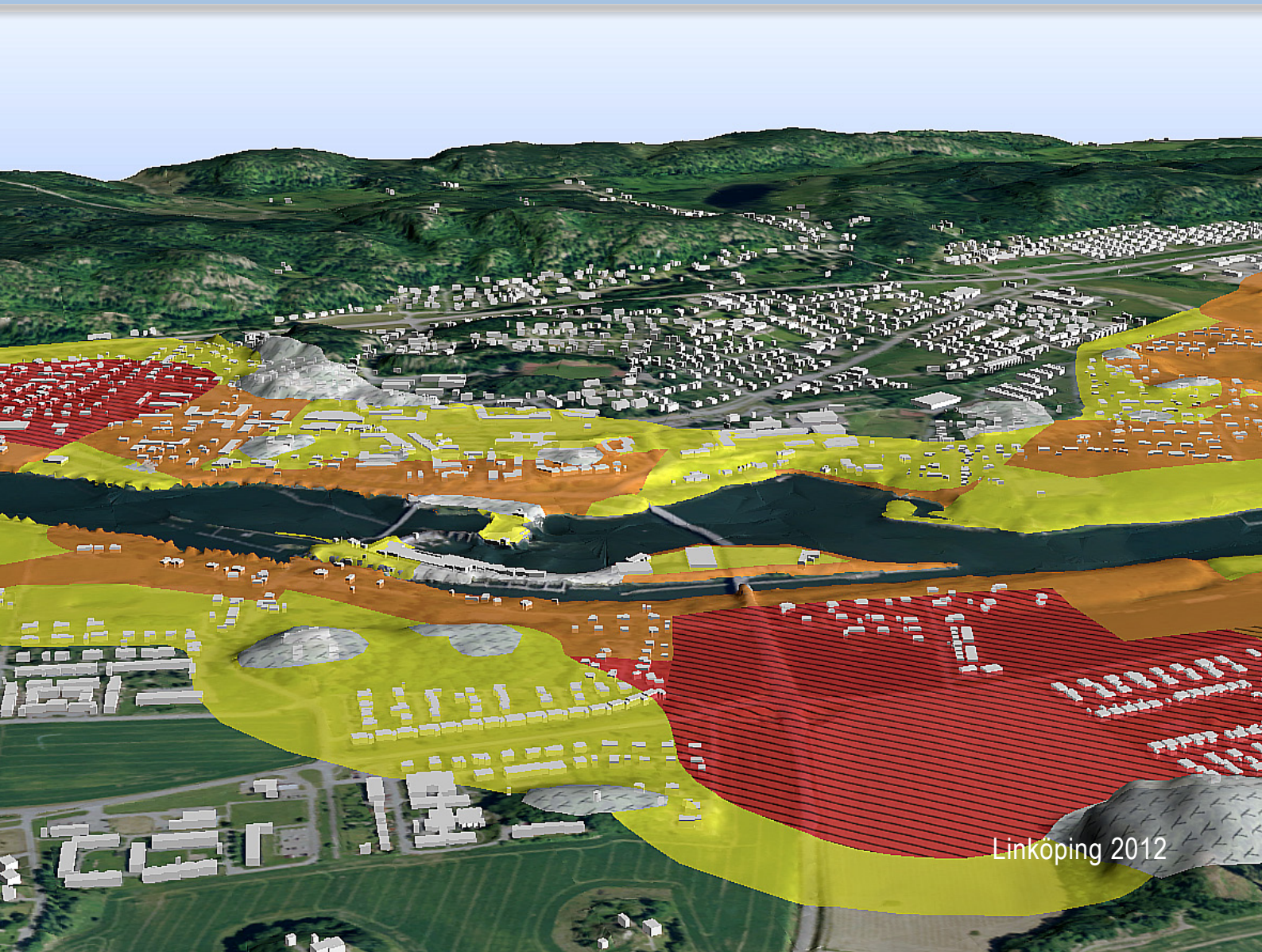


# Nyttiggörande av material från Göta älvutredningen

## Slutrapport



**Nyttiggörande av material  
från Göta älvutredningen**  
Slutrapport

Beställning

Dnr SGI

Uppdragsnr SGI

Foto omslag

Statens geotekniska institut (SGI)  
581 93 Linköping

SGI Informationstjänsten  
Tel: 013-20 18 04  
Fax: 013-20 19 14  
E-post: [info@swedgeo.se](mailto:info@swedgeo.se)

Rapporten finns som PDF på vår  
webbplats: [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)

1.1-1212-0826

14767

© SGI



**Statens geotekniska institut**

---

Swedish Geotechnical Institute

## Nyttiggörande av material från Göta älvutredningen

Slutrapport



## Förord

Statens geotekniska institut (SGI) fick 2009 ett särskilt regeringsuppdrag att utföra en inventering av riskerna för skred längs hela Göta älv med anledning av ett förändrat klimat med ökade flöden i älven, Göta älvutredningen (GÄU 2009-2011). Uppdraget resulterade i en skredriskkarta för Göta älvdalen i dagens och framtidens klimat. Till grund för riskanalysen låg en stor mängd befintlig och nyinsamlad geoteknisk data, omfattande metodikutveckling samt detaljerade analyser av sannolikhet för skred och förväntade konsekvenser längs älven. Arbetet och slutresultaten redovisades i tre slutrapporter som publicerades i april 2012 (SGI 2012a-c).

De skredriskkartor som SGI tog fram för Göta älvdalen utgör viktigt planeringsunderlag vid översiktlig bedömning av behov av skredförebyggande åtgärder längs älven för befintlig och ny bebyggelse. För att kommuner, fastighetsägare och andra aktörer längs Göta älv ska kunna använda materialet som tagits fram på ett optimalt sätt så behöver det tillgängliggöras och åskådliggöras på ett lättbegripligt sätt.

