymning eller restriktioner för området. Det är också angeläget att i varje skede granska, analysera och utnyttja den tillgängliga informationen på bästa sätt.

Utredningsgången visas i princip i nedanstående figur.

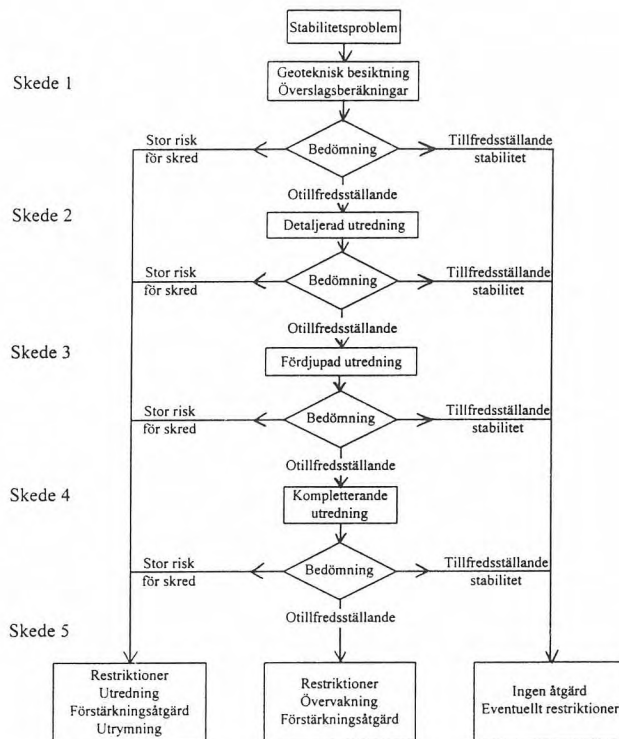


Fig. 1 Arbetsgång vid utredning av släntstabilitet.

Som framgår av figuren inleds utredningen med en

1. *GEOTEKNISK BESIKTNING OCH ÖVERSLAGSBERÄKNINGAR*

varpå beroende på resultaten i princip tre utredningssteg kan följa:

2. *DETALJERAD UTREDNING*
3. *FÖRDJUPAD UTREDNING*
4. *KOMPLETTERANDE UTREDNING*

På de följande sidorna redovisas vad som skall ingå i de olika skedena. Detaljerade sidhänvisningar ges till *Anvisningar för Släntstabilitetsutredningar, del 1*.

1. Geoteknisk besiktning och överslagsberäkning

En sammanställning av befintligt material kompletterat med en besiktning kan ge underlag för överslagsberäkningar. För att dessa i sin tur skall ge underlag för beslut krävs att nedanstående punkter beaktas/genomförs.

Besiktning

Utförs av erfaren geotekniker som besitter kunskap om släntstabilitetsproblem. I övrigt skall vad som sägs i kapitel 4, sid 4.1-4.6 beaktas.

Geometri

Bestäms utifrån tillgängligt kartmaterial, där så krävs kompletteras med avvägning i fält. Vattendjup i förekommande vattendrag lodas. Beräkningen utförs med antagande om stora jorddjup för ett par typsektioner.

Hållfasthet

Som underlag för val av hållfasthet används närliggande borrhål och empiri, som skall dokumenteras/motiveras. Valet av hållfasthet skall vara klart på säkra sidan.

Portryck

Ett dimensionerande portryck skall väljas på säkra sidan och redovisas enligt kapitel 6 med portrycksisobarer. Risken för artesiska tryck skall bedömas.

Laster

Väljs i enlighet med vad som anges i kapitel 7, sid 7.2 - 7.4.

Beräkningar

Kan utföras med direktmetoden där geometrin enkelt kan beskrivas. I övriga fall kan cirkulär-cylindriska glidytor användas. Dränerad analys skall utföras för all typ av jord. För kohesionsjord skall även odränerad analys genomföras.

Redovisning + tekniskt faktablad

Resultat av besiktningen och tillhörande bedömningar redovisas, med beaktande av de punkter som angivits på sid 4:1-4:6. Ett antal typsektioner redovisas, med angivande av jordlagerföljd, farligaste glidyta samt de parametrar som ligger till grund för beräkningarna, se sid 4.7 - 4.8. Tekniskt faktablad skall ifyllas och bifogas.

Krav/rekommendationer

Med antaganden och beräkningar enligt ovan, kan slänten klassas som tillfredsställande stabil om $F_{c\phi} > 1,5$. För kohesionsjord krävs dessutom att $F_c > 2$. Vid lägre säkerhetsfaktorer eller vid all form av utbyggnad eller exploatering skall utredningen utvidgas. Ny-exploatering måste föregås av minst detaljerad utredning, se vidare kapitel 8.

