

ISSN 1400-5751

Rapport O 1998:1

**Jordskred den 23 maj 1997
i Vagnhärad, D län**

Ärende O-05/97

1998-10-08

Ärendebeteckning

O-05/97

Boverket
Box 534
371 23 KARLSKRONA

Rapport O 1998:1

Statens haverikommission (SHK) har undersökt ett jordskred som inträffade den 23 maj 1997 i Vagnhärad, D län.

SHK överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

SHK emotser tacksamt besked om hur de i rapporten intagna rekommendationerna följs upp.

Sven-Erik Sigfridsson

Jan Mansfeld

Innehåll

	SAMMANFATTNING	5
1	FAKTAREDOVISNING	7
1.1	Händelseförlopp	7
1.1.1	<i>Utvecklingen fram till den 23 maj 1997</i>	7
1.1.2	<i>Huvudskredet</i>	9
1.1.3	<i>lakttagelser efter skredet</i>	10
1.2	Skador	10
1.2.1	<i>Personskador</i>	10
1.2.2	<i>Skador på byggnader och vägar</i>	11
1.2.3	<i>Andra egendomsskador</i>	11
1.2.4	<i>Bestående förändringar i markläge och ålopp</i>	11
1.3	Meteorologisk information	11
1.4	Ursprungliga geotekniska undersökningar för utbyggnad av området	11
1.4.1	<i>Undersökningar och beskrivning av marklagren</i>	11
1.4.2	<i>K-konults bedömning av stabilitetsförhållandena och bolagets rekommendationer</i>	12
1.5	Regler för byggande	12
1.5.1	<i>Grundregler</i>	12
1.5.2	<i>Särskilda regler för skredbenägen mark</i>	13
1.6	Underlaget för byggnadsnämndens beslut om småhustbyggnaden i Ödesbyn	14
1.7	Villkoren i byggnadsloven för av skredet berörda byggnader	15
1.8	Senare undersökningar och åtgärder	15
1.9	Stabilitetsundersökning efter skredet 1982	15
1.9.1	<i>Beskrivning av händelsen</i>	15
1.9.2	<i>Utförda undersökningar</i>	15
1.9.3	<i>VIAK:s stabilitetsberäkningar</i>	16
1.9.4	<i>Skredorsak enligt VIAK</i>	17
1.9.5	<i>Stabiliseringsåtgärder och uppföljning</i>	17
1.10	Skredriskartering 1988	18
1.11	Syn i skredområdet 1995	18
1.12	Undersökningar och observationer under och efterskredet 1997	19
1.12.1	<i>Undersökningar och observationer före huvudskredet</i>	19
1.12.2	<i>Undersökningar och observationer efter skredet</i>	19
1.12.3	<i>Undersökning av den ingjutna rörkopplingen</i>	20
1.13	Räddningstjänstinsatsen	21
1.13.1	<i>I akutläget</i>	21
1.13.2	<i>Åtgärder för att skydda befolkningen mot ytterligare skred</i>	22
1.13.3	<i>Räddning av egendom</i>	22
1.14	Socialt omhändertagande av de evakuerade	22
2	ANALYS	23
2.1	Utförda beräkningar	23
2.2	Beräkning och bedömning av tillståndet 1982	23
2.2.1	<i>Analysmetoder och förutsättningar</i>	23
2.2.2	<i>Resultat och överväganden</i>	24
2.3	Beräkning och bedömning av tillståndet 1997	25
2.3.1	<i>Analys och förutsättningar</i>	25
2.3.2	<i>Resultat och överväganden</i>	25
2.4	Sammanfattande analys	26
3	ORSAKER TILL OLYCKAN	27

BILAGOR

- 1** Bild över skredområdet
- 2** Karta över skredområdet

Rapport O 1998:1

Ärende O-05/97

Rapporten färdigställd 1998-10-08

<i>Olycka</i>	Jordskred
<i>Plats för olyckan</i>	Vagnhärad, Trosa kommun, D län
<i>Tidpunkt för olyckan</i>	1997-05-23 kl. 00.59
	<i>Anm:</i> All tidsangivelse avser svensk sommartid (SST) = UTC + 2 timmar
<i>Personskador</i>	Inga
<i>Skador</i>	Sex enfamiljshus förstördes vid skredet och 33 hus utrymdes inom ett dygn. Gator och vägar inom området förstördes helt eller delvis.

Statens haverikommission (SHK) beslöt den 26 maj 1997 att undersöka de bakomliggande orsakerna till ett jordskred i Vagnhärad, D län, den 23 samma månad och hur samhällets räddningstjänst fungerat vid tillfället.

Olyckan har undersökts av SHK som företräts av Sven-Erik Sigfridsson, ordförande, och Jan Mansfeld, utredningschef. SHK har biträtts av Kjell Karlsrud som geoteknisk expert. Denne har utarbetat en separat rapport över sitt arbete som har fogats till SHK:s akt

Undersökningen har följts av Boverket genom Hartmut Pauldrach, av Statens räddningsverk genom Lars Ekberg och av Statens geotekniska institut (SGI) genom Elvin Ottosson.

Syftet med SHK:s undersökningar är uteslutande att förebygga framtida olyckor och tillbud.

SAMMANFATTNING

Mellan kl. mellan 00.30 och 01.00 fredagen den 23 maj väcktes de boende i området runt Påskvägen av kraftigt muller. Samtidigt sjönk marken på fastigheterna på Påskvägens norra sida. Kl. 00.59 inkom larm till SOS-centralen Sörmland om att ett skred hade inträffat.

Byggnaderna med adresserna Påskvägen 8, 10 och 12 hade följt med i skredet ner mot ån. De med adresserna 6 och 14 hade delats och till hälften hamnat på den lägre nivån. Bottenplattan under halva huset Påskvägen 4 hade också följt med i skredet och hamnat på den lägre nivån.

Skredet orsakades primärt av osedvanligt kraftig nederbörd med höjda portryck som följd.

Till utvecklingen har bidragit en bristande insikt om den potentiella skredbenägenheten i området och om möjligheterna att vid behov vidta motåtgärder.

Rekommendationer

SHK rekommenderar Boverket att på lämpligt sätt dels verka för att tillgänglig kunskap om metoder för att definiera skredrisker och om möjliga motåtgärder i olika fall sprids till kommunerna som ansvariga bygg- och planeringsmyndigheter dels verka för att kommunerna tillförs kunskap om riskerna med att använda tidigare undersökningsresultat i samband med skredriskkartering.

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Händelseförlopp

1.1.1 *Utvecklingen fram till den 23 maj 1997*

Vagnhärad var egen kommun fram till den 1 januari 1974, då den tillsammans med Trosa uppgick i Nyköpings kommun. Den 1 januari 1992 bildade Vagnhärad och Trosa tillsammans en kommun, Trosa kommun.

I samband med de geotekniska undersökningar, som företogs under de första åren av 1970-talet vid planläggningen av nybebyggelsen i Ödesbyn i dåvarande Vagnhärad kommun, påpekades det bl.a., att det fanns skredärr i slutningarna ner mot Trosaån. Det beslöts att bebyggelsen skulle utgöras av friliggande enplanshus eller 1 1/2-plans hus. Området planlades och markarbetena utfördes av AB Markplanering, ett dotterföretag till AB Elementhus, Mockfjärd. Moderföretaget svarade i övrigt för byggandet inom området. Under hösten 1975 bebyggdes de första tomterna.

Under påskhelgen 1982 inträffade ett skred mot Trosaån i västra delen av området. Skredet omfattade ca 800 m² av den naturliga slänten mot ån. Inga byggnader påverkades direkt av skredet, men skredkanten kom att ligga nära tre av husen, som på grund därav bedömdes ej beboeliga nattetid.

Med anledning av det inträffade uppdrog Nyköpings kommun åt ett konsultföretag att företa nödvändiga geotekniska undersökningar och utredningar i syfte att avgränsa riskområdet och föreslå åtgärder för att säkerställa stabiliteten i skredområdet samt att kontrollera stabiliteten för lerslätten mot ån öster om skredområdet.

De föreslagna åtgärderna för att stabilisera marken i området påbörjades under sommaren 1982. Det upptäcktes dock under arbetets gång att det uppstod nya sprickor. Dessutom inträffade andra fenomen vid sättning av de kalkpelare som utgjorde en av stabiliseringsåtgärderna. Mot bakgrund härav avbröts arbetena och ändrades planerna. Entreprenören använde sig i fortsättningen av vertikaldräner för att öka markområdets stabilitet.

Under hösten 1995 upptäcktes sprickor i marken intill Trosaån och i anslutning till det område som stabiliserades 1982. Två av kommunen anlitate geotekniker kunde konstatera att det förekommit rörelser i marken. De kunde dock inte avgöra om rörelserna härrörde från tendenser till skred eller hade andra orsaker. För att man skulle kunna ta reda på detta lämnade de ett förslag till kontrollprogram. Det påpekades i en skrivelse till Trosa kommun att det var av stor vikt att kontrollprogrammet kom till utförande. Detta synes emellertid inte ha skett. Kommunen har angett att anledningen var att området låg i anslutning till det område som stabiliserades år 1982 och att 1988 års skredriskartering inte pekade på behov av ytterligare undersökningar.