Regeringen gav därför i ett regleringsbrev 2011 (M2011/3932/S) SGI i uppdrag att nyttiggöra material från Göta älvuppdraget och utföra ras- och skredkarteringar. Tiden för slutredovisning av uppdraget sattes till den 31/12 2012. Uppdragets resultat och slutsatser redovisas i denna slutrapport. Vägledande för val av aktiviteter som utförts under 2012 har varit att de ska ha direkt samhällsnytta och möjliggöra spridning av resultat, slutsatser och erfarenheter från Göta älvutredningen inom Göta älvområdet, men även till övriga delar av landet.

Aktiviteterna under 2012 har delats upp i sex aktivitetsområden med en samordnare för varje aktivitetsområde, samt en huvudsamordnare för samtliga aktiviteter inom klimatanpassningsanslaget. Varje aktivitet har drivits som ett eget uppdrag och totalt har 37 parallella uppdrag genomförts. Huvudsamordnare för uppdraget har varit Charlotte Cederbom och biträdande samordnare Karin Bergdahl. Samordnare för aktivitetsområdena har varit Marius Tremblay, Stefan Falemo, Bo Lind samt Hjärdis Löfroth. Föreliggande slutrapport har gjorts av flera medarbetare vid SGI.

Linköping i december 2012



Åsa-Britt Karlsson  
Generaldirektör



## Innehållsförteckning

Förord .....	5
Sammanfattning .....	8
<b>1 Uppdraget.....</b>	<b>9</b>
1.1 <i>Regeringsuppdrag</i> .....	9
1.2 <i>Bakgrund</i> .....	9
1.3 <i>Omfattning och avgränsning</i> .....	10
1.4 <i>Organisation och genomförande</i> .....	10
<b>2 Visualisering och spridning av material från Göta älvutredningen .....</b>	<b>11</b>
2.1 <i>Tittskåp för Göta älvdalen</i> .....	11
2.2 <i>Nedladdningsbara data</i> .....	14
2.3 <i>Seminarier, konferenser och workshops</i> .....	15
<b>3 Modifiering av metoder för tillämpning inom andra områden .....</b>	<b>17</b>
3.1 <i>Bedömning av skjuvhållfasthet under bottnen i vattendrag</i> .....	17
3.2 <i>Kartering av kvicklera</i> .....	18
3.3 <i>Hantering av kvicklera</i> .....	19
3.4 <i>Erosionsanalys</i> .....	20
3.5 <i>Bedömning av sannolikhet för skred</i> .....	22
3.6 <i>Konsekvensanalys</i> .....	22
3.7 <i>Risikanalys</i> .....	24
<b>4 Fördjupning av geotekniska analyser.....</b>	<b>26</b>
4.1 <i>Parametrarnas betydelse för skredsannolikheten</i> .....	26
4.2 <i>Betydelsen av klimatförändringar för skredsannolikheten</i> .....	27
<b>5 Framtida behov .....</b>	<b>30</b>
5.1 <i>Nationell skreddatabas</i> .....	30
5.2 <i>Geografisk sammanställning över relevanta utredningar</i> .....	32
5.3 <i>Skredriskartering i övriga delar av landet</i> .....	33
5.4 <i>Metod för kartläggning av erosionsrisk</i> .....	35
5.5 <i>Fortsatt forsknings- och utvecklingsbehov</i> .....	37
<b>6 Slutsatser .....</b>	<b>38</b>
6.1 <i>Fortsatt arbete med klimatanpassning</i> .....	38
<b>7 Referenser.....</b>	<b>40</b>

## Sammanfattning

Göta älvutredningen (GÄU 2009-2011) resulterade i en stor mängd geotekniska faktauppgifter och nya metoder, som kunnat nyttiggöras under 2012 och därigenom skapa ett mervärde för samhället.

För att sprida kunskaperna från utredningen har t.ex. ett stort antal seminarier, konferenser och workshops hållits för kommuner, myndigheter, intresseorganisationer och enskilda markägare i Göta älvdalen. Det har också varit möjligt att anpassa och sprida metoderna till brukare och användningsområden i andra delar av landet.

Arbetet med nyttiggörandet av Göta älvutredningen har inneburit att SGI fördjupat de geotekniska analyser som gjordes under utredningsarbetet. Det har gjort det möjligt att belysa vilka faktorer som har störst betydelse för osäkerheten i sannolikheten för skred och på vilket sätt klimatförändringar påverkar risken för skred vid en specifik plats.

SGI har under 2012 också arbetat vidare med planeringsunderlag för att optimera arbetet med klimatanpassning i övriga delar av landet. Databasen för inträffade skred och ras har vidareutvecklats och en geografisk sammanställning över relevanta utredningar har påbörjats.

SGI har också gjort en översiktlig inventering av skredproblematiken längs Sveriges vattendrag. Syftet med inventeringen har varit att identifiera de mest prioriterade vattendragen vad gäller skredrisk ur ett samhällsperspektiv. Vi konstaterar att det finns fler vattendrag i Sverige än Göta älv som riskerar att drabbas av skred med betydande konsekvenser. SGI har därför gjort en preliminär bedömning och identifierat 10 områden (nio vattendrag och en kuststräcka) som behöver ytterligare utredning.

SGI har nationellt samordningsansvar för stranderosion och har under senaste decenniet arbetat med erosionsproblematik längs kuster, vattendrag och sjöar i Sverige. Baserat på erfarenheterna har SGI utvecklat en metod för fördjupad kartläggning av risker för erosion längs kuster, vattendrag och sjöar.

