



Göteborg 1998-02-10

Vägverket Region Mitt  
Sollefteå Kommun  
Beräkning av stabilitet för sju slänter längs Ångermanälven

## INNEHÅLL

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1. Uppdrag                         | 1  |
| 2. Syfte och omfattning            | 1  |
| 3. Förutsättningar                 | 1  |
| 4. Utförda undersökningar          | 1  |
| 4.1 Inledning                      | 1  |
| 4.2 Geometri                       | 2  |
| 4.3 Hållfasthet                    | 2  |
| 4.4 Portryck                       | 2  |
| 5. Stabilitetsberäkningar          | 3  |
| 5.1 Inledning                      | 3  |
| 5.2 Näsåker, Stenåldersbyn         | 4  |
| 5.3 Näsåker, Skolan                | 6  |
| 5.4 Resele Myre                    | 8  |
| 5.5 Långsele Notkojbrännan         | 10 |
| 5.6 Undrom                         | 12 |
| 5.7 Sollefteå Nipgränd             | 14 |
| 5.8 Vignäsbrännan                  | 16 |
| 6. Slutsatser och rekommendationer | 18 |



Anna-Lena Öberg- Högsta  
Forskarassistent

Göran Sällfors  
Professor

# Beräkning av stabilitet för sju slänter längs Ångermanälven

## 1. Uppdrag

På uppdrag av Vägverket Region Mitt och Sollefteå Kommun har Institutionen för geoteknik, Chalmers tekniska högskola utfört beräkning av stabiliteten för sju slänter längs Ångermanälven i Sollefteå Kommun.

## 2. Syfte och omfattning

Syftet har varit att beräkna stabiliteten utan och med hänsyn till negativa portryck för de sju valda slänterna längs Ångermanälven. Dessa analyser har sedan delvis legat till grund för utvecklingen av den i rapport B 1998:2 redovisade modellen för hur negativa portryck kan beaktas i överslagsberäkningar.

## 3. Förutsättningar

Fält- och laboratorieundersökningarna har i dessa lokaler utförts av Jacobson & Widmark AB i Sundsvall (objekt nr 6-560-270). Statens Geotekniska Institut har granskat och tolkat resultaten från dessa (objekt nr 2-9704-220). De utförda undersökningarna omfattar i fält CPT-sonderingar, dilatometerförsök, skruvprovtagning, mätning av positiva och negativa portryck samt siktanalys och jordartsklassificering i laboratoriet på upptagna prover.

## 4. Utförda undersökningar

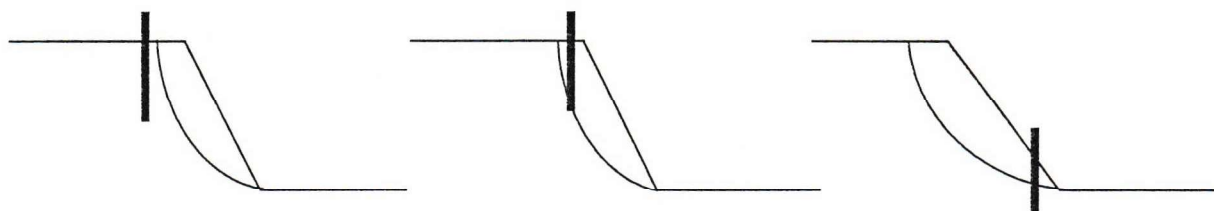
### 4.1 Inledning

Noggrannheten och tillförlitligheten i de analyser som görs av slänternas stabilitet är starkt avhängig kvaliteten på de undersökningar som ligger till grund för analysen. Därför är planeringen av fält- och laboratorieundersökningarna en mycket viktig del i hela processen, och bör ägnas stor uppmärksamhet. Det är många gånger lönsamt att på basis av befintligt ritningsunderlag rita upp aktuella sektioner, anta en jordlagerföljd och ansätta rimliga värden på de geotekniska parametrarna. Därefter bör man göra en överslagsmässig bedömning av stabiliteten för att få en uppfattning dels av säkerhetsnivån och dels var de kritiska glidyterna är belägna. Detta blir sedan till stor hjälp vid planeringen av var fältundersökningarna skall göras, vilken omfattning de bör ha och även vilka parametrar som är mest avgörande i analysen.

Det kan även vara en fördel att göra en känslighetsanalys genom att räkna med höga respektive låga värden eller gränser för att på så sätt få en uppfattning om den noggrannhetsnivå som bör krävas vid bestämningen av de olika parametrarna.

## 4.2 Geometri

De olika slänternas geometri har bestämts av Sollefteå kommun och Vägverket Region Mitt utifrån befintligt kartmaterial och de avvägningar och sonderingar som genomförts. Topografin inom det aktuella området är därmed bestämd med tämligen god noggrannhet. Betydligt osäkrare är det när det gäller de olika jordlagrens utbredning i sidled. I de flesta fall har en sondering utförts vid släntkrön men i vissa fall enbart vid släntfot. Endast i en sektion har sondering eller provtagning gjorts längs hela slänten. Det innebär, eftersom de kritiska glidyterna är ganska grunda, att det i de flesta fall inte finns någon observation av jordlagerföljden i glidyten utan endast utanför eller i glidytns allra översta eller nedersta del, se figur 4.1.



Figur 4.1. Sonderingarnas läge i förhållande till kritiska glidytns läge.

I samtliga fall har därför, om inte sonderingarna visat annorlunda, jordlagren antagits vara horisontella vilket innebär att sonderingen vid släntkrön respektive släntfot tagits som representativt för hela slänten.

Bottentopografin i Ångermanälven är i samtliga fall antagen.

## 4.3 Hållfasthet

Hållfasthetsparametrarna har utvärderats från CPT- och dilatometerförsök med den metod som angivits i datorprogrammen Conrad och Swedill. Förekomsten av negativa portryck har beaktats vid utvärdering med Conrad där det varit relevant. Utvärderingarna har utförts vid SGI.

Hållfastheten till följd av negativa portryck har i beräkningarna beaktats i enlighet med den av Öberg och Sällfors (1995) föreslagna ekvationen

$$\tau = c' + (\sigma - S_r u_w) \tan \phi'$$

där  $c'$  = kohesionsintercept  
 $\phi'$  = friktionsvinkeln  
 $S_r$  = vattenmättnadsgraden  
 $u_w$  = negativt portryck

## 4.4 Portryck

Portrycken har i vissa sektioner mätts på tre nivåer, i stort sett på nivåerna 5, 15 och 30 m under markytan. Installationen har utförts av J&W. Mätningarna har dock utförts både av J&W och Sollefteå Kommun.

I de fall mätningarna har avsett positiva portryck har spets BAT MkIII med kropp av rostfritt stål använts, medan spetsar BAT MkIII med kropp av HDPE (plast) har använts vid mätning i den omättade zonen.

Mätningarna av positiva portryck tycks ha fungerat väl, medan mätningarna av negativa portryck givit tveksamma resultat. Det senare beror antagligen främst på att filtret varit något mindre än spetsen i övrigt. Därmed har troligen inte rätt kontakt erhållits mellan filter och jord (BAT spets MkII med kropp av rostfritt stål bör användas) varför alldeles för låga värden uppmätts. Filtret har förmodligen inte heller haft någon tätande plastmassa som krävs på ändytorna (Ceramic filter W4853 30\*40 mm Hogen Togler bör användas) och detta kan göra att luft går in i portrycksspetsens kammare och orsakar felaktiga mätvärden. Ett eventuellt felaktigt mätförfarande kan också leda till osäkerhet hos de erhållna mätvärdena.

Då inga mätningar funnits eller då de visat felaktiga värden har en alternativ metod därför använts (Öberg, 1997) för att uppskatta de negativa portryck som använts i beräkningarna (se Rapport B 1998:1). Enligt metoden bedöms de negativa portrycken från uppmätta kornfördelningskurvor med hjälp av sammanställning av pF-kurvor med tillhörande kornfördelningskurvor som publicerats av Andersson och Wiklert (1972).

## **5. Stabilitetsberäkningar**

### **5.1 Inledning**

Sju slänter längs Ångermanälven har analyserats vad avser stabiliteten. Stabiliteten har beräknats både med och utan hänsyn till negativa portryck.

Parametrarna som har använts vid beräkningarna har valts med utgångspunkt från de utförda fält och laboratorie undersökningarna. Främst har dock SGIs granskning och utvärdering av de av J&W utförda undersökningarna har till grund för de valda parametrarna. Portrycksprofilerna i slänterna är konservativt valda med hänsyn till de mätningar som utförts.

Beräkningarna har utförts med programmet Slope/W. Redovisade säkerhetsfaktorer avser beräkningar med Bishops metod. I rena friktionsmaterial har dränerade parametrar använts och en dränerad analys har utförts. I de lerskikt som finns i slänterna har däremot kombinerad analys utförts, vilket innebär att hänsyn tagits både till jordens dränerade och odränerade parametrar.

