



Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Board

ISSN 1400-5751

Rapport RO 2009:01

Jordskred vid vägbygge E6 i Småröd, O län, den 20 december 2006

Dnr O-10/06

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

Det står var och en fritt att, med angivande av källan, för publicering eller annat ändamål använda allt material i denna rapport.

För Vägverkets bilder gäller:

- Bilderna är fria att publicera i nyhetssammanhang. Observera att bilderna inte får användas i kommersiellt syfte utan Vägverkets och fotografens godkännande.
- Bilderna får beskåras men inte förvanskas.
- Vid publicering måste fotografens namn anges.

Rapporten finns även på vår webbplats: www.havkom.se

Myndigheten för samhällsskydd
och beredskap
651 81 KARLSTAD

Rapport RO 2009:01

Statens haverikommission har undersökt en olycka med ett jordskred vid vägbygget E6 i Småröd den 20 december 2006. Området för skredet var beläget inom Munkedal och Uddevalla kommuner i O län.

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

Statens haverikommission emotser besked senast den 20 augusti 2009 om vilka åtgärder som har vidtagits med anledning av de i rapporten intagna rekommendationerna.

Göran Rosvall

Urban Kjellberg

Likalydande till:

Vägverket
Banverket

Sammanfattning	7
1 INLEDNING	10
1.1 Allmänt om jordskred och kvicklera	10
1.2 Allmänt angående vägprojekt E6 Småröd	10
1.3 Syfte och avgränsningar	11
1.3.1 Uppdrag för Statens haverikommission	11
1.3.2 Geoteknik	11
1.3.3 Byggprocess	12
2 FAKTAREDOVISNING	12
2.1 Inhämtning av fakta	12
2.1.1 Undersökning av geotekniska förhållanden	12
2.1.2 Undersökning av styrning och ledningssystem	12
2.1.3 Undersökning av räddningsinsatsen	13
2.2 Olycksplats	13
2.2.1 Tidigare skred i området	13
2.2.2 Områdets terräng och anläggningar	13
2.2.3 Gamla E6	14
2.2.4 Bohusbanan	14
2.3 Händelseförlopp	14
2.4 Personskador	20
2.5 Skredområde med skador	21
2.5.1 Berörda fastigheter	21
2.5.2 Skadade delar av nya och gamla E6	21
2.5.3 Skada på Bohusbanan	21
2.5.4 Skada på byggnad	21
2.5.5 Miljöskada	21
2.5.6 Andra skador	21
2.6 Planeringsprocess och bestämmelser för nya vägar	22
2.6.1 Vägplanering	22
2.6.2 Vägprojektering	22
2.6.3 Lagar, bestämmelser och handböcker	23
2.7 Planeringsprocess för ny E6	26
2.7.1 Projektfaser	26
2.7.2 Yttrande från myndigheter	26
2.8 Geoteknisk projektering	27
2.8.1 Styrande geotekniska dokument	27
2.8.2 Geotekniska undersökningar	28
2.8.3 Lerans geotekniska egenskaper	30
2.8.4 Stabilitetsanalys och valda lösningar	35
2.8.5 Granskning av fristående expert	36
2.9 Genomförande av vägbygget	37
2.9.1 Förutsättningar vid vägbygget	37
2.9.2 Installation av KC-pelare	37
2.9.3 Tryckbank öster om ny E6	38
2.10 Styrning och ledningssystem	40
2.10.1 Säkerhetsfunktioner	40
2.10.2 Resultat av undersökningen	42
2.11 Undersökningar efter skredet	45
2.11.1 Geotekniska undersökningar	45
2.11.2 Hydrogeologi och nederbördsförhållanden	47
2.11.3 Stabilitetsanalyser	49
2.12 Räddningsinsatsen	52

2.12.1	Larm	52
2.12.2	Insats i den norra delen av skredet	53
2.12.3	Evakuering av resande från tåget på Bohusbanan	54
2.12.4	Insats i den södra delen av skredet	54
2.12.5	En gemensam räddningsinsats	55
2.12.6	Försvårande omständigheter	56
2.12.7	Avslutning av räddningsinsats	56
2.13	Övrigt	56
2.13.1	Jämställdhetsfrågor	56
2.13.2	Vidtagna åtgärder efter skredet	56
3	ANALYS	57
3.1	Geoteknisk bakgrund till skredet	57
3.2	Projektering	58
3.2.1	Utredningar och projektering	58
3.2.2	Säkerhetsfunktioner under projekteringsfasen	60
3.2.3	Myndigheters granskning	61
3.2.4	Granskning av fristående expert	61
3.3	Byggskede	61
3.3.1	Tidigare skred	61
3.3.2	Säkerhetsaspekter	62
3.3.3	Stabilitetsförhållanden	63
3.3.4	Säkerhetsfunktioner under byggskedet	63
3.3.5	Hydrogeologiska förhållanden	64
3.3.6	Omgivningen	64
3.4	Styrning och ledningssystem	64
3.5	Räddningsinsats	66
3.5.1	Ledning av räddningsinsats	66
3.5.2	Kompetens och resurser	66
3.6	Sammanfattande faktorer till kritiska geotekniska förhållanden	67
4	UTLÅTANDE	68
4.1	Undersökningsresultat	68
4.2	Orsak till olyckan	69
5	REKOMMENDATIONER	70
6	BEGREPP OCH DEFINITIONER	72
7	REFERENSER	76

Rapport RO 2009:01

O-10/06

Rapporten färdigställd 2009-02-20

<i>Ägare vägsträcka</i>	Vägverket
<i>Tidpunkt för händelsen</i>	2006-12-20, ca kl. 19:10 under mörker <i>Anm.:</i> All tidsangivelse avser svensk normaltid (UTC + 1 timme)
<i>Plats</i>	Område inom Munkedal och Uddevalla kommuner vid Småröd, O län
<i>Verksamhet</i>	Utbyggnad av E6 till motorväg
<i>Byggherre</i>	Vägverket, Region Väst
<i>Entreprenör</i>	Peab Sverige AB, Div. Väst
<i>Projektör</i>	Scandiaconsult AB, SCC, sedermera Ramböll Sverige AB
<i>Infrastrukturförvaltare järnväg</i>	Banverket Leverans Väst
<i>Järnvägsföretag</i>	SJ AB
<i>Väder</i>	Enligt Vägverkets mätstation vid Munkedal 2006-12-20 kl. 19:02. <ul style="list-style-type: none"> • Vägytans temperatur: +0,5 °C • Lufttemperatur: +1,0 °C • Nederbördstyp: Ingen nederbörd
<i>Antal drabbade; Förare och passagerare i fordon</i>	28 personer
<i>Personskador</i>	Tre personer fysiskt skadade varav en person inlagd för vård på sjukhus
<i>Skador</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Markskador på ett nästan rektangulärt område ca 550 m x 280 m innehållande: • Skador på ca 160 m av den färdiga nya motorvägen E6 och ca 180 m av E6 som var under utbyggnad • Skador på hela den temporära anslutningsvägen till gamla E6 och ca 420 m av gamla E6 • Skador på Bohusbanan inkl. kontaktledningar på en sträcka av ca 200 m • Skador på fastigheterna Fultaga 1:2 och 1:3 samt 1:6, Hålan 3:1 och 3:2, Uddevalla kommun • Skador på fastigheterna Småröd 1:2, 1:3 och 1:7, Munkedals kommun
<i>Miljöskada</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Miljöskada i form av översvämning och ändrad fåra för Taske å, ca 500 m
<i>Andra skador</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Skador av varierande omfattning på 13 fordon • Skador på utrustning vid Järnvägs museet, Munkedals kommun • Bruten elförsörjning • Bruten telefonförbindelse

Statens haverikommission (SHK) Swedish Accident Investigation Board

Postadress
net

P.O. Box 12538
102 29 Stockholm

Besöksadress

Teknologgatan 8 C
Stockholm

Telefon

08-508 862 00

Fax

08-508 862 90

E-post

info@havkom.se

Inter-

www.havkom.se

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 20 december 2006 om ett jordskred som inträffat samma dag ca kl. 19:10 vid vägbygget E6 i Småröd inom Munkedal och Uddevalla kommuner, O län.

Olyckan har undersökts av SHK företrädd av ordföranden Carin Hellner t.o.m. den 28 februari 2007 och därefter Göran Rosvall samt utredningschefen Urban Kjellberg. Gerd Svensson har svarat för området samspel Människa–Teknik–Organisation (MTO) och Peter Sjöquist för området järnväg.

I SHK:s olycksundersökning har Bo Berggren vid Statens geotekniska institut, SGI, engagerats som geoteknisk expert t.o.m. den 15 oktober 2007. Sedan det framkommit att SGI deltagit vid granskningar i samband med att bygghandlingar upprättades för den aktuella vägsträckan, övertog Kjell Karlsrud vid Norges geotekniska institut, NGI, uppgiften som geoteknisk expert fr.o.m. den 23 oktober 2007. Bo Rydnert och Björn Grönlund vid Rydnert & Associates AB har engagerats som experter inom området byggprocessen.

Undersökningen har följts av koordinatörerna Helena Höök från Vägverket, Åke Larsson från Vägtrafikinspektionen/Transportstyrelsen, Susanne Edsgård från Räddningsverket/Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Reijo Rosendal från Järnvägsstyrelsen/Transportstyrelsen.

Sammanfattning

Onsdagen den 20 december 2006 ca kl. 19:10 inträffade ett jordskred som bl.a. berörde nya och gamla E6, Bohusbanan och vattendraget Taske å vid Småröd. Skredområdet var ca 550 m långt och maximalt ca 280 m brett och var beläget inom Munkedal och Uddevalla kommuner i en relativt begränsad nord-sydlig dalgång.

Av utredningen framgår att skredet startade i områdets nordvästra del där en temporär fyllning till en tryckbank var placerad öster om vägbanken till den nya E6. Därefter spreds skredet successivt snabbt stycke för stycke i en s.k. progressiv skredprocess på grund av dels lutande terräng, dels förekomst av kvicklera i dalgången. Den avgörande faktorn till att skredet utlöstes var den alltför stora tyngden av den deponerade fyllning som hade skapats under hösten 2006.

Det var sammanlagt 13 fordon med 28 personer som hamnade inom området för skredet. En person skadades allvarligt. Skadorna på fordonen var av varierande svårighetsgrad.

I första skedet av räddningsinsatsen larmades ambulans och Räddningstjänsten i Munkedal och därefter även Uddevalla Räddningstjänst. Insatsen inriktades i första hand på att undsätta personerna som fanns kvar i området för skredet. En person var fastklämd och måste tas loss med hjälp av särskild räddningsutrustning.

Områdets storlek och rådande mörker gjorde att det inte var möjligt att överblicka hela området från vare sig den norra eller den södra skredkanten. Olycksplatsen kom p.g.a. dessa omständigheter att under en viss tid hanteras som två simultana räddningsinsatser med var sin räddningsledare för ledning och samordning.

Skredet medförde stora konsekvenser för regionen under tiden E6 var oframkomlig innan ny väg byggts förbi området.

Såväl byggherre som projektör och entreprenör hade ledningssystem för styrning av sina verksamheter. Dessa innehöll krav på funktioner som är särskilt viktiga för att förebygga en olycka såsom klarställande av gränssnitt och samverkan, riskhantering, kontroller, rapportering, ledningens genomgång och revisioner. Det har emellertid varit svårt att få klara belägg för att parterna fullt ut arbetade enligt sina egna fastställda krav. Det fanns brister i samtliga säkerhetsfunktioner. Detta innebar förbiseenden, bristfälliga bedömningar och uteblivna eller alltför begränsade åtgärder vilket medförde en

ökad risk för olyckor. Undersökningsresultaten visar på otillräcklig säkerhetsrelaterad dokumentation hos såväl byggherre som projektör och entreprenör. Bristerna avser dokumentationens existens och giltighet samt konkreta belägg för utförandet. Verksamheten framstår som alltför personberoende i stället för att vara mera baserad på en genomtänkt och erfarenhetsbaserad systemtillämpning utformad för projektet.

I projektet gjordes riskbedömningar av de tre parterna var för sig. Riskanalyserna skedde emellertid i otillräcklig omfattning, med bristande skärpa och bristfällig hantering av resultat.

Olyckan orsakades av att projektering och byggnation av den nya E6 vid Småröd bedrevs med brister inom riskbedömning, ledning, styrning och uppföljning. Sammantaget medförde detta att områdets skredrisk genomgående underskattades.

Den direkt utlösande faktorn till skredet var en alltför hög deponi av fyllnadsmassor till tryckbanken.

Utredningen anger ett antal säkerhetshöjande rekommendationer till Vägverket, Transportstyrelsen, Banverket och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Rekommendationer

Vägverket rekommenderas att:

- Verka för att lagstiftning och myndighetsföreskrifter värderas så att relevanta förändringar initieras och vidtas för att säkerställa tillräcklig bärförmåga, stadga, och beständighet för vägar (*RO 2009:01 R1*).
- Revidera styrande dokument så att säkra vägbyggen utförs genom att tydliga krav ställs:
 - a) vid byggande i lutande terräng och där konsekvenserna kan påverkas av kvicklera (*RO 2009:01 R2*).
 - b) på att s.k. oberoende granskning, genomförs under dimensionering, utförande och kontroll vid byggande i lutande terräng och där konsekvenserna kan påverkas av kvicklera (*RO 2009:01 R3*).
 - c) på typ och omfattning av geotekniska undersökningar och analysmetoder för stabilitetsutvärderingar i områden där kvicklera förekommer. Förutsättningar som bör ingå är bl.a. nödvändig hydrogeologisk utredningsdel och bedömning av extremvärden för porttryck (*RO 2009:01 R4*).
- I samråd med Transportstyrelsen revidera styrande dokument så att säkra vägbyggen utförs genom att tydliga krav ställs på:
 - a) riskhantering och kontroll under hela byggprocessen samt hur detta ska dokumenteras (*RO 2009:01 R5*).
 - b) att säkerhetsmål används som ett resultat av återkommande riskbedömningar (*RO 2009:01 R6*).
 - c) revisioners status, omfattning, kvalitet och genomförande (*RO 2009:01 R7*).
- Säkerställa att projektör och entreprenör som väljs har tillfredsställande system för styrning och ledning samt riskhantering (*RO 2009:01 R8*).
- Tillämpa strikta riktlinjer för återkommande kontroll av och rapportering från projekt avseende säkerhet och risk som underlag för verkställande led-

nings styrning, kontroll, uppföljning och krav på återrapportering
(RO 2009:01 R9).

- Utveckla företagskulturen så att säkerhet och ständiga förbättringar genomsyrar organisationens alla aktiviteter (RO 2009:01 R10).
- Säkerställa överföringen av projektörens resultat och kunskaper om projektet till utförandefasen av vägbygget (RO 2009:01 R11).
- I samråd med Banverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för att kartering av stabilitetsförhållanden ska omfatta vägar i områden med ”stor konsekvenspotential” där t.ex. kvicklera kan påverka säkerheten (RO 2009:01 R12).
- I samråd med Banverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för utveckling av tydliga kvalitetskrav på geotekniska utredningar, säkerhetsklassning och geotekniska riskbedömningar för vägbyggen (RO 2009:01 R13).

Banverket rekommenderas att:

- I samråd Vägverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för att kartering av stabilitetsförhållanden ska omfatta järnvägar i områden med ”stor konsekvenspotential” där t.ex. kvicklera kan påverka säkerheten (RO 2009:01 R14).

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, rekommenderas att:

- Utredda behov av taktik, teknik, metoder och utrustning, för säker och effektiv räddning av personer inom skredområden (RO 2009:01 R15).
- Utredda hur behovet av och tillgången till geoteknisk expertis kan tillgodoses i samband med räddningsinsatser vid skred (RO 2009:01 R16).
- Utredda behovet av särskild utbildning för effektiva räddningsinsatser vid skred (RO 2009:01 R17).

1 INLEDNING

1.1 Allmänt om jordskred och kvicklera

Jordskred uppkommer då jordens/jordmaterialets hållfasthet överskrids och marken inte längre är i jämvikt utan börjar röra på sig för att återställa jämvikten. Rörelserna kan ske med olika hastigheter. Händelseförloppet kan i vissa fall ske på ett sätt som tydligt kan observeras. I andra fall är förloppet mer utdraget och långsamt. Jordskred förekommer i finkorniga jordarter såsom silt och lera. Liknande händelser kan ske i jordarter som sand eller grus, men benämns då "ras".

Ofta är ett inträffat skred en kombination av flera orsaker. Ökat marktryck på grund av t.ex. människans påverkan genom uppfyllning med jordmassor, bebyggelse, dynamisk belastning från tunga fordon etc. ökar de krafter som försämrar jämvikten. Erosion, som t.ex. kan ske i strandkanten till åar och bäckar, minskar de krafter som håller emot marken ovanför stranden, vilket medför ökad risk för skred. Ökat vattentryck i marken försämrar markens hållfasthet och kan därigenom medverka till skred. Ett exempel är höga tryck hos det vatten som kan finnas i silt- eller sandskikt i lera. Det höga trycket kan bero på långvarigt regnande och därmed ökad infiltration av vatten till skikten. Detta ska bl.a. kopplas till urlakningen av leror som avsatts i saltvatten under högsta kustlinjen. Det handlar här främst om s.k. kvicklera som finns i de västra delarna av Sverige. Saltjoner i leran har under lång tid lakats ur och därigenom ökat lerans sensitivitet för störning. Kvickleran kan efter urlakningen i stort sett momentant förlora sin hållfasthet när den övergår till i princip helt flytande form vid omrörning eller störning.

1.2 Allmänt angående vägprojekt E6 Småröd

Ny E6 genom Bohuslän hade varit under utredning, planering, projektering och byggande i olika etapper under en följd av år när skredet vid Småröd, ca 5 km söder om Munkedal inträffade den 20 december 2006 (figur 1).

Skredet inträffade då nya E6 var under utbyggnad med etappen Småröd–Saltkällan. Skredområdet omfattade mark i både Munkedal och Uddevalla kommuner.



Karta: Vägverket

Figur 1. Översiktskarta med röd ring som markerar platsen för skredet.

Byggherre för de olika etapperna var Vägverket Region Väst. Etappen Kallsås–Småröd gick från söder fram till entreprenadgränsen, tillika kommungränsen mellan Uddevalla och Munkedals kommuner, och byggdes åren 2003–2005. Etappen inkluderade en temporär anslutning från nya E6 till den gamla befintliga E6. Vägsträckan öppnades för trafik den 20 juni 2005. Den fortsatta utbyggnaden av sträckan norrut till Saltkällan påbörjades under 2006 och beräknades stå färdig under 2008.

I båda dessa vägobjekt var Scandiaconsult AB, sedermera Ramböll Sverige AB, projektör. Entreprenör var Peab Sverige AB, som anlätade underentreprenörer för bl.a. schakt- och transportarbeten. Skredet kom på detta sätt att omfatta två entreprenader som dock hade samma byggherre, projektör och entreprenör.

1.3 Syfte och avgränsningar

1.3.1 Uppdrag för Statens haverikommission

Statens haverikommission, SHK, är en statlig myndighet som har till uppgift att undersöka olyckor och tillbud till olyckor i syfte att förbättra säkerheten.

SHK:s olycksundersökning syftar till att så långt möjligt klarlägga såväl händelseförlopp och orsak till händelsen som skador och effekter i övrigt. En undersökning ska ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar eller att begränsa effekten av en sådan händelse. Samtidigt ska undersökningen ge underlag för en bedömning av de insatser som samhällets räddningstjänst har gjort i samband med händelsen och, om det finns skäl för det, för förbättringar av räddningstjänsten.

SHK:s olycksundersökning syftar däremot *inte* till att fördela skuld eller ansvar. Det medför att ansvars- och skuldfrågorna varken undersöks eller beskrivs i samband med en undersökning. Sådana frågeställningar tas om hand inom rättsväsendet eller av t.ex. försäkringsbolag.

Sammanfattningsvis ska SHK:s olycksundersökning utmynna i svaret på tre frågor: *Vad hände? Varför hände det? Hur undviks att en liknande händelse inträffar?*

1.3.2 Geoteknik

Den geotekniska granskningen har haft som mål att identifiera om skredet inträffade p.g.a. naturliga omständigheter, utförd projektering eller byggnation av ny E6 genom området, eller eventuellt en kombination av dessa faktorer.

Möjliga naturliga omständigheter kan t.ex. vara ovanliga grundförhållanden som inte kunnat identifieras vid en normal undersökning och projektering och som skulle kunna ha medfört att området generellt sett hade stor risk för skred. Ovanliga nederbördsförhållanden som haft speciell ogynnsam effekt på stabilitetsförhållanden i området kan också vara en naturlig orsak.

För att fastställa varför skredet inträffade har bl.a. följande åtgärder utförts:

- Granskning av geotekniska undersökningar, beräkningar, beskrivningar och ritningar som visar grundförhållanden för valda lösningar innan ny E6 byggdes.
- Granskning av hydrogeologiska förhållanden och nederbörd ur ett långsiktigt statistiskt perspektiv.
- Granskning av hur byggnationen genomfördes och om det fanns väsentliga avvikelser i förhållande till utförd projektering.
- Uppföljning av de relativt omfattande nya geotekniska undersökningar som Vägverket lät utföra efter skredet. SHK har inte genomfört egna motsvarande fältundersökningar.

- Oberoende utvärderingar av grundens geotekniska egenskaper.
- Oberoende beräkningar av säkerhet mot skred före byggnation, enligt projektering och enligt verklig byggnation.
- Områdets generella geologi har undersökts.

1.3.3 Byggprocess

Faktorer som omfattas av undersökningen är organisation, styrning och ledningssystem inklusive kvalitetssäkring för vägbyggnadsprojektet. Även mer svåråtkomliga faktorer som företagskultur, säkerhetsattityd och ledarskap har undersökts.

Till skillnad från geotekniska och andra tekniska analyser finns vid granskning av styrning och system inga siffervärden, diagram, koefficienter eller gränsvärden. I stället görs en systematisk bedömning visavi nationella regelverk, internationella krav och beprövad praxis. Det gäller att bedöma och värdera regelverkens och styrningens ändamålsenlighet, omfattning och kvalitet, vilket också innefattar tillämpning och resultat.

2 FAKTAREDOVISNING

2.1 Inhämtning av fakta

2.1.1 Undersökning av geotekniska förhållanden

Besök i skredområdet utfördes av bl.a. utredningens geotekniska expert den 22 december 2006.

I samband med SHK:s undersökningar har faktauppgifter hämtats från ett stort antal dokument. Dokument av särskild betydelse finns angivna i referenslistan, kap. 7. Flertalet av handlingarna har tillhandahållits via/från byggherren. Fakta från geotekniska undersökningar som utförts både före och efter skredet har också hämtats via byggherren.

Ett stort antal intervjuer har genomförts med företrädare för såväl byggherre som projektör och entreprenör.

Samtliga berörda bilförare och även andra som förväntades ha upplysningar har intervjuats. Vissa personer har på eget initiativ tagit kontakt med SHK för att lämna information.

Fotografier som främst visat området efter skredet har studerats. Det saknas lämpliga fotografier som dokumenterat aktuella schakter, fyllningar och andra markarbeten från tiden direkt före skredet.

Områdets generella geologi har undersökts av Sveriges geologiska undersökning, SGU, som en del i SHK:s undersökning.

Med hjälp av en tredimensionell VR (Virtual Reality) terrängmodell [23], som tagits fram av företaget WSP Sverige AB, har det varit möjligt att få en god översikt och detaljerad information om skredområdets utseende. I modellen kan iakttagelser göras av markytan som den var den 22 december 2006, dvs. två dagar efter skredet. VR-modellen finns återgiven i ett program som möjliggör valfria vyer av skredområdet från marknivå eller från olika höjder över marken och runt om i 360°. Noggrannheten i modellen uppges följa standarden för detaljprojektering i terräng, vilken innebär mindre avvikelser vid höjd och längdmätning än 10 cm i jämförelse med verkligheten.

2.1.2 Undersökning av styrning och ledningssystem

Undersökning av styrning och ledningssystem har utförts genom intervjuer och genomgång av dokument. Totalt har 23 personer i projektansvariga be-

fattningar på olika nivåer hos byggherren, projektören respektive entreprenören intervjuats. Dessutom har befattningshavare vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt i Uddevalla och Munkedals kommuner intervjuats. Dokumentationen har varit omfattande, varför genomgången gjorts i form av stickprov.

De dokument som har granskats utgörs av styrande dokument såsom policier, mål, ledningssystem, kontrakt, planer, handböcker, generella och objekt-specifika genomföranderutiner samt verifikat av genomförande, t.ex. beslutsprotokoll, dokumentation av egenkontroll, stickprovskontroll, mätprotokoll, foton och ritningar.

2.1.3 Undersökning av räddningsinsatsen

Räddningstjänstpersonal i Uddevalla och Munkedal har intervjuats liksom personal vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Underlag och dokumentation från SOS Alarm Sverige AB har följts upp. Insatsrapporterna från respektive räddningstjänst och den gemensamma olycksutredning [22] som genomförts, har använts som underlag i undersökningen.

2.2 Olycksplats

2.2.1 Tidigare skred i området

Tidigare skred hade inträffat i närheten av Småröd.

I Uddevalla Weckoblad redogjordes den 22 januari 1829 för ett skred som inträffade den 13 december 1828 vid säteriet Saltkällan. Det beskrevs som "likt ett vulkaniskt utbrott, 154 alnar¹ långt och 62 alnar brett och dess omkrets äro 400 alnar, förorsakat troligen av underjordisk eld.... lukt av svavelångor, kändes ur de i jorden genom raset uppkomna stora sprickor".

Även år 1909 inträffade ett skred i Saltkällan, ca 3 km NNV om Småröd.

År 1911 inträffade ett skred i Smedberg, ca 9 km norr om Småröd.

Under byggandet av delen Kallsås–Småröd inträffade ett mindre skred i november 2004.

2.2.2 Områdets terräng och anläggningar

Området där skredet inträffade är en relativt begränsad dalgång med syd-nordlig sträckning. Längs dalgången finns Taske å med vattenföring mot norr. Taske å meandrade kraftigt utmed sitt lopp. Den gamla E6 gick väster om ån i syd-nordlig riktning och med ungefär samma riktning var den nya motorvägen under utbyggnad längst åt väster i dalgången strax nedanför det brant stigande höjdområdet. Öster om Taske å finns Bohusbanan. I dalgången finns ett fåtal hus och mellan gamla och nya E6 fanns också ett järnvägsmuseum, som till viss del påverkades av skredet.

Väster om skredområdet stiger terrängen kraftigt. En del av höjdområdet hade kalhuggits. Öster om Bohusbanan stiger också terrängen.

Den naturliga terrängnivån från söder mot norr längs mittlinjen av nya E6 varierade från nivå ca +42 till +45. Terrängen hade en genomsnittlig lutning mot öster från 1:18 i södra delen till 1:14 i den norra delen av skredområdet.

Längs Taske å var den lokala erosionsslänten ca 5–6 m hög. Lutningen på slänten varierade mycket och var i det brantaste området ca 1:2,5.

¹ Äldre längdmått motsvarande ca 0,6 m

2.2.3 Gamla E6

Gamla E6 gick i ca N15°V och väster om Bohusbanan och Taske å. Vägen hade två körfält.

Asfaltbeläggningen på den norra delen av vägen hade med tiden fått en betydande tjocklek, omkring 0,5–0,6 m.

2.2.4 Bohusbanan

Bohusbanan som förbinder Göteborg–Uddevalla–Strömstad går vid platsen öster om och parallellt med Taske å i ca N25°V.

Bohusbanan är en enkelspårig och elektrifierad järnväg. Trafikledning utfördes genom tåganmälan mellan tågklarerare på vissa stationer. Det fanns inte något skredvarningssystem som skulle kunna ha upptäckt och varnat för händelsen.

2.3 Händelseförlopp

Onsdagen den 20 december 2006 ca kl. 19:10 inträffade jordskredet som bl.a. berörde nya och gamla E6, Bohusbanan och vattendraget Taske å vid Småröd.

Inga byggnader fanns inom själva skredområdet, men en mindre bostadsbyggnad skadades till följd av översvämning när sträckningen av Taske å förflyttades och vattendraget trycktes ihop och dämades upp. Skredet utvecklade sig i huvudsak i riktning från väster mot öster och omfattade slutligen angivet markområde *figur 2*.