Slutligen lyfter vi fram forsknings- och utvecklingsbehov som vi identifierat under arbetet med Göta älvutredningen och som vi anser är viktiga för att förbättra det skredförebyggande arbetet i landet.



## 1 Uppdraget

### 1.1 Regeringsuppdrag

Regeringen gav i ett särskilt regleringsbrev 2011 (M2011/3932/S) ett uppdrag till SGI att nyttiggöra material från Göta älvuppdraget och utföra ras- och skredkarteringar. Arbetet har utförts under 2012 och slutredovisas härmed.

I regleringsbrevet gavs följande anvisningar för uppdraget:

*”Anslaget används för nyttiggörande av material från Göta älvuppdraget samt för ras- och skredkarteringar inom myndighetens ansvarsområde.”*

Vägledande för val av aktiviteter som utförts vid SGI under 2012 har varit att de ska ha direkt samhällsnytta och möjliggöra spridning av resultat, slutsatser och erfarenheter från Göta älvutredningen (GÄU) inom Göta älvområdet och till övriga delar av landet.

SGI har genomfört uppdraget genom att:

- Visualisera och sprida materialet från Göta älvutredningen med syftet att öka förståelsen hos berörda aktörer och allmänhet i Göta älvdalen för de problem som finns idag och hur de förändras i framtiden, samt hur deras eget agerande påverkar risken för skred.
- Anpassa och sprida metoder som tagits fram inom Göta älvutredningen till brukare och användningsområden i andra delar av landet.
- Fördjupa de geotekniska analyserna som gjordes i Göta älvutredningen för att belysa vilka parametrar som har mest betydelse för sannolikheten för skred och på vilket sätt klimatförändringar påverkar risken för skred vid en specifik plats.
- Sammanställa behov av, och därigenom möjliggöra, klimatanpassnings-insatser i övriga delar av landet avseende ras, skred och erosion.

### 1.2 Bakgrund

Den pågående globala klimatförändringen påverkar förutsättningarna för bebyggelse och infrastruktur. Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) lyfte i sitt slutbetänkande fram att riskerna för översvämningar, ras, skred och erosion kommer att öka på många håll i Sverige och att insatser för förebyggande åtgärder är nödvändiga.

SGI fick 2009 ett särskilt regeringsuppdrag att utföra en kartering av riskerna för skred längs hela Göta älv med anledning av ett förändrat klimat med ökade flöden i älven. Uppdraget resulterade i en skredriskkarta för Göta älvdalen i dagens och framtidens klimat. Till grund för riskanalysen låg en stor mängd befintlig och nyinsamlad geoteknisk data, omfattande metodikutveckling samt detaljerade analyser av sannolikhet för skred och förväntade konsekvenser längs älven. Arbetet och slutresultaten redovisades i tre slutrapporter som publicerades i april 2012 (SGI 2012a-c).

De skredriskkartor som SGI tagit fram för Göta älvdalen utgör viktigt planeringsunderlag vid översiktlig bedömning av behov av skredförebyggande åtgärder längs älven för befintlig och ny bebyggelse. För att kommuner, fastighetsägare och andra ak-

törer längs Göta älv ska kunna använda materialet som tagits fram på ett optimalt sätt så behöver det tillgängliggöras och åskådliggöras på ett lättbegripligt sätt.

Kunskapen som byggts upp i samband med Göta älvutredningen måste även spridas nationellt. Göta älvutredningen är ett regeringsuppdrag vars nya kunskap och erfarenheter har betydelse för hela Sverige. Dessutom kan de metoder som utvecklats tillämpas i andra delar av landet där skredförebyggande åtgärder i dagens och framtidens klimat behövs.

Naturolyckor till följd av klimatförändringar är ett växande problem i Sverige men ett betydligt större och mer omfattande problem internationellt. Därför bör kunskap om nya verktyg och metoder för klimatanpassning spridas också utanför Sveriges gränser.

### **1.3 Omfattning och avgränsning**

Det material och de metoder som SGI nyttiggjort och spridit under 2012 består endast av material och metoder som togs fram, sammanställdes och användes som underlag i Göta älvutredningen.

De förslag på åtgärder som SGI presenterade i Göta älvutredningens slutrapport del 1 (SGI 2012a) berörs inte ytterligare i den här rapporten eftersom de utreds av regeringen under 2012.

### **1.4 Organisation och genomförande**

Aktiviteter under 2012 har delats upp i sex aktivitetsområden med en samordnare för varje aktivitet samt en huvudsamordnare för samtliga aktiviteter inom klimatanpassningsanslaget. Varje aktivitet har drivits som ett eget uppdrag och totalt har 37 parallella uppdrag genomförts.

Några uppdrag har rört internt förbättringsarbete för att möjliggöra uppbyggnad och kontinuerlig uppdatering av externa 'tittskåp'. Vidare har en viss metodutveckling pågått och en bred informationsinsats utförts. Även juridiska aspekter av utelämnande av material har undersökts. SGI har också förbättrat sitt system för fjärbildsanalys. Fokus har dock legat på externt riktat arbete.

I den här rapporten fokuserar vi på det externt inriktade arbetet. Mycket av det material som förts ut finns också presenterat på SGI:s webbsida [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se) samt är länkat till på Klimatanpassningsportalen [www.smhi.se/klimatanpassningsportalen](http://www.smhi.se/klimatanpassningsportalen).

## 2 Visualisering och spridning av material från Göta älvtredningen

### 2.1 Tittskåp för Göta älvdalen

Under genomförande av Göta älvtredningen samlades en stor mängd data, dels genom inventering av tidigare utredningar i området och dels genom inhämtning av ny data i form av bl.a. terrängmodeller, resultat från utförda undersökningar eller beräkningsresultat. I ett tidigt skede av uppdraget utvecklades ett internt verktyg för att hantera dessa datamängder på ett smidigt och strukturerat sätt med syfte att tillgängliggöra materialet för utredarna. Verktyget vidareutvecklades sedan för att även kunna presentera utredningens resultat i form av kartor, m.m. Verktyget ”GÄU-Tittskåp” är baserat på GIS-metodik som är vanligt förekommande i liknade sammanhang, bl.a. inom kommunernas planeringsarbete.