I början av maj 1997 hade det bildats en grop och en tvärgående spricka i asfalten på gång- och cykelvägen nedanför byggnaderna med adresserna Påskvägen 14 och 16. Hålet fylldes igen. En av belysningsstolparna längs vägen lutade något, men detta gav ingen anledning till ingripande. En vecka senare uppstod två nya tvärgående sprickor på cykelvägen, men nu längre österut, nedanför Påskvägen 2 och 6. Kommunen blev underrättad om dessa nya sprickor måndagen den 12 maj. Det hade också uppmärksamats att det föll ovanligt mycket regn i området under fredagen den 9 maj. Kommunens representanter bedömde sprickorna i första hand som tjälsprickor.

Under onsdagen den 14 maj upptäcktes att rörelserna i marken fortsatte och en geotekniker kallades till platsen. Han konstaterade att ett mindre skred

inträffat och han upprättade enkla kontrollpunkter så att det gick att kontrollera om rörelserna i marken fortgick och i så fall med vilken hastighet.

Torsdagen den 15 maj tillkallades ånyo en geotekniker. Det visade sig att skredet hade fortsatt att växa med en hastighet av ungefär 2 cm per timme. Den kommunala räddningstjänsten larmades. Enligt larmbeskedet till räddningstjänsten hade gång- och cykelvägen rasat och var på glid ner mot Trosaån.

I samråd med konsultfirman beslöt räddningschefen att den mest hotade byggnaden skulle utrymmas, medan grannhusen på ömse sidor fortfarande fick användas dagtid. Ingen fick dock vistas där under natten. Samma dag beslöt kommunen att kartera området. Geoteknikkonsulten påbörjade fältarbete i och kring skredområdet för att fastställa orsak och konsekvenser samt anbringade enkla instrument för att följa utvecklingen.

De närboende fick därefter varje dag en rapport om läget och en muntlig prognos av en geotekniker. Samtidigt anlätades ett bevakningsföretag för att nattetid hålla vakt i området.

Fredagen den 16 maj fortsatte geoteknikerna med fältarbetet. De gjorde sonderingar i skredet. Dessutom monterade de två portrycks/grundvattenmätstationer, en i bakkant på skredet och en i slänten nedanför Påskvägen 6 och 8. De satte upp stakkäppar i en enslinje parallellt med ån för att kunna kontrollera rörelser. På vissa ställen där artesiskt vatten¹ påträffades, punkterades leran med öppna rör. Genom dessa avleddes vattnet direkt ner till ån i syfte att sänka grundvattentrycket.

Den 19 maj upptäckte geoteknikerna att grundvattenytan i mätpunkten bakom skredet ökat ca 1 m sedan föregående dag, medan den i skredområdets nedre del hade sjunkit tillbaka en del. Geoteknikerna tolkade denna förändring som att skredet höll på att arbeta sig bakåt eller att kulmen på portrycken ännu inte hade uppnåtts. Det konstaterades dessutom att man fått en förskjutning på 6-7 cm i den mellan stakkäpparna upprättade enslinjen.

Tisdagen den 20 maj sammanställdes de geotekniska mätresultaten med kommunens kartering och en beräkningssektion upprättades. Inledande stabilitetsberäkningar av skredområdet utfördes. Vattentrycket var artesiskt längs hela slänten. Vid detta tillfälle uppskattades att vattentrycket i de undre jordlagren motsvarade en grundvattenyta belägen ca 1 m över markytan. Vid beräkningarna framkom att med uppmätta por- och grundvattentryck erhöles säkerhetsfaktorer större än $1,0^2$. Detta innebar att om vattentrycken höjdes med ca 1 m i släntens nedre del skulle slänten gå till brott, dvs. ett skred skulle inträffa. Portrycket bedömdes med hänsyn till den branta gradienten före skredet ha varit betydligt högre närmast ån. Skredet hade gett möjlighet att dränera ut vatten från friktionsjorden under leran.

Den 21 maj ägde ett möte rum mellan geoteknikerna och representanter för kommunen och räddningstjänsten. Vid detta tillfälle presenterades beräkningsresultaten. Vid undersökningarna hade framkommit att lerlagret var tunnare i den undersökta, skredade sektionen än inom området i övrigt, vilket ökade riskerna för skred. Vidare påpekades att rörelserna i skredet fortsatt samt att

¹ Artesiskt tryck kan uppstå om det vattenförande lagret täcks av en mycket tät jordart, t.ex. lera. Om det täta lagret punkteras strömmar vattnet upp ur marken.

² Resultat av stabilitetsberäkningar uttrycks genom en säkerhetsfaktor, som utgör kvoten mellan medelvärdet för skjuvhållfastheten längs glidytorerna och medelvärdet för mobiliserad skjuvspänning. Är säkerhetsfaktorn större än 1,0 förväntas skred eller brott inte inträffa; i annat fall kan man få ett brott.

rörelser pågick mellan husen och skredets bakkant. Geoteknikerna talade också om att portrycket i leran hade stigit ytterligare i området bakom skredet.

Vid sammanträdet konstaterades att motfyllning i slänten inte var möjlig. Avschaktning kunde inte utföras innan man gjort fördjupade analyser. För att motverka ytterligare markrörelser och för att minska portrycket beslöts följande av räddningsledaren efter samråd med geoteknikern.

- * Grundvatten- och portryck skulle avläsas varje dag. När pumpning hade påbörjats skulle avläsning göras två gånger per dag tills annat beslutats.
- * Uppmätta rörelser skulle rapporteras till ansvarig geotekniker en gång per dygn.
- * Ett grundvattenrör skulle monteras söder om mitthuset.
- * Programförslag för kontroll och uppföljning samt förslag till snabba förstärkningsåtgärder skulle tas fram.
- * Påföljande dag, den 22 maj, sattes en pump in för att sänka grundvattenstrycket och därmed även portrycket. Pumpningen startade kl. 16.00.
- * Det uppumpade vattnet leddes genom en rörledning direkt ner till ån. Av räddningschefens dagboksanteckningar framgår att en ränna skulle grävas längs norra stranden av Trosaån för att minska vattenhastigheten i ån och därigenom minska erosionen på den södra åstranden.

1.1.2 *Huvudskredet*

Mellan kl. 00.30 och 01.00 fredagen den 23 maj väcktes de boende i området runt Påskvägen av kraftigt muller - som ett åskväder. Samtidigt sjönk marken på fastigheterna på Påskvägens norra sida, se bild över skredområdet (bilaga 1).

Kl. 00.59 inkom larm till SOS-centralen Sörmland om att ett skred hade inträffat på Påskvägen i Vagnhärad. Räddningsstyrkan i Trosa larmades ut. Ambulansstationen i Vagnhärad fick besked om olyckan i stort sett samtidigt. Därifrån beordrades omgående ut en ambulans. Även huvudbrandstationen i Nyköping, brandstationen i Tystberga och brandstationen i Oxelösund larmades.

Räddningschefen fick direktlarm om olyckan före huvudbrandstationen i Nyköping. Av larmjournalen från SOS-centralen framgår att samtliga inkallade enheter reagerade snabbt på larmet.

Byggnaderna med adresserna Påskvägen 8, 10 och 12 hade följt med i skredet ner mot ån och låg på en ny lägre nivå, se karta över skredområdet (bilaga 2). De med adresserna 6 och 14 hade delats och till hälften hamnat på den lägre nivån. Bottenplattan under halva huset Påskvägen 4 hade också följt med i skredet och hamnat på den lägre nivån. Vid räddningstjänstens rekognoscering kl. 18.45 den 23 maj upptäcktes ett nytt följskred av mindre omfattning nedanför fastigheten Påskvägen 16.

Räddningschefen beslöt att ingen tågtrafik skulle gå förbi platsen för skredet, förrän undersökningar av järnvägens stabilitet mot Trosaån genomförts. Däremot gav han SJ tillstånd att trafikera spåret norrifrån fram till Vagnhärad station, som är belägen nordost om olycksplatsen. Banverket skulle svara för erforderliga undersökningar. Beräkningarna, som skulle kontrolleras av SGI, myndighetsfunktionen, måste redovisas skriftligen, innan tågtrafiken tilläts passera. Måndagen efter skredet meddelade en representant för Banverket att ingen tågtrafik förbi platsen för skredet skulle förekomma före kl. 09.00 den 28 maj.

Den 24 maj tilläts de boende i viss utsträckning att själva hämta sina tillhörigheter med hjälp av släpkärror. Denna metod att tömma byggnaderna visade sig vara alldeles för tidskrävande. Räddningsledningen bedömde därför att man behövde hjälp av militär personal för att tömma de byggnader som drabbats av skredet. Byggnaderna befann sig i vissa fall på en betydligt lägre nivå och de hade inte längre anslutning till gatan. Marken var så ojämn att ”markförstärkningsmattor” måste läggas ut för att öka markens bärlighet.

På onsdagen den 28 maj meddelade representanter för SGI, att säkerhetsfaktorn i Påskvägen bedömdes vara 1,0 fram till fastigheter med ojämna nummer. För själva byggnaderna bedömdes säkerhetsfaktorn vara 1,4-2,0. Skred från sprickbildningar bedömdes inte påverka de nedrasade husen med numren 8, 10 och 12 nämnvärt. Om det inträffade ett skred i Påskvägen, bedömdes detta innebära att stabiliteten för husen med ojämna nummer förändrades i negativ riktning.