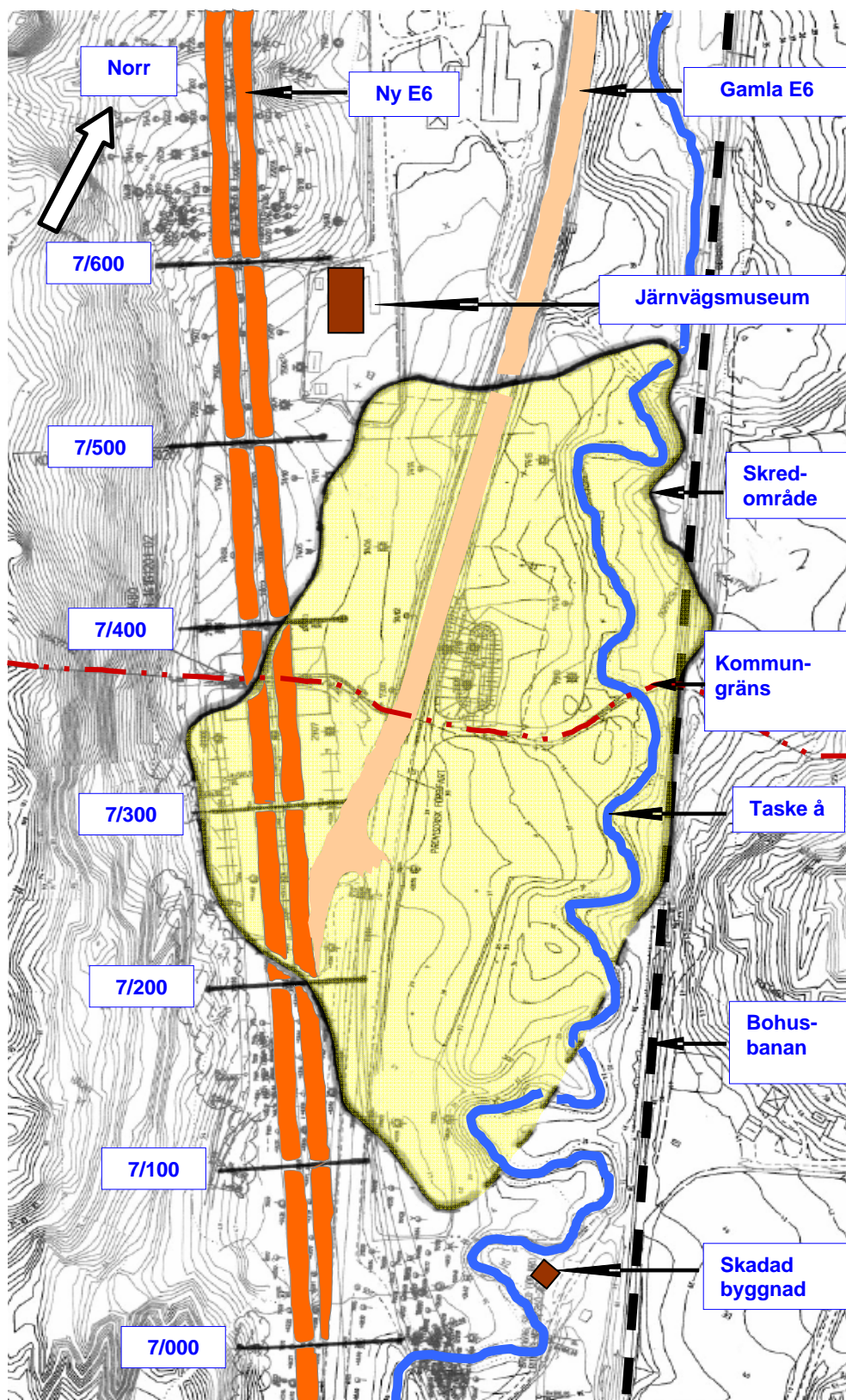
Från fastigheten med järnvägmuseet följde en del av tomten med i skredet, *se figur 3*, och en järnvägsvagn skadades.

Skredet utbildades i stora flak förutom i den nordvästra delen, där skredets överyta såg omrörd ut, *figur 3*.

De stora flaken försköts olika långt, maximalt ca 20 m, i huvudsak i riktning mot öster vilket bl.a. framgår av *figur 4*. Samtidigt vreds och i vissa fall försköts jordflaken också från och i andra fall mot varandra. I norr försköts bl.a. ett flak över ett annat, *figur 5*.

I skredets bakkant (aktivzonen) sjönk marken i höjddled med maximalt ca 7,5 m. Blottad bergyta i väster stupade ca 30°, *figur 6*.

Det var sammanlagt 13 fordon med 28 personer som hamnade inom området för skredet. En person fick en skada som klassades som allvarlig. Skredets markrörelser och förarnas olika möjligheter att hinna stanna fordonen medförde varierande svårighetsgrad på de fordonsskador som uppstod. En tankbil utan last hamnade upp och ner strax nedanför skredets bakkant (aktivzonen), *figur 7*. Flera personbilar hamnade i närheten nedanför bakkanten, varav två upp och ner.



Figur 2. Planskiss över skredområdet. Skredets riktning var i huvudsak mot öster.



Foto: Per Petersson, Vägverket

Figur 3. Del av det norra skredområdet med järnvägsmuseet i mitten på bilden. Fotot är taget i riktning mot nordväst.



Foto: Per Petersson, Vägverket

Figur 4. Skredområdet med nya E6 till vänster och gamla E6 till höger. Fotot är taget i riktning mot norr.



Foto: Bo Berggren, SGI

Figur 5. Jordflak och asfaltbeläggning som skjutits mot varandra på gamla E6. På bilden är söder åt höger, varifrån bilen också kommit.



Foto: Bo Berggren, SGI

Figur 6. Skredets bakkant, aktivzonen, i väster med blottad bergyta. Fotot är taget i riktning mot söder.



Foto: SHK

Figur 7. Det södra området av skredet med den upp- och nedvända tankbilen. Fotot är taget i riktning mot sydväst.

En vit skåpbil och en personbil som körde mot norr på gamla E6 hamnade under skredet i positioner som har givit väsentlig information om hur skredet utvecklades. Skåpbilen är i *figur 8a* markerad med en vit pil, vilken också anger skredets ungefärliga huvudriktning mot öster. Bakom skåpbilen körde en personbil och en lastbil, markerade med svart respektive grön pil. Avståndet mellan skåpbilen och personbilen var sådant att de i den bakomvarande bilen såg ljuset från skåpbilens baklyktor.

Föraren av skåpbilen har till SHK uppgivit att vägens körbana framför fordonet helt oväntat försvann och ett schakt öppnade sig i vägen. Bilen körde ut på ett jordflak enligt illustrationen i *figur 8b*. Kanten till jordflaket som skåpbilen körde ut på har i figuren markerats med den röda streckade linjen.

Under skredförloppet förflyttades därefter också den sydligare belägna vägbanan mot öster. Strax efter att den vita skåpbilen hade kört ut på jordflaket körde personbilen ut på ett jordflak enligt skissen i *figur 8c*.

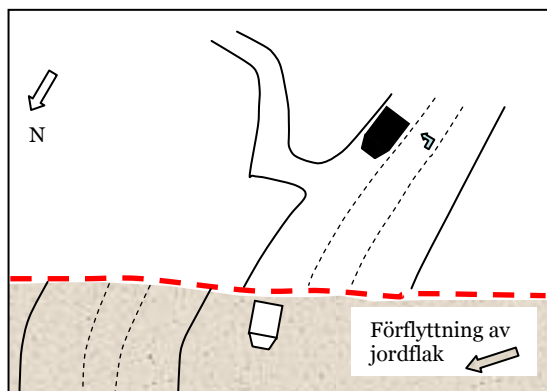
Att skåpbilen hamnade 17–18 m väster om norrgående körbana och att även personbilen hamnade väster om körbanan kan förklaras av att skredet förflyttade den norra delen av området före den södra delen enligt illustrationerna i *figur 8b och 8c*.

Placeringen av fordonen och vägens körbana efter skredet framgår av fotot i *figur 8a* och illustrationen i *figur 8d*.

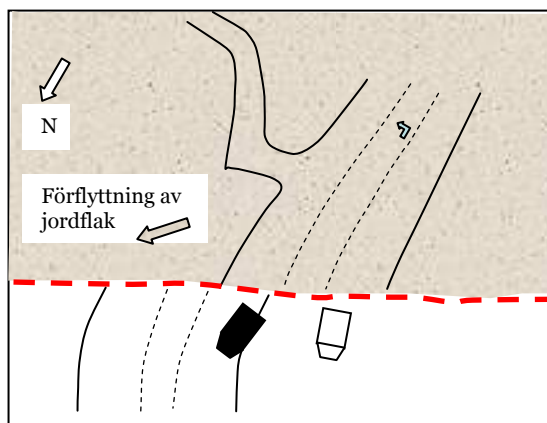


Foto: Per Petersson, Vägverket

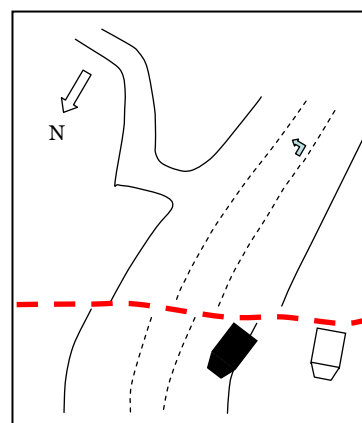
Figur 8a. Skåp- och personbilens positioner ger information om hur skredet utvecklades. Fotot är taget i riktning mot söder.



Figur 8b. Den vita skåpbilen kör ut på ett jordflak (Bilen markerad med vit pil på bild 8a)



Figur 8c. Personbilen (svart) kör ut på ett jordflak (Bilen markerad med svart pil på bild 8a)



Figur 8d. Väg och Fordonsplacering efter skredet (Jmf figur 8a)

Ett södergående tåg, resandetåg 3763, avgick den aktuella kvällen med ca 35 personer ombord från Munkedal kl. 19:05. I driftledningscentralen registrerades kl. 19:10 att kontaktledningen på sträckan blev spänningslös.

När kontaktledningsspänningen försvann bromsade tågets förare ner hastigheten till ca 40 km/h. Han lät därefter tåget rulla tills det stannade vid km 104+900 i uppforsbacken mot Saltkällans f.d. station. Det innebar att tåget stannade ca 1 km från skredets kant.

Skredets framkant (passivzonen) nådde fram till och in över Bohusbanan på en ca 200 m lång sträcka, *figur 9*.



Foto: Banverket

Figur 9. Skredets framkant, passivzonen, vid Bohusbanan.

2.4 Personskador

Ingen person omkom i samband med skredet.

Av de 28 förare och passagerare som fanns i fordonen inom skredområdet fördes sammanlagt 13 personer till sjukhus. Nio fördes till Uddevalla sjukhus, varav sex bedömdes som mycket lindrigt skadade eller oskadade. Fyra patienter fördes till Norra Älvsborgs Länssjukhus i Trollhättan. Alla fyra bedömdes som mycket lindrigt skadade eller oskadade.

En person blev inlagd för vård på sjukhuset i Uddevalla. Alla övriga personer fick lämna sjukhusen under kvällen eller natten.

De fysiska personskadorna redovisas efter uppgifter från sjukvården i Västra Götalandsregionen. Personskadorna är bedömda enligt den internationella klassifikationen Abbreviated Injury Scale, AIS, som är en medicinsk skadegradning. Eventuella psykiska problem p.g.a. olyckan har inte undersökts av SHK.

En man i åldersintervallet 41–50 år hade fotledsfraktur, vilket bedöms som en moderat till allvarlig skada, AIS 2–3. En kvinna i åldersintervallet 51–60 år hade handleds- och fingerfraktur, vilka bedöms som moderata skador, AIS 2. En man i åldersintervallet 51–60 år hade revbensfraktur, vilket bedöms som en lindrig skada, AIS 1.

2.5 Skredområde med skador

Totalt involverade skredet en area på ca 85 000 m². På planskissen i *figur 2* i avsnitt 2.3, redovisas översiktligt skredets utbredning. Den var ca 550 m lång och maximalt ca 280 m bred. På planskissen finns sektioner för den nya E6 angivna med 100 m avstånd. Entreprenadgränsen, tillika kommungränsen, var vid sektion 7/360.

2.5.1 Berörda fastigheter

Sammanlagt åtta fastigheter i Uddevalla och Munkedals kommuner berördes av skredet. Fastighetsbeteckningarna framgår av sammanställningen på sidan 5.

2.5.2 Skadade delar av nya och gamla E6

Cirka 160 m av den färdiga nya E6 från sektion 7/200–7/360 och ca 40 m av vägbanken till nya E6 som var under utbyggnad framåt till sektion 7/400, *figur 2*, skadades av skredet. Vidare omfattade skredet hela den temporära anslutningsvägen, sektion ca 7/200–7/260, till gamla E6 och en ca 420 m lång sträcka av gamla E6.

I den nya delen av E6, som låg söder om sektion 7/360, var vägbanken utförd med lättklinker för att minska belastningen på marken. En betydande del av den vägbanken följde med i skredet. Norr om sektion 7/360 var lerjorden förstärkt med kalkcementpelare. Endast en mindre del av den förstärkta vägbanken följde med i skredet.

2.5.3 Skada på Bohusbanan

Bohusbanan drabbades genom att skredets framkant nådde fram till och in över banan på en ca 200 m lång sträcka. Järnvägen fick därmed omfattande skador då jordmassorna trycktes upp mot banvallen mellan km 103+740 och 103+930 i järnvägens längdmätning. Spåret blev övertäckt med omkring en halv meter lera, jord och stenar samt nedfallna träd. Vid km 103+800 trycktes spåret i sidled mot berget. Kontaktledningen med stolpar raserades.

2.5.4 Skada på byggnad

En mindre bostadsbyggnad, på fastigheten Hålan 3:2 i Uddevalla kommun, skadades till följd av översvämning när vattnet steg till 1 à 1,5 m över golvnivån i huset.

2.5.5 Miljöskada

En miljöskada inträffade i samband med översvämning och ändrad fåra för Taske å som dämdes upp och påverkades av skredet på en längd av ca 500 m.

2.5.6 Andra skador

Sammanfattningsvis inträffade följande skador:

- 13 fordon hamnade inom skredområdet och drabbades av varierande skador, allt från totalskada till enklare skador.
- Skador på utrustning vid Järnvägmuseet.
- Bruten elförsörjning.
- Bruten telefonförbindelse.

2.6 Planeringsprocess och bestämmelser för nya vägar

Den gamla befintliga E6 byggdes år 1982. Ny E6 genom Bohuslän hade varit under utredning, planering, projektering och byggande under en följd av år.

Ett vägobjekt byggs generellt efter många års förberedelser, kanske decennier. De planeringssteg som fanns var vägplanering med förstudie, vägutredning och vägprojektering som omfattade arbetsplan och bygghandling. Som väghållare ansvarade Vägverket för planeringen.

2.6.1 Vägplanering

Förstudie

Förstudien är det första ledet i planeringsprocessen och utgör i huvudsak ett inventeringsskede. Syftet med förstudien är att den ska ge underlag för beslut om vägobjektet ska drivas vidare och att klargöra förutsättningarna för fortsatt planering. Förutsättningarna för trafikteknisk standard ska analyseras och formerna för samarbete med kommuner och länsstyrelser ska klarläggas.

En viktig del är att avgränsa det område som ska utredas i nästa steg. Inom området ska tänkbara konsekvenser och motstridiga intressen identifieras.

De geotekniska förhållandena ska beskrivas översiktligt i de alternativa korridorer som föreslås. Ofta utgör geologiska kartblad och beskrivningar, eventuella befintliga geotekniska utredningar samt lokalkännedom och andra iakttagelser underlag för den geotekniska områdesbeskrivningen.

Vägutredning

Vägutredningen syftar till att klarlägga och avväga trafikteknisk standard, riksintressen och miljöfrågor samt andra allmänna intressen. Lokala miljöintressen, lokala och enskilda intressen samt tekniska och ekonomiska faktorer ska beaktas.

Noggrannhetsnivån för hur olika faktorer ska analyseras är en viktig del i vägutredningen. Denna ska innehålla en konsekvensbeskrivning för att man ska kunna ta ställning till de olika vägförslagen. Konsekvensbeskrivningen ska innehålla uppgifter om vägnätets funktion, trafik och trafikanter, miljö, markanvändning och kostnader.

Samråd ska sökas och förankring nås hos länsstyrelse, kommuner och berörd allmänhet. Informationsmöten och utställningar är vanliga mötesplatser för inhämtning av synpunkter från allmänheten.

Vägutredningen ska normalt remitteras till berörda myndigheter och intressenter.

2.6.2 Vägprojektering

Arbetsplan

Enligt väglagen (1971:948) ska en arbetsplan upprättas innan en väg byggs. Planen ska bl.a. innehålla de uppgifter som behövs för att genomföra projektet, t.ex. fastställelse av vägområdet och underlag för bedömning av vägens fysiska och miljömässiga intrång samt vägens kostnader. Tekniskt underlag för den fortsatta planeringen ingår i arbetsplanen. Ofta utförs den största insatsen av geotekniska undersökningar i detta skede.

Samråd sker med berörda markägare, myndigheter och andra intressenter. Länsstyrelsen ska godkänna den miljökonsekvensbeskrivning som hör till planen. Arbetsplanen ska som huvudregel ställas ut för granskning. Tillstånd som i övrigt kan krävas för en arbetsplan är exempelvis enligt 7 kap. miljöbalken om verksamhet som berör Natura 2000-områden eller enligt 11 kap. miljöbalken om vattenverksamhet (vattendom).

Arbetsplanen ska överlämnas till Vägverket för fastställelse efter eventuella revideringar med tillhörande miljökonsekvensutredning och inkomna synpunkter.

Vägverket fastställer arbetsplanen efter samråd med länsstyrelsen. Om Vägverket och länsstyrelsen har olika uppfattningar hänskjuts frågan till prövning av regeringen.

När en väg byggs får enligt väglagen endast oväsentlig avvikelse göras från arbetsplanen. Om annan än oväsentlig avvikelse görs ska detta utan dröjsmål anmärkas i ett tillägg till planen.

Bygghandling

Bygghandlingen utgör de fullt färdiga handlingar som är en beskrivning av den färdiga vägens utformning och innehåller underlag för byggprocessen.

De parter som deltar i planering och byggande är Vägverket, som är väg-hållare och byggherre, ett teknikkonsultföretag, som är projektör, samt ett byggföretag som blir entreprenör. Samtliga parter utser varsin projektledare som ska driva, samverka och ansvara för sin parts del i åtagandet att planera och bygga vägen.

Hos byggherren ska de kompetenser finnas representerade som fordras för att avgöra om projektören och entreprenören fullgör sina åtaganden på ett kvalitetsmässigt godtagbart sätt.

Projektören ska vara specialist och ha resurser att utreda bl.a. markförhållanden, ekonomisk optimering och hänsyn till miljökrav samt att utforma vägen så att byggherrens ställda funktionskrav uppfylls.

Entreprenören ska ställa sitt tekniska, ekonomiska och miljötekniska kunnande och inte minst sina logistiska kunskaper och erfarenheter till förfogande liksom nödvändiga personella och maskinella resurser för att bygga vägen med den utformning och inom den tid som krävts.

Det finns flera entreprenadformer. Beroende på entreprenadform drivs bygghandlingsskedet olika långt. För byggnationen av den aktuella E6 gällde utförandeentreprenad. Vid utförandeentreprenad sänds fullständig bygghandling till byggföretag för anbudsinfordran. En annan vanlig form av entreprenad är totalentreprenad. Vid totalentreprenad utarbetar den utsedde entreprenören fullständig bygghandling.

2.6.3 Lagar, bestämmelser och handböcker

Lagar, bestämmelser

Vägplanering och vägprojektering reglerades bl.a. genom väglagen (1971:948), vägkungörelsen (1971:954), miljöbalken (1998:808), plan- och bygglagen (1987:10) samt Vägverkets föreskrifter.

Dessutom gällde lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk och förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk. Av 2 § i lagen framgår att byggnadsverk som uppförs under vissa förutsättningar ska uppfylla väsentliga tekniska egenskapskrav i fråga om bl.a. bärförmåga, stadga och beständighet. I 3 § förordningen anges att byggnadsverk ska vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att den påverkan de sannolikt utsätts för under bygg- och bruksskedet bl.a. inte leder till helt eller delvis ras av byggnadsverk eller oacceptabla större deformationer. I 18 § förordningen anges att Vägverket, efter samråd med Boverket, får meddela de föreskrifter som behövs för tillämpningen av bl.a. 3 § i fråga om vägar och gator.

Vid markbyggande som styrs av Boverkets Regelsamling för konstruktion–Boverkets konstruktionsregler, BKR, byggnadsverkslagen och byggnadsverksförordningen, BKR 2003, ref. [13] finns krav på dimensionering, utförande och kontroll av geokonstruktion, bl.a. i avsnitt 2:11 avseende säkerhetsklasser. Geokonstruktioner ska också enligt BKR dimensioneras, utföras och kontrolleras i någon av de geotekniska klasserna GK1, GK2 eller GK3.

Vägverkets föreskrifter VVFS 2004:31 innehåller bestämmelser om tekniska egenskapskrav för bärförmåga, stadga och beständighet vid byggande av vägar

och gator. Här ingår råd om säkerhetsklasser som bör tillämpas vid dimensionering för att undvika stabilitetsbrott. Samma säkerhetsklasser återfinns också i Vägverkets handbok ATB VÄG 2004 (se avsnitt nedan: Vägverkets handböcker). I VVFS 2004:31 hänvisas till vissa delar av BKR, bl.a. till avsnitt 2:11 avseende krav i brottgränstillstånd, till avsnitt 2:12 avseende krav i bruksgränstillstånd och till avsnitt 2:13 avseende krav för beständighet.

I VVFS 2004:31 avsnitt 4:9.3 anges att reglerna i BKR 4:21–25 ska följas. I BKR avsnitt 4:21 anges förutsättningar för val av geoteknisk klass, i 4:22 anges regler för geoteknisk utredning, i 4:23 för val av karaktäristiska materialvärden, i 4:24 regler för toleranser och i 4:25 hur beständighet ska beaktas.

Vägverkets handböcker

Vägverket har gett ut tekniska beskrivningar och handböcker som i praktiken styr projektering och byggande av väg.

Vägverkets handbok "Vägutredning", publikation 2005:64, beskriver exempelvis vad en vägutredning ska omfatta, stöd för hur man kan lägga upp arbetet samt hur resultatet ska redovisas. Andra handböcker beskriver vad en förstudie, arbetsplan och bygghandling ska omfatta. I Vägverkets publikationer som berör bygghandling fanns inga krav eller rekommendationer om granskning av en fristående expert.

ATB VÄG 2004, ref. [12], är en allmän teknisk beskrivning (ATB) som innehåller Vägverkets krav på byggande, underhåll och bärighetsförbättring av vägobjekt. Den var aktuell för vägavsnittet som skredade och användes i projektering och byggande samt som underlag vid upphandling av byggande av vägar. Med hänsyn till skadekonsekvens vid stabilitetsbrott hänförs konstruktion i ATB VÄG 2004 till någon av säkerhetsklasserna SK 1 (låg), SK 2 (normal) eller SK 3 (hög). Olika säkerhetsklasser kan gälla för byggskedet och permanentstadiet/bruksskedet. Den möjligheten finns dock inte angiven i Vägverkets föreskrifter VVFS 2004:31. I föreskrifterna och i ATB VÄG 2004 finns för varje säkerhetsklass angivet vilka lägsta godtagbara värden på säkerhetsfaktorer som kan användas för respektive säkerhetsklass. I ATB VÄG 2004 finns, till skillnad från i den övergripande VVFS 2004:31, inget angivet om förutsättningar för val av geoteknisk klass. ATB VÄG 2004 har ersatts av ATB VÄG 2005 utan några förändringar vad gäller säkerhetsklasser eller något införande av geoteknisk klass.

Styrande och redovisande dokument

Tabellen nedan syftar till att exemplifiera viktiga styrande dokument som var aktuella på olika nivåer under projektet. Sådana dokument ska säkerställa ett kontraktsevenligt, säkert och kostnadseffektivt vägbygge under de olika skedena. Dokument ska ha tillräcklig kvalitet, omfattning, samband sinsemellan, aktualitet samt utnyttjas praktiskt. Säkerhet samt kontroll av risk ska uppnås. Dokument redovisar successivt under projekt att förväntade utfall och resultat uppnås samt att slutprodukten blir den avsedda.

Styrdokument	Benämningar	Kommentar
Lagstiftning	Plan- och bygglagen, Miljöbalken, Byggproduktdirektivet, Väglagen, Vägkungörelsen, Lag och förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.	Beskrivning av miljökonsekvens Tillåtlighetsprövning
Myndighetsföreskrifter	Vägverkets föreskrifter om bärförmåga, stadga och beständighet hos byggnadsverk vid byggande av vägar och gator	Bärförmåga, stadga, beständighet
Branschetablerade styrdokument	Entreprenadformer Administrativa föreskrifter, AF ATB Väg 2004	Byggande, underhåll, bärighetsförbättring
Standarder och andra kriterier	ISO:s standarder	Ledningssystem med internationella principer och krav på styrning och system för att avtal ska hållas och förbättringar drivs prioriterat och systematiskt
Krav som aktör fastställt för sin styrning och sitt ledningssystem	ISO:s krav (kvalitet, miljö etc.) Policies Projektmodeller etc.	
Ledningssystem Styrningsprinciper	Byggherrens "Vårt sätt att arbeta" Entreprenörens "Verksamhetsledningssystem" Projektörens "Plus"	
Planer för specifikt objekt Projekt-, uppdragsplaner	Arbetsplan, Projektplan Uppdragsplan Handböcker	Förstudie, Vägutredning. Arbetsplan 1997–2002, Bygghandlingar, Byggskede
Generella genomföranderutiner, exempel	Kontraktsgenomgång Riskhantering Kontrollprogram Mötesrutiner	
Objektspecifika genomföranderutiner, exempel	Småröd-Saltkällan: Metodbeskrivningar Arbetsberedningar Kontrollprogram Ritningar Tekniska specifikationer	Objektspecifika tekniska beskrivningar
Verifikat på genomföranden, exempel	Egenkontrolldokumentation Stickprovskontrolldokumentation Foton Mätprotokoll Mängddokument etc.	
Resultatdokumentation	Relationshandlingar	

2.7 Planeringsprocess för ny E6

2.7.1 Projektfaser

Utredningar för aktuell del av ny E6 genomfördes med början 1997.

Samtliga planeringssteg genomfördes med Vägverket, Region Väst, som byggherre, och med Scandiaconsult AB, sedermera Ramböll Sverige AB, som teknisk konsult.

Projektet hade enligt Vägverket planerats genom följande projektfaser:

- Förstudien redovisades i december 1997 för delen Torp–Gläborg, ref. [1].
- Vägutredningen med Miljökonsekvensbeskrivning redovisades den 20 september 2001 för delen Torp–Håby, ref. [2].
- Arbetsplanen för delen Kallsås–Saltkällan fastställdes i maj 2002, ref. [3].
- Bygghandlingen av delen Kallsås–Småröd var klar i april 2003, ref.[4], och etappen byggdes under åren 2004–2005 fram till sektion 7/360. Trafik släpptes på den 20 juni 2005. En av- och påfart mellan de båda vägarna var anlagd mellan sektion ca 7/200 och 7/260.
- Bygghandlingen av delen Småröd–Saltkällan var klar i december 2005, ref. [5], och bygget inleddes i april 2006.

I förstudien diskuterades ett antal alternativa sträckningar av ny E6 med utgångspunkt från olika aspekter. Det konstaterades bl.a. att stabilitetsproblem fanns och att kvicklera förekom. Länsstyrelsen i Västra Götalands län bedömde att det alternativ som följde nära den gamla befintliga E6 var intressant.

I vägutredningen konstaterades att risk för spontana skred fanns där lermark lutade mer än 1:10, att artesiskt grundvattentryck förekom i lerområden mellan höga fastmarksområden och att kvicklera förekom i dessa områden. Det angavs att där vägbankar skulle läggas högre än två meter behövde åtgärder vidtas för att höja markens stabilitet.