I ett tidigt skede diskuterades även möjligheten att tillgängliggöra det interna GÄU-Tittskåpet genom en extern applikation. Ett externt, lösenordskyddat tittskåp med sektioner, borrhål och borrhålsdiagram togs fram men det lanserades aldrig, främst på grund av risken att icke-kvalitetssäkrat material skulle göras tillgängligt. Därför beslutades att inte exponera Göta älv i externt tittskåp under utredningstiden.

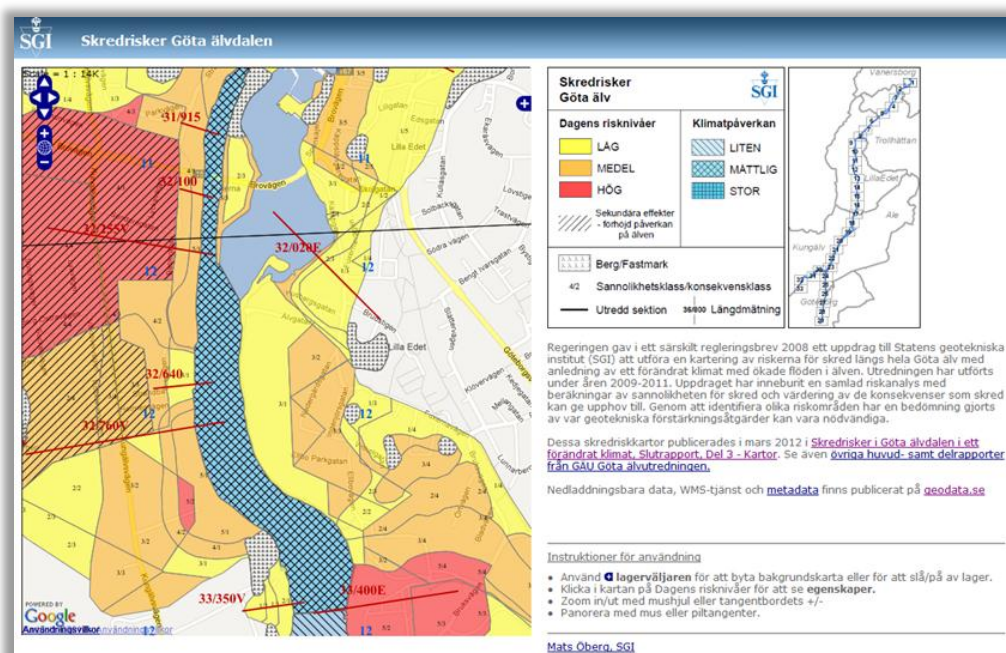
Istället har nu en mer genomarbetad applikation tagits fram där ett antal målgruppsanpassade och innehållsrika tittskåp med god funktionalitet och goda prestanda har lanserats i anslutning till SGI:s externa webbsida ([www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)). Tittskåpen har ett modernt gränssnitt och tekniken bygger på internationella ISO-standarder. Tittskåpen ger användare (kommuner, myndigheter, konsulter, intresserad allmänhet) bra och snabba verktyg för att hjälpa dem i sin arbetsvardag kring geoteknik samt klimat- och sårbarhetsfrågor.

#### Skredrisker

Inom pågående arbete har ett externt tittskåp utvecklats för att tillgängliggöra resultat från Göta älvtredningen. Utöver framtagna riskkartor längs hela älven innehåller tittskåpet ytterligare ett antal GIS-lager som kan tändas/släckas för att lättare visualisera materialet, se Figur 2.1. Huvudmålgruppen för detta tittskåp är kommuntjänstemän som vill ta hänsyn till skredrisker i sitt planeringsarbete eller i bygglovsärenden.

#### Visualisering i 3D

För att åskådliggöra skredriskkartorna för användare som inte är vana att läsa kartor i 2D, så har vi även skapat ett tittskåp som visualiserar skredriskkartorna i 3D-miljö. Kartorna visas tillsammans med befintlig, laserskannad terrängmodell samt befintlig bebyggelse och infrastruktur, se Figur 2.2. Man kan visuellt ”flyga” längs älven på en självvald flyghöjd och rikta ”kameran” mot valfria intresseområden. Användaren kan dessutom på egen hand tända och släcka olika datalager, utläsa koordinater och platsnamn med tillhörande relevant information. Tyngdpunkten vid framtagandet av Göta älv 3D har legat hos användaren på så sätt att det ska vara enkelt att starta och ta del av befintlig tredimensionell datamängd.