1.1.3 *lakttagelser efter skredet*

Efter fredagen den 23 maj inträffade efterskred, men av mindre omfattning.

Dagen efter skredet, upptäcktes kl. 00.35 ett antal mindre sprickor på Påskvägen 2, ca 4 m från raskanten. Sprickorna försågs med markeringar. Kl. 01.50 kunde därigenom avläsas att sprickorna ökat med ca 20 mm i längd och 8 mm i bredd. Samtidigt hittades nya sprickor i slänten ned mot ån. Vid de närmast följande kontrollronderna var förändringarna marginella, men vid rondens kl. 05.20 hade sprickorna ökat i längd. Kl. 11.30 hade sprickorna ökat ytterligare. Dessutom hade det uppstått nya sprickor mitt på Påskvägen. Ett mindre ras inträffade i bakre skredkanten kl. 12.50 vid Påskvägen 12. Kl. 14.30 hade det skett en sättning med ett par centimeter i marken vid Påskvägen 4.

Söndagen den 25 maj iaktogs att marken rört sig och att den på något ställe sjunkit 5 cm. På kvällen visade det sig att gång- och cykelvägen och grasmattan utanför Påskvägen 2 hade sjunkit ca 3 m på en längd av 5 m. Efter följande natt påträffades nya sprickor vid Påskvägen 8 och i marken utefter cykelvägen vid Nyårsvägen. Sprickorna på Påskvägen markerades. De närmaste dagarna därefter var läget stabilt.

Onsdagen den 28 maj rapporterade bevakande hemvärnsmän att de hört knäppningar och ljud av jordmassor som rasade, speciellt i anslutning till byggnaden på Påskvägen 10. Några nya skred upptäcktes dock inte i anslutning härtill.

Efter skredet anträffades ett vattenläckage på servisledningen till byggnaden på Pingstvägen 4, i kvarteret ovanför de skredrabbade byggnaderna. Vattnet stängdes av den 27 maj kl. 13.00. Personal från kommunens tekniska kontor tog bort betongen runt vattenledningen och avlägsnade den del av ledningen som var ingjuten i betongen. Det visade sig då att ingjuten i betongen satt, förutom en övergångskoppling, en rörkrök. De boende i huset hade inte märkt några tecken på läckage tidigare. Däremot hade räddningstjänsten genom en granne blivit uppmärksam på ljudet av porlande vatten i en avloppsbrunn, som låg nedströms avloppsledningen från den berörda fastigheten. Någon dag efter avstängningen upphörde ljudet.

1.2 **Skador**

1.2.1 *Personskador*

Under natten sökte fem personer från skredområdet vård på sjukhus. På morgonen var två av dessa kvar på sjukhuset. Ingen ansågs allvarligare skadad.

1.2.2 *Skador på byggnader och vägar*

Vid skredet följde tre hus med rasmassorna. Två andra hus bröts sönder, så att en del av byggnaderna stod kvar på den ursprungliga marknivån, medan resten åkte med i skredet. Halva bottenplattan under ett hus följde också med i skredet. Ytterligare tjugo byggnader längs Nyårsvägen och Påskvägen utrymdes på order räddningschefen.

De utrymda byggnaderna bedömdes av räddningschefen och geoteknikerna ligga så nära skredkanten att de skulle kunna dras ner i skredmassorna innan dessa kommit till jämvikt.

Därutöver utrymdes ytterligare sju byggnader, varav fyra låg längs Pingstvägen och tre på Adventvägen. Dessa ansågs också ligga i riskzonen. De fyra byggnaderna på Pingstvägen bedömdes senare vara beboeliga efter det att vissa förstärkningsåtgärder vidtagits för att säkra mot nya skred.

Den kombinerade gång- och cykelvägen norr om byggnaderna rasade på delen mellan Nyårsvägen och bron över ån.

Järnvägen, som ligger omedelbart norr om Trosaån, var i ett utsatt läge, särskilt som ån ändrade sitt lopp, när skredmassorna tryckte ut södra åstranden i vattnet. Erosionen på norra stranden befarades därför under de första dagarna kunna vara ett allvarligt hot mot järnvägens stabilitet. Järnvägstrafiken inställdes därför under sex dagar på sträckan Nyköping - Vagnhärad.

1.2.3 *Andra egendomsskador*

Löseegendom i form av fordon, trädgårdsmöbler m.m. följde med skredmassorna. I vissa fall kunde dock en del av detta bärgas.

1.2.4 *Bestående förändringar i markläge och ålopp*

Genom skredet har stora jordmassor förskjutits ner mot ån. Samtidigt har den tidigare slänten omvandlats till ett antal småkullar med mellanliggande fördjupningar och sprickor.

Trosaåns lopp förändrades vid skredet genom att skredmassorna fortsatte ut i den tidigare årännan och dämde upp denna. Vattnet pressades därför in i en smalare ränna längs åns norra strand.

1.3 **Meteorologisk information**

Nederbörd i form av regn har uppmätts kontinuerligt vid väderstationen vid Åda gård, belägen ca 3 km från skredområdet. Av uppgifterna därifrån framgår att det under perioden 4-9 maj föll för årstiden ovanligt mycket regn. Under ett dygn föll lika mycket som genomsnittligt brukar falla under hela månaden maj. Det hade regnat kraftigt även den 24 och 29 april. Sedan området bebyggdes 1972 har det inte fallit lika mycket regn på så kort tid.

1.4 **Ursprungliga geotekniska undersökningar för utbyggnad av området**

1.4.1 *Undersökningar och beskrivning av marklagren*

De första geotekniska undersökningarna utfördes av K-konsult i juli-augusti 1972 och sammanfattades i en rapport den 8 december 1972. Detta var en översiktlig undersökning utförd för AB Elementhus och omfattade borrhningar i 25 punkter mellan Ödesbyvägen och Trosaån

Kompletterande undersökningar utfördes i 38 punkter av K-konsult i december 1972 och redovisades i en rapport den 8 januari 1974. De flesta av de nya borrhningarna låg längs Nyårsvägen samt vid gång- och cykelvägens bro över Trosaån.

Undersökningarna visade i huvuddrag följande:

- Terrängen i höjdryggen längs med Ödesbyvägen åt söder i området låg på nivån +20 till +25 och lutade ner mot Trosaåns dalgång. Vattennivån i Trosaån låg ungefär på nivå +2,4. Den största lutningen på slänten mot Trosaån varierade från ungefär 16 till 18 grader.
- Det fanns berg i dagen i de högsta partierna mot söder och öster i området. Annars lutade berget ner mot Trosaån på samma sätt som terrängen. Trosaån följde alltså en dalgång i berget. De utförda borrhningarna gav inte säker bestämning av berget, och kan ha stoppat i friktionsjord eller morän. Djupet till fast botten var störst i slänten nedom Påskvägen. Nederst vid Trosaån var djupet till fast botten maximalt 14,7 m enligt en borrhning vid bron. Längs byggnaderna norr om Påskvägen var djupet till fast botten 8-10 m. Djupet avtog gradvis söderut mot byggnaderna vid Pingstvägen. Längre österut i slänten minskade djupet till fast botten, och var som minst 1,0 m.
- Jordlagren över berg eller fast botten utgjordes för det mesta av lera, men det fanns något friktionsjord närmast berget (silt och grusig morän). Under en övre torrskorpa, som ökade från ca 0,5 m till 1 m tjocklek nederst vid Trosaån till 2-3 m tjocklek högre upp i slänten, låg generellt lös och sensitiv lera. Viktsonderingarna tydde emellertid på att leran blev något fastare och siltig 2-3 m närmast fast botten.
- Prov togs inte djupare än 5 m. K-konsults undersökningar ger därför bara en begränsad bild av lerans geotekniska egenskaper.
- K-konsult undersökte inte portrycksförhållandena.

1.4.2 *K-konsults bedömning av stabilitetsförhållandena och bolagets rekommendationer*

K-konsults huvudkonklusion var att området kunde byggas ut under vissa förutsättningar i fråga om utfyllnad och grundläggning. Dessa redovisades i detalj i en rapport den 8 januari 1974.

K-konsults rapporter innehåller inga analyser av släntens stabilitet och anger inte vilken säkerhetsfaktor som har använts vid rekommendationerna.

1.5 Regler för byggande

1.5.1 Grundregler

Fram till den 1 juli 1987 reglerades markanvändning och byggande genom byggnadslagen (1947:385) och byggnadsstadgan (1959:612). Efter den tidpunkten gäller i stället plan- och bygglagen (1987:10). Byggnadsstyrelsen, Statens planverk och - senare - Boverket har publicerat föreskrifter, anvisningar, råd m.m. för att klarlägga vilka krav plan- och bygglagstiftningen ställer på undersökning av de geotekniska förhållandena och kraven på geokonstruktion eller grundkonstruktion. Med geokonstruktion avses stödjande eller bärande konstruktioner som antingen helt utgörs av jord eller berg eller vars funktion är beroende av omgivande jords eller bergs hållfasthetsegenskaper.