2. Detaljerad utredning

Många slänter i områden med förutsättningar för skred har tillfredsställande stabilitet, varför det rekommenderas att undersökningarna i den detaljerade utredningen ges en begränsad omfattning. Detta skede av en utredning syftar i första hand till att klarlägga om något stabilitetsproblem föreligger. Den fördjupade utredningen skall föregås av överslagsberäkningar, som ger god hjälp vid val av beräkningssektioner.

Besiktning

Utförd enligt tidigare (se kapitel 4, sid 4.1 - 4.6).

Geometri

Avvägning, lodning av vattendrag. Sondering i 2-3 punkter för bestämning av jorddjup (kapitel 4, sid 4.9 - 4.10). Störd provtagning för bestämning av jordlagerföljd.

Hållfasthet

För kohesionsjord bestäms jordens odränerade skjuvhållfasthet med vingförsök korrigerade med hänsyn till flytgräns (sid 5.10 - 5.11) eller utifrån CPT-sondering, sid 5.1 och 5.16 - 5.19. De dränerade hållfasthetsparametrarna bestäms på basis av tillgänglig empiri (sid 5.26).

För friktionsjord bedöms hållfastheten utifrån utförda sonderingar (kapitel 5, sid 5.28-5.36).

Portryck

Ett dimensionerande portryck bestäms. I friktionsjord skall grundvattenytans läge bestämmas. Består jordprofilen av tjocka lager av mellan- och kohesionsjord erfordras portrycksmätning i dessa lager i en sådan omfattning att portrycksfördelningen i slänten kan bedömas. I främst genomsläppliga bottenlager och påträffade skikt mäts grundvattnets trycknivå. Beräkningar kan i undantagsfall baseras på portryck antagna på säkra sidan. Dock krävs alltid mätning av grundvattnets trycknivå, se kapitel 6.

Laster

Väljs i enlighet med vad som anges i kapitel 7, sid 7.2 - 7.4.

Beräkningar

Beräkningar utförs normalt med datorprogram för cirkulär-cylindriska glidytor. I de fall geometrin så kräver används beräkning med sammansatta glidytor. Beräkningarna utförs som odränerad analys och kombinerad analys. För ren friktionsjord utförs dränerad analys.

Redovisning + tekniskt faktablad

I de fall slänten klassas som tillfredsställande stabil skall borrplan + sektion med angivande av jordlagerföljd samt den farligaste glidytan redovisas. Där skall klart framgå vilka parameterintervall som ligger till grund för beräkningarna. I övriga fall görs en noggrannare redovisning (sid 4.12 - 4.13). Tekniskt faktablad skall fyllas i och bifogas.

Krav/rekommendationer

I de fall erhållna värden på hållfasthet stämmer med rådande empiri och antaganden i övrigt är gjorda på säkra sidan, kan slänten klassas som tillfredsställande stabil om

friktingsjord	$F_{\phi} \geq 1,3$
kohesionsjord	$F_c \geq 1,7-1,5$ och $F_{\text{komb}} \geq 1,45-1,35$

Erforderlig säkerhetsfaktor, F , inom respektive intervall väljs enligt de riktlinjer som anges i kapitel 8.

3. Fördjupad utredning

Då den geotekniska besiktningen och den detaljerade utredningen visat att stabilitetsproblem kan föreligga skall fördjupade undersökningar utföras. Främsta syfte med dessa är att ge underlag för en noggrann analys av stabiliteten och underlag för dimensionering av eventuell förstärkningsåtgärd (sid 4.15 - 4.17).

Besiktning

Utförd enligt tidigare (sid 4.1 - 4.6).

Geometri

Inmätning av sonderingspunkter och avvägning av markytan. Lodning av vattendrag (sid 4.18). Sondering i 3-6 punkter/sektion. Provtagning och övriga fältundersökningar enligt sid 4.18 - 4.20.

Hållfasthet

Hållfasthetsbestämningen från den detaljerade utredningen förtätas och görs mer detaljerad, genom ytterligare fält- och laboratorieundersökningar (sid 4.18 - 4.21). Jordens dränerade hållfasthetsparametrar bestäms (kapitel 5)

Portryck

I de fall den detaljerade utredningen visat att dränerad hållfasthet kan vara helt eller delvis dimensionerande placeras portrycksmätare i ett sådant antal att en god bild av portrycksfördelningen i jorden erhålls. Mätningar utförs beroende på geometri och jordlagerföljd bakom krönkant, vid krönkant, i slänten och vid släntfot. Dessutom mäts vattentrycket i flera punkter i skikt som bedöms som genomsläppliga och kan ha höga vattentryck samt i vattenförande bottenlager. Om möjligt skall mätningarna pågå under så lång tid att

klimatiska variationer kan studeras. Portrycken redovisas i enlighet med vad som anges i kapitel 6.

Laster

Se sid 7.2 - 7.4.