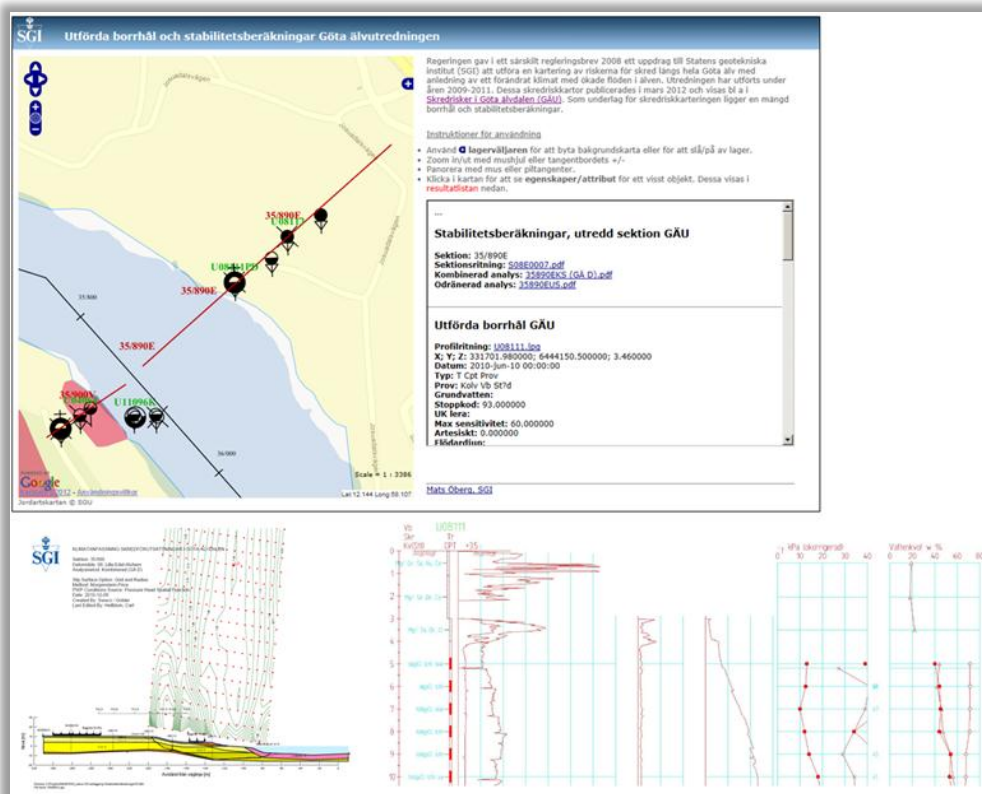
**Figur 2.1**  
Utsnitt ur tittskåpet  
för skredrisker.



**Figur 2.2**  
Utsnitt ur tittskåpet  
Göta älv 3D.

### Borrhåll/Sektioner

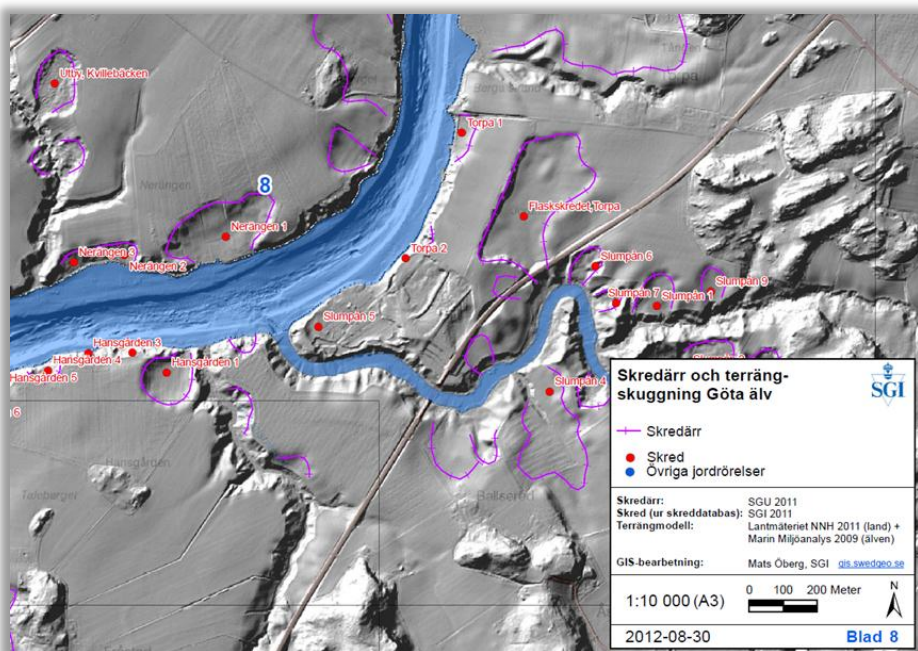
Ett annat externt tittskåp, som har utvecklats under pågående uppdrag, möjliggör spridning och användning av de geotekniska data som togs fram för ett stort antal vertikala sektioner inom Göta älvutredningen. Även detta tittskåp innehåller ett antal GIS-lager som visar planläget för utredda sektioner, utförda borrhål och resultat från utförda stabilitetsberäkningar, se Figur 2.3. Tittskåpet innehåller även en översiktlig jordartskarta från SGU. Tittskåpet vänder sig i första hand till geotekniska konsulter som utför utredningar i området och som vill ta reda på underlaget för de analyser som gjordes i Göta älvutredningen.



**Figur 2.3**  
 Utsnitt ur tittskåpet  
 för utredda borrhål  
 och sektioner.

**Skredärr/skuggning**

Ytterligare ett tittskåp har utvecklats under pågående uppdrag. Tittskåpet skapades för att bättre visualisera de topografiska förhållandena längs Göta älv, genom s.k. terrängskuggning, och visa planläget för dokumenterade skredärr efter tidigare ras eller skred i området, se Figur 2.4. Själva tittskåpet innehåller enbart en terrängmodell som kan visas med olika bakgrund (karta, satellitbild, m.m.) och valda objekt (vägar av olika karaktär). Topografin och skredärren i önskat område visas genom de 33 kartor (PDF-format) som finns tillgängliga bredvid tittskåpet. Kartornas avgränsningsområden följer kartbladsindelningen från Göta älvtredningen, se Slutrapport del 3 (SGI 2012c).