Byggnadslagen och byggnadsstadgan m.m.

I 5 § byggnadslagen förutsattes att mark, för att få användas till tätbebyggelse, vid planläggning skulle ha prövats vara ur allmän synpunkt lämpad för ändamålet. Från och med den 1 januari 1973 gällde detta även glesbebyggelse. Vid planläggning skulle enligt 16 § byggnadsstadgan ett förslag till plan; byggnads-, stads-, general- eller regionplan, bl.a. åtföljas av en utredning om de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för planens genomförande med beaktande särskilt av grundens beskaffenhet. Av 42 § byggnadsstadgan framgick att en byggnads grundkonstruktion och stomme samt övriga byggnadsdelar skulle ha betryggande bärförmåga, stadga och beständighet.

Plan- och bygglagen (PBL)

PBL trädde i kraft den 1 juli 1987 och innehåller bestämmelser om planläggning av mark och vatten och om byggande. Bestämmelserna syftar till att främja en god och långsiktigt hållbar livsmiljö. Lagen är i första hand ett instrument för kommunerna för att de skall kunna styra bebyggelseutvecklingen. Kommunerna har genom planinstrumenten getts möjligheter att påverka den framtida markanvändningen och därigenom förhindra t.ex. att bostadsområden utsätts för risker.

Enligt 2 kap. 3 § PBL skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. jord-, berg- och grundvattenförhållandena. I prop. 1985/86:1 s. 473 angav departementschefen följande. ”När det gäller jord-, berg- och grundvattenförhållanden vill jag stryka under lämpligheten av att kommunerna i underlaget till sina översiktsplaner redovisar geotekniska och andra undersökningar som har utförts och har betydelse för att bedöma markens lämplighet för bebyggelse. Av särskild vikt är det att redovisa områden som kan bedömas vara olämpliga på grund av t.ex. risk för jordskred, bergras, stora sättningar, onormal förändring av grundvattennivån och stora lerdjup.”

1.5.2 Särskilda regler för skredbenägen mark

Utgångspunkten enligt såväl byggnadslagen som PBL är att marken skall vara lämpad för bebyggande. I Planverkets vid byggtillfället gällande föreskrifter (SBN 67) angavs att ett markområdes grundförhållanden skulle undersökas i erforderlig utsträckning redan i samband med planläggning av bebyggelse. I de allmänna råd som gavs i anslutning till denna föreskrift angavs att denna undersökning borde vara av sådan omfattning att underlag för ekonomisk analys av grundläggnings- och exploateringskostnader erhöles. Vid detaljplanering av områden för småhusbebyggelse angavs i råden att omfattningen av undersökningen skulle vara sådan att särskild grundundersökning för de enskilda byggnaderna inte skulle behövas.

Enligt de föreskrifter som gällde för projektering av byggnader skulle grundundersökning göras i den omfattning som var erforderlig för att bestämma lämpligt grundläggnings sätt samt bedöma risken för ras, skred eller sättningar vid grundläggningsarbetets utförande och behovet av erforderliga åtgärder i övrigt i anslutning till grundläggningen. Vidare skulle grundundersökningen ge upplysning om för utförandet av grundläggningen erforderliga uppgifter såsom bl.a. grundvattenstånd och de faktorer som inverkar på jordtryckets storlek.

I de allmänna råden angavs att det på grundval av de uppgifter som framkommit om grundförhållandena skulle föreslås lämpligt grundläggnings sätt och tillåten grundpåkänning. Vidare skulle anges de eventuella olägenheter som kunde förväntas vid föreslagen grundläggning, t.ex. väntade sättningar. Vidare borde behovet av dränering anges. Om särskilda byggnadstekniska åtgärder ansågs erforderliga med hänsyn till rådande grundförhållanden, borde även detta anges. Likaså borde redovisas sådana uppgifter som var av väsentlig betydelse för grundläggningsarbetets genomförande.

Av detta framgår att det fanns regler för byggande på skredbenägen mark. Det fanns också regler för utförande av grundkonstruktionen så att för byggnadens funktion skadliga formförändringar och sprickbildningar eller andra olägenheter på grund av rörelser i jordlagren under eller intill byggnaden undveks. Härvid skulle hänsyn tas även till sådan grundvattensänkning som kunde bedömas äga rum. Med rörelser i jordlagren avsågs bl.a. sättningar och tjällyftning samt sådana rörelser som förorsakas av krympning och svällning i jordlagren genom ändring av vattenhalten till följd av grundvattensänkning eller inverkan av väderlek och växtlighet. Vidare skulle hänsyn tas till de ändringar av jordtrycket som kunde uppstå härigenom. Det var endast rörelser ovan schaktbotten som angavs i de allmänna råden.

Det påpekades emellertid att hänsyn skulle tas till eventuell risk för glidning och stjälpning. Vid bedömning av en konstruktions säkerhet mot glidning skulle även beaktas risken för brott i glidyta i jorden under konstruktionen. Vid bedömning av risk för stjälpning skulle hänsyn tas till förhållandet mellan stabiliserande och stjälpande moment kring stjälpningsaxeln. I anvisningstext angavs hur läget på stjälpningsaxeln kunde bestämmas.

1.6 Underlaget för byggnadsnämndens beslut om småhusbebyggelsen i Ödesbyn

Vid sammanträde den 2 oktober 1972 med kommunstyrelsens arbetsutskott i Vagnhärad kommun beslöt arbetsutskottet att föreslå kommunfullmäktige att till AB Markplanering försälja fastigheterna Ödesby 1:2 och 1:3, Husby Södra 5:24 samt del av Husby Södra 5:36 och att godkänna ett förslag till principavtal avseende exploatering och ersättning för kommunens kostnader för huvudanläggningar. Samma dag fattade kommunstyrelsen motsvarande beslut, vilket även blev kommunfullmäktiges beslut vid sammanträde den 31 oktober 1972. Det nu aktuella skredet inträffade på fastigheten Ödesbyn 1:2, men berörde även Husby Södra 5:24 och en del av Husby Södra 5:36.

Till grund för detta beslut låg bl.a. en geoteknisk undersökning som utförts i samband med att en generalplan upprättades för Vagnhärad och Trosa. Resultatet av den undersökningen hade redovisats den 30 mars 1966, men berörde inte det nu aktuella området. Under år 1972 gjorde K-konsult en geoteknisk

undersökning innefattande skredområdet. Den undersökningen slutredovisades den 8 december 1972. Resultatet av den och de rekommendationer den utmytnar i redovisas i avsnitt 1.4.

Enligt principavtalet mellan kommunen och AB Markplanering skulle kommunen svara för att en byggnadsplan antogs. Vidare skulle kommunen dra fram och bekosta huvudledningar för vatten och avlopp. Den 17 december 1973 tecknades ett exploateringsavtal som kompletterade det tidigare principavtalet. Dessa avtal godkändes av sammanläggningsdelegerade inför samgåendet mellan Vagnhärads kommun och Nyköpings kommun den 1 januari 1974.

1.7 Villkoren i byggnadsloven för berörda byggnader

I byggnadsplanen angavs att bebyggelsen skulle utgöras av ca 45 småhus; dels friliggande, dels kopplade hus. Inom partiet norr om gamla skolan, där terrängen hade lämplig lutning, föreslogs souterränghus. Av beteckningarna på planen framgår att 1- och 1 1/2 - planshus var tillåtna.

Enligt uppgift från Trosa kommun framgår av de arkiverade bygglovhandlingarna följande.

Byggnaderna på Påskvägens norra sida, jämna nummer, och byggnaderna med adresserna Nyårsvägen 12, 14 och 16 grundlades på pålar ner till berg. Byggnaderna på Påskvägens södra sida, udda nummer, försågs med källare. För byggnaderna på Nyårsvägen med högre adressnummer än 16 gällde följande. Den med nummer 18 vilade delvis på pålar. Den med nummer 20 försågs med två pålar. Byggnaderna med adresserna 22 och 24 grundlades på plintar och den med nummer 26 försågs med platta på mark. Detta innebär att samtliga byggnader hade hel betongplatta i lägsta planet.

Av handlingarna framgår att det från tomterna anordnades dagvattenavlopp som sammanfördes till gemensamma dagvattenledningar. På varje tomt hade anordnats en avloppsbrunn till vilken takavloppens stuprör var anslutna genom ledningar i marken.

1.8 Senare undersökningar och ågärder

En geoteknisk konsult tillfrågades som nämnts redan före skredet den 23 maj 1997. De närmaste dagarna efter skredet stod geoteknisk expertis till räddningsledarens förfogande. I det senare fallet anlätades SGI, myndighetsfunktionen.

Redan tidigt konstaterades att porvattentrycket var högt. De försök som gjordes att minska detta genom pumpning hann inte ge något nämnvärt resultat före skredet.

1.9 Stabilitetsundersökning efter skredet å 1982

1.9.1 *Beskrivning av händelsen*

Under påskhelgen 1982 inträffade ett skred mot Trosaån i västra delen av bostadsområdet. Skredet började som ett mindre lokalt skred närmast Trosaån och utvidgades sedan i flera steg upp över slänten och åt sidorna. Slutligen omfattade det en areal om 800m², och botten i Trosaån synes ha blivit upp-

tryckt ca 2 m. Skredmassorna tog med sig delar av gångvägen men berörde inte några byggnader.