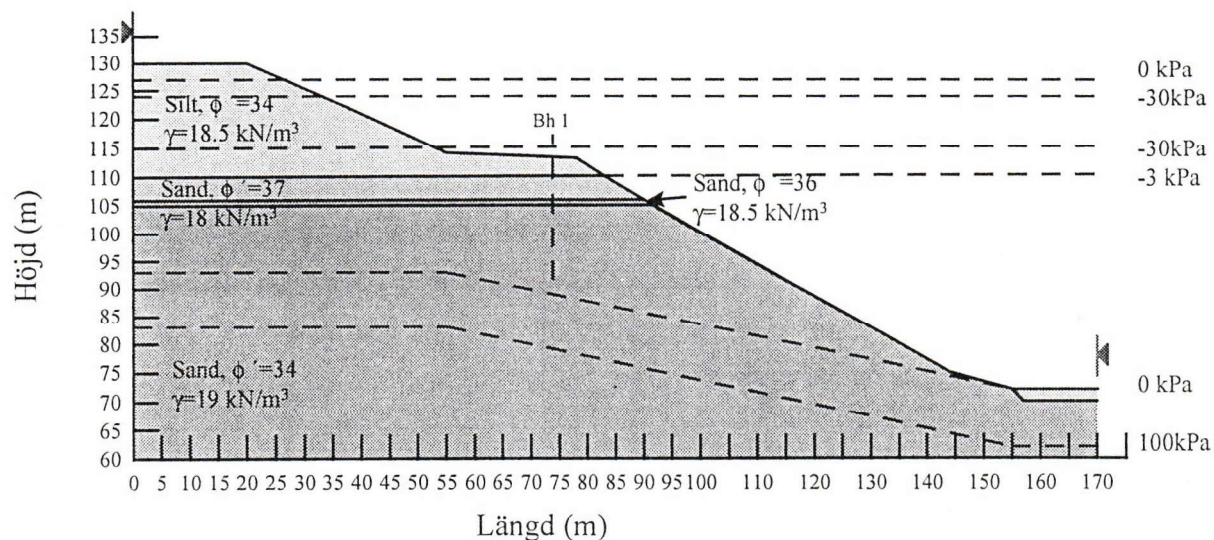
Samtliga glidytor som är redovisade representerar slänternas total stabilitet, men det finns ytliga glidytor som endast är ca 0.5-1 m djupa och de har en säkerhetsfaktor som i många fall är mindre än 1. Här spelar emellertid vegetation och rotsystem en stor roll vilket inte har beaktats i den teoretiska analysen.

*Geometri*

Slänten består av två branta partier med en platå emellan.. Markytan i den övre slänten ligger på nivån +130 m. Platån mellan slänterna ligger på nivån +113 m och Ångermanälven ligger på nivån ca + 72. Den övre delen av slänten är således ca 17 m hög och har en lutning på 1:2.1. Den nedre delen av slänten är dubbelt så hög, ca 41 m, och är brantare och lutar 1:1.7.

*Val av parametrar*

Sonderingarna har utförts från platån som delar slänten (borrhål 1) och därmed är jordprofilen och hållfasthetsparametrarna i den övre delen mycket osäkra. De översta 20 m antas därför bestå av samma material som de översta 3 m av släntens nedre del dvs av silt med  $\phi'=34^\circ$  och  $\gamma=18.5 \text{ kN/m}^3$ . Därunder ner till ca 24 m under markytan blir materialet grövre och består av mellansand med skikt av finare material och  $\phi'=37^\circ$  och  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ . Detta skikt underlagras av ett ca 2 m tjockt lager sand med  $\phi'=36^\circ$  och  $\gamma=18.5 \text{ kN/m}^3$ . På större djup är materialet sandigt med  $\phi'=34^\circ$  och  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ . Sonderingen är avbruten på 21 m djup och därmed är jordprofilen och dess hållfasthetsparametrar på större djup mycket osäkra.

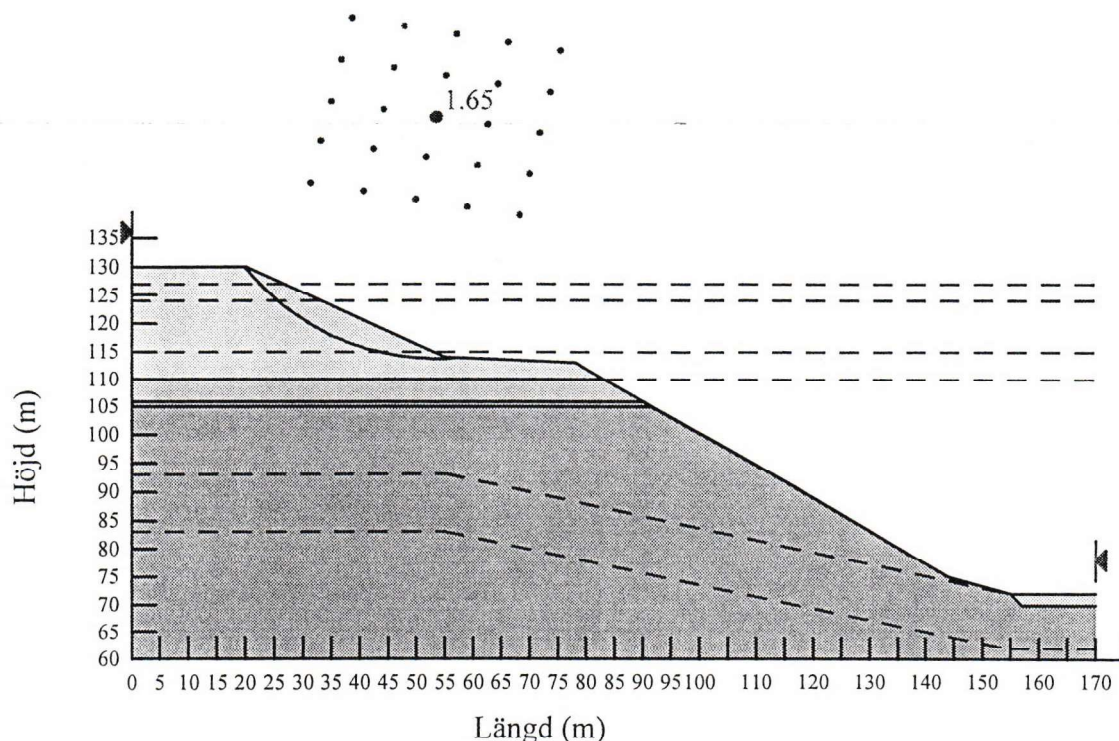


Figur 5.1 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar i Näsåker, Stenåldersbyn .

Portrycken är uppmätta invid borrhål 1 på 5 m, 13 m och 26.1 m under markytan och detta innebär att portrycksprofilen är okänd i den övre delen av slänten. Portrycksmätaren 5 m under markytan visar ett negativt portryck på -60 kPa vilket verkar något högt då materialet enligt skruvprovtagningen är finsandig mellansand/sandigt grus. Detta negativa portryck har ej tillgodoräknas. I beräkningen har ett effektivt negativt portryck valts m h a siktkurvan till -5 kPa. Från portrycksmätaren på 26.1 m djup har inget mätresultat erhållits men CPT-sonderingen tyder på att grundvatten ytan ligger mer än 21 m under markytan. På 13 m djup har ett effektivt negativt portryck på -3 kPa tillgodoräknats vilket motsvarar det uppmätta portrycket på denna nivå. I den övre delen av slänten har de effektiva negativ portrycken skattats med hänsyn till siktkurvan från nivån +110.

## Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna i den övre slänten 1.65, se figur 5.2. Med beaktande av de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 2.39.