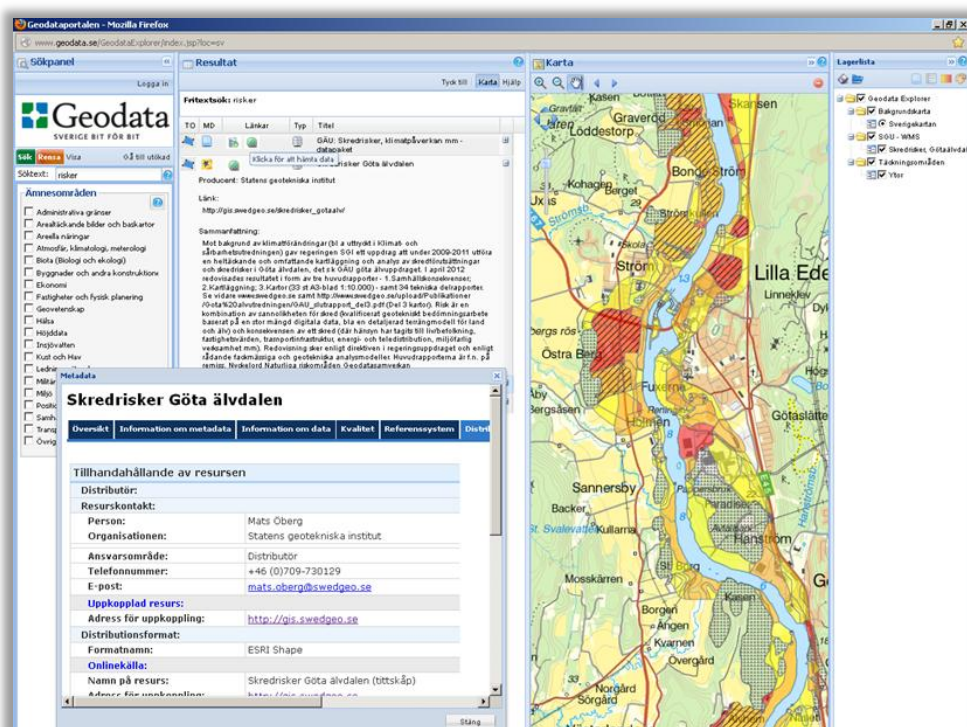


**Figur 2.4**  
 Utsnitt ur tittskåpet  
 för skredärr och terrängskuggning.

## 2.2 Nedladdningsbara data

Materialet som togs fram och sammanställdes under Göta älvtutredningen är värdefullt för berörda aktörer i regionen och kan användas bl.a. i framtida analyser och utredningar av utpekade områden. Ett exempel är de detaljerade geotekniska utredningar som krävs för att vidta lokala skredförebyggande åtgärder. De kan optimeras genom att ta hänsyn till tidigare utredningsdata. Dessutom finns ett stort behov av ytterligare forskning och utveckling. Den stora mängd data som nu finns tillgänglig ger en unik möjlighet till fördjupningsstudier.

Utöver presentation av resultatet i externa tittskåp på SGI:s webbplats, se ovan, är det därför viktigt att materialet sprids även i digital form vilket ökar dess användbarhet. Stora delar av de grunddata som användes i Göta älvtutredningen finns nu tillgängliga som nedladdningsbara GIS-lager och tillhörande beskrivning (metadata) på den nationella Geodataportalen [www.geodata.se](http://www.geodata.se), se Figur 2.5. Data föreligger som både GIS/shp-filer och som s. k. WMS-tjänster och kan användas direkt i kommunens/konsultens GIS-verktyg. Data är beskrivna med avseende på innehåll och tillkomsthistorik. Ett licensavtal reglerar användningen, vilket innebär att SGI som upphovsman alltid ska anges med ”© SGI”.



**Figur 2.5**  
Exempel på data tillgängligt genom Geodataportalen.

Fem olika nedladdningsbara paket med data har sammanställts:

- Borrhål utförda i Göta älvtutredningen, inklusive plansymboler och profiltitningar
- Tidigare utförda borrhål, inklusive plansymboler och profiltitningar
- Stabilitetsberäkningar för vertikala sektioner utredda i Göta älvtutredningen, inklusive sektionssritningar
- Skredrisker inklusive klimatpåverkan, längdmätning och rutindelning
- Erosion inklusive erosionskydd, särskilda erosionsområden och bottennivåförändringar

## 2.3 Seminarier, konferenser och workshops

En viktig komponent i spridningen av information har varit att träffa berörda genom fysiska möten samt informera om Göta älvutredningen nationellt. Dessutom har viss spridning gjorts internationellt.

### Seminarier i Göta älvområdet

En stor informationsinsats till berörda kommuner, myndigheter och intresseorganisationer samt enskilda markägare har utförts i samband med att Göta älvutredningen offentliggjordes. Ett flertal seminarier har hållits i berörda kommuner, se Tabell 2.1. Seminarierna har bidragit till att öka förståelsen hos berörda aktörer, inklusive allmänhet i Göta älvdalen för de problem som finns idag och hur de förändras i framtiden. En viktig del har också varit att informera om hur de berördas eget agerande påverkar risken för skred.

Seminarierna gav möjlighet till diskussion och dialog och utredningen har mötts av positiv respons. Man har i kommunerna bland annat uttryckt att det är viktigt att skredriskkartorna kontinuerligt uppdateras och ajourhålls. Flera kommuner uttrycker också önskemål om att koppla ihop skredrisken med faror för andra naturolyckor som översvämning. Den typen av planeringsunderlag är viktigt för att kunna planera och dimensionera åtgärder som förebygger flera olika naturolyckor.