1.9.2 *Utförda undersökningar*

Nyköpings kommun engagerade VIAK att företa nödvändiga undersökningar och utredningar främst i syfte att avgränsa riskområdet och att föreslå åtgärder för att säkerställa stabiliteten i skredområdet samt att kontrollera stabiliteten i lerslätten mot ån öster om skredområdet. Även SGI anlätades som rådgivare till kommunen och VIAK.

VIAK:s undersökning och rekommendationer sammanställdes i en rapport daterad den 22 juni 1982. Undersökningarna omfattade nya borrhningar i 41 punkter. Ungefär hälften av borrhningarna låg inom skredområdet, medan de andra låg i fem profiler längs slänten österut till änden av Nyårsvägen.

Undersökningarna bekräftade den generella bilden av marklagren från K-konsults tidigare undersökningar, men gav mer specifik information om lerans geotekniska egenskaper och variationerna i djup till fast botten längs med slänten. Följande data kan nämnas särskilt:

De nya proverna visade att den lösaste leran hade en vattenkvot av 70-80% och att konflytgränsen var ungefär densamma.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet enligt vingborringarna utanför 1982 års skredområden visade lägsta värden från $c_u=18$ till 25 kPa i den lösaste leran. Sensitiviteten enligt konförsök var typiskt 20.

Dagarna efter skredet uppmättes vattentrycket i skredet under botten av det lösa lerlagret. Det motsvarade ett grundvattentryck på nivå ca. +7,0. Vid punkten närmast Trosaån innebar detta ett artesiskt grundvattentryck 2,5 m över markytans nivå efter skredet. De följande dagarna sjönk trycket snabbt till nivå ca +5,5.

1.9.3 *VIAK:s stabilitetsberäkningar*

VIAK utförde stabilitetsberäkningar för nio sektioner. Fyra av dessa låg inom 1982 års skred. Två typer av stabilitetsberäkningar utfördes för alla sektioner.

- En odränerad analys (s.k. "c-analys") som enligt svensk praxis vid denna tid (1982) var vanligast för beräkning av stabilitetsförhållanden i lerslätter.
- En dränerad analys (s.k. "c ϕ -analys") som på den tiden generellt betraktades som mest relevant för beräkning av stabilitetsförhållanden i friktionsjord (silt, sand och grus).

I de odränerade analyserna baserade sig VIAK enligt rådande praxis på oreducerade skjuvhållfastheter bestämda genom vingförsök och - delvis - konförsök på upptagna ostörda prov. För sektionerna inom skredområdet konstaterades att skjuvhållfastheten hade reducerats med ca 50%.

VIAK:s rapport av den 22 juni 1982 beskriver inte i detalj de antaganden som gjordes i de dränerade analyserna, men enligt uppgifter i VIAK:s arkiv och i en senare rapport synes följande vara fallet:

- I den dränerade analysen studerades glidytor som i bakkant gick ner genom torrskorpan och den lösaste leran och sedan följde lagret med "friktionsjord" ner mot ån.

- Det var bara längs den del av glidyterna som följde "friktionslagret" som VIAK använde dränerad skjuvhållfasthet. För de delar av glidyterna som passerade den lösa leran användes odränerade skjuvhållfastheter enligt den metod som redovisats ovan.
- Enligt VIAK:s arkivmaterial antogs portrycket i övergången mellan lera och "friktionsjord" vid Trosaåns brädd motsvara ett artesiskt tryck på 2,6-2,8 m i skredområdet. På större avstånd från Trosaån antogs övertrycket gradvis reduceras till att motsvara noll övertryck (i relation till markytan) på 15-20 m avstånd från ån.

VIAK:s beräknade lägsta säkerhetsfaktorer för de enskilda sektionerna återges i tabell 1.1.

Tabell 1.1 Sammanställning av VIAK:s stabilitetsberäkningar

Sektion	Säkerhetsfaktor	
	Odränerad analys	Dränerad (kombinerad) analys
1	1,44	1,2
2	1,27	1,1
3	1,19	1,2
4	1,15	1,2
0	3,2*	0,6*
5	1,58	1,4
6	1,57	1,5
7	1,97	1,7*
8	1,78	1,7
9	2,00	1,5*

Anm: * = plana glidytor

På grundval av dessa säkerhetsfaktorer rekommenderade VIAK stabiliseringsåtgärder inom och nära skredområdet för att höja säkerhetsfaktorn till minst $F=1,5$ som var den säkerhetsfaktor som var praxis i Sverige. För det område som drabbades av 1997 års skred rekommenderades inga stabiliseringsåtgärder eftersom säkerhetsfaktorn där var större än 1,5 och ansågs tillfredsställande.

1.9.4 Skredorsak enligt VIAK

På uppdrag av SGI utarbetade VIAK hösten 1982 en särskild rapport som behandlade orsaken till skredet. I denna rapport konkluderade VIAK:

Skredet i Ödesby har startat närmast åkanten, där lerdjupen endast är 3 à 4 m. Utlösande orsak har varit höga portryck i silt/sandskikt nära fasta botten i kombination med erosion. Därefter har skredet successivt utbildats bakåt på grund av förlorat mothåll.

1.9.5 Stabiliseringsåtgärder och uppföljning

VIAK:s rekommendation var att man skulle stabilisera skredområdet genom installation av kalkpelare med 0,5 m diameter och med 1 m centrumavstånd, utläggning av stödbank samt erosionsskydd på den utsatta sträcka där ån böjer

av 90°. Som en första temporär åtgärd rekommenderades en sänkning av grundvattentrycket väster om skredet.

Efter att 769 av de 859 planerade kalkpelarna hade satts ner inom skredområdet inträffade nya rörelser under natten 29-30 juni 1982. Arbetet stoppades då. Vidare åtgärder behandlades vid möten med Nyköpings kommun den 30 juni och 10 augusti 1982. Det beslöts då att vertikaldräner skulle ersätta de resterande kalkpelarna. Under dessa kompletterande arbeten uppmättes bara små rörelser i området.

Grundvattentrycksnivån kontrollerades av VIAK i nio grundvattenrör monterade inom området.

Ett rör i skredet nära ån visade ett artesiskt tryck strax efter skredet. Övertrycket sjönk snabbt efter att kalkpelarna hade installerats. Ett annat rör vid gångvägen öster om skredet hade inte visat artesiskt tryck, men högsta nivån låg ungefär 0,5 m under markytan. I sitt brev den 31 augusti 1984 till Nyköpings kommun rekommenderade VIAK att portrycksmätningarna skulle avslutas med undantag för två rör inom skredet.

1.10 Skredriskartering å 1988

Efter beställning av Nyköpings kommun utförde VIAK år 1988 en inventering av stabilitetsförhållandena utmed Trosaån. Detta var ett led i den översiktliga kartering av stabilitetsförhållandena inom bebyggda områden som pågår i Sverige och som finansieras genom Statens räddningsverk (skredriskartering).

Eftersom stabilitetsförhållandena inom området för 1997 års skred hade behandlats av VIAK i samband med skredet år 1982, behandlades detta område inte på nytt i VIAK:s inventering och rapport från år 1988. Det enda som finns är en hänvisning på en av de översiktliga kartorna i rapporten, genom att området på skredriskkartan betecknas med gul färg. Denna färg används för "stabilt lerområde, mycket liten sannolikhet för skred".

1.11 Syn i skredområdet å 1995

Sedan sprickor uppkommit i anslutning till Trosaån i anslutning till det område som stabiliserades år 1982 utförde VBB VIAK hösten 1995 på uppdrag av Trosa kommun två syner i området för 1982 års skred och områdena närmast omkring.

Detta behandlas i ett brev från VIAK den 11 mars 1996 med konklusionerna:

Några tecken på rörelser i själva skredområdet (1982) kunde inte upptäckas vid besöken.

Mellan den förstärkta delen av skredområdet och gång-cykelbron, ett avsnitt på ca 10 m, har dock rörelser förekommit. Tecknen på att dessa rörelser har ägt rum är ett par mindre skred vid åkanten samt att sprickbildningar uppträder mellan åkant och gc-väg.

På andra sidan under gc-vägen finns en belysningsstolpe som kraftigt markerar rörelser i marken. Huruvida dessa rörelser härrör från tendenser till skred eller andra rörelser är svårt att uttala sig om vid enbart besök på platsen.

För att kunna med säkerhet säga hur stora rörelserna är har vi i brevet dat. 95-12-07 föreslagit ett kontrollprogram, i brevet är även medtaget kostnad för detsamma. VBB Viak anser att det är av stor vikt att kontrollprogrammet blir genomfört.

Något sådant kontrollprogram genomfördes inte. Som förklaring har kommunen angett att sprickbildning är normalt förekommande på många platser utmed Trosaån, att området stabiliserades 1982 och att området i 1988 års skredriskartering betraktades som stabilt.

1.12 Undersökningar och observationer under och efter skredet å 1997

1.12.1 Undersökningar och observationer före huvudskredet

Följande information kommer i huvudsak från "Uppdragsanteckningar 15 maj-23 maj", gjorda av VBB VIAK, och SGI:s intervjuer med de boende om iakttagelser före och i samband med skredet.