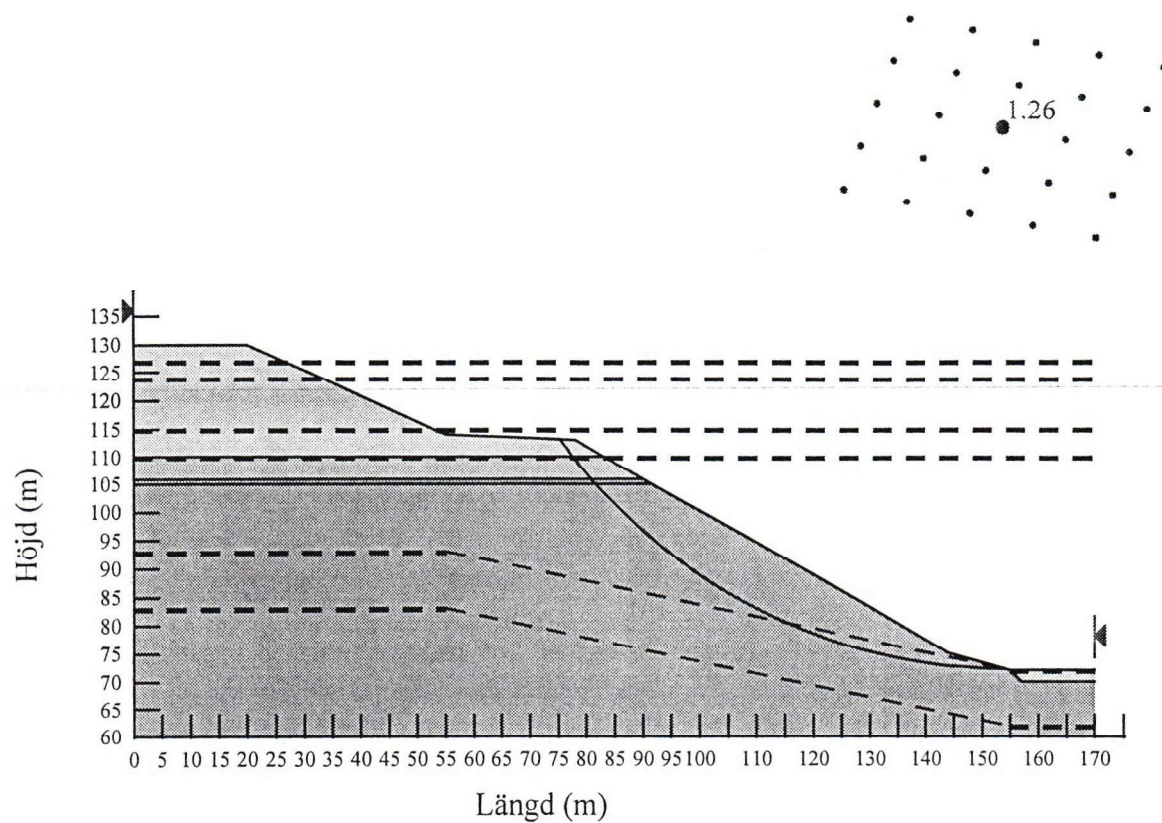


Figur 5.2 Farligaste globala glidyta för den övre slänten i Näsåker, Stenåldersbyn.

Stabiliteten är beroende av den valda fiktionsvinkeln. Då ingen sondering är utförd i denna del av slänten har friktionsvinkeln valts m.h.t. resultatet från CPT-sonderingen i Bh 1. En parameterstudie har utförts där friktions vinkeln i det övre jordlagret har varierats mellan 34°-30°. Säkerhetsfaktorn minskar då maximalt med 14% till 1.41.

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck för en global glidyta är med de valda parametrarna i den nedre slänten 1.26, se figur 5.3. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.27.

Stabiliteten är beroende av de valda friktionsvinklarna. En parameterstudie har utförts där friktionsvinkeln i det undre jordlagret har varierats mellan 34-32°. Säkerhetsfaktorn har då minskat med 7 % till 1.17. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 15 m bakom den nedre släntens krön.



Figur 5.3 Farligaste globala glidyten för den nedre delen av slänten i Näsåker, Stenåldersbyn.

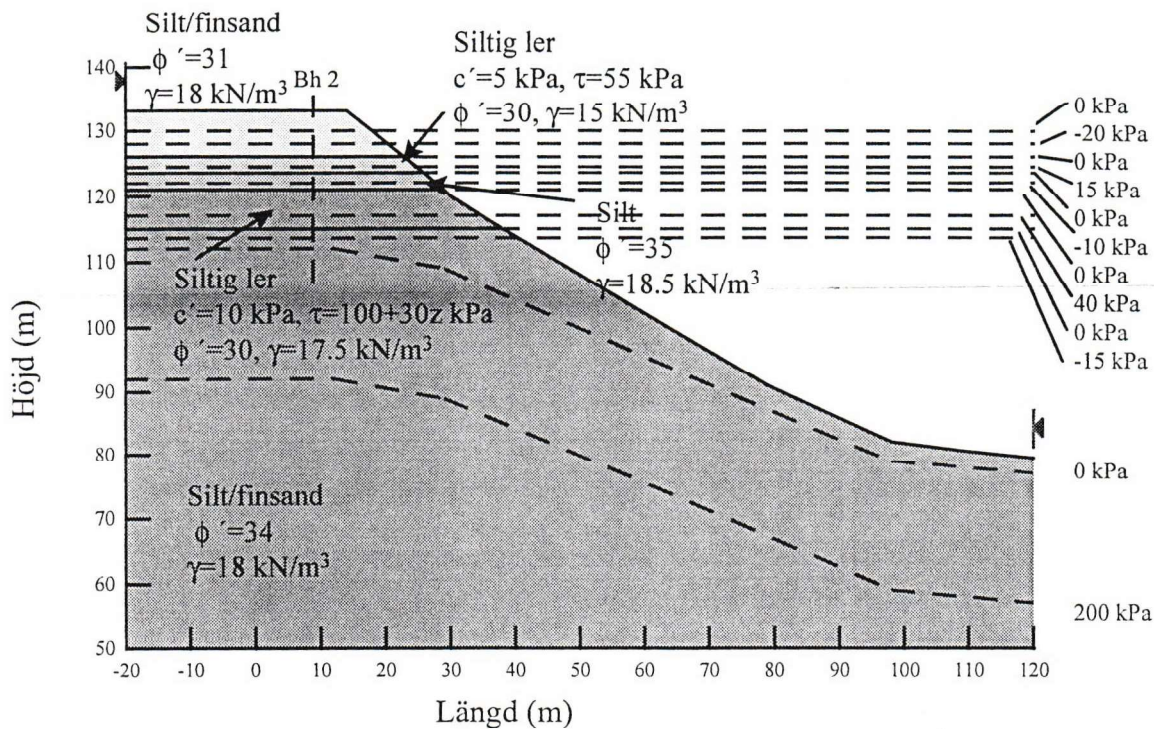
### 5.3 Näsåker, skolan

#### *Geometri*

Markytan ligger på nivån +133 m och slänten är ca 53 m hög. De översta 15 m av slänten har en lutning på 1:1.15 den nedre delen är flackare och lutar 1:1.9.

#### *Val av parametrar*

En sondering har utförts från släntkrön (borrhål 2) ner till ca 19 m djup och således är jordprofilen och hållfasthetsparametrarna på större djup osäkra. De översta 8 m består av silt med inslag av finsand  $\phi' = 31^\circ$  och  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ . Därunder följer ett ca 3 m tjockt lager av lerigare jord där de dränerade parametrarna antas vara  $c' = 5 \text{ kPa}$ ,  $\phi' = 30^\circ$  och  $\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$  och den odränerade skjuvhållfastheten har antagits till 55 kPa. Mellan 10-13 m djup återfinns ett grövre skikt av silt och de dränerade parametrarna har utvärderats till  $c' = 10 \text{ kPa}$ ,  $\phi' = 35^\circ$  och  $\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ . Ner till 18.5 m djup blir materialet återigen lerigare och  $\phi' = 30^\circ$  och  $\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$  och den odränerade skjuvhållfastheten har antagits till 100 för att öka med 30 kPa /m. På större djup återfinns ett grövre material som kan antas ha en friktionsvinkel av  $\phi' = 34^\circ$  och  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ .



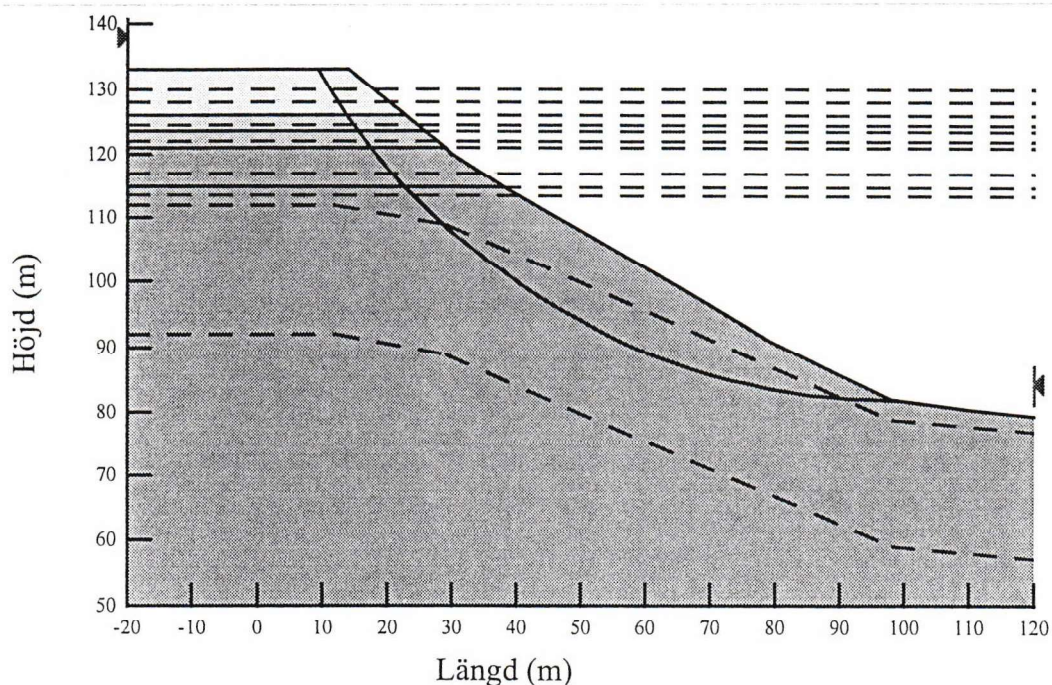
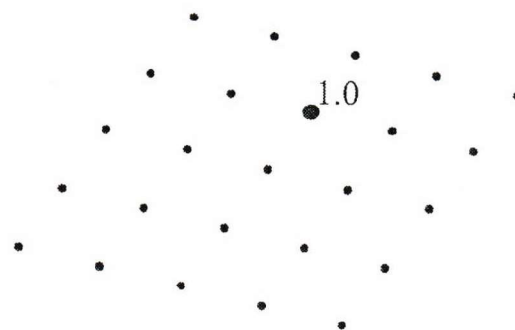
Figur 5.4 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar i Näsåker, skolan.

Resultat från gamla portrycksmätningar ( VIAK 1979, SGI 1993, Tyréns 1994) indikerar fria grundvattenytor i lerlagrens överkanter. Dock varierar dessa portryck så att vattnet i de öppna rören på dessa nivåer försvinner under torra perioder för att vid blötare perioder sippra ut vid de tätare lagrens överytor ut i slänten. Vid beräkningarna har det därför antagits att dessa lager är vattenfyllda. En ny portrycksmätare på 21 m djup indikerar en fri grundvattenyta +112.5 m eller lägre. Älvnivån ligger på ca +72 m. Då inga negativa portryck har mätts in situ har de effektiva negativa portrycken har utvärderats mha siktkurvor.

### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna 1.0, se enligt figur 5.5. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.01.

Stabiliteten är beroende av den valda fiktionsvinkeln. En parameterstudie har utförts där friktions vinkeln i det understa jordlagret har varierats mellan 34-32°. Säkerhetsfaktorn har då minskat till 0.93. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 25 m bakom släntkrön.



Figur 5.5 Farligaste globala glidyten för slänten i Näsåker, skolan.

## 5.4 Resele Myre

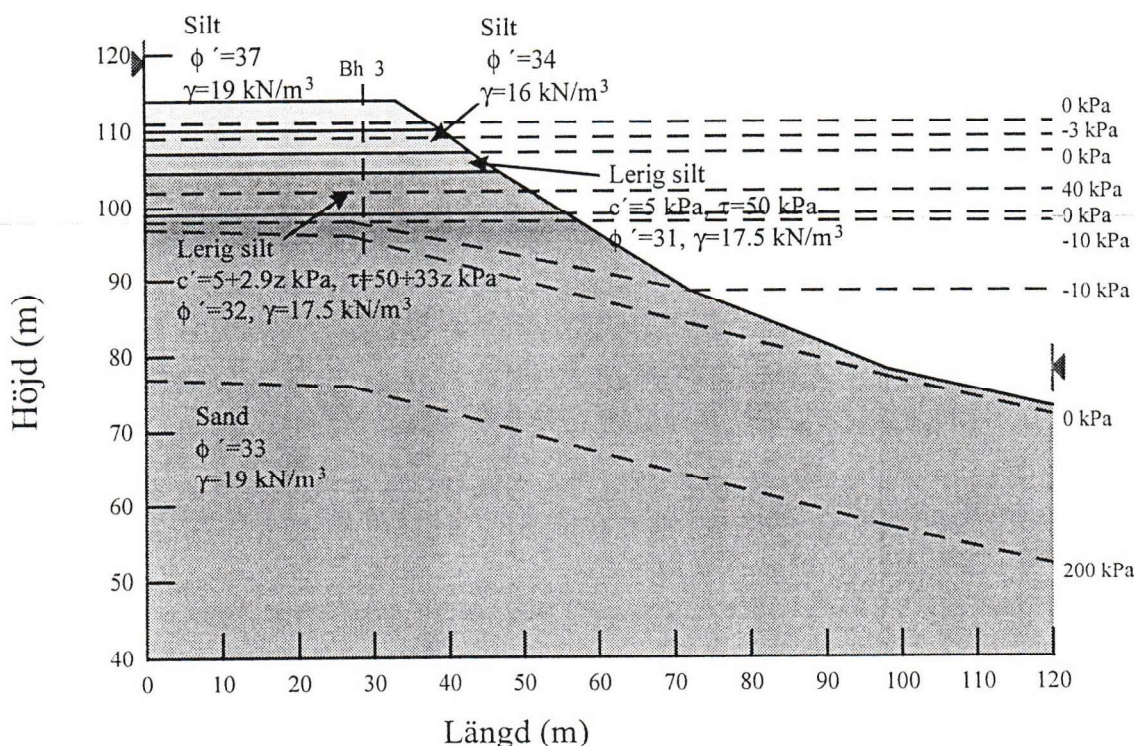
### Geometri

Släntrönet ligger på nivån +114.5 och slänten är ca 35 m hög. Slänten har en lutning de översta 24 m på ca 1:1.5 för att sedan bli betydligt flackare och luta ca 1:3.

### Val av parametrar

De översta 7 m består av silt varav de översta 4 m har en friktionsvinkel på  $\phi' = 37^\circ$  och  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ , därunder minskar både friktionsvinkeln och densiteten något till  $34^\circ$  respektive  $16 \text{ kN/m}^3$ . Siltlagret underlagras av ett ca 8 m tjockt lager av lerig silt som de översta 2 m har  $c' = 5 \text{ kPa}$ ,  $\phi' = 31^\circ$  och  $\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$ , och den odränerade skjuvhållfastheten är ca 50 kPa. Därunder ökar  $c'$  med 2.9 kPa/m liksom den odränerade skjuvhållfastheten som ökar med 33 kPa/m friktionsvinkeln ökar till  $32^\circ$  medan densiteten förblir den samma. Mot större djup blir

jorden grövre och med inslag av grus och sand och  $\phi' = 33^\circ$  och  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ . Sonderingen är endast utförd till 16 m djup varför stor osäkerhet råder angående jordlagerföljd och hållfasthetsparametrar på större djup.



Figur 5.6 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar i Resele Myre.