### Kunskapsspridning nationellt och internationellt

SGI har informerat om Göta älvutredningen vid ett flertal nationella och internationella konferenser under 2012 (se Tabell 2.1). Den har även uppmärksammats i media ett flertal gånger. Vad som framkommit vid dessa aktiviteter är att den skredriskinventering som gjorts är unik nationellt eftersom den utgår från ett vattendrag och således spänner över flera kommuner samt innefattar både bebyggda och obebyggda områden. Dessutom är den unik ur ett internationellt perspektiv eftersom den tar hänsyn även till framtida klimat.

Förslag på förbättringar och ytterligare tillämpningar har inkommit. Dessutom har flera länder visat intresse och önskat en engelsk översättning av Göta älvutredningen. Därför kommer en engelsk översättning av Slutrapport del 1 och del 2 i Göta älvutredningen (SGI, 2012a-b) bli tillgänglig digitalt under januari 2013.

**Tabell 2.1**

Sammanställning över de seminarier och konferenser som utförts som ett led i kunskapsspridning inom Göta älvregionen, nationellt och internationellt.

Närvarande:

H = handläggare

P = politiker

M = markägare

A = allmänhet

G = geotekniker

F = forskare

Grupp:

1 = användare

2 = berörda

3 = andra intressenter

Datum		Närv.	Grupp	Antal Deltagare
<b>Seminarier i berörda kommuner</b>				
3/4	Presentation Slutrapport (kommuner/myndigheter)	H	1	15
4/4	Ale kommun	H/P	1	30
4/4	Lilla Edet kommun	H/P	1	20
4/4	Markägare, Lilla Edet kommun	M	2	50
16/4	Markägare, Lilla Edet kommun	M	2	30
17/4	Vänersborg kommun	H/P	1	8
20/4	Trollhättan kommun	H/P	1	8
25/4	Kungälv kommun	H	1	20
27/4	Göteborg kommun	H	1	8
22/8	Kommuner i samverkan för Vänerens reglering	H/P	2	15
<b>Seminarier vid länsstyrelser och andra myndigheter</b>				
6/3	SGU - kurs släntstabilitet	G	2	10
18/4	Länsstyrelsen Västra Götaland	H	2	20
27/4	Trafikverket	H	2	6
7/6	Vattenfall och Sjöfartsverket	H	2	10
15/6	Information Trafikverket	H/P	2	3
27/6	Trafikverket – åtgärdsförslag	H	2	8
16/8	Information MSB	H	2	30
25/9	Länsstyrelsen i Västra Götalands län	H	2	10
<b>Seminarier inom ramen för branschorganisationer</b>				
23/2	SGF-Väst Årsmöte	G	3	60
24/4	Alumni träff Göteborgs Universitet	A/F	3	30
7/5	LRF – Göta älv norra	M	3	25
23/5	SGF-Riskkommittén	G	3	15
24/5	Vattenvårdsförbundet – Göteborgsregionen	H/P	2	10
1/6	Geologiska Föreningen – Årsmöte	A	3	
12/6	SGF-Midsommarföreläsning	G	3	
27/8	Information GIS-data, myndigheter och branschen	H	1	10
6/9	Miljö och Samhällsbyggnad – Göteborgsregionen	P	2	10
<b>Nationella konferenser</b>				
26/1	Klimat och Säkerhet, Karlstad			
3/5	Forum för naturkatastrofer, Uppsala	F/G	3	30
28/5	Konferens Forum Klimatanpassning, Uddevalla	A/H/P	3	
25/9	Klimatanpassning Sverige 2012, Stockholm	H/P/A	2	230
<b>Internationella konferenser</b>				
22-27/4	European Geosciences Union General Assembly, Wien	F/G/H	3	11000
9-12/5	Nordic Geotechnical Meeting, Köpenhamn	F/G	3	255
26-30/8	4 <sup>th</sup> International disaster and risk conference, Davos	F/G/H/P	1, 3	1000



### 3 Modifiering av metoder för tillämpning inom andra områden

SGI tog fram flera nya metoder under arbetet med Göta älvutredningen. Syftet då var att möjliggöra och optimera arbetet med utredningen. Målgruppen var de handläggare vid SGI som arbetade i utredningen samt de konsulter som utförde fältundersökningarna längs älven.

Flera av metoderna är användbara i andra sammanhang, till exempel för geotekniska utredningar i andra delar av landet eller för riskanalyser för andra typer av naturolyckor. Under 2012 så har de metoder som togs fram i Göta älvutredningen därför modifierats och anpassats för andra tillämpningsområden. Målgruppen är nu geotekniska konsulter över hela landet, beställare och granskare av geotekniska utredningar, handläggare vid kommuner och länsstyrelser, forskare och andra aktörer som utför konsekvens- och riskbedömningar. De modifierade metoderna presenteras i SGI Varia 638 (Löfroth et al., 2012) och sammanfattas nedan.