Boende rapporterade den 12 maj 1997 till Trosa kommun sprickor i asfalten på gångvägen mellan Trosaån och fastigheten Påskvägen 4. Kommunen bedömde först sprickorna som tjälsprickor, men då sprickorna och rörelserna fortsatte kallades VBB VIAK till platsen den 14 maj. Enstaka kontrollpunkter monterades för att kontrollera om rörelserna fortgick och med vilken hastighet.

Den 15 maj påbörjade VBB VIAK fältarbete i och omkring det initiala skredet. Detta omfattade sonderingar i "initialskredet" samt installation av grundvattenrör och portryckspetsar på två platser alldeles bakom skredrörelserna samt mellan gångvägen och ån något väster om "initialskredet".

Den 15 maj uppmättes vertikala rörelser i skredets bakkant motsvarande 2 cm per timme. I Trosaån syntes en tydlig grumling i och nedströms skredområdet.

Portrycksmätningarna vid en punkt nedanför gång- och cykelvägen visade dagarna före huvudskredet artesiska tryck på intill 2 m i övergången mellan den lösa leran och den mer siltiga leran. Även vid en annan punkt var det artesiskt tryck ner mot fast botten.

På vissa ställen försökte man den 16 maj att sänka det artesiska trycket genom att punktera lerlagret med öppna rör som slogs ner genom leran till fasta botten. Rörelserna fortsatte emellertid de följande dagarna. Den 21 maj kom en vertikal sjunkning i bakkant av initialskredet. Man beslöt då att installera en pumpbrunn nere i friktionsjorden för att försöka sänka portrycksnivån ytterligare. Pumpningen började den 22 maj kl. 16.00, bara några timmar innan huvudskredet inträffade.

Dagarna före huvudskredet utförde VBB VIAK några stabilitetsberäkningar. Resultaten redovisades vid ett möte den 21 maj. Lägsta säkerhet var enligt en kombinerad odränerad/dränerad analys $F=1,10$, men VBB VIAK poängterade att säkerheten var känslig för antaganden om portryck. Detta var underlaget för beslutet om grundvattenpumpning.

1.12.2 *Undersökningar och observationer efter skredet*

Efter huvudskredet sattes ett omfattande undersökningsprogram i gång där både VBB VIAK och SGI deltog.

Samtliga undersökningsresultat återfinns i VBB VIAK:s rapport den 6 oktober 1997. I det följande sammanfattas bara resultat som ger ny information om marklagren och deras geotekniska egenskaper närmast själva skredområdet.

Marklagren

De utförda sonderingarna med s.k. CPT-metod³ ger generellt god information om variationer i marklagrens uppbyggnad. De ger i detta fall speciellt god information om gränsen mellan den homogena lösa leran i toppen och den siltiga leran närmare fasta botten. Det framgår också tydligt att den siltiga leran innehåller lager av silt och sand.

I fråga om lerans vattenkvot och flytgräns stämmer de nya borringarna väl med dem som utförts tidigare. Detsamma gäller lerans densitet.

Portryck

Portrycket är av mycket stor betydelse för bedömning av släntens stabilitet och bör därför uppmärksammas särskilt.

Vid två punkter nära det initiala skredet uppmättes artesiskt tryck i den siltiga leran dagarna mellan det initiala skredet och huvudskredet.

Grundvattentrycknivån de första dagarna efter skredet (25-26 maj) mättes i observationsrör som slagits ner till fast botten. Mätresultaten visade ett betydande artesiskt övertryck i alla punkter som låg inom själva skredet, med portrycksnivåer på +6,5 till +8,0 närmast ån, motsvarande 3 till 4,5 m över ursprunglig markyta. Detta är ungefär samma tryck som uppmättes i samband med skredet år 1982. Portrycken inom skredet har antagligen påverkats (höjts) direkt av skredet och är alltså inte representativa för läget omedelbart före skredet. Även ett rör väl utanför skredet och ett annat rör utanför det initiala skredet gav dock klara indikationer på att det faktiskt förelåg ett artesiskt tryck i nedre delen av slänten före skredet. Osäkerheten rörande trycknivåer var störst i nedre delen av slänten. De första två dagarna efter skredet var trycket mer eller mindre konstant, men den 27 maj började det att sjunka jämnt och stadigt. Samma dag upptäcktes en vattenläcka vid Pingstvägen 4. Vattnet stängdes av kl 13.00 samma dag. Senare konstaterades att läckaget kom från en ledningsövergång i betongen under huset. VBB VIAK uppskattade vid framgrävning av ledningen läckaget till 1-2 l/min.

Odränerad skjuvhållfasthet

SHK har gjort en sammanställning av samtliga skjuvhållfastheter från både de gamla och de nya vingförsöken. Endast borringar från platser som inte har varit direkt berörda av skreden åren 1982 och 1997 har tagits med. En statistisk behandling av dessa data bekräftar att skjuvhållfastheten i den lösa leran är närmast konstant i förhållande till nivån.

Med utgångspunkt i nedre kvartilen är den okorrigerade skjuvhållfastheten $\tau_{fu}=20$ kPa. Detta värde är 2 kPa lägre än det som tidigare antogs av VIAK på grund av 1982 års undersökningar.

³ Cone Penetration Test.

Skjuvhållfastheten från de enskilda vingförsöken visar inte någon klar eller entydig variation över området. Det är därför rimligt att anta att skjuvhållfastheten i den lösa leran är den samma över merparten av skredområdet.

SHK har också reducerat resultaten från de enskilda vingförsöken med hänsyn till Skredkommissionens⁴ rekommendation. Detta ger en nedre kvartil för reducerad odränerad skjuvhållfasthet i den lösa leran på $\tau_{fu} = 17,3$ kPa.

Andra typer av försök på kolvproven visar i stort sett odränerade skjuvhållfastheter som väl motsvarar vingförsöken, men spridningen är något större.

1.12.3 *Undersökning av den ingjutna rörkopplingen*

Den losstagna rörkopplingen från Pingstvägen 4 omhändertogs av kommunens tekniska kontor för närmare undersökning. Den kopplades till en trycksatt ledning med manometer och den utläckande mängden vatten samlades upp i ett kärl och mättes.

Vid praktiska försök vid olika tryck visade det sig att läckaget i den frilagda rörkopplingen vid normalt tryck uppgick till någon dl per minut. En rimlig uppskattning av läckaget, när ledningen låg ingjuten kan vara i storleksordningen någon liter i timmen. Det är svårt att säga hur länge detta läckage kan ha pågått.

1.13 **Räddningstjänstinsatsen**

1.13.1 *I akutläget*

Torsdagen den 15 maj fick räddningstjänsten underrättelse om att en gångväg rasat vid Påskvägen i Vagnhärad. Marken var på glid ner mot Trosaån. Geotekniker hade varit på platsen. Det bedömdes att en byggnad måste utrymmas och att fastigheten den låg på måste avspärras. Räddningstjänsten begärde hjälp av polisen i Trosa. En deltidsbrandförman och en brandman från Trosa for till Vagnhärad med avspärrningsmateriel. Tf. räddningschefen kom till platsen och sammanträffade med två geotekniker. På det underlag som dessa presenterade bedömde räddningschefen att det förelåg skyldighet för kommunens räddningstjänst att ingripa.

Med stöd av räddningstjänstlagens (1986:1102) 45 § gav han order om total utrymning och avspärrning av Påskvägen 4. På byggnaderna på Påskvägen 2 och 6 skulle monteras lutningsmätare och det var inte tillåtet sova i dessa byggnader. Representanter för Trosa kommun och ägarna till berörda fastigheter informerades om läget och om de beslut som räddningschefen fattat. Länsstyrelsens försvarsenhet underrättades om det aktuella läget.

Räddningschefen uppdrog åt ett bevakningsföretag att hålla området under uppsikt från kl. 18.30 till kl. 07.00 följande dag.

Ett informationsmöte med ägare/innehavare och de närmast berörda ordnades av kommunens tjänstemän. Senare informerades de omkringboende. Nytt möte utlystes till påföljande dag. Räddningschefen tog även kontakt med Banverket för att utverka hastighetsbegränsning vid passage av skredriskområdet. Hastigheten nedsattes till 40 km/h.

Räddningschefen utsåg en räddningsledare att leda det fortsatta arbetet.

⁴ Skredkommissionen var en kommission inom Ingenjörsvetenskapsakademien som var verksam 1988-1996 med representation från kommuner, statliga myndigheter, företag, tekniska högskolor och organisationer.

I mötet den 16 maj deltog ägarna till fastigheterna med adress Påskvägen 2, 4 och 6, tjänstemän från Trosa kommun, en geotekniker från VBB VIAK, representanter från ett försäkringsbolag och räddningsledningen. Följande beslut fattades vid mötet:

- bevakning nattetid kl. 21.00-07.00 över helgen,
- avspärrningen skulle förbättras i båda ändar av området,
- området skulle kontrolleras under helgen dagligen av räddningstjänsten kl. 10, kl. 15 och kl. 18 och av tjänstemän från Trosa kommun kl. 07, kl. 13 och kl. 21,
- nytt möte skulle hållas tisdagen den 20 maj kl. 15.30,
- representanter för massmedia skulle hänvisas till kontaktmannen för Trosa kommun,
- nya mätpunkter skulle sättas ut kl. 11.00 och
- kontakt skulle tas med flyttbolag för att kontrollera om man kunde få snabb kontakt vid ev. behov.