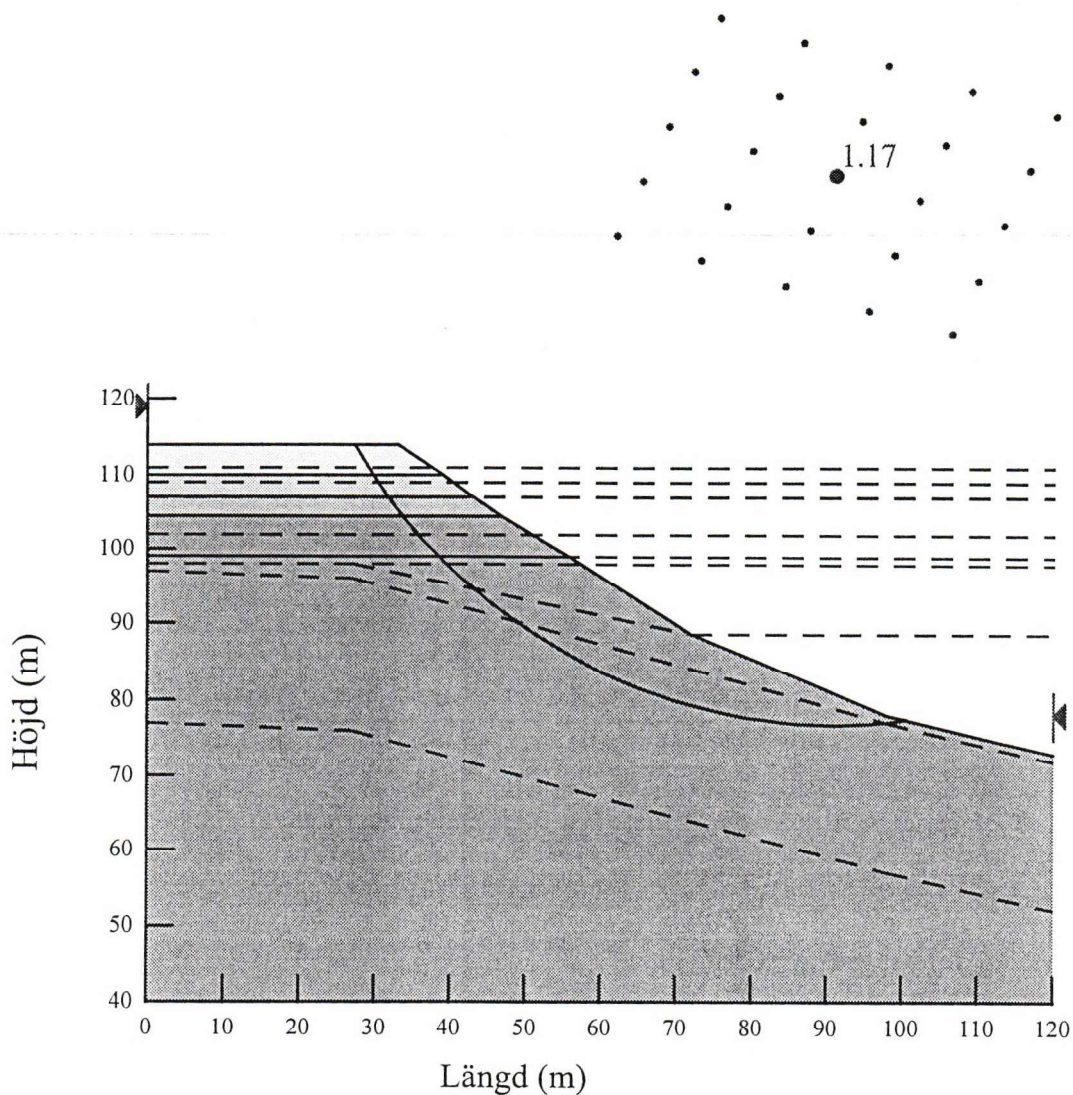
Portrycksmätare har installerats på djupen 5 m, 14 m, 17 m resp 28 m under markytan. Det negativa portrycket på 5 m djup har uppmätts till ca -3.4 kPa. Det finns ingen uppgift om vattenmättnadsgraden dock tyder lerhalten (ca 14%) på en hög vattenmättnadsgrad och det effektiva negativa portrycket har i beräkningarna antagits till -3 kPa. Ett negativt portryck på -30 kPa har uppmätts 14 m under markytan i den leriga silten. Detta portryck har dock ej använts vid beräkningarna eftersom erfarenheter från andra slänter med motsvarande jordlagerföljd tyder på att de leriga skikten kan ha positiva portryck under våta perioder med en fri grundvattenyta i skiktets överkant. Därför har ett skattat positivt portryck använts. Portrycksmätaren på 28 m djup visar på ett 0-tryck vilket motsäger de mätningar som har gjorts på 17 m djup som indikerar en grundvattenyta på ca 18-19 m djup. Den valda portrycksprofilen redovisas i figur 5.6.

### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna 1.17, se figur 5.7. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.18.

Stabiliteten är beroende av den valda fiktionsvinkeln i de understa jordlagret. En parameterstudie har därför utförts där friktionsvinkeln i det understa jordlagret har varierats

mellan 33-31°. Den lägsta erhållna säkerhetsfaktorn blev då 1.09. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 20 m bakom släntkrön.



Figur 5.7 Farligaste globala glidytan för slänten i Resele Myre.

## 5.5 Långsele Notkojbrännan

### *Geometri*

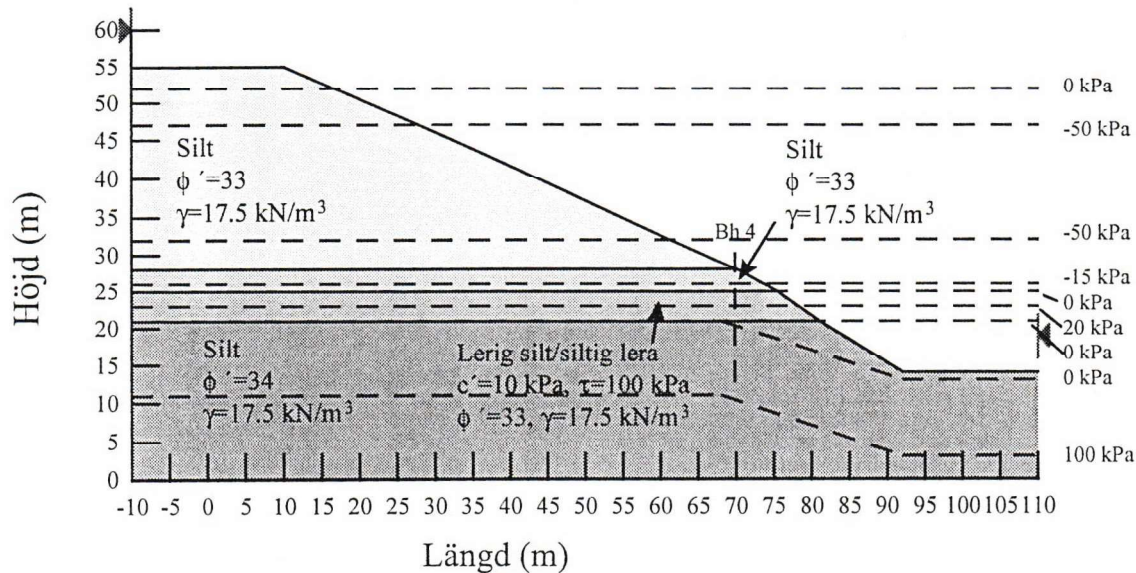
Släntkrön ligger på nivån +55 m och slänttån på nivån +14 m. Slänten är således ca 45 m hög och den har en lutning på ca 1:1.8.

### *Val av parametrar*

Sonderingen är utförd i den nedre delen av slänten från nivån +28 m. Således är jordlagerföljden och hållfasthetsparametrarna i de översta 28 m mycket osäkra. De översta 28

m antas därför bestå av samma material som de översta 4 m av släntens nedre del dvs av silt med  $\phi'=33^\circ$  och  $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$ . Därunder följer en lerig silt/siltig lera med  $c'=10 \text{ kPa}$ ,  $\phi'=33^\circ$  och  $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$  och den odränerade skjuvhållfastheten ca 100 kPa. På större djup blir materialet mer grovkornigt och  $\phi'=34^\circ$  och  $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$ .

Endast en porttrycksmätare finns installerad i slänten och den är placerad på nivån +22 m. Den indikerar en varierande fri grundvattenyta i underkant resp överkant av det leriga skiktet. De möjliga effektiva negativa porttrycken är framtagna mha kornfördelningskurvor och den data som har presenterats av Andersson och Wiklert (1972). Den valda porttrycksprofilen redovisas i figur 5.8

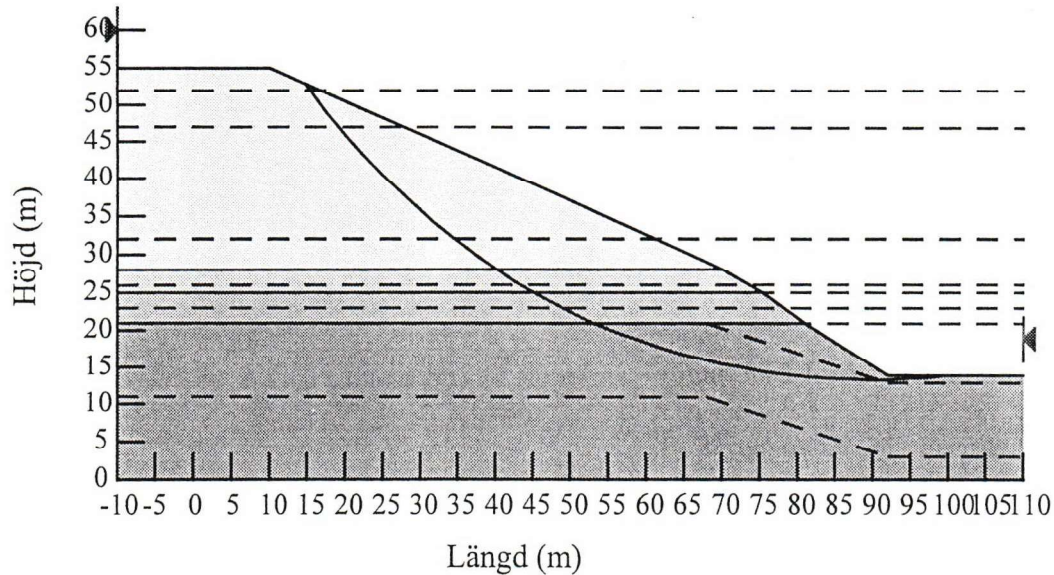
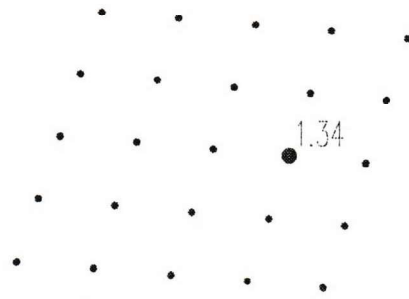


Figur 5.8 Jordlagerföljd, porttryck och hållfasthetsparametrar i Långsele Notkojbrännan.

### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa porttryck är med de valda parametrarna 1.34 för större glidytor, se figur 5.9. Släntens under del står dock i en lutning ungefär lika med rasvinkeln och har för en lokal glidyta säkerhetsfaktorn 1.15. Med hänsyn till de antagna negativa porttrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.5.

Stabiliteten är mest beroende av den valda fiktionsvinkeln i det översta jordlagret som är osäker. En parameterstudie visar att den lägsta säkerhetsfaktorn är 1.30 för  $\phi'=30^\circ$ . Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 8 m bakom släntkrön.



Figur 5.9 Farligaste globala glidytan för slänten i Långsele Notkojbrännan.

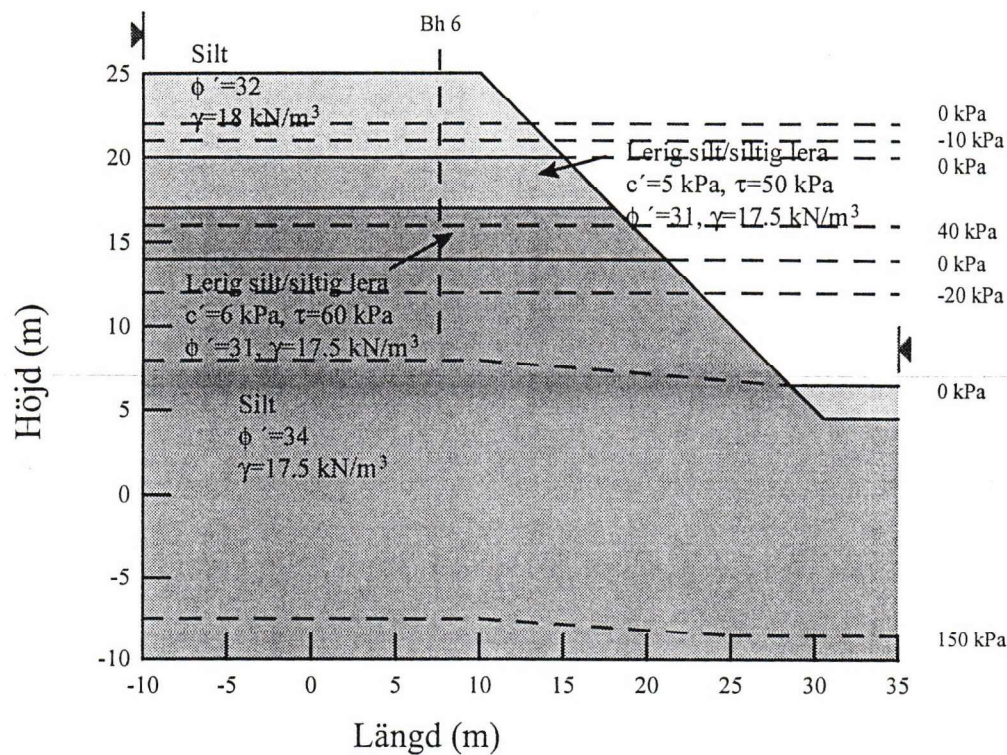
## 5.6 Undrom

### Geometri

Uppgifterna rörande geometrin är mycket knapphändiga. Ett rimligt antagande är att slänten är ca 21 m hög och lutar 1:1.

### Val av parametrar

Jordprofilen består överst av silt till ca 5 m djup med  $\phi' = 32^\circ$  och  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ . Denna underlagras av ett ca 6 m tjockt lager av siltig lera/lerig silt med  $\phi' = 31^\circ$  och  $\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$ ,  $c' = 5 \text{ kPa}$  de översta 3 m och ökar därefter till 6 kPa liksom den odränerade skjuvhållfastheten är 50 kPa för att öka till 60 kPa de understa 3 m. På större djup finns ett grövre material med  $\phi' = 34^\circ$  och  $\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$ . Sonderingen är endast utförd till 14 m djup varför stor osäkerhet råder angående jordlagerföljd och hållfasthetsparametrar på större djup.



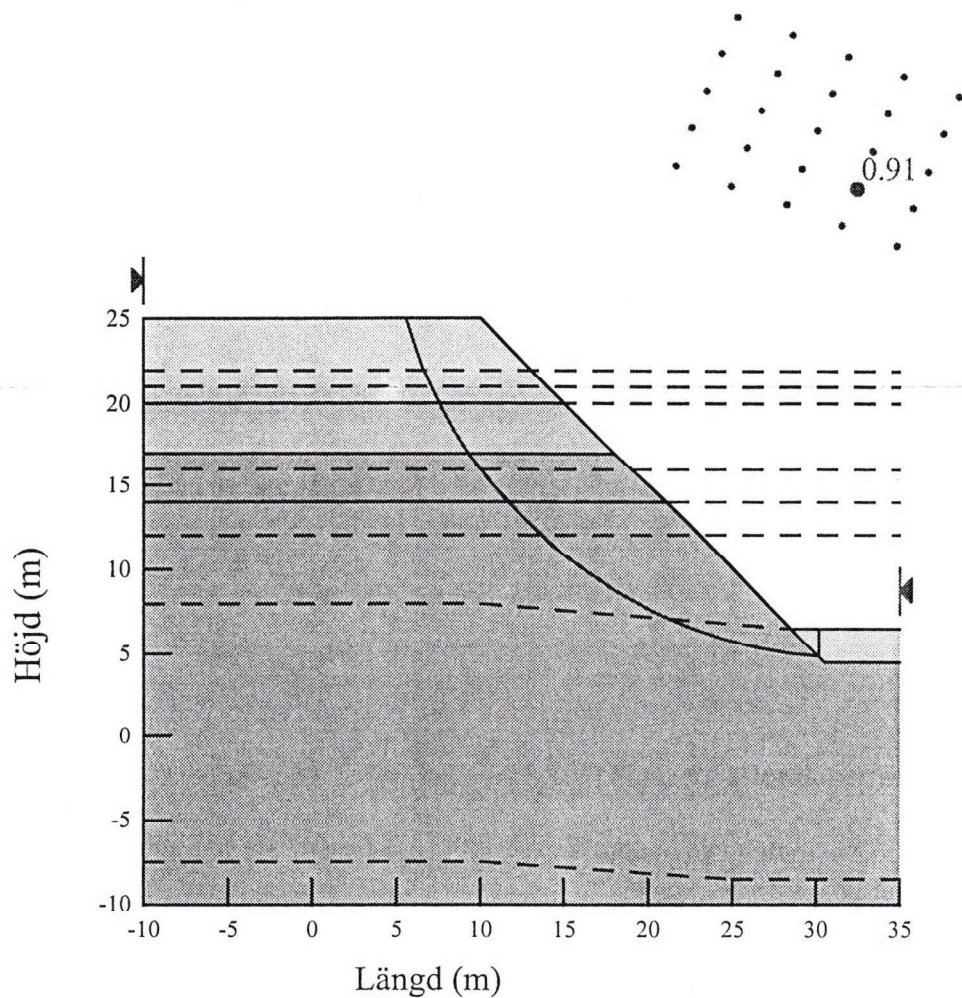
Figur 5.10 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar i Undrom.

Portrycksmätare är installerade på 5 m, 10 m respektive 18 m djup. Portrycksmätarna på 5 resp. 10 m djup sitter placerade i skiktgränser mellan silt och lerig silt där den leriga silten kan liksom i övriga slänter i området antas ha en fri grundvattenyta i överkanten. Vid beräkningarna har det därför antagits att dessa lager är vattenfyllda. Således har de uppmätta negativa portrycken på dessa nivåer (-31 kPa resp. -49 kPa) ej tillgodosållats vid stabilitetsanalysen utan ett maximalt förväntat positivt portryck har antagits istället. Övriga negativa portryck har uppskattats mha siktkurvan. Den antagna portrycksprofilen finns redovisad i figur 5.10.

#### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna 0.91 se figur 5.11. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 0.97.