I arbetsplanen fanns angivet att markytan, för sträckan 6/600–7/600, lutade svagt, 1:10–1:20, mot Taske å. Vägbankens höjd skulle som mest bli 3,5 m på en sträcka från 7/200 med en svacka i landskapet. Kvicklera förekom och svaga artesiska grundvattentryck hade påträffats. På sträckan 7/250–7/500 var inte stabilitetsförhållandena tillräckligt bra för vägbanken, utan stabilitetshöjande åtgärder behövdes. I arbetsplanen angavs: *”Stabiliteten för oförstärkt vägbank på sträckan km 7/250-7/500 är inte tillräcklig. För att inte påverka totalstabiliteten i området bör tryckbank undvikas. Banken föreslås därför att byggas upp med lätt fyllning. Alternativt förstärks jorden med kalkcementpelare”*.

Arbetsplanen fastställdes i maj 2002 sedan regeringen tillåtlighetsprövat miljökonsekvensbeskrivningen enligt 17 kap miljöbalken (1998:808) som gällde enligt lagen om införande av miljöbalken, ref. [6].

I bygghandlingen som sedan följde valdes fram till 7/360 att delvis utföra vägbanken med lättfyllning, lättklinker. Därifrån och norröver valdes kalkcementpelare. Mellan sektionerna 7/360 och 7/500 skulle en begränsad tryckbank utföras med en tjocklek/höjd som var ca 1–3 m närmast öster om nya E6 och därifrån gradvis avtagande till noll ner mot gamla E6.

2.7.2 Yttrande från myndigheter

Under projekteringsens gång hade flera myndigheter yttrat sig, t.ex. Länsstyrelsen Västra Götalands län, bl.a. i egenskap av tillsynsmyndighet för vattenverksamhet avseende Taske å som utgör naturmiljö av riksintresse.

SGI yttrade sig vid flera tillfällen som granskande myndighet till Länsstyrelsen Västra Götalands län i ärenden angående stabilitetsförhållanden.

SGI lämnade under skedet med vägutredningen yttrande den 31 juli 1998, ref. [7], och den 22 januari 1999, ref. [8]. Det förra yttrandet pekade på generellt stora svårigheter bl.a. med skredområden. SGI delade utredningens bedömningar och avvägningar, men påpekade att de geotekniska frågorna även i fortsättningen skulle beaktas på ett fullgott sätt, speciellt frågor rörande stabilitetsförhållanden, som måste ges stor tyngd.

Under arbetsplaneskedet lämnade SGI ytterligare ett yttrande den 31 oktober 2000, ref. [24]. Även vid detta tillfälle var den geotekniska utredningen inte färdigställd och därmed var också det geotekniska underlaget ofullständigt. I yttrandet angav SGI att geotekniska frågor förutsattes klarläggas i nödvändig omfattning och att stabilitets- och sättningsfrågor borde ges stor tyngd.

SGI lämnade ett yttrande i ärendet den 23 januari 2001, ref. [9], under skedet med arbetsplanen innan den geotekniska utredningen var färdigställd, dvs. när geotekniskt underlag saknades. SGI angav i yttrandet att de geotekniska förhållandena förutsattes bli klarlagda i nödvändig omfattning och på sedvanligt sätt under skedet med arbetsplanen och att stabilitets- och sättningsfrågor borde ges stor tyngd.

Slutligen lämnade SGI den 23 november 2001, ref. [10], muntligt besked till länsstyrelsen med tjänsteanteckning avseende en plan för användning av jord- och bergmassor med anledning av att vägbyggande i Bohuslän generellt resulterar i stora överskott av jordmassor som inte kan användas i vägobjekten. Tjänsteanteckningen anger att ”inga geotekniska frågeställningar förutsatt att bärighet och stabilitet beaktas”.

Den tekniska granskningen av SGI som granskande myndighet utfördes med en omfattning enligt normal rutin.

I rollen som granskande myndighet fick SGI inte in något ytterligare ärende som berörde aktuellt område efter år 2001 och fram till tidpunkten för skredet.

2.8 Geoteknisk projektering

2.8.1 Styrande geotekniska dokument

Vägkonstruktioner ska, enligt ATB VÄG 2004 kapitel A5.4.1, utformas så att den och dess närmaste omgivning får tillfredsställande stabilitet under såväl bygg- som permanentstadiet/bruksskedet.

Med hänsyn till konsekvens av skada hänförs konstruktion till någon av följande säkerhetsklasser:

- SK 1, Säkerhetsklass 1 (låg), liten risk för allvarliga personskador.
- SK 2, Säkerhetsklass 2 (normal), någon risk för allvarliga personskador.
- SK 3, Säkerhetsklass 3 (hög), stor risk för allvarliga personskador.

Enligt ATB VÄG 2004 ska följande säkerhetsklasser tillämpas i permanentstadiet/bruksskedet med hänsyn till stabilitetsbrott:

- Säkerhetsklass 2 om annat inte anges nedan.
- Säkerhetsklass 3:
 - för konstruktion på undergrund av kvicklera där markytan lutar brantare än 1:10.
 - för konstruktion där stabilitetsbrott berör samhällsekonomiskt viktig anläggning.
- Säkerhetsklass 1 får tillämpas då vägbana inte berörs, t.ex. för vissa ytterslänter och gång- och cykelvägar.

Berör stabilitetsbrott även annan anläggnings- eller byggnadsdel ska konstruktionen hänföras till lägst samma säkerhetsklass som denna.

I byggskedet får konstruktionen hänföras till närmast lägre säkerhetsklass jämfört med vad som ska gälla i permanentstadiet/bruksskedet, dock lägst till

säkerhetsklass 1. Om säkerhetsklassen för permanentstadiet bestämts med hänsyn till annan anläggning eller byggnad får dock inte lägre säkerhetsklass tillämpas under byggskedet.

Lägsta godtagbara säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott för mest sannolika glidyta i jord anges i ATB VÄG 2004. Säkerhetsfaktorn är kvoten av tillgänglig och ianspråktagen skjuvhållfasthet längs beräknad glidyta.

Tabell 1. Lägsta godtagbara värde på säkerhetsfaktorn hos jordkonstruktioner (kopia av tabell A5-2 i ATB Väg, 2004)

Säkerhetsklass	Analysmetod	
	Odränerad, F_c	Dränerad, F_{cb}
SK 1	1,35	1,2
SK 2	1,5	1,3
SK 3	1,65	1,4

I de fall det finns risk för progressivt brott, t.ex. i lång slänt med deformationsmjuknande jord, ska säkerhetskravet uppfyllas för den mest ansträngda delen av glidytan.

Om odränerad och dränerad analys kombineras i en och samma glidyta ska lägsta godtagbara säkerhetsfaktor bestämmas utifrån delarnas bidrag till skjuvhållfastheten. Exempelvis om hälften var av glidytan bestäms av odränerad och dränerad analys ska i säkerhetsklass 2 lägsta säkerhetsfaktor vara $0,5 \times 1,3 + 0,5 \times 1,5 = 1,4$.

I ATB VÄG 2004 anges också följande rekommendation:

”Om stabiliteten hos terrängområdet är otillfredsställande i naturligt tillstånd (före vägens tillkomst) måste oftast totalstabiliteten för stora områden vid sidan av vägområdet undersökas. Totalstabiliteten bör utredas redan vid vägplaneringen.”

Grundvatten- och portryck ska enligt ATB VÄG 2004 bestämmas som mest ogynnsamma grundvatten- och portryck med 50 års återkomsttid, där ”återkomsttid” är ett statistiskt mått (förväntat värde, baserat på observationer). För denna bestämning krävs mätning under en eller flera perioder med så stora variationer att prognosen kan genomföras med tillräcklig noggrannhet.

Vid markbyggnad som styrs av Boverkets Regelsamling för konstruktion–Boverkets konstruktionsregler, BKR, byggnadsverkslagen och byggnadsverksförordningen, BKR 2003, ref. [13], finns krav på att geokonstruktion ska dimensioneras, utföras och kontrolleras i någon av de geotekniska klasserna GK1, GK2 eller GK3. Detta krav gäller också vägkonstruktioner eftersom det i VVFS 2004:31 hänvisas till BKR. Men i ATB VÄG 2004, som är det vardagliga verktyget under projektering, finns inte hänvisningen till krav i BKR explicit uttryckt.

I BKR 2003, anges exempelvis att GK2 kan väljas om ”omgivningsförhållandena är sådana att de inte väsentligt förstör konsekvenserna av brott eller deformationer i geokonstruktionen”. Om förutsättningarna för GK2 inte är uppfyllda bör GK3 tillämpas enligt BKR 2003.

När det sedan gäller kontroll ges i BKR 2003 rådet att egenkontroll i GK3 bör kompletteras med kontroll utförd av en från det aktuella projektet fristående expert. I själva verket valdes GK3 granskning med fristående expert för en annan del av vägbygget, men inte för den etapp som kom att utsättas för skredet.

2.8.2 Geotekniska undersökningar

Översiktlig stabilitetskartering

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (tidigare Räddningsverket) har regeringens uppdrag att stödja kommuner och länsstyrelser med översiktliga

kartläggningar av markens stabilitet i områden med bebyggelse där det finns förutsättningar för jordrörelser. Syftet är att identifiera bebyggda områden som översiktligt inte kan klassas som stabila.

För gamla E6, Bohusbanan samt övrigt väg- och järnvägsnät i Sverige saknas en översiktlig kartering av stabilitetsförhållanden för känsliga områden motsvarande vad som finns för områden med bebyggelse.

Undersökningar

Under projekteringen av ny E6 utfördes geotekniska undersökningar från år 1998 och framåt. Samtliga dessa undersökningar fanns redovisade i det underlag som låg till grund för utbyggnaden. Geotekniska undersökningar hade också utförts före 1982 års ombyggnad av E6. Hur stor del av dessa undersökningar som fanns redovisade i utredningsmaterialet är inte känt. Även före 1982 hade E6 en liknande dragning. Eventuella undersökningar för den sträckningen har inte gått att spåra.

Lerans geotekniska egenskaper undersöktes vid projekteringen dels med sonderingar och vingförsök i fält, dels genom laboratorieförsök på upptagna prover. Dessa undersökningar koncentrerades till den projekterade vägens läge och omedelbara närhet. Sonderingarna utfördes som trycksonderingar och CPTU-sonderingar. Provtagningen utfördes med skruvprovtagare och standardkolvprovtagare.

Inom den mest aktuella sträckan från sektion 7/100 till 7/500 omfattar undersökningarna i storleksordningen:

- 50 trycksonderingar.
- 15 vingsonderingar.
- 20 CPTU-sonderingar.
- Provtagning i 15 punkter. På leran från provtagningarna är traditionella laboratorieförsök utförda för bestämning av jordens geotekniska egenskaper.
- Mätning av portryck i sex punkter med tre till fyra mätare placerade på olika djup i varje punkt.

De flesta undersökningarna, ca 70 %, var koncentrerade inom ett område på maximalt ca 30 m avstånd från centrumlinjen för nya E6, ca 15 % längre ned mot gamla E6. De resterande 15 % var utförda mellan gamla E6 och Taske å.

Jordlager

Den geologiska profilen inom området var från markytan räknat:

- Matjord.
- Torrskorpa.
- Lera med enskilda skikt av friktionsjord (silt/sand). I större delen av området är leran högsensitiv och förekommer relativt omfattande som kvicklera.
- Friktionsjord (isälvsediment eller morän).
- Berg.

Den oexploaterade delen av området täcktes av ett några decimeter tjockt matjordslager.

Torrskorpan varierade i tjocklek och var 1–2 m tjock i dalens centrum för att öka till som mest ca 3 m längs dalsidan. Därunder följde en torrskorpepåverkad zon med ett par meters tjocklek där lerans fasthet sjönk innan dess minimum inträffade och hållfastheten sedan ökade mot djupet.

Utförda sonderingar och seismiska undersökningar i projekteringskedet visade att tjockleken på lerlagret varierade mellan 8 och upp till 30 m längs centrumlinjen för nya E6, mellan sektion 7/100 och 7/500. Största lerdjupet

var vid sektion 7/300. Detta antydde att det gick en dalgång tvärs dalens huvudriktning vid sektion 7/300.

De få sonderingar som utfördes på nedsidan av nya E6 tydde på att tjockleken på leran generellt ökade i riktning mot Taske å, men antagligen inte var mycket större än de 30 m som fanns under nya E6 vid sektion 7/300.

Områdets generella geologi

Områdets generella geologi har på uppdrag av SHK utretts och beskrivs i mer detalj i SGU-rapport 2007-29, ref. [14].

Leran i området är glacial och är i huvudsak en mellanplastisk lera, ofta benämnd som siltig. Den avsattes i samband med isavsmältningen efter den senaste istiden och sedimenterade i en marin miljö. Inga påtagliga innehåll av svällande lermineral har observerats. Kalkhalten är låg i de djupare delarna av lagerföljden. De av SGU utförda kemiska analyserna av porvattnet visade att den saltvattenavsatta leran har urlakats sedan området genom landhöjningen höjts ovan havsytan, vilket förklarar lerans höga sensitivitet. Det bör observeras att SGU redovisar sedimentens vatteninnehåll som vattenhalt där vatteninnehållet anges i procent av det naturfuktiga provets vikt och att detta värde därmed skiljer sig från den vattenkvot som normalt används inom geoteknik och baseras på jordens torra vikt. De av SGU angivna vattenhalterna är därmed lägre än motsvarande vattenkvoter. Men SGU fann att vattenhalterna hos leran i Småröd vid undersökningstillfället var höga, exempelvis omkring 5 % högre än lerans undersökta vattenhalter i Brastadsområdet 1980, ca 15 km från Småröd. Till skillnad från den relativt trånga dalsänkan i Småröd är Brastadsområdet öppet och flackt, vilket till viss del kan förklara de högre vattenhalterna i Småröd. Det ska också observeras att av SGU angivna glödgningsförluster inte är korrigerade för lerhalt och karbonathalt. Efter att detta gjorts återstår endast mindre organiska halter och jorden skulle inte i någon undersökt punkt eller djup få tilläggsbenämningen organisk enligt det geotekniska klassificeringssystemet.

Enligt SGU:s utredning av lermineralogin framgår att lerfraktionen innehåller lermineralen illit, klorit och kaolinit. I lerfraktionen finns även primära bergartsmineral som kvarts, fältspat och amfibol.

Några prover togs inte på den underliggande friktionsjorden. Den antas bestå av isälvssediment eller morän.

Berggrunden i området består enligt SGU:s rapport av två olika bergarter. På höjderna väster om dalgången dominerar grå granit-pegmatit. I dalgången och öster om den utgörs berggrunden av grå, relativt glimmerrik gnejs med förhöjda halter av pyrit.

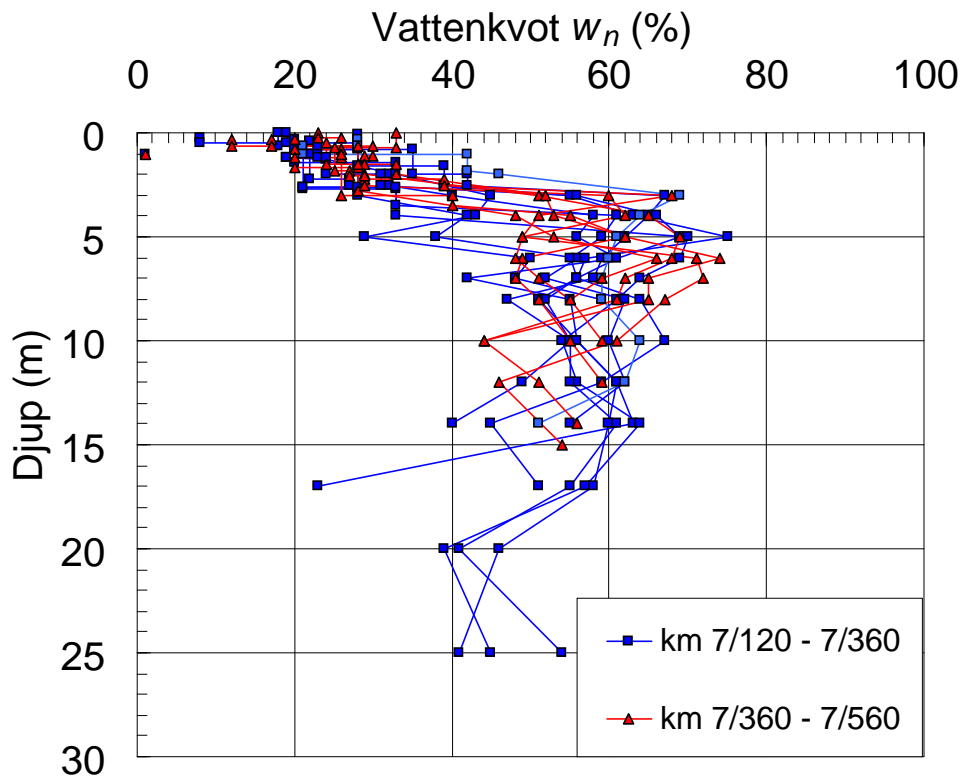
En ca 1 m vid sprick- och krosszon löper genom området i NNV riktning i kontakten mellan de båda bergarterna. I denna zon är berget uppsprucket och delvis leromvandlat.

I skredområdet går en svacka i berggrunden tvärs ut mot dalens mitt vilket medför att lerlagren var tjockare här och att en svacka också uppstått i markytan, vilket resulterat i att den nya vägbanken här var relativt hög. På ömse sidor om svackan fanns fastmarkspartier där vägen gick i skärning, vilket också begränsade skredets utsträckning i vägens längdled.

2.8.3 Lerans geotekniska egenskaper

Lerans egenskaper, speciellt dess skjuvhållfasthet, är viktig kunskap inför utredning av en lerslants stabilitetsförhållanden. Under projekteringsskedet utfördes i laboratoriet klassificering och rutinförsök. Rutinförsöken på de ostörda proverna från kolvprovtagningen omfattade bestämning av skrymdensitet, naturlig vattenkvot, flytgräns samt odränerad skjuvhållfasthet och sensitivitet med fallkonförsök. På ett antal prover utfördes dessutom CRS-ödometerförsök för bestämning av kompressionsegenskaperna.

Figur 10 visar att den naturliga vattenkvoten, w_n , i leran ökade från 20–30 % i den övre torrskorpeleran till i huvudsak omkring 60 % (50–70 %) i leran till ca 15 m djup, för att sjunka till ca 45 % under 20 m djup. Motsvarande skrymdensiteter i leran var genomsnittligt 1,67 t/m³ till 15 m djup och 1,8 t/m³ under 20 m. *Figur 10* visar att det inte har konstaterats någon speciell variation i lerans vattenkvot i skredets syd- nordliga längsgående riktning.



Figur 10. Sammanställning av lerans vattenkvot från projekteringsfasen.

Konflytgränsen, w_L , i leran låg i huvudsak runt 40 % och minskade något under 20 m djup. Relationen mellan vattenkvot och konflytgräns var således ca 1,5 i de översta 20 m lera för att sjunka till ca 1,2 på större djup. Båda dessa värden är höga och 1,5 är mycket högt jämfört med normala värden. Kvoter högre än ca 1,05 indikerar att leran har potential för att vara kvick, vilket innebär en risk för att lerans hållfasthet kan brytas ned vid en relativt liten störning.

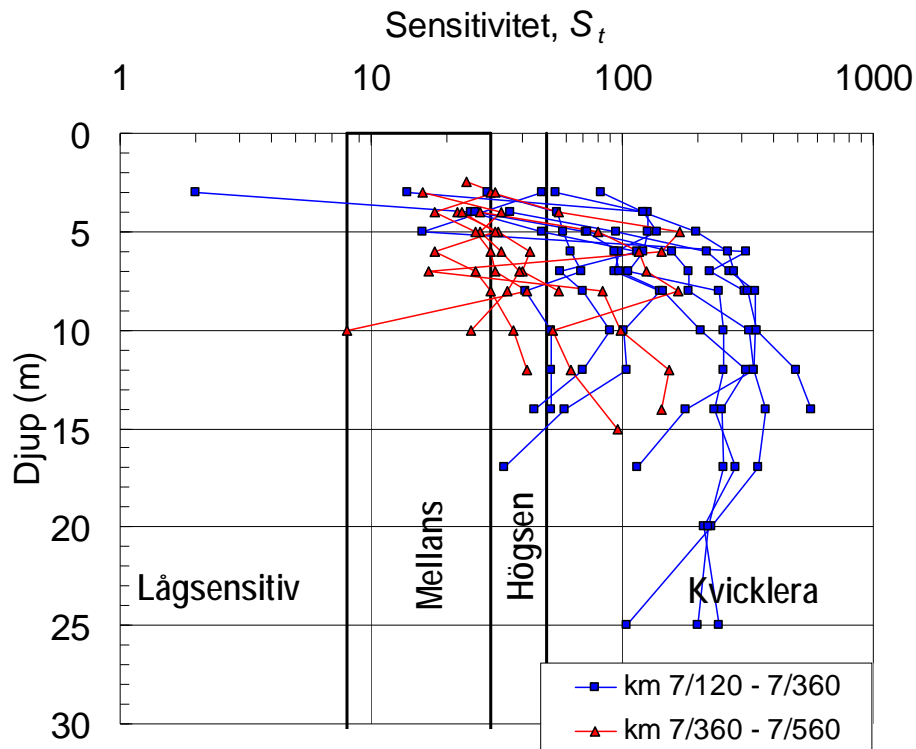
Figur 11 visar hur lerans sensitivitet, S_t (förhållandet mellan den ostörda och omrörda odränerade skjuvhållfastheten bestämd med konförsök på lerproverna), varierade med djupet under markytan. I det aktuella fallet kan leran i större delen av området klassificeras som högsensitiv eller kvick. Undantaget var torrskorpan och torrskorpepåverkad lera som medfört en lägre vattenkvot och/eller kemisk påverkan. *Figur 11* visar att det fanns en klar tendens till att leran hade högre sensitivitet i den södra delen (sektion 7/120–7/360) än i den norra delen (sektion 7/360–7/560). I projekteringsunderlaget angavs att leran i huvudsak var högsensitiv och ställvis kvick.

Enligt *figur 12* visade portrycksmätningarna från projekteringskedet en relativt konstant ökande portrycksnivå med djupet. Denna motsvarade i stort sett en hydrostatisk tryckfördelning med grundvattenytan nära markytan. I enstaka nivåer var det uppmätt ett svagt artesiskt övertryck, motsvarande upp till 10 % högre än hydrostatiskt tryck. Det ska noteras att mätningarna i projekteringskedet endast utfördes vid enskilda tillfällen. Eftersom mätningarna

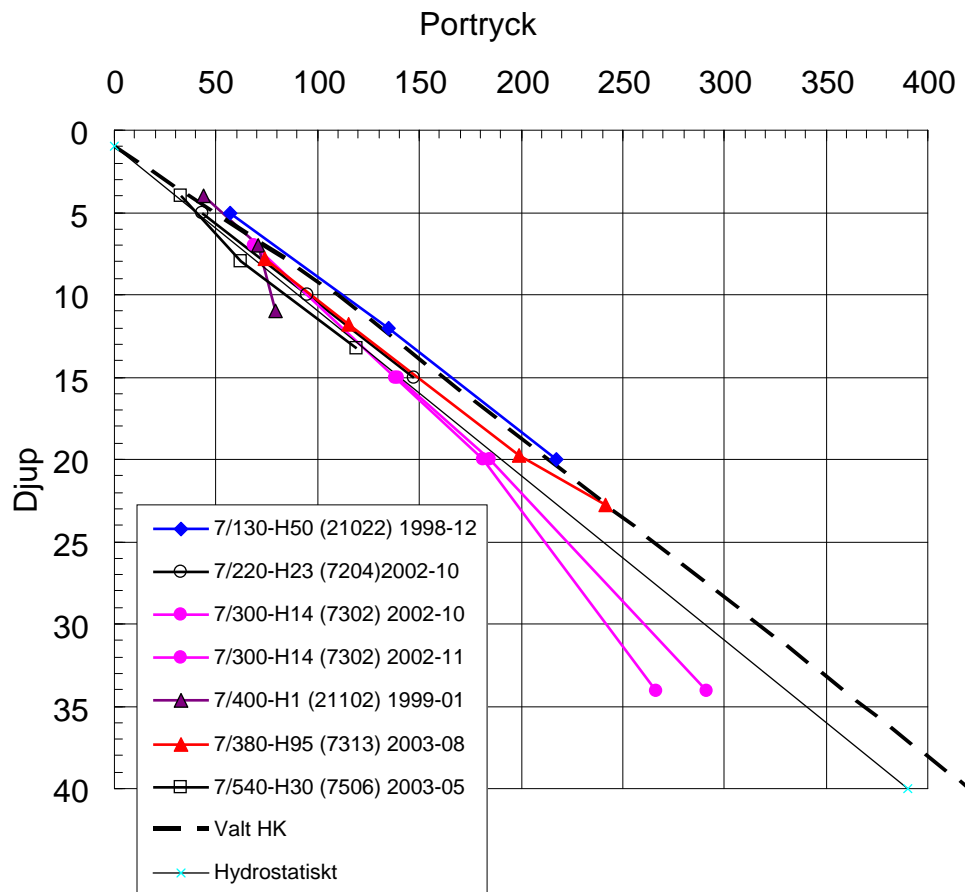
inte pågått över någon längre tidsperiod är det svårt att uppskatta möjlig variation över tid samt extremvärden.

Ödometerförsöken på leran visade att leran under den torrskorpepåverkade zonen var normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad.

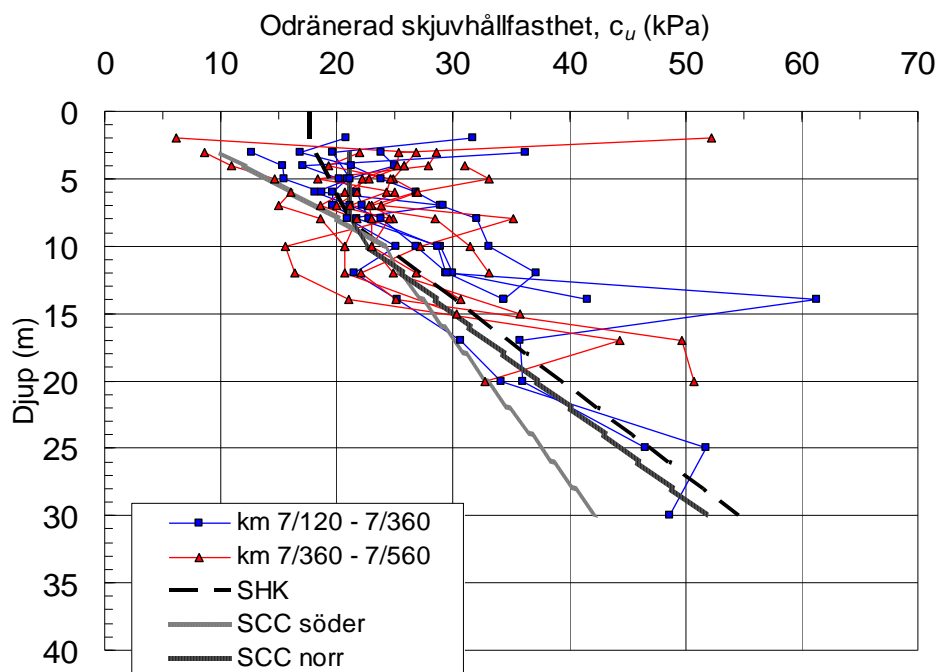
Figur 13 visar den odränerade skjuvhållfastheten utvärderad från vingförsök och konförsök på proverna. Skjuvhållfastheten är korrigerad enligt rekommendationer i ref. [15]. Spridningen i resultaten var måttlig bortsett från de översta metrarna, där främst inverkan av torrskorpan och den torrskorpepåverkade zonen skapade större spridning. *Figur 13* visar också de värden som projektören valde för sin stabilitetsanalys under projekteringen. De valda värdena var rimliga och motsvarade i princip vad som kan förväntas baserat på empiriska erfarenheter med hänsyn till lerans förkonsolideringstryck och flytgräns. Annars bekräftar *figur 13 och 14* tendensen att torrskorpan var tunnare och leran under torrskorpan något svagare inom det södra området än inom det norra. För större djup observerades inte någon väsentlig skillnad.



Figur 11. Sammanställning av lerans sensitivitet från projekteringsfasen.