Beräkningar

Beräkningar utförs för friktionsjord med dränerad analys. För kohesionsjord utförs odränerad och kombinerad analys. I de fall geometrin så kräver används beräkning med sammansatt glidyta. För farligaste glidyta skall en beräkning genomföras med sk rigörös metod, se kapitel 7.

Redovisning

Uppdaterat tekniskt faktablad och samtliga geotekniska undersökningar med komplett redovisning av resultat från fält- och laboratorieförsöken. Beräkningssektioner med tydlig redovisning av jordlagerföljd, beräkningsantaganden och farligaste glidytor (se vidare sid 4.21 - 4.26).

Krav/rekommendationer

Slänten klassas som stabil eller i behov av förstärkningsåtgärder i enlighet med kapitel 8. I de fall slänten ej kan klassas som tillfredsställande stabil skall man lämna förslag till erforderliga kompletterande undersökningar samt överslagsmässigt dimensionera förstärkningsåtgärder (sid 4.27 - 4.28).

4. Kompletterande utredning

Om stabiliteten efter den fördjupade utredningen fortfarande bedöms som otillfredsställande och förstärkningsåtgärder är aktuella utförs kompletterande undersökningar vars syfte är att klarlägga inverkan av hållfasthetsanisotropi (sid 5.21 - 5.25) och att ge underlag för slutlig dimensionering och kostnadsberäkning av förstärkningsåtgärder, se sid 4.26.

Publikationer utgivna av Skredkommissionen

RAPPORT

- 1:89 Mätning av spänningar och deformationer i slänter**
Karin Rankka, Björn Möller, Göran Sällfors
- 2:89 Spänningar och deformationer i slänter - praktikfall**
Björn Möller, Karin Rankka, Göran Sällfors, Helen Åhnberg
- 1:90 Ansvars- och ersättningsfrågor vid ras och skred**
Siv Ann Andermyr
Rapporten utarbetad på uppdrag av arbetsgruppen för kunskapsförmedling
- 2:90 Ras och skred i Sverige**
Börje Stigler, Per Ahlberg, Curt Fredén, Sven Olofsson, Stig Sjöstedt
- 1:91 Mätning av jordtryck och horisontalrörelse. Redovisning av tre projekt**
Hjördis Andersson, Inge Brorsson, Karin Rankka, Göran Sällfors
- 2:91 Släntstabilitetsberäkningar med klassiska beräkningsmetoder
En jämförelse mellan olika beräkningsprogram**
Lars Johansson, Kennet Axelsson
- 1:94 Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter**
Folke Ohlsson, Anders Hallingberg, Lars Johansson, Marianne Nyberg
- 2:94 Övervakningssystem för lerslänter. Beskrivning av förekommande instrument och metoder**
Folke Ohlsson, Anders Hallingberg, Lars Johansson, Marianne Nyberg
- 3:94 Ansvars- och ersättningsfrågor vid ras och skred**
Siv Ann Andermyr
(2:a upplagan, ersätter Rapport 1:90)
- 1:95 Kostnadsansvar vid skred - fyra tänkbara situationer**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling
- 2:95 Naturvärden och miljökonsekvenser i samband med stabilitetsarbeten**
Mats Lindqvist, Ola Sjöstedt

INFORMATION

- 1:90** **Säkerhet i grund och botten**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

FAKTABLAD

- April 1992** **Stabilitetsutredning, tekniskt faktablad**
Arbetsgruppen för släntbeteende

VIDEOFILM

- Sept. 1992** **Ras och skred - säkerhet i grund och botten med tillhörande text-häfte**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

ARBETSRAPPORT

- Febr. 1990** **Åtgärdskalender - Exempel. Räddningsledares åtgärdskalender vid överhängande fara för skred eller ras**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling
- Febr. 1990** **Ras- och skredfrågor i plan- och byggprocessen**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling
- Febr. 1990** **Ras- och skredfrågor i plan- och byggprocessen**
Underlag för exempel på planbestämmelser som berör ras- och skredproblem
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling
- 1:92** **Inventering av beräkningsprogram i Sverige inom området slänters stabilitet**
Hjördis Andersson, Per-Evert Bengtsson
- 1:94** **Anvisningar för släntstabilitetsutredningar (Remiss)**
Arbetsgruppen för släntbeteende
- 2:94** **Information om Anvisningar för släntstabilitetsutredningar (Remiss)**
Arbetsgruppen för släntbeteende
- 3:94** **Anvisningar för släntstabilitetsutredningar. Brukanvisning (Remiss)**
Arbetsgruppen för släntbeteende

Distribution: Statens geotekniska institut, Biblioteket
581 93 Linköping, Tel: 013-20 18 04, Fax: 013-20 19 14



c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping
Tel. 013-20 18 00, Fax. 013-20 19 14