Stabiliteten är beroende av den valda skjuvhållfastheten i det leriga jordlagret och geometrin. En parameterstudie visar att om  $c'$  och den odränerade skjuvhållfastheten i de understa 3 m i skiktet sänks till 5 kPa resp. 50 kPa så sjunker säkerhetsfaktorn till 0.90. Om friktionsvinkeln i det understa jordlagret sänks från 34 till 32 så sjunker säkerhetsfaktorn till 0.86. Om släntlutningen ändras (så att slänten flackas ut) så påverkas säkerhetsfaktorn i positiv riktning och blir större än 1. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 10-15 m bakom släntkrön. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 0.97.



Figur 5.11 Farligaste globala glidyten för slänten i Undrom.

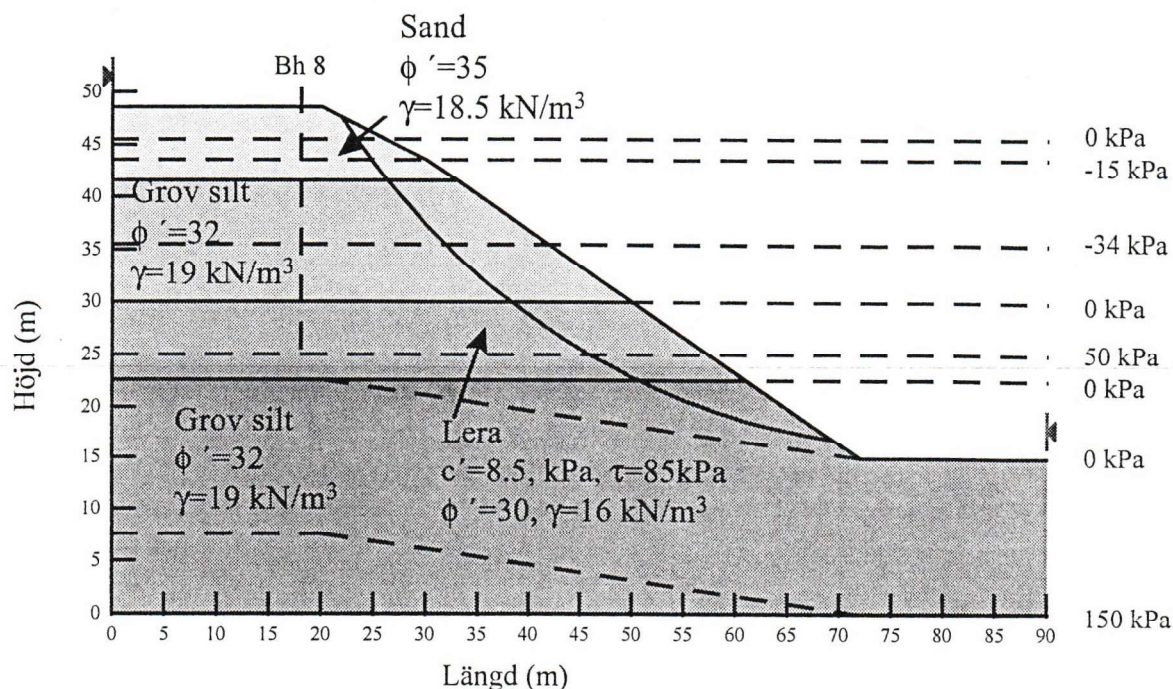
## 5.7 Sollefteå Nipgränd

### Geometri

Släntkrön ligger på nivån +38.5 m och slänttån på nivån +15 m. Slänten är således 23.5 m hög och har en lutning på ca 1:1.5.

### Val av parametrar

De översta 6 m består av sand med  $\phi' = 35^\circ$  och  $\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ . Sanden underlagras av grovsilt ner till 19 m djup med  $\phi' = 32^\circ$  och  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ . På större djup övergår den grova silten i lera med  $c' = 10 \text{ kPa}$ ,  $\phi' = 30^\circ$  och  $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ , och den odränerade skjuvhållfastheten till 85-100 kPa. Leran underlagras förmodligen av ett grövre material med  $\phi' = 32^\circ$  och  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ .

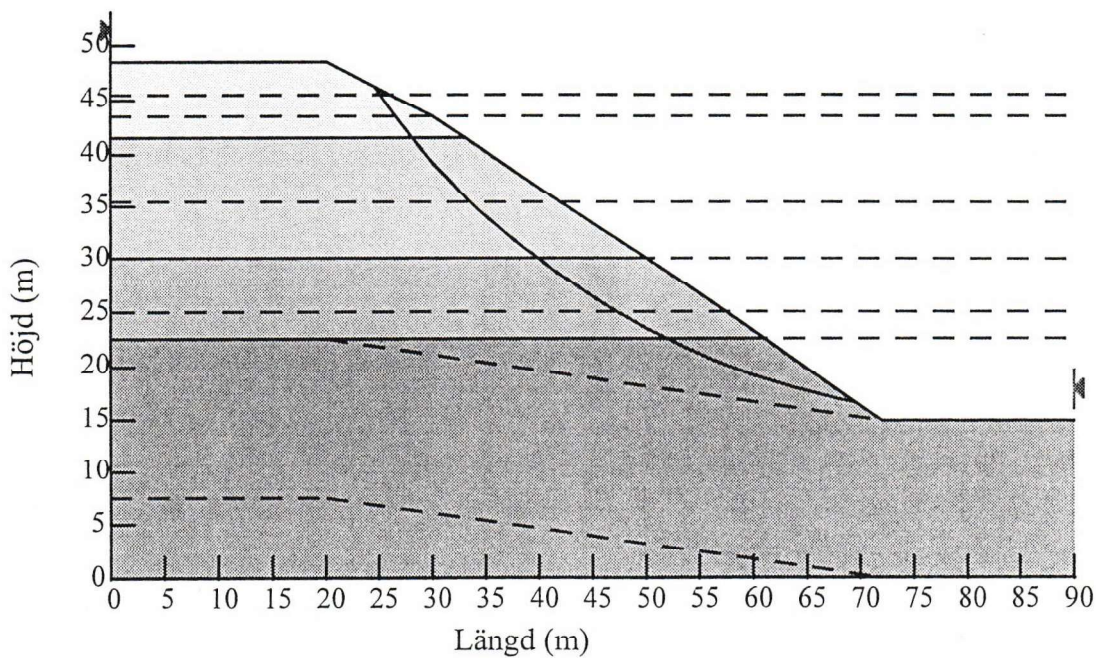
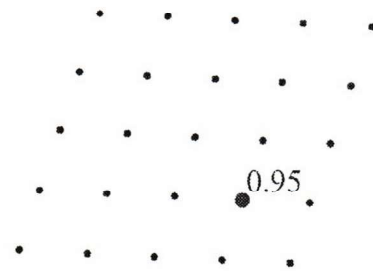


Figur 5.12 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar Sollefteå Nipgränd.

Portrycksmätare är placerade på nivåerna 5 m, 13 m resp. 25 m. De uppmätta effektiva negativa portrycken är -15 kPa resp -34 kPa. En fri grundvattenyta återfinns både i lerlagrets överkant, ca 19 m under markytan och i dess underkant ca 26 m under markytan.

#### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna 0.95, se figur 5.13. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.06. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 25-30 m bakom slänkrön.



Figur 5.13 Farligaste globala glidytan för slänten i Sollefteå Nipgränd.