Figur 12. Sammanställning av uppmätt portryck från projekteringsfasen. (HK anger värden som använts i SHK:s undersökning)



Figur 13. Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet och valda värden vid projektering. (SHK anger värden som använts i SHK:s undersökning)

Det har inte framkommit att projektören använt sig av CPTU-sonderingarna för att verifiera den odränerade skjuvhållfastheten med ytterligare en metod. Sedan mitten av 1970-talet har det funnits olika metoder för att utvärdera skjuvhållfastheten med hjälp av CPTU-sonderingar. I Sverige har den vanligaste metoden varit den som är utvecklad vid SGI, Larsson (1993), ref. [16]. Vid Norges Geotekniska institutt (NGI) är en motsvarande likvärdig metod utvecklad. I NGI:s metod är sonderingsresultaten direkt kopplade till avancerade laboratorieförsök (triaxial- och direkta skjuvförsök) på lerprover av hög kvalitet, Karlsrud et al (2005) ref. [17].

Den sistnämnda metoden har vid undersökningen efter skredet tillämpats på sonderingarna från projekteringsunderlaget och redovisas nedan i bl.a. *figur 14*. Korrelationen mellan den aktiva odränerade skjuvhållfastheten, c_{ua} , och porövertrycket som genererats under CPTU-sonderingen är enligt rekommendationer i ref. [17]:

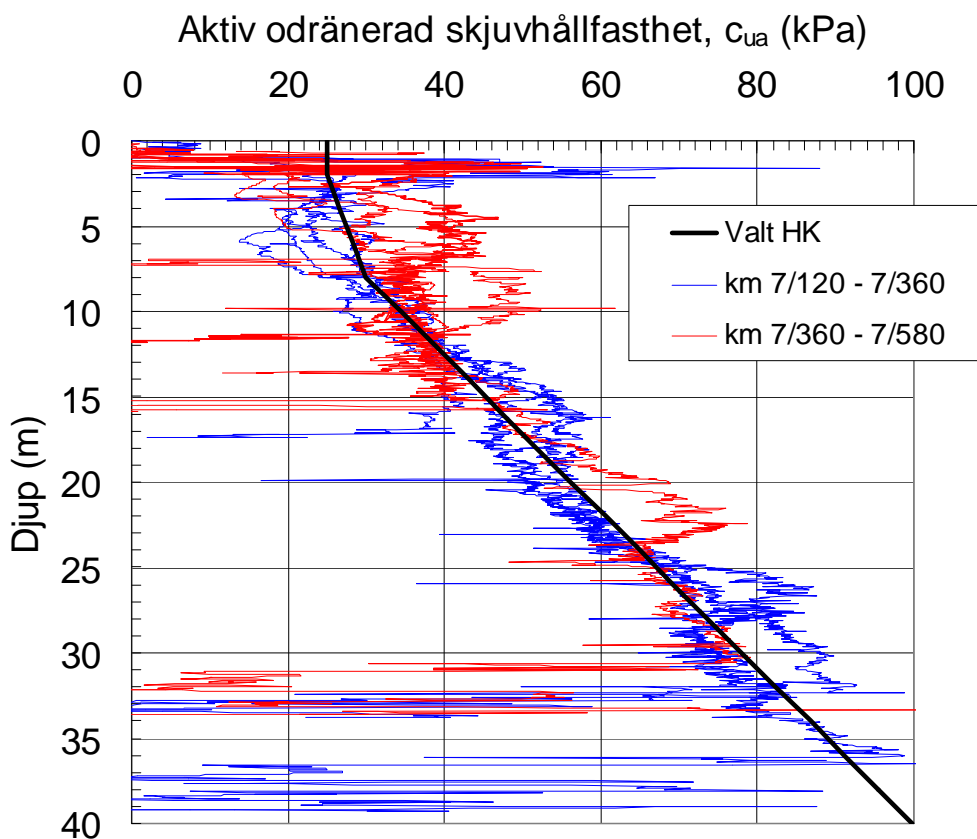
$$c_{ua} = \Delta u / N_{\Delta u}$$

Δu = Genererat porövertryck under sonderingen

$N_{\Delta u}$ = Empirisk faktor beroende av lerans plasticitet, sensitivitet och överkonsolideringsgrad.

Figur 14 visar den utvärderade skjuvhållfastheten, med konsistenta resultat. Några avvikelser är att:

- I den rena torrskorpan, i översta 2–3 m, ger inte tolkningsmetoden riktig skjuvhållfasthet till följd av en mer dränerad respons i detta material.
- Direkt under torrskorpan var det en klar tendens till lägre skjuvhållfasthet i söder än i norr.
- Under de övre ca 8 m ökade den aktiva skjuvhållfastheten c_{ua} ungefär lika mycket med djupet i norr och söder.



Figur 14. Aktiv odränerad skjuvhållfasthet baserad på CPTU trycksonderingar (HK anger värden som använts i SHK:s undersökning)

Den aktiva triaxialhållfastheten var större än den hållfasthet som observerades i ving- och konförsök. Skjuvhållfastheten i dessa försök antas vanligtvis motsvara ett medelvärde, c_{um} , vilket normalt också utvärderas i direkta skjuvförsök, c_{ud} . Grundat på erfarenhetsdata i ref. [17] har det antagits att medel-skjuvhållfastheten i relation till den aktiva skjuvhållfastheten motsvarar:

$$c_{um} = c_{ud} = 0,7c_{ua}$$

Figur 13 visar att de antagna c_{ud} värdena var nära de värden som projektören använde i sin projektering, men något högre i den södra delen av skredområdet.

2.8.4 Stabilitetsanalys och valda lösningar

Tryckbank

Under projekteringen analyserades stabiliteten för nya E6. För de sträckor där vägen gick på bank konstaterades i arbetsplaneskedet att bankar högre än 2 m hade otillfredsställande stabilitet. Detta avsåg bergbankar med friktionsvinkel av 38 grader och full trafiklast. Motsvarande lösa fyllningsmassor specificerades inte, men kan uppskattas till ca 2 m. Vidare angavs i arbetsplanen att tryckbank, dvs. utläggning av fyllning längs med vägbank, borde undvikas med tanke på totalstabiliteten i området. Delsträckan 7/360–7/590 projekterades i bygghandlingsskedet med en förstärkning som bestod av dels kalkcementpelare, dels tryckbank för delen 7/360–7/500, trots vad som framkommit under arbetsplaneskedet.

Tryckbankens dimensioner var inte detaljspecificerade och måttsatta, men framgick av ritningar där aktuella mått kunde mätas med linjal. Nivån på tryckbanken över angiven markyta varierade enligt ritningarna mellan ca 1–3 m närmast öster om nya E6 och därifrån gradvis avtagande till noll ner mot gamla E6.

Enligt ritningsunderlaget anges volymen för tryckbanken till 9560 m³.

Av ritningsunderlaget framgick att väg- och tryckbankar för ny E6 skulle utföras samtidigt. Det fanns också särskilt angivet [5] att tryckbanken skulle vara utförd till full höjd före påbörjande av vägbanken för ny E6.

För vägbanken angavs att ändtippning inte fick förekomma. Det framgick inte av texten om detta även gällde tryckbanken. Anläggningen av bankarna behandlades i samma mening, men eftersom de bestod av helt olika massor, bergbank respektive ospecificerade fyllningsmassor, som dessutom skulle läggas på olika undergrund, kalkcementpelarförstärkt jord respektive naturlig mark, var det otydligt vad som avsågs. Det är känt att ändtippning kan orsaka okontrollerade lokala förhållanden i själva fyllningssläntens överkant med risk för ras som i sin tur kan påverka stabilitetsförhållandena i området.

KC-pelare och portrycks- och sättningsobservationer

Enligt den tekniska beskrivningen skulle släntrörelser följas i de delsträckor där kalkcementpelare installerades i stabilitetshöjande syfte. Syftlinjer och inklinometrar nämndes i text, men specificerades inte.

Kalkcementpelarna på delsträckan 7/360–7/590 installerades för att begränsa sättningar och förbättra stabilitetsförhållandena. I kontrollprogrammet vid pelarinstallationen ingick endast portrycks- och sättningsobservationer. För portrycksobservationerna ansattes en larmnivå vid 30 kPa portrycksökning. Denna larmgräns uppnåddes i portrycksmätare installerad på 15 m djup i jorden utanför det stabiliserade området. För portrycksmätare installerade inom det förstärkta området medförde installationen en relativt kortvarig portrycksökning som sedan avklingade. Det förhöjda portrycket utanför installationsområdet kvarstod i stort under den redovisade observationsperioden. Detta tyder på att jorden utanför vägbanken kan ha blivit påtagligt störd, men några restriktioner för efterföljande belastningar med hänsyn till detta hade inte angivits.

Sprängningsarbeten

Vid projekteringen angavs att sprängning skulle utföras med förhindrande av störning av den lösa jorden. Vad detta konkret innebar framgick inte och det tolkades som att skyddsmattor skulle läggas ut så att inte det lossprängda materialet skulle flyga omkring. Tillåtna vibrationsnivåer gavs endast med avseende på byggnader i området.

Stabilitetsberäkningar

I bygghandlingen till utförandeentreprenad för ny E6, delen Småröd–Saltkällan, angavs att säkerhetsklass 2, SK 2, skulle gälla för vägbank och skärning i permanentstadiet. För delar där kvicklera förekom och markytan lutade mer än 1:10 skulle säkerhetsklass 3, SK 3, tillämpas. Där angavs också att säkerhetsklass 1, SK 1, fick tillämpas i byggskedet, med de begränsningar som anges i ATB VÄG 2004.

Stabilitetsberäkningar som gjordes under projekteringen finns redovisade i Beräknings-PM för olika sektioner av projektören (2003a, 2003b, 2005), ref. [18, 19, 20]. Beräkningar med både odränerad och kombinerad analys hade utförts, och analysen hade beaktat både potentiellt lokalt brott nära vägen och globalt brott omfattande en större del av slänten nedåt vägen.

Utan förstärkningsåtgärder var den beräknade säkerhetsfaktorn $F = 1,1$ à $1,2$ för permanentstadiet, dvs. under gränsvärden enligt ATB VÄG 2004. Med de projekterade förstärkningsåtgärderna beräknades en lägsta säkerhetsfaktor $F = 1,6$ à $1,7$ för kombinerad analys, vilket uppfyller kravet för säkerhetsklass 3.

Utredda markområden

I projekteringen hade stabilitetsförhållandena utretts närmast den planerade vägen och totalt för markområdet mellan vägen och erosionslänten mot Taske å. Däremot hade stabilitetsförhållandena för själva erosionslänten vid Taske å inte utretts.

Det kan också noteras att ingen speciell stabilitetsutredning genomfördes för den temporära anslutningsvägen mellan nya och gamla E6.

Projektörens anläggningsmodell

Projektören upprättade en anläggningsmodell, dvs. en digital databas över projektet som främst användes för att skapa ritningar men också som underlag för exempelvis stabilitetsberäkningar. Modellen kom inte till användning under byggskedet.

2.8.5 Granskning av fristående expert

SGI granskade, och lämnade svar daterat den 8 juni 2005, i sin roll som fristående expert och konsult (inte myndighet) över utkast av tekniska rapporter och ritningar i samband med upprättande av bygghandling, ref. [11]. Den tekniska granskningen av handlingarna gick i huvudsak in på detaljer kring fält- och laboratoriearbeten, enstaka krav på designförutsättningar samt utformning av text för förståelse och överensstämmelse mellan olika dokument. I granskningen ingick inte enligt SGI att granska viktiga delar avseende säkerhetsaspekter med vald säkerhetsklass, kontrollprogram och gränsvärden för kritiska parametrar, exempelvis grundvatten- och portrycksnivåer. Vägverkets projektledare och projektören anser att uppdraget var att granska samtliga geotekniska delar i förfrågningsunderlaget.

2.9 Genomförande av vägbygget

2.9.1 Förutsättningar vid vägbygget

Under byggandet av delen Kallsås–Småröd inträffade ett litet skred den 30 november 2004 i sektion 7/230–7/290. Skredet nådde den branta bergytan i väster. Skredmassorna grävdes ur och ersattes med sprängsten.

En förändring i omgivningen till den nya E6, mot förhållanden som rådde under projekteringsskedet, var att skogen på sluttningen väster om ny E6 mellan sektionerna 7/100 och 7/250 kalthöggs under hösten 2006.

En annan förändring, utan medverkan från projektören, var att en sidotipp anordnades i sluttningen väster om vägen mellan sektion 7/050 och 7/100 för att omhänderta överskottsmassor av lerjord. Längst ned byggdes en vall, ett erosionsskydd, av sprängstensmassor. Under vägbygget rann rikligt med vatten genom erosionsskyddet för tippen.

Vattenflödet i Taske å går i nordlig riktning och varierade kraftigt. Grumligt vatten hade iakttagits innan vattnet kom in i vägområdet vid byggandet av bron vid Fultaga söder om skredområdet.

Ett par dagar före skredet var vattenflödet stort i Taske å och det svämmade över ungefär mitt för sektion 7/540.

Vid Fultaga, strax söder om skredet, fanns en brunn som ständigt flödade över. Det bekräftar att det fanns ett visst artesiskt vattentryck på enskilda ställen i dalgången.

Körbanan på gamla E6 hade återkommande lagats vid ungefär sektion 7/540.

Vid byggandet av delen Småröd–Saltkällan transporterades jordmassor på särskilda arbetsvägar, vilket medförde att gamla E6 inte belastades med dessa transporter. Arbetsvägarna hade inte någon hög bank förutom vid anslutningen till vägbanken för den nya E6 vid sektion ca 7/490, där banken var maximalt ca 3 m, *figur 15*.

Innan kalkcementpelare installerades banades matjord av och formades till en jordvall, ca 15 m bred och som högst ca 3 m invid och väster om gamla E6.



Foto hämtat från Internet

Figur 15. Transportväg och deponerad fyllning i september 2006. Foto i riktning mot söder med del av ny vägbank för E6 till höger på bilden med anslutande transportväg mot vänster/väster.

2.9.2 Installation av KC-pelare

Installationen av kalkcementpelare, KC-pelare, påbörjades den 23 maj 2006 och avslutades ca tre månader senare den 25 augusti. Ett kontrollprogram var

upprättat och genomfördes. När kalkcementpelarinstallationen startade skulle, enligt programmet, portryck mätas morgon och kväll i två stationer, i sektion 7/400 centrum väg på 5, 9 och 11 m djup under markytan och i sektion 7/520 höger 40 m på 5, 10 och 15 m djup under markytan. Kalkcementpelarinstallationen genomfördes under 10 arbetsveckor, dvs. 50 arbetsdagar. Sammanlagt mättes portryck 48 gånger, vilket var ungefär hälften av mätningarna enligt kontrollprogrammet.

Mätning gjordes också varannan vecka på sättningspeglar och en gång i månaden i slang-sättningsmätare. Under mätperioden steg portrycket till och över ansatt gränsvärde endast på 15 m djup i station 7/520. Installationen av kalkcementpelare avbröts under en tid tills portrycket sjunkit under gränsvärdet. När pelarinstallationen var klar togs portrycksmätarna upp. Redovisning av mätningarna skulle enligt objektsteknisk beskrivning väg, geoteknik, tillställas byggherren omedelbart efter utförd mätning, men redovisades enligt uppgift från byggherren först en vecka före skredet.

Istället för i bygghandlingen angivna kalkcementpelare med 0,6 m diameter till fast botten i kvadratisk rutnät med 1,5 m sida valde byggherren och entreprenören att utföra pelare med 0,7 m diameter där hälften av pelarna fördes till fast botten på 14–17 m djup och hälften till halva djupet. Installationen gjordes i kvadratisk rutnät med 1,7 m sida och med samma täckningsgrad som den i bygghandlingen.

Inledningsvis gjordes ett försök med inblandning av bottenaska utöver kalk och cement, men av miljömässiga försiktighetsskäl valdes att inte installera den typen av pelare.

Efter att kalkcementpelarna installerats byggdes vägbanken upp med sprängstensmassor. Det arbetet var klart i september 2006. Enligt bygghandlingen lades en överlast på vägbanken. Den projekterade överlasten motsvarade 1 m sprängsten över färdig väg mellan sektion 7/360 och 7/430 med utspetsning till 0 m på en sträcka av 5 m.

2.9.3 Tryckbank öster om ny E6

Den tryckbank som skulle byggas öster om vägen mellan sektion 7/360 och 7/500 var projekterad men inte färdigställd enligt bygghandlingen när skredet inträffade. Fyllnadsmassor som entreprenören planerade att använda i tryckbanken var temporärt deponerade längs den östra delen av nya E6 ner mot gamla E6. Där fanns också temporärt sedan tidigare avschaktad matjord i en upplagd vall direkt väster om gamla E6.

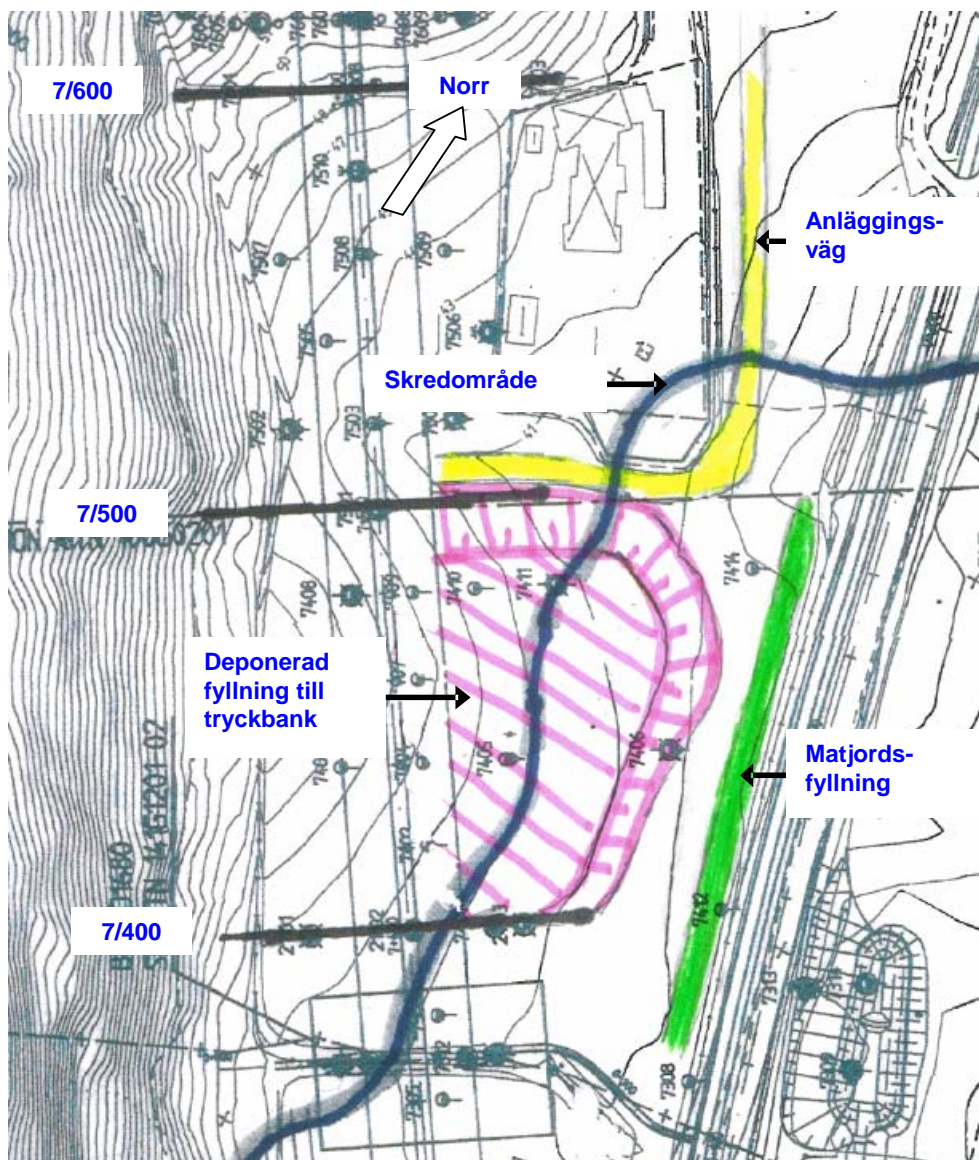
Eftersom det till väsentlig del saknas dokumentation har det inte varit möjligt att med säkerhet fastställa hur stor sammanlagd volym som fanns i fyllningen till den planerade tryckbanken.

Figur 16 visar fyllningens ungefärliga utsträckning enligt uppgifter från byggherren. Lämnade uppgifter har byggherren sammanställt efter skredet och grundar sig på minnesbilder från bygglidare på platsen. Enligt dessa uppgifter sträckte sig fyllningen som var avsedd till tryckbanken från sektion ca 7/400 till ca 7/500 och som längst 60 m ut från vägbanken. Den sammanlagda volymen uppgavs vara ca 11 500 m³, vilket är ca 20 % mer än volymen i färdig tryckbank (jmf 2.8.4 avsnitt Tryckbank). Nivån angavs som mest till 4,5 m över ursprunglig marknivå. Som jämförelse hade den färdiga tryckbanken enligt ritning en tjocklek som varierade mellan ca 1–3 m.

Enligt entreprenören deponerades fyllningsmassor fr.o.m. september till december under 15 redovisade dagar med ca 600 m³ per dag, vilket innebar ca 9 000 m³. Efter skredet uppskattade entreprenören volymen i deponin till sammanlagt 10 000–11 000 m³ i s.k. fast volym vid uttag. Entreprenörens omräkningsfaktor till s.k. lös volym anges till 1,3 vilket medför en volym i fyllningen till tryckbanken på ca 14 000 m³. Det motsvarar ungefär 45 % större volym än i färdig tryckbank. Enligt entreprenörens bedömning efter skredet var fyllningens nivå lokalt och temporärt ca 4,5 m över ursprunglig marknivå.

Den sista dagen som fyllning deponerades var samma dag som skredet inträffade, då arbetet enligt bandtraktorföraren avslutades ca kl. 18:00.

Redan i september 2006 var fyllningens tjocklek stor. Det framgår av fotot i *figur 15* från en tysk turist.

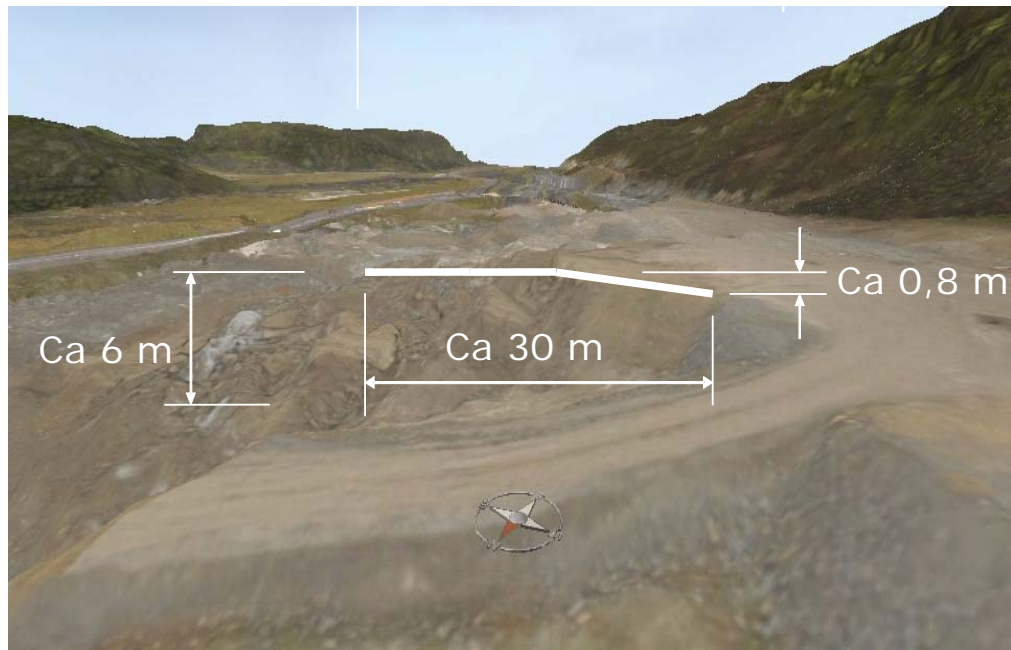


Figur 16. Planskiss över deponerad fyllning till tryckbank samt matjordsfyllning i norra delen av skredområdet (baserad på byggherrens uppgifter).

Enligt uppgifter från bandtraktorförare som arbetade i området bestod fyllningsmassorna huvudsakligen av lermassor som lades ut i tre koncentrerade "tippstationer" vinkelrätt ut från vägbanken till nya E6. Tolkning i VR-modellen visar att utfarter till dessa fanns ungefär vid sektionerna 7/330, 7/390 och 7/470. Enligt samma förare sköts massorna ut över släntkrönet. Ett foto av en okänd fotograf visar att ändtippning också förekommit.

Fyllningen i sektion 7/470 och söderöver var delvis kvar efter skredet och kan inmätas i den VR-modell som upprättades. Enligt VR-modellen kan fyllningens utsträckning bedömas ha varit minst 30 m från vägbanken för nya E6. På 15 m avstånd från vägbanken var fyllningen ca 0,8 m över vägbankens nivå. Fyllningens längd utmed vägbanken till nya E6 var 90–100 m. Mätningar i VR-modellen indikerar att del av fyllningen före skredet kan ha haft en nivå över intilliggande mark på ca 6 m, *figur 17*.

Under hösten 2006 var nederbörden onormalt stor. Någon mätning av grundvattennivåer eller nederbörd genomfördes inte.



Figur 17. Deponerad fyllning för tryckbank. Bilden är tagen ur VR modellen i riktning mot söder med del av ny vägbank för E6 till höger och med anslutande transportväg i nedre delen av bilden.

2.10 Styrning och ledningssystem

2.10.1 Säkerhetsfunktioner

Undersökningen har omfattat styrning och ledningssystem för vägbyggnadsprocessen primärt med avseende på riskhantering och säkerhet. Insamlade fakta har relaterats mot ett antal funktioner avsedda att identifiera och hantera risker och oönskade händelser under ett projekt eller i en verksamhet för att uppnå säkerhet. De har hämtats från nationella och internationella krav och principer samt beprövad praxis avseende styrning och ledningssystem, SS-EN ISO 9001:2000, Ledningssystem för kvalitet - Krav. Här till har inhämtats inblandade parter egna uppfattningar om vad som var mest betydelsefullt för en säker styrning av vägsträckans tillkomst. Säkerhetsfunktionerna beskrivs generellt nedan.

Gränssnitt och samverkan mellan parter

Där ansvarsområden möts och överenskommelser träffas finns risker. Gränssnitt är erfarenhetsmässigt en källa till osäkerhet och oönskade händelser. Kontraktsgenomgång, kommunikationsprogram, rutiner för styrning och distribution av dokument exemplifierar nödvändiga säkerhetsrelaterade element som ska vara säkerställda.

Riskhantering och förebyggande åtgärder

Kontinuitet i identifiering och hantering av risker under en tidsmässigt lång byggprocess lägger grunden för prioriterade åtgärdsinsatser i syfte att eliminera och kontrollera risk. Oönskade händelser och osäkerheter förebyggs systematiskt genom fastställda rutiner för riskhantering hos samtliga parter i

en byggprocess. Riskhanteringsprogram innefattar ingångsinformation, metodval, kompetens, oberoenden, aktualitet, prioriteringsgrunder, beslut, kommunikation, m.m.

Kontroll

Objekt-specifika program ska specificera samtliga typer av kontroller, inkl. oberoende externa kontroller, med syfte, frekvens, procedur, dokumentation och kommunikation av resultat samt uppföljningsformer. Utvärdering av kontrollers effektivitet och vidareutveckling görs via linjeansvarets rapportering samt via revisioner och verkställande ledningens uppföljning.

Avvikelsehantering och korrigerande åtgärder

En rutin ska finnas, innefattande definition och identifiering av avvikelser, för omedelbara skadereducerande insatser samt för eliminering av orsaker till upprepanen. Det är grundläggande element i effektiv och säkerhetsfokuserad styrning och i ledningssystem. Korrigerande åtgärder är den kanske viktigaste åtgärden för ständiga förbättringar. Vissa uppdrag och projekt kräver speciell och kontinuerlig uppsikt över risker, kritiska aktiviteter samt över gränssnitt inom verksamheten och visavi externa parter.

Rapportering

All verksamhet vinner på att vara målstyrd. Mål och rapportering är objekt-specifik och följer fastställt program. Mål för projekt är relaterat till överordnade mål för verksamheten. Rapportering innefattar bl.a. att successivt redovisa att mål nås, avsedda resultat (produkt, specifikationer, tid, ekonomi) successivt uppnås, att lagar, föreskrifter och krav efterlevs, att nödvändig kompetens är tillgänglig, att avvikelser snarast meddelas och åtgärdsförslag läggs fram samt att risker hålls på en betryggande nivå.