Det bolag som försäkrade fastigheten på Påskvägen 4 övervägde efter kontakt med räddningstjänsten att helt evakuera huset.

1.13.2 *Åtgärder för att skydda befolkningen mot ytterligare skred*

Redan före huvudskredet hade räddningschefen efter samråd med geoteknikerna avspärrat hotade fastigheter. Efter skredet gjordes en förnyad bedömning och avspärrades ett större område. Området inhägnades och bevakningspersonal anlätades för att tillse att det av räddningschefen utfärdade tillträdesförbudet upprätthölls.

För att efter räddningstjänstskedets slut få till stånd ett förbud mot tillträde utfärdade länsstyrelsen den 6 juni 1997 med stöd av 3 kap. 11 § ordningslagen (1993:1617) en föreskrift med innebörd att riskområdet inte fick beträdas.

Tågtrafik förbi skredplatsen förbjöds tills Banverket genom beräkningar kunde påvisa att ingen skredrisk förelåg vid tågrörelser på närliggande järnvägsspår.

1.13.3 *Räddning av egendom*

På dagen den 23 maj, efter det nattliga skredet, fick fastighetsägarna, beledsagade av räddningspersonal, hämta de nödvändigaste personliga tillhörigheter som de kunde bära med sig från sina hem. Påföljande dag började räddningstjänstens personal hämta det som kunde föras undan på en släpkärra från respektive hus. Det visade sig att denna metod att tömma de berörda husen krävde kraftigt utökade personalresurser om inte evakueringen skulle ta allt för lång tid. Evakueringen av inventarier genomfördes i samarbete med försäkringsbolagen och de enskilda familjerna. Räddningstjänstpersonal arbetade i riskområdet medan försäkringsbolagen tillsammans med familjerna tog hand om inventarierna utanför riskområdet.

Vid försvarsdirektörens kontakt med räddningsledningen den 25 maj framkom att denna bedömde att man måste ha militär hjälp med tömning av husen. De omrörda jordmassorna måste delvis beträdas om man skulle kunna ta sig in i vissa byggnader. Räddningsledningen bedömde att man måste bygga en förbindelse med markbärighetsmattor för att lösa uppgiften.

Militär personal medverkade från och med den 26 maj i arbetet med att tömma byggnaderna på lösöre. Den 30 maj avslutades arbetet och militären lämnade området.

De enskilda familjerna fick efter det att räddningstjänstskedet var slut möjlighet att besöka sina hus för att kontrollera om det var ytterligare saker som skulle bärgas. Vissa önskemål härom framfördes också.

1.14 Socialt omhändertagande av de evakuerade

Familjerna som överraskades i sömnen av skredet tvingades att snabbt lämna sina hem. I första skedet hänvisades de till en uppsamlingsplats. Kl. 02.45 lämnades den första informationen och kl. 03.30 hölls en genomgång med de evakuerade. Under de följande dagarna höll räddningstjänsten och Trosa kommun informationsmöten.

Från och med tredje dagen hölls informationsmöten på fasta förutbestämda tider. Efterhand ökade intervallen mellan dessa. Dessa informationsmöten leddes av representanter från kommunen.

Det var 96 personer som blev hemlösa. Kommunens krisgrupp ordnade med busstransport till en plats, där sängar fanns uppställda åt alla. Krisgruppens medlemmar gick runt bland de drabbade och pratade med dem om nattens händelser. Det var herefter som man hos räddningsledningen påtalade behovet av att de drabbade gavs möjlighet samla ihop vissa ägodelar.

Under den första arbetsdagen efter skredet gällde det att hitta lösningar för denna nya situation för alla hushållen. Krisgruppen beslöt tidigt att försöka få tag i bostäder/lägenheter som skulle kunna utgöra ett slags ”mellanstation”, där den enskilda familjen i lugn och ro skulle kunna fundera över var de ville bo i framtiden. Denna högre ambitionsnivå ställde höga krav på arbetsinsats innan man nådde bra individuella lösningar.

Dessutom öppnades ett kriscentrum. Det skapades tre debriefinggrupper, som hjälpte till i den första akuta krisbearbetningen. Kommunens krisgrupp arbetade intensivt från de första timmarna efter skredet och under några veckor framöver.

Enligt uppgift från kommunens krisgrupp var det ett intensivt samarbete mellan olika instanser och myndigheter från första stund. Från landstinget deltog 12 personer med sjukvårdskompetens. Det var också ett intensivt och nära samarbete mellan Nyköpings socialtjänst och krisgruppen. Krisgruppen erbjöd bl.a. familjerna att få en kontaktperson som skulle kunna vara en länk till myndigheterna, försäkringsbolagen m.fl. instanser.

Kommunens krisgrupp har gjort en sammanställning över den tid den lade ner i samband med skredet. Totalt utgjorde arbetstiden nästan 500 timmar för Trosa kommuns personal, som tjänstgjorde i kriscentret. Till detta kom hjälp som lämnades av övrig personal inom socialtjänsten. Härutöver tillkom den tid krisgrupperna från Nyköpings kommun och landstinget lade ner. Landstingets personal var enligt uppgift engagerad i 320 timmar.

2 ANALYS

2.1 Utförda beräkningar

SHK har genomfört egna beräkningar av stabilitetsförhållandena. Avsikten med beräkningarna har primärt varit:

- Att belysa om och i så fall i vad mån man med tillämpning av rådande svensk praxis under den aktuella tidsperioden (1972-97) kunde ha konstaterat att stabilitetsförhållandena var otillfredsställande.
- Att försöka finna orsaken till skredet år 1997.

Bedömningarna har koncentrerats på beräkningar utifrån de kunskaper man hade om grundförhållandena efter skreden 1982 och 1997. Det har inte ansetts meningsfullt att göra bedömningar på grundval av undersökningarna från åren 1972-74. Orsaken är att dessa undersökningar inte ger tillräckligt underlag för att bestämma de skjuvhållfasthetsparametrar som är nödvändiga för en stabilitetsberäkning.

2.2 Beräkning och bedömning av tillståndet å 1982

2.2.1 *Analysmetoder och förutsättningar*

År 1982 var det svensk praxis att man beräknade stabiliteten i naturliga lerslänter med en odränerad analysmetod. SHK:s beräkningar har gjorts med denna begränsning, även om det med intresse har noterats att VIAK år 1982 också genomförde dränerade eller kombinerade analyser av de då valda sektionerna.

Slutningens säkerhet har beräknats för två sektioner:

- En sektion som går centralt genom 1982 års skred och med det läge som förelåg före detta skred.
- En sektion som går genom Påskvägen 4 ungefär där 1997 års skred började.

De antaganden SHK har gjort i fråga om jordparametrar framgår av den geotekniska expertens rapport. Här anges bara de viktigaste delarna.

Den odränerade skjuvhållfastheten i den lösa leran har valts utifrån en statistisk behandling av VIAK:s vingborresultat från hela området. Vilken dimensionerande hållfasthet man skall välja som representativ med denna utgångspunkt kan diskuteras. SHK har valt att använda ett värde om 22 kPa, motsvarande nedre kvartilen för VIAK:s data. Som jämförelse kan nämnas att genomsnittsvärdet är ca 24 kPa.

Beräkningarna har utförts med ett dataprogram som använder cirkulärcylindriska glidytor och som söker sig fram till den kritiska glidyten.

2.2.2 *Resultat och överväganden*

Den beräknade minsta säkerhetsfaktorn för de rent odränerade analyserna är följande:

Sektion C, genom 1982-skredet	F_c	= 1,39
Sektion L, vid Påskvägen 4	F_c	= 1,49

Säkerhetsfaktorn för sektion L är något lägre än den som VIAK fann för sin motsvarande sektion ($F_c = 1,57$, tabell 1.1) och är också något lägre än vad som i Sverige var allmänt accepterat på den tiden ($F_c = 1,50$). Om man emellertid hade valt den genomsnittliga skjuvhållfastheten och inte den nedre kvartilen, skulle säkerhetsfaktorn för sektion L till synes ha blivit tillfredsställande ($F_c \approx 1,60$) och mycket nära VIAK:s värde. Det är att märka att antaganden om portryck inte har någon betydelse, eftersom de glidytor som går ner i "friktionsjorden" inte är medtagna i denna rent odränerade analys.

VIAK hade inte beräknat säkerheten för sektion C före skredet år 1982. Eftersom man där faktiskt fick ett skred, kunde man ha diskuterat om inte den beräknade säkerhetsfaktorn var för hög. Om man alltså räknar ner säkerhetsfaktorerna så att den för sektion C är $F_c' = 1,0$ som representerar ett brottillstånd, blir den motsvarande säkerhetsfaktorn för sektion L $F_c' = 1,07$.