## 5.8 Vignäsbrännan

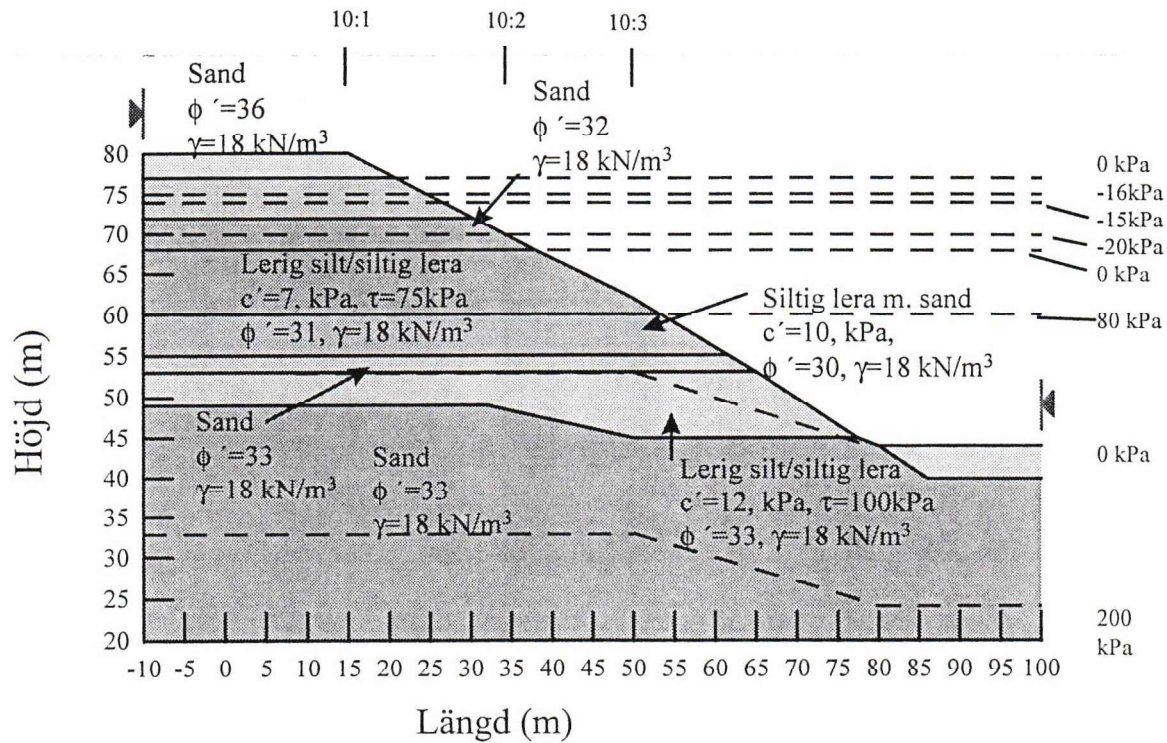
### Geometri

Slänkrön ligger på nivån + 79 m och älvnivån är + 44 m. Slänten är således ca 35 m hög och lutar 1:1.8.

### Val av parametrar

Jordprofilen består av sand de översta 12 m med  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$  och med en friktionsvinkel som minskar gradvis från  $36^\circ$  till  $32^\circ$ . Därunder ner till 20 m under markytan finns ett lager av lerig silt/siltig lera med  $\phi'=31^\circ$ ,  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ ,  $c'=7 \text{ kPa}$  och den odränerade skjuvhållfastheten

75 kPa. Detta skikt underlagras av en siltig lera med inslag av sand med  $\phi'=30^\circ$ ,  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$  och  $c'=10 \text{ kPa}$ . Den odränerade skjuvhållfastheten är ej relevant. Därefter följer ett ca 2 m tjockt skikt av sand med  $\phi'=33^\circ$  och  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ . Sandskiktet underlagras av en siltig lera/lerig silt ner till ca 31 m under markytan med  $\phi'=33^\circ$ ,  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ ,  $c'=12 \text{ kPa}$  och den odränerade skjuvhållfastheten 100 kPa. På större djup blir materialet grövre och  $\phi'=33^\circ$ ,  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ .

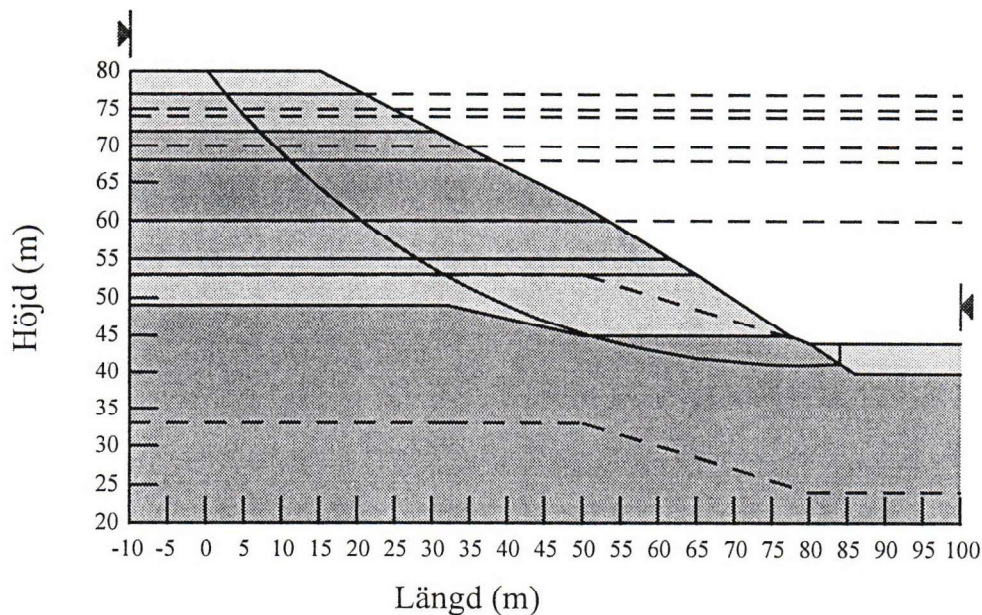
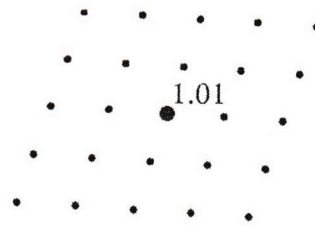


Figur 5.14 Jordlagerföljd, portryck och hållfasthetsparametrar i Vignäsbrännan.

Portrycken liksom sonderingarna är utförda längs slänten i tre punkter 10:1 på nivåerna 5 m, 15 m, 20m, 30m och i 10:2 på 16.1 m under markytan och slutligen på nivå 12.1m under markytan i punkt 10:3. Mätningarna indikerar flera fria grundvattenytor som skiljs åt av de leriga skikten. Portrycksprofilen finns redovisad i figur 5.14.

### Beräkningsresultat

Säkerhetsfaktorn mot dränerat brott utan hänsyn till negativa portryck är med de valda parametrarna 1.01, se figur 5.15. Med hänsyn till de antagna negativa portrycken fås en säkerhetsfaktor på 1.13. Den glidyta som har en säkerhetsfaktor större än 1.35 slår upp ca 25-30 m bakom släntrönn.



Figur 5.15 Farligaste globala glidyten för slänten i Vignäsbrännan.

## 6. Slutsatser och rekommendationer

Omfattningen av de undersökningar som är utförda inom ramen för detta projekt ligger enligt Skredkommissionens anvisningar för släntstabilitetsutredningar mellan översiktlig och detaljerad utredning. För att kunna klassa utredningen som detaljerad borde överslagsberäkningar utförts i ett initieellt skede. Dessa beräkningar skulle sedan varit vägledande för omfattningen och utförandet av fält och laboratorieundersökningarna.

För att kunna utföra rättvisande stabilitetsanalyser måste fler delar av slänten undersökas (vilket i dessa fall enbart är gjort i Vignäsbrännan). I de fall där sonderingar enbart har utförts vid släntkrön alternativt släntfot är underlaget därför något bristfälligt. I dessa höga och branta slänter är bestämningen av släntens geometri oerhört viktig eftersom slänthlutningen är en av de parametrar som har störst inverkan på säkerhetsfaktorn. Den är bestämd med tämligen god noggrannhet för alla sektioner utom för slänten i Undrom där uppgifter om geometrin i princip saknas. Portrycksprofilen i dessa slänter är en annan viktig parameter som också inverkar i

hög grad på den beräknade säkerhetsfaktorn. Osäkerheten i resultaten från porttrycksmätningarna påverkar också osäkerheten i de beräknade säkerhetsfaktorerna. De beräkningar och resultat som redovisas är således lagda i nivå med kvalitén på underlaget och därmed kvarstå en viss osäkerhet i de beräknade säkerhetsfaktorerna.

Samtliga beräknade sektioner har säkerhetsfaktorer som är lägre än eller ungefär lika med 1.3, vilket är att förvänta eftersom de är skapade av naturlig skredaktivitet. Enligt Skredkommissionens rapport 3:95 "Anvisningar för släntstabilitetsutredning" krävs olika erforderliga säkerhetsfaktorer beroende på markanvändning. Om slänten ligger inom ett område som kan klassas som naturmark krävs endast en erforderlig säkerhetsfaktor större än 1.0 i övrigt krävs vid en översiktlig utredning en säkerhetsfaktor för dränerat brott på 1.5 och vid en detaljerad utredning en säkerhetsfaktor för dränerat och kombinerat brott på 1.3-1.35. Det är därför viktigt att ta ställning till i vilka av de beräknade slänterna som man kan tillåta eventuell fortsatt naturlig skredaktivitet och i vilka som vissa åtgärder måste vidtagas.

I dessa slänter om de ligger invid planlagt område, bebyggelse och annan mänsklig aktivitet måste således åtgärder vidtagas. En minsta insats är en kontroll att initialskredet garanterat inte berör närliggande bebyggelse. Dessutom bör en fördjupad känslighetsanalys av de olika parametrarnas inverkan på säkerhetsfaktorn såsom friktionsvinkel, kohesionsintercept, skjuvhållfasthet, porttryck, släntens geometri, utföras för att sortera undan den eller de slänter som då beräkningsmässigt kan bedömas vara stabila. Därefter bör en fördjupad undersökning med åtföljande förstärkning övervägas i de slänter som bedömts ha otillfredställande säkerhet.