Revision

Revisionsprogram innehåller granskning av att fastställda krav, regler och rutiner efterlevs och att verksamheten drivs effektivt mot mål. Utvalda administrativa säkerhetsfunktioner samt deras samverkan granskas enligt objekt-specifika revisionsplaner. Verksamhetsledningen prioriterar och beslutar om effektivitetshöjande, och när så behövs, efterlevnadsstärkande åtgärder baserade på revisionsresultat. I kraven enligt ISO 9001 ingår internrevisioner som ett avgörande element.

Verkställande ledning

Verkställande ledning fastställer, granskar och förnyar organisation, ledningssystem, ansvar, rapportering, resurser m.m. som krävs för att fullfölja åtaganden och efterleva krav. Detta viktiga systemkrav enligt ISO, "Ledningens genomgång", genomförs enligt program och ska innehålla genomgång av rapporter och redovisande dokument samt beslut och uppföljning av effekter av tidigare fattade beslut. Rapporteringen, innefattar bl.a. riskbedömning för verksamheten generellt och för projekt. Rapporteringen leder till beslut om resursinsatser för att stärka styrning, system och företagskultur inklusive säkerhetskulturen. Beslut vid ledningens genomgång, t.ex. rörande nödvändiga förbättringar i kontraktsgenomgång, avvikelsehantering, korrigerande åtgärder och intern revision ska ha genomslag i projekt. Effekter av beslut ska kunna avläsas i organisationen på olika nivåer och i projekt.

Individuellt ledarskap

Utövandet och utvecklingen av det individuella ansvaret i ledarskapet på samtliga nivåer genomförs speciellt med fokus på utveckling av operativ säkerhet och säkerhetskulturer, dagliga aktiviteter, oväntade händelser, kunskapsut-

veckling och en aktiv medvetenhet hos medarbetarna. Yrkesmannskapet på samtliga nivåer är en nödvändig men inte tillräcklig del av ledarskapet.

Myndighetstillsyn

Tillsyn av myndighet genomförs enligt program med beprövad metodik baserad på generell och projektspecifik händelsehistorik. Syftet är att granska hur säkerhetsrisker med samhällskonsekvenser för hälsa och miljö har hanterats samt vad som görs och planeras i dessa avseenden.

2.10.2 Resultat av undersökningen

De uppgifter som framkommit vid intervjuer och dokumentgenomgångar redovisas i det följande i form av en samlad bild och avser förhållanden under den aktuella vägbyggnadsprocessen. Undersökningsresultaten visar till stor del brister i säkerhetsrelaterad dokumentation hos byggherre, projektör och entreprenör. Bristerna avser dokumentationens existens och giltighet samt konkreta belägg för utförandet. Det innebär inte nödvändigtvis att en aktivitet inte har genomförts, ett beslut inte har tagits eller att en bedömning inte har gjorts. Emellertid saknas dokumentation som belägger att detta skett. I flera fall har det därför varit omöjligt att följa sambanden mellan vad som skulle göras, vad som gjordes och vad som uppnåddes.

Ledningssystem och projektstyrning

Framtagning av byggherrens ledningssystem påbörjades 2003 och beräknades vara klart under slutet av år 2007.

Byggherren, projektören och entreprenören hade egna strikta krav på sina ledningssystem och sätt att driva projekt och uppdrag. Entreprenören uppgav att dennes krav uppfyllde vad som krävs enligt ISO 9001. Projektören var certifierad enligt samma internationella standard.

Byggherren hade en omfattande projekthandbok där det mesta också byggde på de internationellt erkända kraven enligt ISO 9001. Projekthandboken var överordnad och låg till grund för den objektspecifika projektplanen. Följande är citerade exempel på skallkrav i byggherrens projekthandbok:

- Projektet ska utföra riskhantering.
- För projektet ska ett kontrollprogram göras.
- Projektledningen ska upprätta en plan för systematisk stickprovskontroll.
- Stickprov ska dokumenteras systematiskt.
- Alla personer i projektledningen ska föra egna minnesanteckningar.
- Projektledningen ska genom analys, planering och åtgärder minimera sannolikheten för och konsekvenser av oönskade händelser.
- Projektledaren ska utvärdera leverantörens projektplan före uppdragsstart.
- Utvärderingsprotokoll uppgörs.

Fastställda krav behövs för att man i den egna verksamheten tydligt ska veta vad som gäller.

Gränssnitt och samverkan mellan parter

Projekteringen utfördes av projektören med hjälp av erfarna vägprojektörer och geotekniker. Byggherrens tekniker hade inflytande på projekteringen genom medverkan i projekteringsmöten, exempelvis vid möten som enbart behandlade geoteknik.

Bygghandlingen gällde i stort, bortsett från att utformningen av kalkcementpelarna reviderades något.

Enligt standarden ISO 9001:2000, 7.2.2, Genomgång av produktanknutna krav (kontraktsgenomgång), ska genomgång av krav som hänför sig till produkten utföras innan organisationen gör ett åtagande. Detta gäller även änd-

rings- och tilläggsarbeten. Sådana genomgångar var ofullständigt genomförda och dokumenterade. Protokoll har inte kunnat förevisas.

Kontraktsgenomgång är ett ansvar för leverantören enligt internationellt erkända krav på ledningssystem för kvalitet. Denna innefattar en strikt genomgång med punkter att protokollföras. Projektör och entreprenör har redovisat bristfällig dokumentation inom detta område. Beställaren krävde inte heller sådana belägg. Granskade byggmötesprotokoll har också gett otillräcklig information i dessa avgörande frågor. Som ett skäl till att man inte fullt ut genomförde kontraktsgenomgång anfördes att kontraktet var så omfattande, fler än 20 dokumentpärmar.

Efter inbjudan från byggherren deltog projektörens geotekniker vid några tillfällen under byggskedet i bygg- och geoteknikmöten och vid några tillfällen tillfrågades projektörens geotekniker om sakuppgifter. Entreprenören hade inte haft några direkta kontakter med projektörens geotekniker.

Byggherrens platsgeotekniker uppgav att han under byggskedet hade ett fulltecknat arbetsschema. Arbetet bestod, förutom av den aktuella sträckan Småröd–Saltkällan, även av andra arbetsplatser och pågående projekt i regionen. Geoteknikern hade varit på plats i Småröd sammanlagt 23 dagar under åtta månader, dvs. i medeltal tre dagar i månaden. Under ungefär hälften av dagarna på plats deltog platsgeoteknikern i möten.

Riskhantering och förebyggande åtgärder

Riskhanteringen grundades inte på fastställt dokumenterat program innefattande ingångsinformation (inkl. värdering av kvaliteten på eventuella tidigare riskanalyser och deras resultat samt analys av inträffade oväntade händelser under den senaste 12-månadersperioden), metodval, frekvens och aktualitet, kompetens, oberoende, prioriteringsgrunder, rapportering och kommunikation. Kvaliteten på och nyttan av riskbedömningar kunde därmed inte fastställas.

Varken byggherre, projektör eller entreprenör uppvisade en procedur för riskhantering enligt ovan. Riskbedömningar enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter 2001:1 avseende systematiskt arbetsmiljöarbete var utförda av entreprenören. Entreprenörens riskbedömning omfattade vissa risker i olika arbetsmoment, däremot inte andra säkerhetsmässiga risker t.ex. kompetens-tillgänglighet, miljöpåverkan från arbetsfordon, skredbenägenhet på grund av aktiviteter i arbetsområdet eller risker vid schaktningsförfaranden.

Kontroll

Byggherrens projektplan stipulerade bl.a. olika typer av kontroller. Kontroller utgjorde en vital del av projektets styrning. Otillräcklig dokumentation av kontroller stred mot egna krav. Byggherrens stickprovsprogram fanns dock inte dokumenterat för hantering av schaktmassor. Vilka stickprovskontroller som utfördes och om avsedda effekter uppnåddes har därmed inte kunnat fastställas.

Byggherrens kontrollorganisation, omfattning, kompetens och direktiv, anpassades inte successivt till projektets aktuella risk och förändrade yttre omständigheter.

Omfattningen och kvaliteten på egenkontrollerna har inte fullt ut kunnat fastslås och därmed inte heller effekterna av dessa. Dokumentationen av egenkontrollerna var dock inte komplett. Det saknades bl.a. redovisande dokument utöver ritningar, över den tryckbank/utfyllnad som gjordes mellan den planerade vägbanken och gamla E6. Från tiden före skredet saknades dokumentation av hur man planerade att hantera massor till tryckbanken och hur detta hade utförts i form av volym, dimension och plats.

Projektören uppvisade brister i sin granskningsplan.

Avvikelsehantering och korrigerande åtgärder

Avvikelsehantering och korrigerande åtgärder påverkade inte dokumenterbar effektiviteten i säkerhetsinriktade förbättringar av projektstyrning och ledningssystem.

Byggherre, projektör eller entreprenör påvisade inte att de obligatoriska dokumenterade rutinerna för avvikelsehantering och korrigerande åtgärder användes fullt ut korrekt. Som exempel är en utebliven eller bristfällig riskanalys normalt en avvikelse, vars orsak omedelbart ska elimineras för att förhindra ett upprepande. En utebliven eller otillräcklig intern revision är också normalt sett en avvikelse, med samma förväntade konsekvens.

Några exempel på fullständiga och dokumenterade korrigerande åtgärder har varit svåra att finna.

Rapportering

Projektets mål var ofullständiga avseende säkerhetsmässiga förbättringar utöver arbetsmiljön. Vilka samband som fanns med övergripande verksamhetsmål kunde därmed inte konstateras.

Rapportering av resultat från risk- och säkerhetsförebyggande åtgärder relaterad till mål samt åtföljande resursbehov var bristfälligt dokumenterad.

Entreprenören förde dagbok med hjälp av en blankett som fylldes i för varje dag. Dagboken var ofullständigt förd och dess säkerhetspåverkande effekter var oklara.

Revision

Byggherrens, projektörens och entreprenörens revisioner uppvisade inte tydliga prioriterade program.

Antalet revisioner relaterade till projektet var få. Byggherren hade genomfört en revision under 2004 som avsåg ett annat vägavsnitt. Denna var t.ex. oprecis vad gäller riskhantering. Entreprenören genomförde en revision i december 2006. Entreprenörens revisionsrapport var oprecis vad gäller notering om riskbedömning. Avvikelsehanteringen ifrågasattes inte. Projektören rapporterade inget revisionsprogram eller någon revisionsrapport. Revision av detta projekt var inte inplanerat i programmet.

Säkerhetsmässiga effekter av internrevisionsverksamheten kunde inte fastslås.

Verkställande ledning

Varken byggherre, projektör eller entreprenör kunde förete belägg för att ledningens genomgång var en återkommande och verkningsfull funktion. Effekter av ledningens genomgång kunde inte spåras i projektet.

Individuellt ledarskap

Det individuella ledarskapet på samtliga nivåer, inklusive verkställande ledningsnivå, omfattade primärt tekniska och ekonomiska bedömningar samt genomförandefrågor.

Inga systematiska belägg visades som styrkte hur betydelsen av säkerhetsinriktade systemkrav återkommande kommunicerades med medarbetare.

Myndighetstillsyn

Med undantag av iakttagande av miljöbestämmelserna, där länsstyrelsen var tillsynsmyndighet, fanns ingen myndighetstillsyn över byggherrens byggnadsverksamhet.

I den lagstiftning som gällde när skredet inträffade saknades en tillsynsmyndighet över Vägverkets vägbyggnationer.

Den 1 januari 2009 inrättades Transportstyrelsen som en helt ny myndighet för att samordna arbetet med att kontrollera att säkerhet och skydd efterlevs

för alla fyra transportslag; vägtrafik, sjöfart, järnväg och luftfart. Från Vägverket fördes bl.a. normgivning och tillsynsverksamhet över till den nya myndigheten.

2.11 Undersökningar efter skredet

2.11.1 Geotekniska undersökningar

Jordlager och skjuvhållfasthet

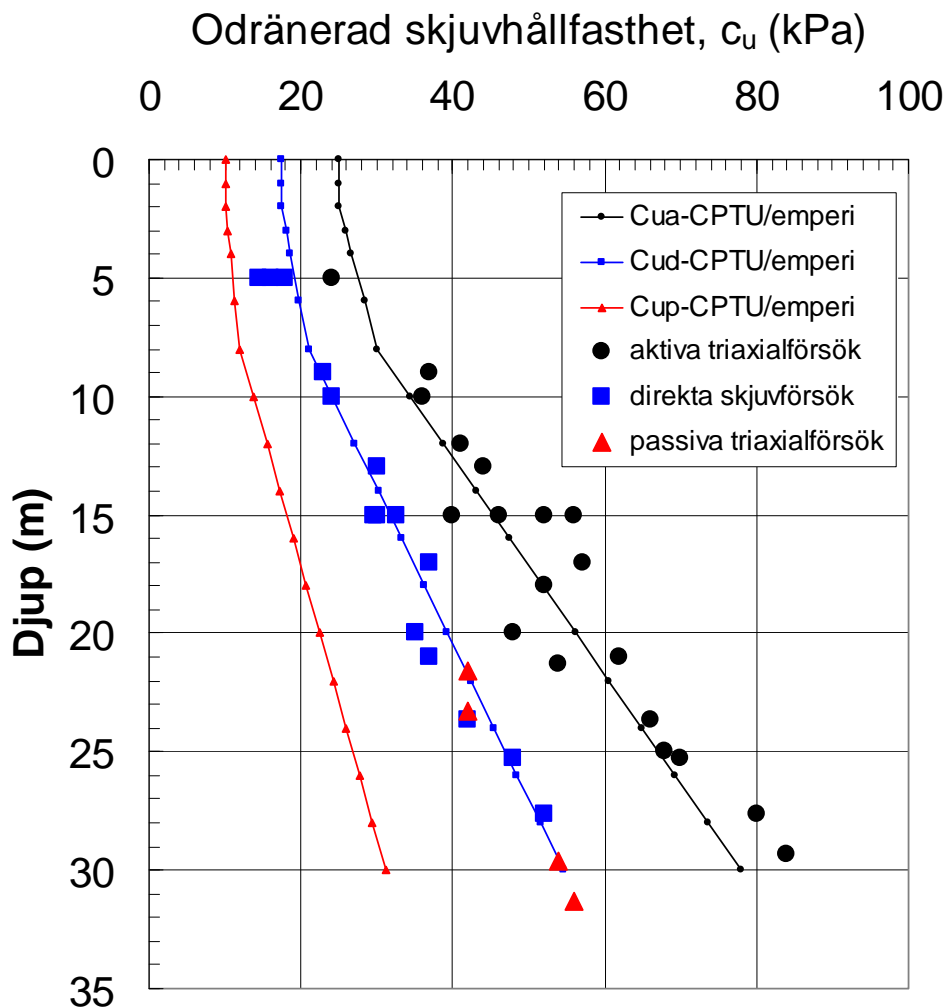
Efter skredet utfördes ett stort antal fält- och laboratorieundersökningar av olika företag. Ramböll Sverige AB har gjort en sammanställning av dessa undersökningar, daterad den 29 oktober 2007.

Resultaten visar generellt på samma jordförhållanden som de som bestämts under projekteringsfasen. I detta avsnitt presenteras därför endast ny information som kan vara av betydelse för den geotekniska bakgrunden till skredet.

Förekomsten av skikt med friktionsjord inbäddade i lerlagren har undersökts speciellt. Några genomgående sådana skikt har inte påträffats. Det tycks dock finnas ett skikt som sträcker sig ut från dalsidan i väst under och strax förbi läget för nya E6, och ett antal skikt som sträcker sig ut från den östra dalsidan och ungefär till läget för Taske å. Skikten tunnans successivt ut och upphör på vissa avstånd från bergssidorna. Skikten består i huvudsak av inlagrade silt- och sandskikt, som är tjockast och mer homogena längs dalsidorna, medan de är tunnare och mer växellagrade med tunna lerskikt utåt dalen.

Efter skredet bestämdes lerans egenskaper med mer avancerade provningsmetoder på Chalmers Tekniska Högskola, CTH. Dessa omfattade odränerade direkta skjuvförsök och aktiva och passiva triaxialförsök. Ett stort antal CPTU-sonderingar och vingförsök utfördes också i skredområdet.

I *figur 18* redovisas sammanställningen av skjuvhållfastheter från triaxial och skjuvförsöken. Dessa är också jämförda med hållfastheter baserade på CPTU-sonderingarna från *figur 14*. Den aktiva skjuvhållfastheten från triaxialförsök, c_{ua} , och den direkta skjuvhållfastheten, c_{ud} , stämmer väl överens med hållfastheten baserad på CPTU och empiriska samband.



Figur 18. Resultat från odränerade aktiva, passiva och direkta skjuvförsök

Den passiva skjuvhållfastheten från triaxialförsök, c_{up} , är väsentligt högre än värden baserade på empiriska samband, som enligt Karlsrud et al (2005), ref. [17], borde motsvara ungefär:

$$c_{up} = 0,4c_{ua}$$

Orsaken till denna avvikelse är osäker, men det kan vara den använda försökstekniken.

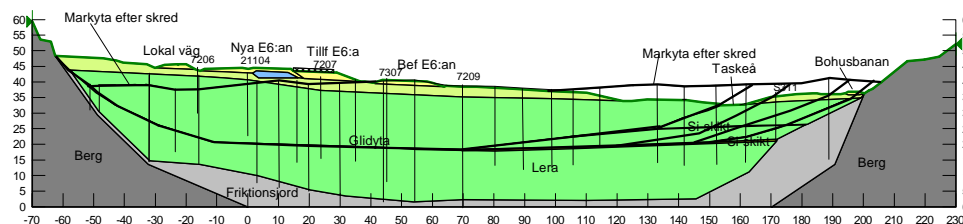
I stabilitetsberäkningarna är inte skjuvhållfasthetens anisotropi beaktad. Det tycks därför vara rimligt att använda en skjuvhållfasthet som i genomsnitt motsvarar den direkta skjuvhållfastheten, c_{ud} , vilken är vald baserad på CPTU-sonderingarna och empiriska samband.

Glidytors lokalisering

Skredet omfattade nästan hela det område där nya E6 gick på en bank mellan två fastmarkspartier. Skredet begränsades dock också av den kalkcementpelarförstärkta delen av banken i norr som stod kvar.

Skredets slutliga omfattning har kartlagts genom observationer av gränser för var jorden hade sjunkit i dess bakkant, sprickor och jordrörelser i sidorna samt hävning i områdets framkant. Försök att lokalisera glidytor och den skredade jordvolymens underkant har gjorts genom att studera resultaten från vingförsök och CPTU-sonderingar utförda inom området efter skredet. Med ledning av olika klara och mer diffusa indikationer på glidytor och de observerade begränsningslinjerna på markytan har sedan en modell för den skredade jordvolymen och dess glidytor skapats. En typisk bild av skredets omfattning tvärs dalsänkan fås i figur 19. Av figuren framgår att glidytan som mest nådde

till ca 18 m djup under markytan, men i genomsnitt omkring 12–14 m. Med en area på ca 85 000 m² innebär detta att skredet omfattade uppskattningsvis 1,1 miljon m³ jordmaterial.



Figur 19. Sektion km 7/280 - Topografi och jordlagerföljd för projekterade förhållanden före skred och med angivna glidytor och markyta strax efter skred.

2.11.2 Hydrogeologi och nederbördsförhållanden

De hydrogeologiska förhållandena har undersökts med utgångspunkt från meteorologiska observationer av lufttemperatur och nederbörd samt observationer av regionala och lokala grundvattennivåer. Data har insamlats från mätstationer i Säve, Säby, Rörastrand, Måseskär, Lysekil, Uddevalla, Heden och Munkedal.

Nettonederbörd

Nettonederbörden har beräknats som skillnaden mellan uppmätt nederbörd och beräknad avdunstning, som beräknades med hjälp av mätt lufttemperatur. Luftens dygnsmedeltemperatur föll generellt med tiden under hösten 2006 men med variationer över enskilda dygn. Frost registrerades vid två tillfällen före skredet, den 1–3 november och den 18 december. Ackumulerad nederbörd för perioden 1 september t.o.m. den 31 december 2006 låg inom intervallet 502–682 mm. Nettonederbörden låg i intervallet 318–496 mm. Under tiden 1961–1990 var normalnederbörden 317 mm och nettonormalnederbörden 134 mm. Under hösten 2006, från omkring 1 oktober, låg nettonederbörden högt över normalvärdet och nådde sitt maximum den 13 december, dvs. ca en vecka före skredet. Nettonederbörden var i särklass störst 2006 i jämförelse med flera andra år med stor nederbörd.

Vattenföring i Taske å

Vattenföring i Taske å hade inte mätts. Flödesuppgifter har istället insamlats från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, för två vattendrag som liknade Taske å, Arödån och Krokbräcke. Vattenföringen i de båda vattendragen fick allt större flödestoppar under hösten 2006 i takt med att den ackumulerade nederbörden ökade. Allteftersom jorden blev mer mättad av den rikliga nederbörden minskade infiltrationen och ytavrinningen ökade. Från ett mycket högt flöde under hösten 2006 sjönk emellertid vattenföringen markant den 13 december i Arödån.

Mätningar av turbiditeten (grumligheten) i Taske å gjordes under 2006 och visade på såväl grått som brunt vatten vid olika tillfällen. Grått vatten innebär att lera kan ha rörts upp från bottensediment och/eller har lossnat från strandbrinken på grund av erosion. Brunt vatten härrör från organiskt material.

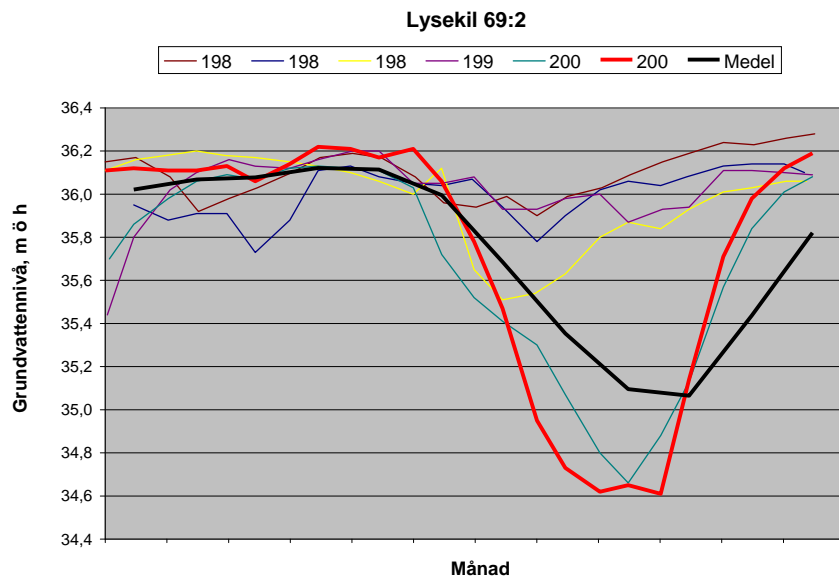
Grundvattennivåer och portryck

Med grundvattennivå menas i detta sammanhang den nivå under markytan där jorden är 100 % vattenmättad och portrycket är lika med noll. Under grundvattennivån anger portrycket det absoluta vattentrycket i jordens porer. Portrycket i jorden kan också beskrivas som den absoluta nivå vattnet i jorden

skulle stiga till i en portrycksmätare med öppet rör och filter förseglat lokalt i jorden. Är denna portrycksnivå lika med grundvattennivån är portrycket hydrostatiskt. Är det högre betecknas trycket som artesiskt.

Grundvattenbildning förekommer under perioder då nettonederbörden är större än noll, dvs. då ofrusen nederbörd är större än avdunstningen. SGU tillhandahåller uppgifter, där den regionala grundvattennivån redovisas månadsvis sedan 1984. Under 2006 registrerades vid station Lysekil en ökning av grundvattennivån från juli, när grundvattennivån var under den normala för månaden, till december, när grundvattennivån var mycket över den normala för månaden. Sedan 1984 har flera liknande scenarier inträffat, exempelvis år 2004. Mätningar vid station Lysekil visar att grundvattennivån avviker starkt från medelnivån under åren 1980, 1987, 1988, 1998 och 2006, se *figur 20*. I figuren är även år 2004 medtagen.

Leran i dalen i Småröd underlagras av ett tjockt friktionsjordlager, som utgör ett stort grundvattenmagasin, akvifär, och som fylls på med vatten från de kringliggande bergssidorna och bräddas där friktionsjorden går i dagen vid dessa. Vatten i den underliggande krosszonen i berggrunden kan också transporteras ut i friktionsjorden. Vattnet strömmar sedan mot djuppartierna i dalens mitt och mot norr varåt bergytan och friktionsjordslagret lutar. Det finns ett påtagligt strömningsmotstånd i bottenlagren och trycknivåerna i friktionsjorden är därmed lägre i dalgångens mitt än längs dess sidor. Trots detta är portrycken i den undre akvifären artesiska i dalens mitt. Längs dalsidorna är portrycksgradienterna hydrostatiska eller svagt nedåtriktade.



Figur 20. Grundvattennivåer i SGU:s mätstation i Lysekil.

Uppmätta portryck före och efter skredet, områdets topografi och jämförelser med långtida variationer av grundvattenstryck i närliggande observationspunkter visar att de möjliga portrycken var relativt höga, men hade en naturlig begränsning på grund av bräddavloppen.

Grundvattennivån var mycket över den normala för månaden december 2006, men om enbart grundvattennivån har betydelse för stabilitetsförhållanden skulle förutsättningar för skred ha varit större 1980. En skillnad mellan åren 1980 och 2006 var att 1980 låg grundvattennivån relativt högt hela året medan nivån ökade påtagligt och snabbt hösten 2006.

Efter skredet har mätningar av grundvattennivåer och portryck utförts under 2007 och sammanställts för profiler och sektioner i skredområdet. Förhållandena för portrycken efter skredet blev störda av porövertryck som uppstod i samband med skredet och ger ingen rättvisande bild av förhållande-

na före skredet. Prognos av högsta grundvattenstryck med 50 års återkomsttid blir också osäker eftersom gjorda observationer inte har tillräckligt stor variation under den tillgängliga begränsade observationstiden.

2.11.3 Stabilitetsanalyser

Under byggandet

Det har inte framkommit att några nya stabilitetsanalyser utfördes under byggskedet för det aktuella området. Det innebär att ingen analys gjordes av möjlig konsekvens av den temporära deponin av fyllningsmassor som var avsedda för tryckbanken mot nya E6, öster om vägbanken, eller för den temporära matjordsfyllningen som låg på ovansidan av och väster om gamla E6.

Efter skredet

Inom SHK:s undersökning av omständigheterna har ett stort antal stabilitetsanalyser utförts för att utreda den geotekniska bakgrunden till skredet. Analyserna har utförts i flera omgångar allteftersom de geotekniska och hydrogeologiska förhållandena och belastningsförhållandena i området klarnat.

Även de avslutande beräkningarna innehåller osäkerheter beträffande storleken och nivån för den temporära fyllningens massor till tryckbanken och matjordsfyllningens verkliga storlek och tjocklek eftersom dokumentation saknas från byggskedet. Likaså är uppgifterna om hållfastheten i fyllningsmassorna något osäker, men påverkar inte resultatet av analysen i någon väsentlig grad.

Ett ytterligare osäkerhetsmoment är en eventuell hållfasthetsminskning i jorden på grund av kalkcementpelarinstallationen och ytterligare störning som kan ha inträffat vid fyllningens utläggning.

De avslutande stabilitetsanalyserna som redovisas nedan är baserade på följande förutsättningar:

- Hållfastheten i de upplagda temporära fyllningarna analyseras som dränerad med en friktionsvinkel på 30°.
- Torrskorpeleran ned till 2 m djup modelleras som dränerat material med en friktionsvinkel på 30°.
- Grundvattenytan ligger på 1 m djup under ursprunglig terräng och portrycket är enligt "valt HK" i *figur 12*. Nära slänten mot Taske å är grundvattennivån och portrycket något reducerat för att beakta effekten av strömning nedåt mot ån.
- Odränerad skjuvhållfasthet är vald enligt "SHK" i *figur 13* och "valt HK" i *figur 14*.
- Den dränerade skjuvhållfastheten för den lösa leran motsvarar en friktionsvinkel på 30°.