Om detta värde, $F_c' = 1,07$, ger en riktig bild av den reella säkerheten i slänten, är detta självklart ett värde som måste betraktas som helt oacceptabelt i ett utbyggt område. VIAK å sin sida drog år 1982 slutsatsen att det inte var ett odränerat brott i den lösa leran som utlöste skredet detta år, utan höga portryck i underkant av detta lager. Som framgår nedan kan detta mycket väl vara korrekt. Å andra sidan är det då något överraskande att man inte lade större vikt vid mätningar av portrycket under den lösa leran på flera ställen utmed ån öster om 1982 års skred.

År 1982 var det normalt och i överensstämmelse med praxis att använda en korrektionsfaktor, μ , på den odränerade skjuvhållfastheten. För leror med flytgräns, w_L , mindre än 80%, såsom för leran inom skredet i Vagnhärad, var emellertid korrektionsfaktorn $\mu = 1,0$.

År 1984 tog SGI fram nya rekommendationer. För en genomsnittlig flytgräns av ungefär $w_L = 65\%$ ger detta en typisk korrektionsfaktor om $\mu = 0,83$. Vid den skredriskartering som VIAK utförde år 1988 borde man ha uppmärksammat denna ändring i korrektionsfaktorn. Hade man tagit hänsyn till denna ändring skulle de lägsta säkerhetsfaktorerna för odränerade analyser enligt VIAK:s tidigare beräkningar ha reducerats från $F_c = 1,57$ till $F_c = 1,3$, som är lägre än vad man normalt accepterade ($F_c = 1,5$). En sådan analys år 1988 kunde med andra ord ha gett en ytterligare indikation på att stabilitetsförhållandena var otillfredsställande.

2.3 Beräkning och bedömning av tillståndet 1997

2.3.1 Analyser och förutsättningar

SHK har valt att vid efterberäkning av skredet år 1997 i huvudsak basera sig på de analysmetoder som rekommenderades i Rapport 3:95 från Skredkommissionen och som får anses representera dagens praxis i Sverige. Detta innebär både en rent odränerad analys och en kombinerad analys. SHK har emellertid också gjort analyser där den lösa leran har behandlats som rent odränerad och den siltiga leran som rent dränerad; se därom närmare i den geotekniska expertens rapport.

Alla analyser har gjorts för profil L nedom Påskvägen 4, där det initiala skredet startade. I den odränerade analysen har bara använts korrigerade skjuvhållfastheter enligt rekommendationerna i Skredkommissionens rapport 3:95.

Portrycket som ingår i den kombinerade analysen har antagits vara hydrostatiskt genom den siltiga leran, men motsvarande ett artesiskt övertryck på ca 1,5 m närmast Trosaån gradvis avtagande till noll övertryck 35 m från ån.

2.3.2 Resultat och överväganden

I Tabell 2.1 summeras beräknade säkerhetsfaktorer enligt de olika metoder som har använts. För vissa metoder har angetts både den absolut lägsta (kritiska) säkerhetsfaktorn, och säkerhetsfaktorn för en glidyta som börjar just i bakkant av gång- och cykelvägen där det initiala skredet började den 12 maj 1997.

Tabell 2.1 Beräknade säkerhetsfaktorer för profil L (tillståndet år 1997)

Tillfälle	Typ analys	Säkerhetsfaktor	Glidyta från gc-vi
		Kritisk glidyta	
1	Odränerad	1,16	1,39
2	Odränerad/dränerad*)	1,11	1,28
3	Kombinerad**	0,59	0,82

*) Dränerade parametrar i den siltiga leran

**) Programmet väljer den lägsta skjuvhållfastheten (odränerad, dränerad) i både lös lera och siltig lera

Med detta underlag kan man dra slutsatsen att en rent odränerad analys sannolikt inte kan förklara skredet ($F_c > 1,0$). Analysen ger dock en säkerhetsfaktor som är lägre än vad som bör accepteras. En odränerad analys utifrån dagens praxis i Sverige skulle med andra ord ha gett till resultat att släntens stabilitet inte var tillfredsställande och att förstärkningsåtgärder skulle ha krävts för att tillåta utbyggnad av området.

Den odränerade/dränerade analysen och den kombinerade analysen ger säkerhetsfaktorer nära eller lägre än 1,0 och bekräftar att sannolikheten för skred var stor då skredet inträffade. Den kritiska glidyten går alldeles nedanför gång- och cykelvägen ner i den siltiga leran. Dessa analyser är mycket känsliga för antagna portryck i den siltiga leran närmast ån. En ändring av portrycksnivån med bara ca 0,5 m skulle ge en säkerhetsfaktor nära 1,0. Detta ligger väl innanför de osäkerhetsmarginaler man hade att räkna med vid det portrycksläge som förelåg då skredet inträffade.

2.4 Sammanfattande analys

Det är uppenbart att den omedelbara anledningen till skredet var en mättnad av vatten i marklagren och förhöjda portryck i slänten ner mot Trosaån. Den främsta orsaken till detta torde stå att finna i det exceptionellt rikliga regnandet under tiden före skredet. Det har inte gått att klarlägga om den läckande vattenledning som återfanns efter skredet läckte dessförinnan eller om läckan uppstod i samband med markrörelser vid skredet. Om läckan förelåg redan före skredet, kan den naturligtvis i någon mån ha bidragit till detta. SHK:s bedömning är dock att detta bidrag i så fall bör ha varit litet.

Av väsentligt större intresse är förutsättningarna för att skredet skulle ha kunnat förebyggas. De geotekniska undersökningar som gjordes år 1972 innan

området bebyggdes får visserligen anses ha gjorts på det sätt och med den teknik som var svensk praxis vid den tiden. De måste dock bedömas ha varit mycket översiktliga. Utifrån den tidens kunskaper och då rådande svenska praxis får också de beslut om utbyggnad som fattades anses ha varit rimliga.

Efter skredet år 1982 utfördes ytterligare geotekniska studier av området. Dessa måste bedömas ha varit välbehövliga eftersom skredet i sig var ett tecken på att säkerheten mot skred möjligen var mindre tillfredsställande än vad som hade antagits innan utbyggnaden inleddes. De åtgärder som initierades efter skredet visade sig inte kunna genomföras helt enligt de ursprungliga planerna. Alternativa åtgärder genomfördes dock. Eftersom det stabiliserade området därefter inte har påverkats, får de åtgärder som vidtogs anses ha varit tillfyllest.

Den inventering som gjordes år 1988 var - med tanke på den relativt grundliga undersökning som genomförts år 1982 - tämligen översiktlig. Det är emellertid förvånande med tanke på den snabba utvecklingen av undersöknings- och analystekniken att man förefaller ha accepterat resultaten av 1982 års undersökning utan någon egentlig efteranalys. Det förefaller också som att man i fråga om det nu berörda området i princip förlitat sig på resultaten från 1972. Om 1982 och 1988 års studier hade kompletterats med en efteranalys - eventuellt i förening med ytterligare provtagning - hade man sannolikt upptäckt att säkerhetsfaktorn för de nu aktuella området inte var tillfredsställande.

En ytterligare studie genomfördes år 1995. Den resulterade i rekommendationer från konsulten, främst inriktade på att hålla uppsikt över porttrycksutvecklingen i området. Det vill dock synas som om dessa rekommendationer från konsulten inte genomförts. En kontroll enligt de riktlinjer som föreslogs år 1995 hade kunnat ge en sådan förvarningstid att åtgärder hade kunnat vidtas som i bästa fall hade förebyggt 1997 års skred eller att varningar hade hunnit gå ut till de boende i området så att dessa hade kunnat förbereda en evakuering för den händelse verksamma motåtgärder inte hade kunnat genomföras eller inte haft avsedd effekt.

Det råder ingen tvekan om såväl att riskerna för skred vid byggande i slänter av den typ som den nu aktuella representerar har varit underskattade i Sverige intill de senaste decennierna som att undersöknings- och analystekniken har utvecklats starkt under senare år. Det framstår för SHK som angeläget att kunskap om dessa risker och om möjliga motåtgärder sprids bland kommunerna. Framför allt är det väsentligt att det sprids kunskap om att det inte utan kritisk granskning och ny värdering går att utnyttja resultat från tidigare geotekniska utredningar. Det är naturligtvis särskilt väsentligt att detta beaktas i arbetet med den skredriskkartering som pågår. Den myndighet som naturligen bör ansvara för detta är Boverket.

Räddningstjänsten informerades på ett relativt tidigt stadium om den uppkomna situationen. Genom väl genomförda ingripanden av räddningstjänsten i samarbete med andra kommunala organ, länsstyrelsen och geoteknisk expertis kunde allvarigare personskador undvikas. De evakuerade personerna kunde också omhändertas på ett med tanke på omständigheterna bra sätt.

3 ORSAKER TILL OLYCKAN

Skredet orsakades primärt av osedvanligt kraftig nederbörd med höjda porttryck som följd.

Till utvecklingen har bidragit en bristande insikt om den potentiella skredbenägenheten i området och om möjligheterna att vid behov vidta motåtgärder.

4 REKOMMENDATIONER

SHK rekommenderar Boverket att på lämpligt sätt dels verka för att tillgänglig kunskap om metoder för att definiera skredrisker och om möjliga motåtgärder i olika fall sprids till kommunerna som ansvariga bygg- och planeringsmyndigheter, dels verka för att kommunerna tillförs kunskap om riskerna med att använda tidigare undersökningsresultat i samband med skredriskkartering.