För den lösa leran har det enligt rekommendationer från den svenska Skredkommissionen, ref. [15], utförts två typer av stabilitetsanalyser med hänsyn till hur skjuvhållfastheten i den lösa leran beaktas:

- En odränerad analys där den lösa lerans skjuvhållfasthet är lika med den odränerade skjuvhållfastheten.
- En kombinerad analys där skjuvhållfastheten i den lösa leran väljs som det lägsta värdet av dränerad och odränerad skjuvhållfasthet.

Stabilitetsanalyser är utförda i två representativa sektioner:

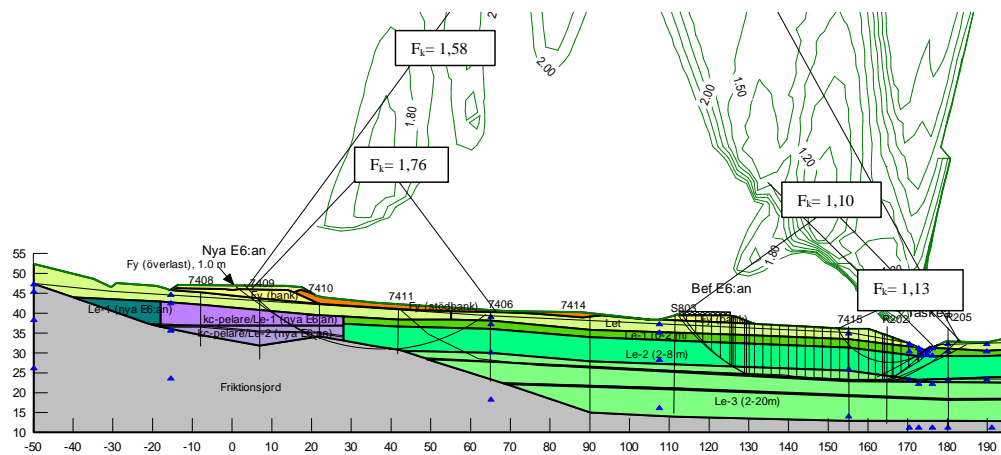
- För sektion 7/480 i norr enligt projekteringen och med de temporära uppfyllningarna för tryckbank och matjordsfyllning.
- För sektion 7/260 med överfartsbanken från nya till gamla E6.

Tabell 2 visar en sammanställning av resultaten i form av beräknad säkerhetsfaktor. Säkerhetsfaktorn uttrycker förhållandet mellan stabiliserande och pådrivande krafter. Skred eller brott inträffar teoretiskt när säkerhetsfaktorn är lägre än 1,0. Ju högre värden på säkerhetsfaktorn desto mindre sannolikt är det att skred kan inträffa. De beräknade farligaste glidyterna är illustrerade i **figur 21–24**. Röda siffror i **tabell 2** anger beräknade säkerhetsfaktorer som inte uppfyller kraven på tillfredställande stabilitetsförhållande enligt ATB VÄG 2004 säkerhetsklass 3 eller ens i säkerhetsklass 2.

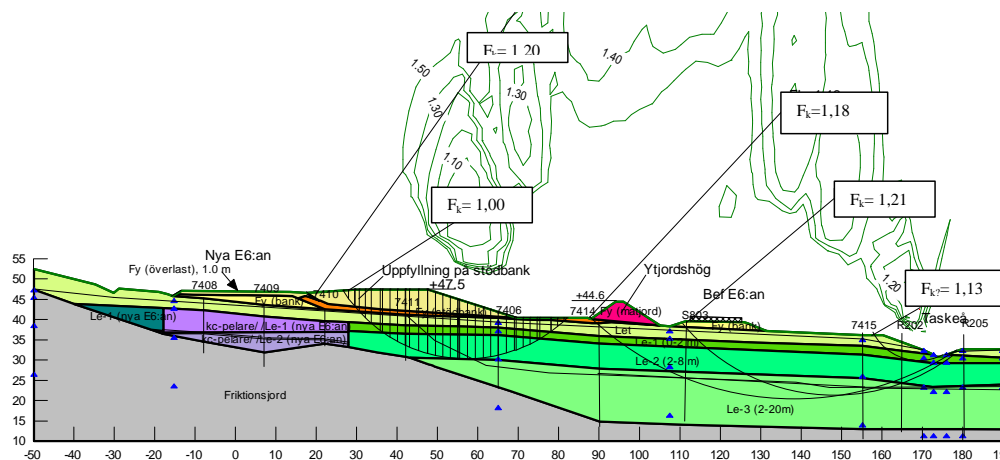
Tabell 2. Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer mot skred

Sektion / Förhållanden	Släntdel	Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer	
		F_c	F_{komb}
Sektion: km 7/480 Skede: Projekterade förhållanden, byggskede med överlast på kc-pelare	Från nya E6:an	1,73 ¹ / 1,58 ²	1,72 ¹ / 1,53 ²
	Lokalt vägbank nya E6	1,80	1,76
	Från gamla E6	1,27 ¹ / 1,14 ²	1,21 ¹ / 1,10 ²
	Lokalt Taske å	1,20	1,13
Sektion: km 7/480 Skede: Byggskede med fyllning till tryckbank (innan skred)	Från nya E6	1,24 ¹ / 1,16 ²	1,20 ¹ / 1,05 ²
	Lokalt vägbank nya E6	1,00	1,00
	Från ytjordshög	1,24 ¹ / 1,08 ²	1,18 ¹ / 1,04 ²
	Från gamla E6	1,27 ¹ / 1,14 ²	1,21 ¹ / 1,10 ²
	Lokalt Taske å	1,20	1,13
	Sammansatt glidyta fr nya E6	1,05	0,98
Sektion: km 7/480 Skede: Projekterade förhållanden, permanent skede utan överlast.	Från nya E6:an	1,76 ¹ / 1,64 ²	
	Lokalt vägbank nya E6		1,95
Sektion: km 7/260 Skede: Projekterade förhållanden, permanent skede	Från nya E6:an	1,66	1,66
	Lokalt vägbank nya E6	1,60	1,60
	Från gamla E6	1,80	1,76
	Lokalt Taske å	>2	>2
	Från nya E6 + tillfart	1,58	1,56
	Lokalt vägbank + tillfart	1,57	1,57
	Från nya E6 + tillfart	1,58	1,56
Sektion: km 7/260 Skede: Projekterade förhållanden, byggskede med tillfällig överfart (innan skred)	Lokalt vägbank + tillfart	1,57	1,57
	Från gamla E6	1,80	1,76
	Lokalt Taske å	>2	>2
	Sammansatt glidyta fr nya E6	1,37	1,37 ³

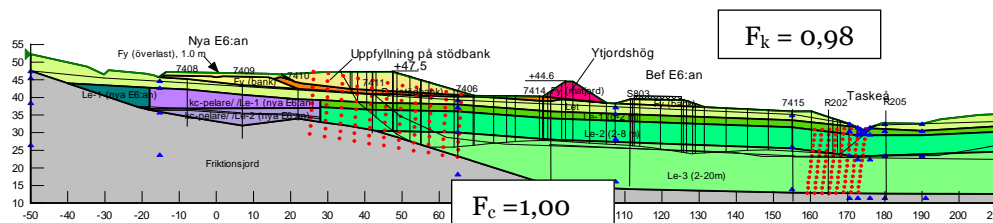
Fotnot ¹ Cirkulär glidyta, ² Sammansatt glidyta, ³ Uppfyller säkerhetsklass 2 men inte 3.



Figur 21. *Sektion 7/480 - Stabilitetsberäkning kombinerad analys – som projekterat.*

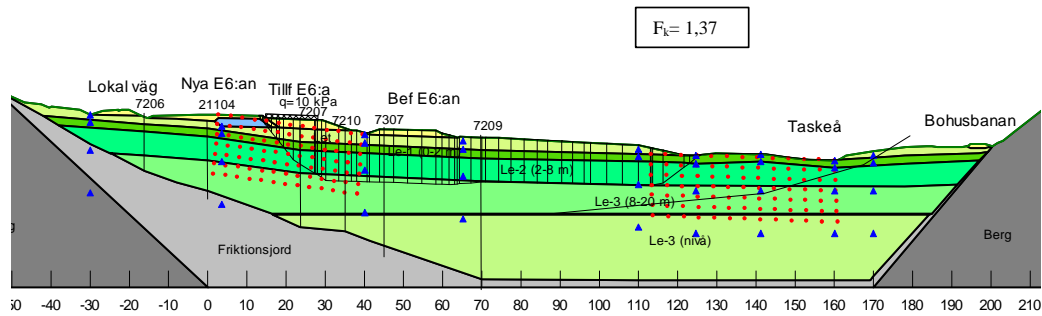


Figur 22. *Sektion 7/480 – Stabilitetsberäkning kombinerad analys – under byggande 20 december 2006 – cirkulära glidytor.*



Figur 23. *Sektion 7/480 – Stabilitetsberäkning kombinerad analys – under byggande 20 december 2006 – sammansatt glidyta hela slänten.*

Odränerad skjuvhållfasthet är i huvudsak styrande för stabiliteten vid skredtillfället. Endast lokalt nere vid Taske å och i den torrskorpepåverkade zonen har den dränerade hållfastheten haft någon större inverkan. Därför ger kombinerad analys något lägre säkerhetsfaktor än rent odränerad analys. Sammansatta glidytor med största delen nära parallellt med den lutande delen av markytan ger lägst säkerhetsfaktor.



Figur 24. Sektion 7/260 – Stabilitetsberäkning kombinerad analys – under byggande 20 december 2006 – sammansatt glidyta hela slänten.

Stabilitetsanalyserna efter skredet visar att den mest ansträngda delen i slänten vid sektion 7/480 var under och framför fyllningen för tryckbanken, där ytterligare last påfördes de sista tre dagarna före skredet. De beräknade säkerhetsfaktorerna är här 1,0. Under byggandefasen var stabilitetsförhållandena för hela slänten från uppfyllningen för tryckbanken och ner till Taske å mycket ansträngda. Det kan noteras att avståndet till Taske å var som minst i sektion 7/480. Eftersom Taske å hade meandrat kraftigt var stabilitetsförhållandena bättre vid sidan av denna sektion. Med hänsyn till tredimensionella effekter är därmed säkerhetsfaktorn något större än vad som anges för sektion 7/480. Den avskrapade matjorden som lades i en lång och hög vall längs gamla E6 bidrog till otillräckliga stabilitetsförhållanden för gamla E6.

Längs gamla E6 och ner mot Taske å och lokalt längs Taske å är den beräknade säkerhetsfaktorn även före byggande väsentligt lägre än nuvarande krav på minsta säkerhetsfaktor enligt säkerhetsklass 3 i ATB Väg 2004, ref. [12] och även lägre än kraven i säkerhetsklass 2. Slänten från gamla E6 mot Taske å hade lutningen 1:7 längst i norr av dalgången och kvicklera förekom. Det ska även noteras i detta sammanhang att lutningen på den lokala erosionslänten längs Taske å varierade mycket. Beräkningarna i denna rapport är baserade på den brantaste lutningen.

I sektion 7/260 vid överfartsbanken mellan gamla och nya E6 är säkerhetsfaktorn inte lika låg, men också här lägre än kravet på minsta säkerhetsfaktor enligt säkerhetsklass 3 i ATB Väg 2004.

Dränerande skikt och höga vattentryck kan ha spelat en roll för den vidare skredutvecklingen. De glidytor som lokaliserats tycks i stor utsträckning finnas i eller i närheten av dessa skikt. Speciellt lokalt nere vid slänten längs Taske å är portrycket behäftat med stor osäkerhet på grund av avsaknad av mätningar före skredet.

2.12 Räddningsinsatsen

2.12.1 Larm

Första larm om olyckan kom in till SOS-centralen i Göteborg via nödnumret 112 kl. 19:11. Därefter följde ett flertal samtal från bl.a. personer i fordonen som stod ute i området för skredet. Vissa av samtalen var mycket dramatiska med personer i stort behov av hjälp. Några av de hjälpsökande har i intervjuer uppgivit att de inte kom fram till SOS-centralen via 112, alternativt att de fick vänta på svar under en alltför lång tid enligt deras uppfattning.

Platsen för olyckan angavs av flera till E6 mellan Uddevalla och Munkedal vid Småröd och Järnvägs museet. I inledningsskedet framgick att minst två fordon kört över kanten till området och att flera hamnat vid sidan av körbanan. I början uppskattade en privatperson att ca 50 m av E6 försvunnit.

SOS-centralen i Göteborg ansvarar för larm och dirigering av ambulanssjukvården för det aktuella området som tillhör NU-sjukvården². Den första ambulansen, som vid tillfället inte var långt från olycksplatsen, larmades kl. 19:14 och var ca två minuter senare framme vid den södra delen av området för skredet. Larmning av ambulanser fortsatte fortlöpande med inriktningen att larma alla nödvändiga och tillgängliga resurser. Till den södra delen av skredet larmades sex ambulanser och till den norra delen sju ambulanser.

Med ledning av lämnade adressangivelser uppfattade larmoperatören vid SOS-centralen att skredet var beläget inom Munkedals kommun. Räddningstjänsten där larmades kl. 19:14. Vid befälets kvittering av larmet föreslog larmoperatören att Uddevalla Räddningstjänst också borde larmas.

Polisen i Uddevalla larmades av SOS-centralen kl. 19:15.

Ambulanshelikoptern i Göteborg larmades kl. 19:16 och anlände till området kl. 20:07. Läkaren från helikoptern tog inte över något medicinskt ledningsansvar, utan deltog i det medicinska arbetet med patientvård. Helikoptern återvände till Göteborg p.g.a. det dimmiga vädret.

Sjukvårdens akutbil från Trollhättan larmades kl. 19:16 och anlände till området kl. 19:36. Personalen inriktade sig på patientvård och stöd till sjukvårdsledningen i ledningsambulansen.

Tjänsteman i beredskap vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län kontaktades av SOS-centralen kl. 19:18 för en första information om det inträffade skredet. En representant från Länsstyrelsen begav sig till den bakre ledningen som upprättades på brandstationen i Uddevalla. Avsikten var att finnas till hands om eventuella behov uppstod.

Räddningstjänsten i Uddevalla larmades kl. 19:20. Vid larmningen användes larmplanen för livräddning/fastklämd. Den larmplanen innehöll inte, som planen för större ras, larm till räddningschef i beredskap, RCH³. RCH larmades kl. 19:24.

Enheter för förstärkning larmades senare vid Munkedals, Uddevallas, Orusts och Lysekils Räddningstjänster, bl.a. för att få resurser till belysning av området. Även SAR-helikoptern⁴ från Göteborg larmades på initiativ från ambulanshelikoptern.

En geotekniker från Uddevalla, som informerats om olyckan via media, ringde till SOS-centralen och erbjöd sina tjänster. Efter att ha pratat med räddningstjänstens insatsledare begav han sig till olycksplatsen.

2.12.2 Insats i den norra delen av skredet

Den första enheten från Räddningstjänsten i Munkedal anlände kl. 19:28, 14 min efter larm, till den norra delen av området för skredet. Räddningsledaren (RL) från Munkedal organiserade inledningsvis den delen av räddningsinsatsen. I första hand utfördes arbete med att undsätta personerna som fanns kvar i den norra delen av området för skredet. Arbetet utfördes i nära samarbete med bl.a. sjukvårdens personal och polisen.

Polisen arbetade med registrering av de drabbade personerna samt avspärrning och trafikomläggning av den helt avskurna E6.

Ledningen av insatsen samordnades med bl.a. polis och ledningsambulansens personal på platsen samt den regionala beredskapsläkaren som från bostaden i Munkedal tog sig direkt till olycksplatsen. En skadeplatschef utsågs

² NU-sjukvården är en av fem sjukhusförvaltningar i Västra Götalandsregionen. Ambulanscentrum, som är NU-sjukvårdens klinik för den samlade ambulanssjukvården, har 16 ambulansstationer i hela området och använder sig av entreprenörer för drift av vissa stationer.

³ RCH är förkortning för räddningschef i beredskap

⁴ SAR-helikopter (Search And Rescue) tillhör AB Norrlandsflyg och arbetar enligt kontrakt med Sjöfartsverket inom området sjöräddning.

inom räddningstjänsten och en brytpunkt bestämdes till en infart från gamla E6 några hundra meter norr om kanten till skredet.

RL beslutade om räddningsfrånkoppling och skyddsjordning av järnvägens kontaktledning och att utrymma paret som bodde vid järnvägs museet och även de personer som bodde i husvagnarna i närheten av vägbygget. Han beslutade också i samråd med personalen vid ledningsambulansen att räddningshelikoptern inte behövdes i räddningsarbetet.

Från ledningsplatsen norr om skredet upprättades ca kl. 20:00 kontakt med ett befäl från Munkedals Räddningstjänst som av en tillfällighet var i Uddevalla när olyckan inträffade. Han hade tagit sig till ledningsplatsen på den södra sidan som användes av Uddevalla Räddningstjänst. Där kom han fortsättningsvis under räddningsinsatsen att fungera som ett samverkansbefäl mellan den norra och den södra ledningsplatsen.

Själva undsättningen av personerna ute i området för skredet organiserades med personal från räddningstjänsten som var säkrade två och två med rep. Utrustade med handlampor gav de sig ut i området för att orientera sig om behov av resurser och för att ta hand om personerna som fanns kvar och leda dessa i säkerhet. Inga fastklämda personer fanns inom detta område och samtliga kunde själva gå till den norra uppsamlingsplatsen.

Sammanlagt togs 13 personer om hand vid den norra uppsamlingsplatsen. Räddningstjänsten i Munkedal rekvirerade en buss som ca kl. 21:00 förde 12 av dem till brandstation i Munkedal där bl.a. personal från POSOM⁵ tog hand om de oskadade. En person fördes direkt med ambulans till vårdcentralen i Munkedal som öppnades p.g.a. olyckan. Från brandstationen fördes också fyra personer vidare till vårdcentralen i Munkedal.

2.12.3 Evakuering av resande från tåget på Bohusbanan

Evakuering av resande från tåget på Bohusbanan genomfördes efter förarens kontakter med Banverkets trafikledning och den operativa arbetsledningen vid SJ. Räddningsinsatsen i samband med skredet omfattade inte evakueringen av tåget, vilken utfördes med vidare transport i buss enligt SJ:s rutiner.

Tågsättet kom att bli stående på linjen i ett antal dagar tills det bogserades bort.

2.12.4 Insats i den södra delen av skredet

Under framkörningen till olycksplatsen fick enheterna från Uddevalla Räddningstjänst information om att det var ett tiotal bilar som följt med i skredet och att Munkedals Räddningstjänst fanns på den norra sidan av området för skredet.

De första enheterna från Uddevalla Räddningstjänst körde E6 mot Småröd och passerade långa bilköer i de båda norrgående körfälten på motorvägen. De var framme vid den södra kanten av skredet kl. 19:43, vilket är 23 min efter första larm till befälet på brandstationen i Uddevalla. Vid framkomsten uppskattade de att vägbanan försvunnit på en sträcka av 200–300 m. I skredområdet såg de några personbilar och den upp- och nedvända tankbilen.

Det bedömdes vara för riskfyllt att ta sig över kanten till skredet och nedför det stup på 5–6 m som fanns från vägbanan ner till själva området för skredet. Efter att ha anordnat belysning från brandfordonens belysningsmaster och tagit med handstrålkastare och sjukvårdsutrustning tog de sig ner till den parallella lokalvägen, gamla E6. Via den vägen gick fyra brandmän in i området för att inventera skadeläget.

Den första bilen som påträffades var en mindre lätt lastbil som låg på taket. Den visade sig vara tom och förare samt passagerare var i säkerhet.

⁵ POSOM: Psykiskt och Socialt omhändertagande. Kommunal stöd- och informationsresurs.

Nästa fordon som påträffades var en personbil vilken också låg på taket. Där fanns en kvinna och hennes tolvåriga dotter. Båda var utanför bilen och kvinnan låg på marken med ryggsmärtor. En brandman stannade kvar hos dem. Kvinnan togs något senare om hand av sjukvårdspersonal och bars därefter ut från området på bår.

Tre brandmän fortsatte in i området mot lastbilen. En bit bakom lastbilen låg en personbil i slänten till skredet. Det fanns ingen i eller i närheten av bilen. Det framkom senare att föraren och hans två söner själva hade lämnat bilen och söderut tagit sig ur området.

Den upp och nedvända lastbilen hade vänster dörr öppen. Chauffören låg ut genom dörröppningen med halva kroppen utanför lastbilens hytt. Hans ben satt fastklämda mellan ratten och sätet. För att kunna lossöra chauffören i lastbilen användes hydrauliska räddningsverktyg som bars fram till platsen. Arbetet vid lastbilens hytt utfördes i närheten av den höga kanten till skredet och det upplevdes hela tiden hotfullt om slänten skulle rasa eller inte. Efter att sjukvårdspersonal anslutit och gett chauffören smärtlindring togs han loss och bars på bår till uppsamlingsplatsen vid den södra delen av området.

När situationen vid lastbilen undersöktes hördes samtidigt en kvinna som ropade på hjälp i närheten. Det var en kvinna med sin tio månader gamla baby. Hon befann sig med sitt barn utanför en personbil som låg något längre upp i en grop som från lastbilen skymdes av en jordhög. Kvinnan hade flera gånger ringt 112 och berättat om sin svåra situation och fått råd och tröst av larmoperatören vid SOS-centralen. En av brandmännen hjälpte kvinnan och barnet ut ur området.

Cirka kl. 20:00 hade räddningsledaren från Uddevalla Räddningstjänst kontakt med räddningsledaren från Munkedals Räddningstjänst. Med hänsyn till svårigheten att överblicka hela området för skredet beslutades att tills vidare fortsätta med två räddningsinsatser. Samtidigt utsågs ett samordningsbefäl som skulle fungera som informatör och samordnare mellan den norra och den södra räddningsinsatsen.

Två geotekniker anlände till den södra delen av området kl. 20:25. Räddningsledaren begärde en bedömning av stabiliteten i området. Efter rekognosering bedömde geoteknikerna att det fanns fara för ytterligare skred. Räddningsledaren beslutade då att flytta ledningsplatsen ca 200 m söder ut på gamla E6 där området bedömdes säkrare.

Sammanlagt togs 16 personer om hand vid den södra uppsamlingsplatsen.

2.12.5 En gemensam räddningsinsats

En bakre ledning upprättades på brandstationen i Uddevalla för att stödja räddningsinsatsen. Här utfördes bl.a. riskbedömningar och planerades för omfall (ändrade förutsättningar) och resursförstärkning. Samordning skedde med t.ex. övrig kommunal verksamhet, sjukvård och länsstyrelsen samtidigt som mediafrågor hanterades. Förutom personal från räddningstjänsten bemannades den bakre ledningen med vissa nyckelpersoner från kommunen, en representant från länsstyrelsen och lokal geoteknisk expertis.

Chef i beredskap från Uddevalla Räddningstjänst övertog räddningsledarskapet för hela insatsen kl. 21:20. Sektorchefer utsågs för den norra respektive den södra delen av området. Ledningsplats upprättades tillsammans med polis och personal från ledningsambulansen.

Den sista personen transporteras kl. 21:28 med ambulans från den södra uppsamlingsplatsen till Norra Älvsborgs Länssjukhus i Trollhättan.

Då det bedömdes som osäkert om det fortfarande fanns personer kvar inom det otillgängliga området beställdes kl. 22:14 räddningshundar via polisen.

För att få en överblick av området beställdes ca kl. 23:00 en helikopter för att belysa området med strålkastare. Innan helikoptern kom fram drog emellertid en tät dimma över platsen. Helikoptern flög över området men den

kraftiga dimman hindrade sikten, varför insatsen avbröts och helikoptern lämnade platsen.

Efter midnatt genomförde geoteknikerna en riskbedömning rörande den uppdämda Taske å. Det framkom dock inte någon risk för att den fördämning som uppstått i samband med skredet skulle brista. Räddningsledaren beslutade därför kl. 01:44 att inte utrymma de fastigheter som fanns nedströms Taske å.

Inventarier räddades och flyttades ut under natten från en fastighet som drabbades av översvämning p.g.a. fördämningen av ån.

Genomsökning av området med räddningshundar gav inte något resultat. Det bedömdes därför att inga personer fanns kvar i området. Det beslutades också att ingen tills vidare fick beträda det avspärrade området.

2.12.6 Försvårande omständigheter

Bedömningen av riskerna och hur man uppträder på ett säkert sätt i området utgjorde en särskild svårighet för räddningsledaren och den personal som arbetade med att undsätta personerna som fanns kvar.

Det var inte möjligt att lysa upp hela området. Personalen fick till största del arbeta med hjälp av enkla handstrålkastare. Det var svårt att bedöma områdets storlek.

Räddningsledaren från Uddevalla Räddningstjänst belastades hårt av telefonsamtal från media eftersom han inte hade tillgång till något hemligt telefonnummer.

Förutom räddningshundar saknades särskild utrustning för genomsökning av området i avsikt att hitta eventuella personer som fanns kvar och säkerställa att alla skadade eller omkomna i skredet återfunnits.

2.12.7 Avslutning av räddningsinsats

Under dagen efter skredet initierade Räddningstjänsterna i Uddevalla och Munkedal ett möte med representanter från Polismyndigheten, Vägverket, Banverket och Länsstyrelsen. Räddningsinsatsen borde enligt Räddningstjänsterna ha avslutats då det inte längre fanns kriterier för räddningstjänst enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor, LSO. Samtidigt behövde området fortfarande vara avspärrat med hänsyn till riskerna inom området.

Polismyndigheten gjorde bedömningen att man inte skulle besluta om avspärrning med stöd av polislagen (1984:387).

Länsstyrelsen utfärdade ett tillträdesförbud med stöd av 3 kap 11 § ordningslagen (1993:1617). Det gällde från och med kl. 11:00, den 22 december 2006 då räddningstjänsten avslutades.

2.13 Övrigt

2.13.1 Jämställdhetsfrågor

Den aktuella händelsen har också undersökts utifrån ett jämställdhetsperspektiv, dvs. mot bakgrund av frågan om det finns omständigheter som tyder på att den aktuella händelsen eller dess effekter orsakats eller påverkats av att berörda kvinnor och män inte har samma möjligheter, rättigheter och skyldigheter i olika avseenden. Några sådana omständigheter har dock inte hittats.

2.13.2 Vidtagna åtgärder efter skredet

Vägverket

Vägverket har med konsult hjälp genomfört en egen utredning angående omständigheterna i samband med skredet. Resultatet från utredningen finns som

rapport 1, analys av skredorsaken, och rapport 2, analys av processen med förslag till förändringar. Både rapport 1 och 2 är daterade den 16 november 2007.

Inom Vägverket uppges bl.a. följande åtgärder ha vidtagits efter skredet i avsikt att förbättra genomförandet av vägbyggnadsprojekt:

- Förtydligande av regelverk för styrning, ansvar och roller avseende geotekniska åtgärder.
- Översyn av investeringsprocessen med bl.a. skärpt och tydligare krav på riskanalys.
- Införande av en särskild utbildning – Beställarskolan – för projektledare.
- Införande under 2008 av krav att entreprenörens geotekniker ska delta vid alla byggmöten.
- Införande under 2008 av krav att vissa arbetsberedningar ska undertecknas av entreprenörens geotekniker.
- Tydligare krav har införts i Vägverkets interna bestämmelser angående redovisning av extremvärden vid bestämning av dimensionerande porttryck.
- Kraven på att olika typer av glidytor ska analyseras vid en stabilitetsutredning har förtydligats i Vägverkets interna bestämmelser.
- Ett certifierat ledningssystem finns fr.o.m. 2007-12-20.
- Gemensam hantering av investeringsprojekt och projektportalen.
- Ledningssystemet har följts upp med revision utförd under november 2008.
- Förändrad organisation avseende bl.a. ett nationellt verksamhetsområde för vägbyggnad, upphandling och specialiststöd. Samtidigt har samtliga revisorer sammanförts till Vägverket support och styrs av kvalitetsrevisionschefen.

Räddningstjänsterna i Uddevalla och Munkedal

De bägge räddningstjänsterna har gemensamt utfört en olycksutredning [22] med anledning av räddningsinsatsen vid skredet.

3 ANALYS

3.1 Geoteknisk bakgrund till skredet

En av utredningens slutsatser är att skredet i Småröd startade där fyllningen till tryckbanken var placerad i områdets nordvästra del och sedan spred sig successivt söderöver. Skredet utvecklades snabbt gradvis stycke för stycke i en s.k. progressiv skredprocess dels på grund av lutande terräng, dels på grund av att kvicklera fanns i dalgången. Dessutom var det relativt små säkerhetsmarginaler mot skred för flera markområden nära gamla E6 och Taske å. Till slut omfattades ett relativt stort markområde på sammanlagt ca 85 000 m², vilket motsvarar ungefär 12 fotbollsplaner. De stora flaken försköts olika långt, maximalt ca 20 m, i huvudsak i riktning mot öster.

I utredningen redovisas geotekniska förutsättningar och utförda stabilitetsberäkningar som styrker slutsatsen att skredet startade i området med fyllningen.

Även den vita skåpbilens placering enligt avsnitt 2.3 bekräftar att skredet startade i angivet område. Fordonet som var på väg norrut körde p.g.a. markens rörelser ut från den asfalterade körbanan till ett jordflak och hamnade slutligen 17–18 m väster om norrgående körbana enligt fotot i *figur 8a*. Efter intervju med föraren och med hänsyn till fordonets faktiska placering efter skredet, framstår att den norra delen av området framför bilen, inklusive körbanan till gamla E6, hade flyttat sig öster ut när bilen kom körande. Något

senare i händelseförloppet förflyttades den södra delen av området ungefär lika långt österut. Gränsen mellan jordflaken bedöms finnas omedelbart bakom de två bilar som markerats med vit och svart pil i *figur 8a*. Slutresultatet efter skredet blev att körbanorna återigen hamnade ungefär mitt för varandra. Om skredet istället hade börjat i den södra delen borde den vita skåpbilen ha hamnat öster om gamla E6.

Den avgörande faktorn till att skredet utlöstes var den alltför stora tyngden av den deponerade fyllningen som hade skapats under hösten 2006. Fyllningens tjocklek var ansevärd och klart större än vad som var lämpligt ur säkerhets-synpunkt. Stabilitetsanalyserna efter skredet visade också att den mest ansträngda delen var i slänten vid sektion 7/480 under och framför fyllningen till tryckbanken. Före skredet fanns det därför geotekniskt kritiska förhållanden inom den här delen av området. Motsvarande grad av kritiska förhållanden har inte med samma tydlighet framkommit inom andra delar av området som undersökts.

Att skredet fick den stora omfattning som blev fallet orsakades av andra förhållanden. Det var främst att kvicklera förekom i den lutande terrängen. Stabilitetsförhållandena som inte var tillfredsställande utmed delsträckor av och närmast Taske å liksom i närheten av sektion 7/220, där ny E6 från söder avlänkades till gamla E6, medverkade även till den stora utbredningen.

En närmare analys rörande fyllningens betydelse och hur den kunde uppstå utan att risken uppmärksammades finns i avsnitt 3.2–3.4.

3.2 Projektering

3.2.1 Utredningar och projektering

Översiktlig stabilitetskartering

För gamla E6 och övrigt vägnät i Sverige saknas en översiktlig kartering av stabilitetsförhållanden för känsliga områden motsvarande vad som finns för områden med bebyggelse.

Förhållandet för delar av gamla E6 och ner mot Taske å har i undersökningar utförda efter skredet visat sig vara otillfredsställande. Längs gamla E6 och ner mot Taske å och lokalt längs Taske å var den beräknade säkerhetsfaktorn även före byggandet väsentligt lägre än nuvarande krav på minsta säkerhetsfaktor.

En översiktlig kartering av stabilitetsförhållanden som omfattar vägar och även järnvägar i områden med ”stor konsekvenspotential” där t.ex. kvicklera kan påverka, medför att områden med eventuella farliga geotekniska förhållanden kan identifieras. Det ger i sin tur anledning till kompletterande stabilitetsutredningar för att i detalj klarlägga förhållanden för aktuellt område och sedan vid behov vidta nödvändiga förebyggande åtgärder för att undvika skred.

Säkerhetsaspekter

I arbetsplanen angavs att markytan, för sträckan 6/600–7/600, lutade svagt, 1:10–1:20, mot Taske å, vilket var riktigt om man betraktade en stor sträcka i sin helhet. Det fanns emellertid partier med brantare lutning närmast Taske å. På en del av dessa var lutningen 1:7 från gamla E6 till botten av Taske å.

I projekteringsunderlaget angavs att leran i huvudsak var högsensitiv och ställvis kvick. Detta var inte helt korrekt för det aktuella delområdet där skredet inträffade. Leran var dominerande kvick över området, speciellt i söder, vilket framgår av *figur 11*. De i projekteringsunderlaget underskattade uppgifterna kan ha bidragit till att skredriskerna förringades.

I Vägverkets föreskrifter VVFS 2004:31 och handboken ATB VÄG 2004 framgår att säkerhetsklass 3, SK 3, gäller för konstruktion där stabilitetsbrott berör samhällsekonomiskt viktig anläggning. De förutsättningarna har inte redovisats och medfört något resultat i utförd projektering. Vilken säkerhets-

klass som egentligen valdes för den sträcka där skredet inträffade var inte tydligt angivet. Vid projekteringen angavs generellt att arbetet skulle utföras i säkerhetsklass 2, SK 2, som är den näst högsta säkerhetsklassen. Detta föranleddes sannolikt av att den naturliga markytans begränsade lutning, trots förekomsten av kvicklera, inte bedömdes medföra krav på en högre säkerhetsklass. Den naturliga markytans lutning bedömdes också så begränsad att installationen av kalkcementpelare skulle kunna utföras i säkerhetsklass 2. Markytans lutning, förekomsten av kvicklera, eventuell störning från installationen med kalkcementpelare och E6, som en samhällsekonomiskt viktig anläggning med stort trafikflöde i det omedelbara närområdet, har inte vägts in med en samlad effekt som påverkat val av högre säkerhetsklass än klass 2. En samlad ändamålsenlig riskanalys gjordes inte. Att järnvägen som löpte på andra sidan dalen också skulle kunna påverkas var troligen mindre uppenbart under projekteringen.

Stabilitetsförhållandena för permanentstadiet var under projekteringen analyserade och uppfyllde generellt kraven enligt säkerhetsklass 3. Förhållandet för delar av gamla E6 och ner mot Taske å har emellertid i undersökningar utförda efter skredet visat sig vara otillfredsställande. Likaså visade sig stabilitetsförhållandena vara otillfredsställande för den provisoriska överfarten från nya till gamla E6 mellan 7/100–7/260. I projekteringen saknades en särskild stabilitetsutredning för överfarten och även en utredning som kunde ha påvisat de otillfredsställande stabilitetsförhållandena närmast Taske å.

I ATB VÄG 2004 saknas uppgifter och förutsättningar för val av geoteknisk klass, vilka återfinns i Vägverkets övergripande bestämmelser VVFS 2004:31 som hänvisar till BKR. Tillämpning av BKR 2003 för aktuell etapp medför dimensionering, utförande och kontroll av geokonstruktionen i geoteknisk klass GK3. Med en geokonstruktion enligt GK3 följer också en granskning med fristående expert i enlighet med rekommendationerna i BKR 2003. Någon sådan fristående expert fanns inte för den del som kom att utsättas för skredet.

Sammanfattningsvis konstateras att projekteringen inte generellt angav säkerhetsklass 3, SK 3 för ny E6. Enligt både Vägverkets föreskrift och handbok gäller dock SK 3 för en konstruktion vid de fall stabilitetsbrott berör en samhällsekonomiskt viktig anläggning. E6 förbi Småröd bedöms av SHK mot bakgrund av sin betydelse för vägtransporter uppfylla kravet som en samhällsekonomiskt viktig anläggning. Samtidigt kan angiven möjlighet till lägre säkerhetsklass under byggskedet, som endast återfinns i ATB VÄG 2004, inte anses vara tillämplig i detta fall då gamla E6 enligt ATB VÄG 2004 även kan klassas som en s.k. ”annan anläggning” (se 2.8.1). Av detta följer i sin tur enligt förutsättningarna i handboken att någon sänkning av säkerhetsklassen för byggskedet av ny E6 inte torde kunna tillämpas. SHK bedömer vidare att enligt BKR 2003 följer också geoteknisk klass GK3 för aktuellt vägavsnitt med hänsyn till att aktuella omgivningsförhållanden väsentligt kunde bedömas förstora konsekvenserna av brott. Det har inte kunnat spåras någon tillämpning av GK3 i projekteringen och inte heller utsågs någon fristående expert i enlighet med vad som rekommenderas för den geotekniska klassen. Med tillämpning av SK 3 och GK3 hade förutsättningarna att uppnå tillräckligt fokus på de geotekniska stabilitetsproblemen ökat väsentligt såväl under projektering som under byggskedet.

Tillämpningen av ATB VÄG 2004 och dess efterföljare kan underlättas och en större säkerhet uppnås med en tydligare skrivning avseende val av säkerhetsklass.

Stabilitetsförhållanden

Den rekommendation som angavs i arbetsplanen, att undvika tryckbank till den nya E6 för att inte påverka områdets totalstabilitetsförhållanden, fördes inte fram i bygghandlingen. Efter förslag från projektören och beslut av byggherren visade bygghandlingen tvärtom att en begränsad tryckbank skulle ut-

föras med en nivå över angiven markyta som var ca 1–3 m närmast öster om nya E6. Förändringen med utförande av en tryckbank bedömdes samtidigt av byggherren som en oväsentlig förändring och föranledde därför inget tillägg till arbetsplanen.

Utförning och utförande av tryckbanken saknade en närmare specifikation på detaljnivå. Med en högre kvalitet och säkerhet i bygghandlingen hade angiven tryckbank noggrant redovisats med dess geometriska utformning och uppgifter om byggande. En sådan redovisning måste anses vara särskilt motiverad i detta fall med ansträngda stabilitetsförhållanden.

Skrivningen i projekteringsunderlaget om högsensitiv lera som ställvis var kvick och angivande av säkerhetsklass 2, SK 2, kan ha skapat ett intryck av att inga större risker fanns. Området utanför det direkta närområdet för ny E6 var endast undersökt i begränsad utsträckning, geologiskt, geotekniskt och hydrogeologiskt och den lokala stabiliteten invid Taske å hade inte beräknats. I ATB VÄG 2004 rekommenderas att totalstabiliteten för stora områden vid sidan av vägområdet ofta behöver undersökas om terrängområdets stabilitet är otillfredsställande. Stabiliteten för vägbanken vid överfarten mellan nya och gamla E6 var inte heller beräknad, vilket medförde att de geotekniska förhållandena inte var fastställda och kritiska förhållanden därmed inte uteslutna.

De parametervärden som projektören valde för sin stabilitetsanalys under projekteringen var rimliga och motsvarade i princip vad som kan förväntas med hänsyn till egenskaperna hos aktuell lera. Skikten med silt eller sand hade dock inte eftersökts och betydelsen av dessa hade inte värderats. Beräknad säkerhetsfaktor i kombinerad analys var inte heller åtföljd av uppgift om hur stor del av mest sannolik glidyta som bestämts av odränerad respektive dränerad analys.

Revideringen av kalkcementpelarutformningen bedöms inte ha haft någon inverkan på stabilitetsförhållandena. Belastningen från vägbanken som låg på den kalkcementförstärkta delen fördes ned till så stort djup i marken att detta inte på något avgörande sätt kan ha påverkat den spänningsbild som hade betydelse för stabilitetsförhållandena.

Hydrogeologiska förhållanden

Den hydrogeologiska utredningsdelen var så begränsad att nödvändiga dimensionerande grundvatten- och portryck inte hade fastställts med ett tillräckligt dokumenterat underlag. Under projekteringen utfördes mätningar av grundvattennivåer vid så få tillfällen att 50 års återkomsttid inte kunde fastläggas.

En vidare analys av portryckens inverkan visar att även om dessa var höga, var den möjliga inverkan på stabiliteten av naturliga portrycksvariationer begränsad. Endast inom de allra lägst liggande delarna nere vid Taske å bedöms de kunna ha haft en signifikant inverkan och i sig bedöms inte de naturliga portrycken ha kunnat initiera ett skred. För den vidare skredutvecklingen och de senare glidyornas läge kan dock skikten och vattentrycken i dessa ha haft betydelse och en möjlig inverkan.

3.2.2 Säkerhetsfunktioner under projekteringsfasen

Nedan ges exempel på säkerhetsfunktioner som saknades eller var otillräckliga under projekteringsfasen:

- Gränssnitt och samverkan mellan parterna avseende styrning, rapportering och kommunikation för fortsatt skede av byggprocessen.
- Gränssnitt och samverkan mellan parterna för att identifiera och åtgärda olikheter mellan arbetsplan och bygghandling.
- Granskning och samverkan mellan parterna avseende geotekniska insatser på fältet under byggfasen.

- Granskning och samverkan avseende beslutsunderlaget och beslutet att utföra en tryckbank.
- Riskhantering inklusive förebyggande åtgärder avseende beslutet att anlägga en temporär deponi av fyllningsmassor för att senare göra en tryckbank, t.ex. projektering av arbetsytor, detaljerad beskrivning av hur massor skulle hanteras, samverkan med geotekniker och kontrollprogram.
- Riskbedömning med åtföljande säkerhetsklassning, kontrollprogram och krav på rapportering.
- Internrevisioner av projektet och dess olika stadier samt val av säkerhetsklass.
- Kontroll/granskning av utlåtanden från fristående expert.

3.2.3 Myndigheters granskning

Flera myndigheter, bl. a. Länsstyrelsen Västra Götalands län och SGI, har yttrat sig under projekteringsgången om de förhållanden som berör vägbygget.

Det remissyttrande som SGI lämnade till Länsstyrelsen Västra Götalands län om stabilitetsförhållanden under arbetsplaneskedet var allmänt hållet och grundade sig på den icke färdigställda geotekniska utredningen.

Det kan uppfattas som att förhållandena är godtagbara om myndigheters yttranden är utformade övergripande och inte går in i detaljer. Allmänt hållna remissvar kan dock inte utgöra skäl att inte utreda en fråga i tillräcklig omfattning. Det är alltid byggherren och projektören som till en början har den djupaste kunskapen för projektet. Vartefter anläggningsarbetet fortskrider får också entreprenören god kunskap om exempelvis egenskaperna hos jord och berg i området.

3.2.4 Granskning av fristående expert

SGI granskade, i rollen som opartisk organisation med fristående expert, utkast till geoteknisk beskrivning i bygghandlingsskedet. Granskningen var på detaljnivå, men det saknades viktiga delar med en diskussion avseende säkerhetsaspekter och utredning av styrande parametrar.

Granskning av fristående expert används bl.a. vid geotekniskt komplicerade stabilitetsförutsättningar. Insatser av fristående expert blir då av särskild vikt för att säkerställa tillräcklig kvalitet. Mot bakgrund av utförd granskning, som saknade vissa delar, behöver denna typ av kontroll utvecklas för att säkerställa att viktiga geotekniska frågor behandlas i ett ärende.

3.3 Byggskede

3.3.1 Tidigare skred

Det begränsade skred som inträffade år 2004 under bygget av delen Kallsås–Småröd, i sektion 7/230–7/290, hade i sig ingen inverkan på det direkta skredförloppet den 20 december 2006. Sprängstensmassor, som hade använts för att ersätta jordmassorna som skredat, utgjorde dock en effektiv infiltrationsbädd och hade sannolikt en viss betydelse för ökat grundvattentryck och portryck i närområdet.

3.3.2 Säkerhetsaspekter

Kontroller, stabilitetsförhållanden och mängder för fyllningen

Byggherren hade inte tillräckligt god översyn för att kunna följa de anbefallda kontroller som entreprenören genomförde vid speciella arbeten som berörde stabilitetsförhållanden.

Ansvarig projektledning hos byggherren och hos entreprenören hade inte tillräcklig kännedom om och därmed inte heller förståelse för rådande stabilitetsförhållanden. Det uppfyller inte en tillräcklig säkerhetsnivå när stora jordmassor i ett massupplag kan läggas ut i betydligt större omfattning och med helt annan tjocklek till helt andra nivåer än vad som anges enligt bygghandlingen.

Enligt uppgifter från byggherren innehöll den temporära fyllningen ca 20 % mer än volymen i färdig tryckbank. Enligt entreprenören var mängden fyllning, omräknat till s.k. lös volym, ca 45 % mer än i färdig tryckbank. Byggherrens och entreprenörens uppgifter om fyllningens utbredning stämmer förhållandevis väl med varandra. Samtidigt var bådas uppgifter sammanställda efter skredet och i huvudsak baserade på minnesbilder från personal som arbetade med vägbygget.

Eftersom det till väsentlig del saknas vederhäftig dokumentation finns inte möjlighet att med säkerhet fastställa hur stor sammanlagd volym som fanns i fyllningen till den planerade tryckbanken när skredet inträffade. Av lämnade uppgifter från både byggherre och entreprenör framgår dock att mängderna i den temporära deponin av fyllningsmassor för tryckbanken tycks ha varit betydligt större än volymen som behövdes till den färdiga tryckbanken. Även nivåerna var enligt uppgifterna på vissa ställen väsentligt högre i deponin än vad som följer av den tjocklek på ca 1–3 m som fanns angivet för tryckbanken.

SHK har i den tillgängliga tredimensionella VR (Virtual Reality) terrängmodellen mätt in höjd på kvarvarande del av fyllningen intill vägbanken till ny E6. Resultaten från mätningarna visar att fyllningen före skredet kan ha haft en nivå över intilliggande mark på ca 6 m. Samtidigt var delar av fyllningen nära vägbanken med stor sannolikhet högre än angränsande vägbank till ny E6. Angivna höjder bekräftas inte av uppgifterna från byggherren eller från entreprenören.

Volymer och höjder som uppskattats av byggherre och entreprenör visar att man inte har haft tillräcklig kontroll på arbetenas utförande. Det var först efter skredet som uppgifter sammanställdes och en skiss togs fram av hur fyllningen hade utförts. Uppgifterna har, trots att SHK vid flera tillfällen efterfrågat dessa, inte kunnat styrkas med dokumentation.

Uppföljning av geotekniska förhållanden

Det är angeläget att de kunskaper om etappens geotekniska förhållanden som finns hos den aktuella projektörens utredande geotekniker tas till vara i tillräcklig omfattning mot bakgrund av bedömd riskbild. Ett fortsatt uppdrag under byggnationen kan bl.a. ge möjlighet att kontinuerligt, t.ex. ett antal gånger per månad, göra platsbesök för att inspektera pågående arbeten och delta i diskussioner om säkerhetsfrågor.

Det har inte framkommit att byggherren genomfört dagliga geotekniskt betingade inspektioner. Om sådana ändå genomförts har dessa inte dokumenterats. Byggherrens platsgeotekniker saknade möjlighet till frekventa besök i den omfattning som det fanns behov av vid de pågående anläggningsarbetena. Geoteknikern var på plats i medeltal tre dagar per månad under åtta månader som föregick skredet. Den sammanlagda tiden ute på själva arbetsplatsen var mycket begränsad. Mot bakgrund av bedömd riskbild är det angeläget att byggherrens geotekniker ges tillräcklig möjlighet att kontinuerligt göra platsbesök för att inspektera pågående arbeten och bl.a. diskutera säkerhetsfrågor. En frekvent närvaro är också en förutsättning för att upptäcka arbeten som kan ha inverkan på den totala säkerheten.

Projektörens anläggningsmodell

Det ligger i varje projekts intresse att väsentlig information görs tillgänglig för dem som ska delta i projektet. Projektörens anläggningsmodell kom t.ex. inte till användning under byggskedet.

En sådan modell kan vara användbar vid stabilitetsberäkningar för exempelvis den temporära deponin av fyllningsmassor som var avsedd till tryckbanken.

3.3.3 Stabilitetsförhållanden

Det kan konstateras att stabilitetsförhållandena i väsentliga sektioner (jfr *tabell 2* i avsnitt 2.11.3) i byggskedet inte allmänt uppfyllde kraven i säkerhetsklass 3 och inte ens i säkerhetsklass 2.

I samband med installationen av kalkcementpelarna var inte Byggherrens översyn tillräcklig av ansatta gränsvärden och kontroller som entreprenören genomförde eller skulle ha genomfört.

Den avskrapade matjorden som lades i en lång och hög vall längs gamla E6 bidrog till otillräckliga stabilitetsförhållanden för gamla E6. De geotekniska förutsättningarna medgav inte någon liknande utfyllnad i kombination med övriga förutsättningar.

Från att i arbetsplanen avråda från tryckbank och i bygghandlingen ange en begränsad tryckbank med en nivå som var ca 1–3 m över angiven markyta närmast nya E6 utfördes en ansenlig fyllning som var avvikande från projekterad tryckbank. Den deponerade fyllningen som lades ut söder om sektion 7/500 var betydligt större och tjockare samtidigt som den inte följde utformningen i bygghandlingens ritningsunderlag, vilket utgjorde upprättad specifikation i brist på närmare anvisningar.

Fyllningsmassorna i deponin till tryckbank fick med tiden en stor utbredning där fyllningens nivå på vissa delar också översteg vägbankens nivå. Samtidigt var underliggande mark inte förstärkt i likhet med närliggande vägbank.

Fyllningen bestod i huvudsak av lermassor. Hur utfyllningen gick till i detalj har inte med säkerhet kunnat fastställas. Ändtippning finns dokumenterad och därmed åtföljande risker har inte kunnat uteslutas.

Den stora nederbörds mängden före skredet kan antas ha påverkat hållfastheten i fyllningsmassorna där portryck kunnat byggas upp och eventuella sprickor vattenfyllas. Också tungheten hos dessa massor kan ha påverkats och ökat något, men effekten av detta bedöms marginell.

Det har inte framkommit att angivna förhållanden medfört att några stabilitetsanalyser utfördes eller att man på annat sätt beaktade stabilitetsfrågorna för fyllningen till den planerade tryckbanken.

3.3.4 Säkerhetsfunktioner under byggskedet

Entreprenörens riskanalys omfattade inte fyllningen och alltså inte åtgärder för att uppmärksamma och följa upp denna öster om sektion 7/360–7/500. Det visas av att fyllningen kunde läggas ut i en omfattning, som så tydligt översteg den i bygghandlingen angivna.

Installationen av kalkcementpelare genomfördes med samtidig mätning av portryck i två stationer. Mätprogrammet följdes inte utan antalet mätningar var endast ca 50 % av anbefallda mätningar i kontrollprogrammet. Det förhöjda portrycket utanför området med installerade kalkcementpelare kvarstod i stort under den redovisade observationsperioden. Detta tyder på att jorden utanför vägbanken kan ha blivit påtagligt störd. I projekteringen fanns dock inte några restriktioner för efterföljande belastningar om sådana förhållanden skulle inträffa. Entreprenören följde dock utvecklingen genom avläsning av portryck och var i kontakt med byggherrens platsgeotekniker för

diskussion om åtgärder. Arbetet med installationen av kalkcementpelare stoppades också tillfälligt. Redovisningen av mätresultaten mottogs emellertid enligt byggherren först efter en betydande försening en vecka innan skredet inträffade.

Nedan anges exempel på säkerhetsfunktioner som med uppfyllda krav och en högre kvalitet hade bidragit till en ökad säkerhet under byggskedet:

- Gränssnitt och samverkan mellan byggherre och entreprenör för att säkerställa entreprenörens styrning samt kommunikation och rapportering.
- Gränssnitt och samverkan mellan entreprenörens och byggherrens geotekniker.
- Byggherrens dokumenterade stickprovsprogram.
- Byggherrens och entreprenörens internrevisioner av projektet.

Brister i entreprenörens kontrollprogram och byggherrens stickprovskontroll var avgörande för att riskerna inte upptäcktes med den alltför stora fyllningen till tryckbanken.

3.3.5 Hydrogeologiska förhållanden

Högt portryck är en skredindikator. Ett nödvändigt underlag för säkerhetsarbetet kräver att portryck och nederbörd mäts på ett strukturerat sätt. För att fastställa dimensionerande portryck saknades mätresultat. Med mätresultat tillgängliga finns förutsättningar till ökad medvetenhet och förståelse om rådande stabilitetsförhållanden. Det är också motiverat ur säkerhetssynpunkt att fortsätta mätningarna under byggskedet i de grundvattenrör som installeras under projekteringsskedet.

3.3.6 Omgivningen

Kalhuggningen av skog på sluttningen väster om nya E6, mellan sektion 7/100 och 7/250, innebar att en större del av nederbörden fortsatte ner till den lägre liggande terrängen. Här blev en större infiltration av vatten ett troligt resultat, vilket medförde högre grundvatten- och portryck i närområdet. Detta bedöms däremot inte haft någon avgörande betydelse för skredet.

3.4 Styrning och ledningssystem

Såväl byggherre som projektör och entreprenör hade ledningssystem. Dessa innehöll krav på funktioner som bedömts vara särskilt viktiga för att förebygga en olycka såsom klarställande av gränssnitt och samverkan, riskhantering, kontroller, rapportering, ledningens genomgång och revisioner. Det har emellertid varit svårt att få klara belägg för att byggherre, projektör och entreprenör fullt ut arbetade enligt kraven i sina respektive ledningssystem. Det fanns brister i samtliga säkerhetsfunktioner. Detta innebar förbiseenden, bristfälliga bedömningar, uteblivna eller alltför begränsade åtgärder som medförde en ökad risk för olyckor.

Brister fanns i styrningen av säkerhetsmässigt viktig specificerande respektive redovisande dokumentation. Det har inte kunnat visas att byggherrens projekthandbok var fullt ut tillgänglig i projektet. Trots att projektörens webbaserade ledningssystem "Plus" var certifierat var det inte tydligt dokumentstyrt. Entreprenörens styrning och ledningssystem innehöll ett antal skallsatser, men dessa var inte heller dokumentstyrda.

Erfarenheter från andra områden visar att otillräckligheter i grundläggande förutsättningar såsom riskhantering, leverantörsbedömning och kontrakts-genomgång, utgör viktiga orsaker till onödiga risker och kostnader. Ett om-

fattande kontrakt innebär t.ex. normalt ett ökat behov av en noggrann kontraktsgenomgång.

Byggherren har redovisat en omfattande styrande dokumentation. Den var svårgenomtränglig och logik och giltighet kan inte anses helt tillfyllest. Flera vitala aktiviteter gällande kontinuerlig säkerhet uteblev eller har inte kunnat beläggas med nödvändig dokumentation. Många personer var periodvis involverade i projektet på olika nivåer, vilket kan ha påverkat styrningen negativt. Det är emellertid i sådana situationer som ett robust ledningssystem behövs. Dock pågick enligt uppgift ett intensivt förbättringsarbete av ledningssystemet och hur det skulle följas.

Projektörens webbaserade ledningssystem ”Plus” föreföll komplett och uppgavs vara certifierat enligt ISO 9001. Under utredningen genomfördes stickprov av SHK för att finna belägg på genomförd avvikelshantering, korrigerande och förebyggande åtgärder och att kontroller fungerade tillfyllest. Stickproven visade dock att systemet inte kan anses ha tillämpats fullt ut för angivna områden.

Entreprenörens verksamhetsledningssystem uppgavs uppfylla kraven i ISO 9001. Det innehöll ett antal skallsatser. Sambanden mellan system, skallsatser och aktuell projektplan och genomförandet kan inte anses tillräckliga. Ett systematiskt och frekvent samband mellan säkerhetsmässigt viktiga element i ledningssystemet och platsmöten respektive byggmöten har varit svårt att spåra. Det framstår som om man i stort förlitade sig på att erfarenhet och yrkesmannaskap skulle vara tillräckligt. Byggherre, projektör och entreprenör förefaller ha haft tilltro till ett mer informellt och måttligt dokumenterat förfaringsätt.

Ansvarsfördelning inom och mellan befattningarna hos beställare, projektör och entreprenör kan inte anses vara fullständigt beskrivna i projektplaner avseende skyldigheter, rättigheter och rapportering.

Samverkan, utföranden och kontroller framstår primärt ha styrts av tradition och tillit för varandra. Därmed blev verksamheten alltför personberoende i stället för att vara baserad på en genomtänkt och erfarenhetsbaserad systemtillämpning utformad för projektet.

I projektet gjordes riskbedömningar av de tre parterna var för sig. Parternas riskanalyser visar på otillräcklig omfattning, skärpa och resultat. Geotekniska analyser och bedömningar uppgavs av byggherren ha utgjort riskhantering. Sådana analyser är nödvändiga, men inte tillräckliga delar av återkommande riskhantering. Resultaten kommunicerades inte tillräckligt mellan parterna. Därför dokumenterades inte om eller hur parterna nyttiggjorde varandras riskbedömningar, varför en möjlig ökad säkerhet inte tillvaratogs fullt ut.

Verkställande ledningars uppföljning av hur kraven förverkligades har varit svåra att spåra och visade inte tydliga avsedda effekter. Rapporteringen var ofullständig, likaså projektmål inriktade på att styra med en prioriterad säkerhet. Skärpa och nödvändigt förbättringstryck i säkerhetsfunktionerna kunde därför utebli.

Interna revisioner fångade inte upp det som saknades i verkställande ledningars uppföljning och återslagrapportering och inte heller brister i riskbedömningarna och deras samband genom projektets olika faser.

Verkställande ledningar och deras styrelser efterfrågade inte en kontinuerlig och komplett rapportering av ändamålsenlighet i och effekter av styrning, ledningssystem samt intern revision. Sådan uppföljning av att system fungerar och levererar synes ha bedömts mindre nödvändigt. Styrelsernas övergripande säkerhetsmässiga ansvar tycks inte ha varit tillräckligt omfattande.

3.5 Räddningsinsats

3.5.1 Ledning av räddningsinsats

I första skedet larmades Räddningstjänsten i Munkedal och därefter även Uddevalla Räddningstjänst. Områdets storlek och rådande mörker gjorde att det inte var möjligt att överblicka hela området från den norra eller den södra skredkanten. Olycksplatsen kom p.g.a. dessa omständigheter att hanteras som två simultana räddningsinsatser med var sin räddningsledare för ledning och samordning. Det följer inte intentionerna i lagen om skydd mot olyckor, som medför att en olycka endast ska ha en räddningsledare.

Att räddningsarbetet inledningsvis hanterades på det aktuella sättet kan förklaras av de speciella omständigheter som förelåg. Insatserna i norr och söder koordinerades samtidigt med det särskilda samverkansbefäl som tidigt tillfälligtvis anslöt till den södra ledningsplatsen. När omfattningen klarnade övertog också chef i beredskap från Uddevalla räddningsledarskapet för hela insatsen efter knappt två timmars insats i området.

3.5.2 Kompetens och resurser

Samtidigt som det i Sverige dessbättre är relativt ovanligt med akuta räddningsinsatser vid skred, innebär det följaktligen att lednings- och insatspersonal vanligen har begränsad erfarenhet och kunskap om räddningsinsatser i skredområden. Det är inte osannolikt att personalen som deltog i den aktuella räddningsinsatsen aldrig mer i sin yrkesverksamhet kommer att medverka i någon liknande insats. Omständigheterna med enstaka insatser ställer därför särskilda krav på nödvändiga förberedelser för en olycka som trots allt kan inträffa.

Det som framkommit efter olyckan från räddningstjänstens personal är bl.a. svårigheter att bedöma riskerna för den insatspersonal som ska rädda människor i ett skredområde. Konkret innebär det t.ex. vilken väg som ska användas in i ett skredområde och hur personalen kan förflytta sig säkert inom området. Andra problem som fanns var att få belysning över ett stort område för att inte uteslutande vara beroende av enkla handstrålkastare. Särskild utrustning för att säkerställa att ingen person fanns kvar inom området saknades tills räddningshundar sökt igenom området.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, tidigare Räddningsverket, har inom ramen för sitt internationella uppdrag en styrka i beredskap för internationella katastrofinsatser som t.ex. en jordbävning. Sök- och räddningsstyrkan har rekryterats från räddningstjänster runtom i landet. Styrkan ska kunna fungera tillsammans med räddningsstyrkor från andra länder och hundekipagen ingår i en pool.

Viss utbildning om skred ges vid kompetensutbildningar som erbjuds svensk räddningstjänst.

Sammanfattningsvis kan konstateras att räddningsinsatser vid skred ställer krav på anpassad taktik, metoder och utrustning för räddning av personer. Samtidigt måste nödvändiga och tillräckliga resurser kunna säkerställas vid de enstaka större insatser som förekommer. Här torde erfarenheter från utbildning och insatser som utförts inom den internationella verksamheten kunna tas till vara. Själva den internationella styrkan som ska kunna lämna Sverige inom 10 timmar skulle även kunna ingå som en förstärkningsresurs för räddningsinsatser vid större skred inom Sverige.

Det finns kommuner i Sverige som har en topografi som medför att risker för skred kan inträffa. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap bör mot bakgrund av sitt uppdrag i ökad omfattning hjälpa till med att erbjuda berörda räddningstjänster bl.a. utbildningsinsatser, planläggning och riktlinjer för att förbättra kompetensen och ge förutsättningar till effektiva räddningsinsatser. Mot bakgrund av att lokal erfarenhet inte uppnås av några återkommande

räddningsinsatser vid skred ökar behovet av central samordning med stöd. Det finns stora möjligheter att inträffade olyckor medför att räddningspersonalen vid varje insats får improvisera fram egna lösningar, som i och för sig kan visa sig ändamålsenliga. Samtidigt kan ett sådant handlande sällan utgå från tidigare erfarenheter och en genomtänkt taktik med beprövade metoder och resurser som inventerats i förväg. Som en del av räddningspersonalens arbetsmiljö bör även riskerna under räddningsinsatser vid skred analyseras i förväg och nödvändig utbildning tillhandahållas som innebär att en acceptabel riskmiljö kan upprätthållas.

3.6 Sammanfattande faktorer till kritiska geotekniska förhållanden

Följande sammanfattning anger hur kritiska geotekniska förhållanden uppstod i samband med projektering och byggnation.

I projekteringsunderlaget framgick inte att leran var dominerande kvick över området. Skrivningen i projekteringsunderlaget om högsensitiv lera som ställvis var kvick och angivande av säkerhetsklass 2, SK 2, kan ha skapat ett intryck av att inga större risker fanns och därmed medverkat till att skredriskerna underskattats. Området utanför det direkta närområdet för ny E6 var endast undersökt i begränsad utsträckning, geologiskt, geotekniskt och hydrogeologiskt och den lokala stabiliteten invid Taske å hade inte beräknats.

Projekteringen angav inte befintlig E6 som en samhällsekonomiskt viktig anläggning och tillämpade därmed inte säkerhetsklass 3, SK 3. Inte heller tillämpades geoteknisk klass GK3 enligt BKR 2003. Med en tillämpning av SK 3 och GK3 hade förutsättningarna att uppnå tillräckligt fokus på de geotekniska stabilitetsproblemen ökat väsentligt såväl under projektering som under byggskede.

Granskningen av fristående expert saknade viktiga delar med en diskussion avseende säkerhetsaspekter och utredning av styrande geotekniska parametrar.

Arbetsplanens rekommendation att en tryckbank borde undvikas för att inte påverka områdets totala stabilitetsförhållanden beaktades inte för bygghandlingen. I bygghandlingen framgick tvärtom att en tryckbank skulle utföras.

Tryckbankens dimensioner var inte detaljspecificerade men framgick av ritningar där mått och närmare specifikation måste tas fram genom att mäta med linjal. Det saknades närmare anvisningar om hur utförandet av tryckbanken skulle ske.

I det område där tryckbanken skulle anläggas deponerades fortlöpande under hösten 2006, t.o.m. samma dag som skredet inträffade, jordmassor till tryckbanken i en temporär fyllning längs den östra delen av nya E6 ner mot gamla E6. Tryckbankens slutliga form enligt bygghandlingen hade inte planerats ut före skredet.

Det saknas dokumentation av hur man hanterade massor till tryckbanken under byggskedet i form av volym, dimension och plats.

Efter skredet har bedömningar gjorts om fyllningens storlek som i huvudsak baserades på minnesbilder från personal som arbetade på vägbygget. Uppgifterna visar relativt samstämmigt på att fyllningen med jordmassor hade en väsentligt större volym och höjd än den projekterade tryckbanken. Avsaknaden av vederhäftig dokumentation medför dock att det inte varit möjligt att med säkerhet fastställa hur stor sammanlagd volym som fanns i fyllningen till den planerade tryckbanken.

SHK:s undersökning pekar på att delar av fyllningen hade en högre nivå än vad som framkommit av byggherrens och entreprenörens bedömning och att det fanns nivåer i fyllningen som också var högre än den angränsande vägbanken till ny E6.

Före skredet var ingen analys utförd av möjlig konsekvens av den temporära fyllningen för tryckbanken.

Samverkan, utföranden och kontroller mellan byggherre, projektör och entreprenör framstår primärt ha styrts av tradition och tillit för varandra. Brister i entreprenörens kontrollprogram och byggherrens stickprovskontroll var avgörande för att riskerna inte upptäcktes med den temporärt placerade fyllningen som skulle användas till tryckbanken. Men även andra brister i ledning, styrning, uppföljning och riskbedömningar för vägbyggnationen bidrog sammantaget till att skredrisken genomgående underskattades för aktuellt område från projektering till och med byggandet av den nya E6.

4 UTLÅTANDE

4.1 Undersökningsresultat

- Vid projekteringen angavs generellt att arbetet skulle utföras i säkerhetsklass 2 som är den näst högsta säkerhetsklassen.
- Det var inte tydligt angivet vilken säkerhetsklass som egentligen valdes för den sträcka där skredet inträffade.
- Det har inte framkommit att säkerhetsklass 3 valdes, vilken är den klass som anges i Vägverkets föreskrifter VVFS 2004:31 och handboken ATB väg 2004 för konstruktion där stabilitetsbrott berör samhällsekonomiskt viktig anläggning.
- Någon fristående granskande expert som bör finnas i enlighet med geoteknisk klass GK3 i BKR 2003 fanns inte utsedd för den del där skredet inträffade.
- Området utanför det direkta närområdet för den nya E6 var endast undersökt i begränsad utsträckning, geologiskt, geotekniskt och hydrogeologiskt.
- Den lokala stabiliteten invid Taske å var inte beräknad.
- Stabiliteten för vägbanken vid överfarten mellan nya och gamla E6 var inte särskilt beräknad.
- Rekommendationen i arbetsplanen att tryckbank borde undvikas för att inte påverka totalstabiliteten i området beaktades inte.
- Vid projekteringen hade utformning och utförande av tryckbanken inte specificerats på detaljnivå i bygghandlingen.
- Den avskrapade matjorden, som fanns i en vall längs gamla E6, bidrog till otillräckliga stabilitetsförhållanden för gamla E6.
- Område som var avsett för tryckbanken hade före skredet en betydande större volym och högre nivå på fyllningen än vad som behövdes enligt bygghandlingens ritningar.
- Fyllningen till tryckbanken bestod i huvudsak av lösa lermassor.
- Rekommendationer enligt ATB VÄG 2004 att mäta portryck hade inte följts i angiven omfattning.
- Någon analys för bestämning av dimensionerande portryck (50 års återkomsttid) var inte utförd.
- Skikten med silt eller sand hade inte eftersökts och betydelsen av dessa hade inte värderats.
- Byggherrens förmåga att säkerställa kvalitet och kontinuitet i riskhanteringar samt effekter av resultaten under byggprocessens olika skeden var ofullständig. Revisionsinstrumentet användes inte.

- Byggherrens kontrollorganisation fick inte nödvändig omfattning och precision och krav på rapportering. Kontrollen över entreprenörens egenkontroll var otillräcklig.
- Byggherrens kontroller av aktualitet och kvalitet på entreprenörens riskbedömningar och åtföljande åtgärder var otillräckliga.
- Projektörens riskbedömningar var ofullständiga och otillräckligt dokumenterade. Åtföljande interna kontrollprogram och kontroller blev ofullständiga.
- Entreprenörens riskbedömningar var begränsade och otillräckliga. Kontrollprogram blev begränsade och egenkontrollen och dess dokumentation var otillräcklig.
- Entreprenörens avvikelshantering, internrevision och rapportering var ofullständiga.
- Byggherrens säkerställande av att projektören respektive entreprenören efterlevde sina projektplaner var otillräcklig. Verkställande ledningars uppföljningar av efterlevnaden av krav räckte inte.
- 28 personer och 13 fordon fanns inom skredområdet.
- Räddningsinsatsen bedrevs till en början som två räddningsinsatser med var sin räddningsledare från Munkedals och Uddevallas Räddningstjänster.
- En person var fastklämd och togs loss av räddningspersonalen.
- Det saknades särskild utrustning för att söka efter människor inom skredområdet.
- Skredområdet genomsöktes med räddningshund.
- Riskbedömning av räddningsinsatsen var en av de särskilda svårigheter som räddningspersonalen ställdes inför.
- Området kunde inte belysas i sin helhet med tillgänglig utrustning.
- Länsstyrelsen utfärdade ett tillträdesförbud för området när räddningsinsatsen avslutades.

4.2 Orsak till olyckan

Olyckan orsakades av att projektering och byggnation av ny E6 vid Småröd bedrevs med brister inom riskbedömning, ledning, styrning och uppföljning. Sammantaget medförde detta att områdets skredrisk genomgående underskattades.

Den direkt utlösande faktorn till skredet var en alltför hög deponi av fyllnadsmassor till tryckbanken.

5 REKOMMENDATIONER

Vägverket rekommenderas att:

- Verka för att lagstiftning och myndighetsföreskrifter värderas så att relevanta förändringar initieras och vidtas för att säkerställa tillräcklig bärförmåga, stadga, och beständighet för vägar *(RO 2009:01 R1)*.
- Revidera styrande dokument så att säkra vägbyggen utförs genom att tydliga krav ställs:
 - a) vid byggande i lutande terräng och där konsekvenserna kan påverkas av kvicklera *(RO 2009:01 R2)*.
 - b) på att s.k. oberoende granskning, genomförs under dimensionering, utförande och kontroll vid byggande i lutande terräng och där konsekvenserna kan påverkas av kvicklera *(RO 2009:01 R3)*.
 - c) på typ och omfattning av geotekniska undersökningar och analysmetoder för stabilitetsutvärderingar i områden där kvicklera förekommer. Förutsättningar som bör ingå är bl.a. nödvändig hydrogeologisk utredningsdel och bedömning av extremvärden för porttryck *(RO 2009:01 R4)*.
- I samråd med Transportstyrelsen revidera styrande dokument så att säkra vägbyggen utförs genom att tydliga krav ställs på:
 - a) riskhantering och kontroll under hela byggprocessen samt hur detta ska dokumenteras *(RO 2009:01 R5)*.
 - b) att säkerhetsmål används som ett resultat av återkommande riskbedömningar *(RO 2009:01 R6)*.
 - c) revisioners status, omfattning, kvalitet och genomförande *(RO 2009:01 R7)*.
- Säkerställa att projektör och entreprenör som väljs har tillfredsställande system för styrning och ledning samt riskhantering *(RO 2009:01 R8)*.
- Tillämpa strikta riktlinjer för återkommande kontroll av och rapportering från projekt avseende säkerhet och risk som underlag för verkställande lednings styrning, kontroll, uppföljning och krav på åiterrapportering *(RO 2009:01 R9)*.
- Utveckla företagskulturen så att säkerhet och ständiga förbättringar genomsyrar organisationens alla aktiviteter *(RO 2009:01 R10)*.
- Säkerställa överföringen av projektörens resultat och kunskaper om projektet till utförandefasen av vägbygget *(RO 2009:01 R11)*.
- I samråd med Banverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för att kartering av stabilitetsförhållanden ska omfatta vägar i områden med ”stor konsekvenspotential” där t.ex. kvicklera kan påverka säkerheten *(RO 2009:01 R12)*.
- I samråd med Banverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för utveckling av tydliga kvalitetskrav på geotekniska utredningar, säkerhetsklassning och geotekniska riskbedömningar för vägbyggen *(RO 2009:01 R13)*.

Banverket rekommenderas att:

- I samråd Vägverket och Statens geotekniska institut (SGI) verka för att kartering av stabilitetsförhållanden ska omfatta järnvägar i områden med ”stor konsekvenspotential” där t.ex. kvicklera kan påverka säkerheten (RO 2009:01 R14).

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, rekommenderas att:

- Utredda behov av taktik, teknik, metoder och utrustning, för säker och effektiv räddning av personer inom skredområden (RO 2009:01 R15).
- Utredda hur behovet av och tillgången till geoteknisk expertis kan tillgodoses i samband med räddningsinsatser vid skred (RO 2009:01 R16).
- Utredda behovet av särskild utbildning för effektiva räddningsinsatser vid skred (RO 2009:01 R17).

6 BEGREPP OCH DEFINITIONER

10 kPa		Tryck som motsvarar 1 m vattenpelare
Abbreviated Injury Scale	AIS	<p>Svårighetsgrad för personskada som klassificeras för varje individuell skada.</p> <p>AIS = 1 Lindrig skada (exempelvis småsår, stukning, finger- eller näsfraktur).</p> <p>AIS = 2 Moderat skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet < 1 tim, okomplicerad fraktur).</p> <p>AIS = 3 Allvarlig skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet 1–6 timmar, lårbens fraktur, amputation av fot).</p> <p>AIS = 4 Svår skada (exempelvis blödning i hjärnan, svåra inre blödningar).</p> <p>AIS = 5 Kritisk skada (exempelvis skada på kroppspulsådern).</p> <p>AIS = 6 Maximal skada (nästan alltid dödlig).</p>
Aktivt och passivt triaxialförsök		Geoteknisk laboratoriemetod att mäta jords hållfasthets- och deformationsegenskaper
Aktivzon		Jord rör sig i enheter från varandra
Anisotropi		En jord är anisotrop när deformationer och skjuvhållfastheter är beroende av riktningen på de spänningar som påförs
Arbetsplan		Vägområde fastställs, bedömning av vägens fysiska och miljömässiga intrång samt vägens kostnader
Artesiskt tryck		Grundvattentryck som motsvarar en stignivå som är över markytan
ATB VÄG 2004		Allmän Teknisk Beskrivning för vägkonstruktion, utgiven av Vägverket 2004. Innehåller övergripande krav för vägkonstruktion, konstruktiv utformning av vägkonstruktion för nybyggnad, underhåll och bärighetsförbättring samt krav på ingående material och utförande
Avvikelse		Icke uppfyllande av ett krav
Brottgränstillstånd		I brottgränstillstånd ska tillsäkras att inga delar av konstruktionen går till brott, vilket ofta innebär stora och okontrollerade deformationer eller rörelser
Bruksgränstillstånd		I bruksgränstillstånd skall tillsäkras att rörelser och deformationer ligger under vissa tillåtna gränser så att obehag inte uppstår eller funktionen brister
Bygghandling		Fullt färdiga handlingar i utförandeentreprenad eller kompletteringar för totalentreprenad. Handlingar som tillsammans utgör en fullständig redovisning av hur ett projekt ska genomföras.

Certifiering		Ett ackrediterat certifieringsföretags formella erkännande av ett ledningssystem
CPTU		Geoteknisk fältmetod, eng. Cone Penetration Testing, inkluderande mätning av genererat portryck
CRS-ödometer		Ödometer där jordprovet pressas samman med konstant deformationshastighet, eng. Constant Rate of Strain
Dokumentstyrning		Skriven rutin som ska säkerställa att dokument och handlingar är giltiga utifrån fastställda krav
Förstudie		Inventerings- och programskede för den fortsatta planerings- och projekteringsprocessen. Förutsättningar för trafikteknisk standard klarläggs, avgränsa område som ska analyseras. Identifiera tänkbara konsekvenser och motstående intressen. Former för samarbete med kommuner och länsstyrelse klarläggs
Geoteknisk klass	GK	Geokonstruktioner dimensioneras, utförs och kontrolleras i någon av de geotekniska klasserna GK1, GK2 eller GK3. Detaljeringsgraden hos en geoteknisk utredning ska anpassas till konstruktions geotekniska klass.
Glödningförlust		Viktminskning för ett jordprov som värmts vid 800 °C
Grundvattentryck		Vattentrycket på den nivå som betraktas
Hydrogeologi		Den gren av geologin som behandlar vatten under markytan.
Inklinometer		Fältinstrument som mäter lutningen i rör som installeras i jord för att mäta horisontella rörelser
Kalkcementpelare		Pelare i jord som tillverkas genom inblandning av kalk och cement i jorden med hjälp av en maskin försedd med ett roterande verktyg
Konflytgräns	w _L	Geotekniskt konsistensmått
Kvicklera		Lera med sensitivitet S _t större än eller lika med 50 och med en omrörd skjuvhållfasthet mindre än 0,4 kPa
Ledningssystem		System för att upprätta policy och mål samt för att uppnå dessa mål
Lera		En jord där minst 40 % av totala vikten finjord består av kornfraktionen ler (partiklar med storlek mindre än 0,002 mm)
Lutning a:b		a mäts vertikalt och b horisontellt

Lättklinker		Bränd och expanderad lera som är lätt och har en densitet på ungefär 8–10 kN/m ³
Meander		Meander är en slingrande flodfåra i ett flackt landskap skapad av erosion i ytterkurvorna av floden och avlagring i innerkurvorna
Naturlig vattenkvot	w_N	Kvoten av vattnets vikt och torra substansens vikt
Normalkonsoliderad lera		Lera som aldrig tidigare varit belastad mer än idag
Odränerat skjuvförsök		Geoteknisk laboratoriemetod att mäta jords skjuvhållfasthet utan att dränera bort vatten som frigörs
Passivzon		Jord rör sig i enheter mot varandra
Portryck		trycket hos det vatten som finns i jord på viss nivå
Portrycksgradient		Portryckets förändring per längdenhet
Progressivt brott		Brott som utvecklar sig gradvis, stycke för stycke
Ras		Jordrörelse, där partiklarna rör sig sinsemellan
Relationshandling		Med relationshandling avses ritning eller annan upprättad handling och dokument, avsedd att visa anläggningars aktuella status.
Risk		Möjligheten av att en önskad händelse kan inträffa. Begreppet innehåller två dimensioner: – förekomsten av en händelse, sannolikhet – omfattningen av en händelse, konsekvens (skada hos en tillgång)
Sand		Jord med partikelstorlek mellan 0,06 och 2,0 mm
Sensitivitet		Förhållande mellan en leras ostörda och störda (omrörda) skjuvhållfasthet.
Silt		En jord där mindre än 10 % av totala vikten finjord består av kornfraktionen silt (partiklar med storlek mellan 0,002 och 0,06 mm)
Skjuvhållfasthet		Hållfasthet mot den kraft som ger skjuvning (TNC ₅₉)
Skred		Jordrörelse, där jordpartiklarna rör sig men hålls samman relativt varandra i stora enheter, flak
Skrymdensitet		Jords densitet, volymvikt, i naturligt tillstånd
Slangsättningsmätare		Instrument för att mäta sättningar. Mätning sker genom att en speciell höjdmätare förs genom en i jorden nedgrävd slang eller rör
Säkerhetsfaktor	F	Kvoten av tillgänglig och ianspråktagen skjuvhåll-

		fasthet.
	F_c	Säkerhetsfaktor i en stabilitetsanalys med odränerad skjuvhållfasthet (totalspänningsanalys).
	$F_{c\phi}$	Säkerhetsfaktor i en stabilitetsanalys med dränerad skjuvhållfasthet (effektivspänningsanalys).
	F_{komb} F_k	Säkerhetsfaktor i en stabilitetsanalys där det används den lägsta av dränerad och odränerad skjuvhållfasthet i varje del av glidytan.
Säkerhetsklass	SK	Byggnadsverksdel hänförs till någon av följande säkerhetsklasser: – SK1 (låg), liten risk för allvarliga personskador, – SK2 (normal), någon risk för allvarliga personskador, – SK3 (hög), stor risk för allvarliga personskador.
Sättningspegel		Stång pressad ned i jorden och som därefter mäts in vid olika tidpunkter för att bestämma rörelser i jorden
Torrskorpa		Lera som har blivit till en fast skorpa, till följd av uttorking och/eller kemisk fövittring
Totalentreprenad		Byggherren står för uppgifter om mark samt anger krav på vägens funktion. Entreprenören står för vägens utformning och "tillverkningsprocessen"
Tryckbank		Fyllning som ska verka stabiliserande på en slänt
Tunghet		Kvot av tyngd och volym
Utförande-entreprenad		Byggherren står för bygghandling som entreprenören använder för att bygga vägen enligt avsedd standard. Entreprenören står för "tillverkningsprocessen"
Vingförsök		Geoteknisk fältmetod att mäta jords skjuvhållfasthet
Vägbank		Den del av vägen som ligger på ursprunglig mark
Vägutredning		Vägens trafiktekniska standard, riksintressen, miljöfrågor och andra allmänna intressen klarläggs och avvägs, vägkorridor väljs
Ödometer		Geoteknisk laboratoriemetod att mäta jords kompressionsegenskaper
Överkonsoliderad lera		Lera som tidigare varit belastad mer än idag

7 REFERENSER

- [1] Vägverket Region Väst (1997). Väg E6 Torp–Gläborg. Förstudie december 1997.
- [2] Vägverket Region Väst (2001). Väg E6, delen Torp–Håby. Vägutredning 2001-09-20.
- [3] Vägverket Region Väst (2002). Väg E6, delen Kallsås–Saltkällan. Arbetsplan 2002-05-22.
- [4] Vägverket Region Väst (2003). Väg E6 Torp–Gläborg. Delen Kallsås–Småröd. Förfrågningsunderlag 2003-04-11.
- [5] Vägverket Region Väst (2005). Väg E6 Torp–Gläborg. Delen Småröd–Saltkällan. Förfrågningsunderlag 2005-12-09.
- [6] Miljödepartementet (1998). Lag (1998:811) om införande av miljöbalken 1998-06-11.
- [7] SGI (1998). Koncept till vägutredning, förslagshandling E6 Torp–Gläborg daterat 1998-06-08. SGI:s svar daterat 1998-07-31.
- [8] SGI (1999). Vägutredning för E6 Torp–Håby, i Munkedals och Uddevalla kommuner, Västra Götalands län, daterad 1998-11-20. SGI:s svar daterat 1999-01-22.
- [9] SGI (2001). Samråd om förslag till arbetsplan och MKB för Väg E6 Torp–Håby, delen Saltkällan–Håby, objektnummer 433800, Munkedals kommun, Västra Götalands län, daterad 2001-01-15. SGI:s svar daterat 2001-01-23.
- [10] SGI (2001). E6 arbetsplan och MKB. Plan för användning av jord- och bergmassor, daterad 2001-11-12. SGI:s tjänsteanteckning daterad 2001-11-23.
- [11] SGI (2005). Granskning av förfrågningsunderlag för väg E6 Torp–Gläborg delen Småröd–Saltkällan, objekt nr 432805, daterad 2005-06-xx. SGI svar daterat 2005-06-08.
- [12] Vägverket (2004). Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. ATB VÄG 2004. Publikation 2004:111.
- [13] Boverket (2003). Regelsamling för konstruktion. Boverkets konstruktionsregler, BKR. Byggnadsverkslagen och byggnadsverksförordningen.
- [14] SGU (2007) Skredet i Småröd, Bohuslän 2006-12-20. Geologiska undersökningar. Rapport 2007:29
- [15] Skredkommissionen (1995). Anvisningar för släntstabilitetsberäkningar. Rapport 3:95. Linköping 1995.
- [16] Larsson, R. (1993). CPT-sondering. Utrustning–utförande–utvärdering. SGI Information No. 15, Linköping.
- [17] Karlsruh et al (2005). CPTU correlations for clays. International conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Osaka September 2005.
- [18] SCC (2001). Beräknings PM. Väg E6 delen Kallsås–Småröd. Delsträcka km 7/015–7/200. Daterat 2003-04-11.
- [19] SCC (2001). Beräknings PM. Väg E6 delen Kallsås–Småröd. Delsträcka km 7/200–7/365. Daterat 2003-04-11.
- [20] Beräknings-PM (granskningshandling), E6 Torp–Gläborg, delen Småröd–Saltkällan, 2005-05-16.
- [21] SS-EN ISO 9001:2000 Ledningssystem för kvalitet – Krav.
- [22] Undersökningsprotokoll, olycksutredning från Räddningstjänsten Uddevalla och Räddningstjänsten Munkedal.
- [23] Modell som visar terrängmodell med ortofoto över skredet vid Småröd, WSP Sverige AB, 2006-12-28.
- [24] SGI (2000). Samråd om förslag till arbetsplan och MKB för Väg E6 Torp–Gläborg, delen Kallsås–Saltkällan, objektnummer 432800, Uddevalla och Munkedals kommuner, Västra Götalands län, daterad 2000-09-20. SGI:s svar daterat 2000-10-31.