#### 3.1 Bedömning av skjuvhållfasthet under bottnen i vattendrag

##### Bakgrund och syfte

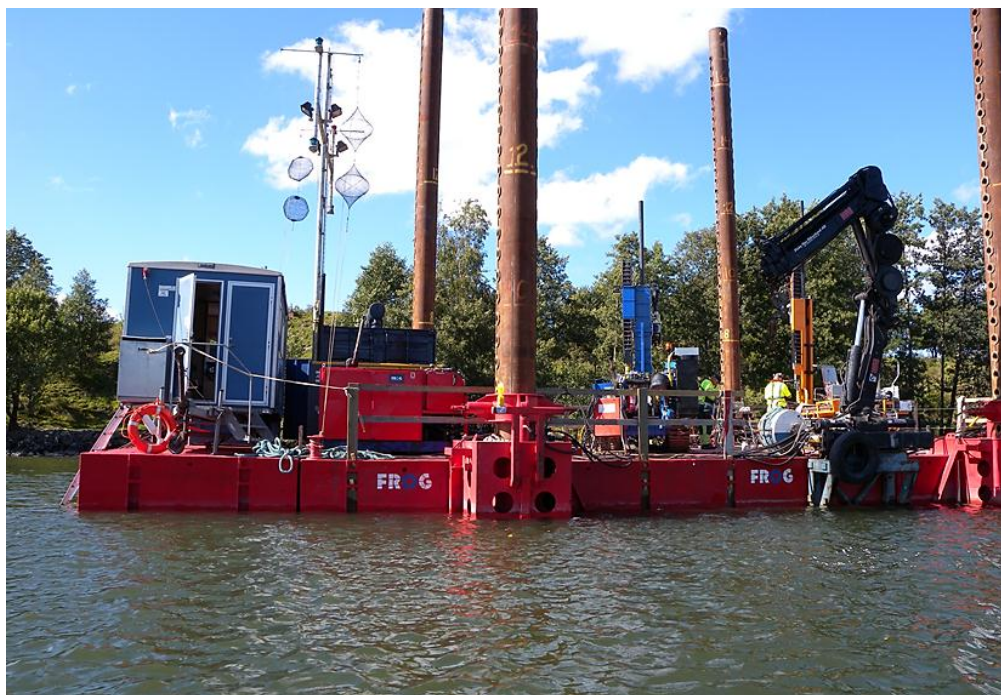
I Göta älvutredningen gjordes ett stort antal borrhningar och provtagningar, både längs med Göta älv samt i själva älvfåran. Syftet med undersökningarna var bland annat att bestämma jordens förmåga att stå emot skred (skjuvhållfasthet). Skjuvhållfastheten för jorden under ett vattendrag är viktig att ta hänsyn till för ett skred ner mot vattendraget. Men att göra undersökningar under ett vattendrag är både tidsödande och dyrt jämfört med borrhning och provtagning på land.

SGI har beskrivit en modell för att uppskatta jordens skjuvhållfasthet i ett vattendrag utifrån undersökningar gjorda på land. Syftet med modellen är att öka kvaliteten på de bestämningar av hållfasthet som görs i anslutning till vattendrag och ändå kunna hålla nere kostnaderna för borrhning och provtagning. Målgruppen är geotekniska konsulter samt externa granskare av geotekniska undersökningar.

##### Uppskattning och riktvärde

Modellen innebär att de provtagningar som görs på land längs med vattendraget används för att uppskatta skjuvhållfastheten för jorden under vattendraget. Data från olika undersökningsmetoder sammanställs och ett medelvärde för dessa får representera ett karakteristiskt värde för skjuvhållfastheten. Därefter kan skjuvhållfasthet under vattendraget uppskattas genom empiriska samband. I de fall spridningen i värdena är stor och uppskattningen blir osäker så kan modellen ändå användas som ett stöd och riktvärde för storleken och ökningen av skjuvhållfastheten mot djupet. Ett sådant riktvärde ökar kvaliteten på de hållfasthetsbestämningar som används i stabilitetsutredningar, jämfört med traditionell bestämning.

Detta är en sammanfattning av kapitlet Modell för bedömning av skjuvhållfastheten under bottnen i vattendrag i Löfroth et al. (2012).



**Figur 3.1**  
 Provtagning och  
 undersökning av  
 älvbotten från flotte  
 på Göta älv.

## 3.2 Kartering av kvicklera

### Bakgrund och syfte

*Kvicklera* är en typ av lera som snabbt förlorar sin skjuvhållfasthet vid kraftig omrörning, till exempel vid skred. Skred som inträffar i områden med kvicklera kan därför bli mycket omfattande och få ett mycket hastigt förlopp. Kartering av kvicklera görs för att identifiera var den finns och vilken utbredning den har.

Traditionellt så används en lång process för att identifiera kvicklera. Komplicerad borrhning och provtagning i fält samt efterföljande analys i laboratorium görs normalt för varje bestämning av kvicklera. Under Göta älvutredningen vidareutvecklade SGI en metod som innebär att man bedömer förekomst av kvicklera under själva borrhfasen i kombination med s.k. *sondering*. Den nya metoden verifierades mot traditionellt utförd provtagning och laboratorieanalys för bestämning av kvicklera inom två delområden längs Göta älv.

Syftet med det här uppdraget har varit att verifiera metoden för samtliga 10 delområden längs Göta älv, samt undersöka om metoden går att använda för att identifiera s.k. *extrem kvicklera*. Extrem kvicklera påverkar i ännu större utsträckning hur stor utbredningen av ett skred blir.

### Metodens tillförlitlighet

En analys av borrhålsdata från samtliga delområden i Göta älvutredningen visar att metoden fungerar bra när det gäller att identifiera i vilka borrhål det finns kvicklera. Förekomsten av kvicklera överskattas dock med den nya metoden, jämfört med den traditionella metoden för bestämning av kvicklera. Den nya metoden är alltså inte exakt utan ska användas för att identifiera platser där det finns kvicklera och vara ett underlag för ytterligare undersökningar.

Analysen som gjordes visar också att metoden kan användas för att identifiera ett spann i borrhålet där extremt kvick lera kan finnas. Eftersom studerade borrhål med

extrem kvicklera var så begränsade i antal och i geografiskt läge, så bör de gränsvärden som tagits fram användas med stor försiktighet.

Detta är en sammanfattning av kapitlet Metodik för kartering av kvicklera i Löfroth et al. (2012).



**Figur 3.2**  
Borrbandvagn vid provtagning och fältundersökning på land.

### 3.3 Hantering av kvicklera

#### Bakgrund och syfte

SGI tog fram en metodik för hantering av kvicklera under själva Göta älvutredningen. Flera olika konsulter var inblandade i fältundersökningarna och det var viktigt att hanteringen skedde på ett likartat sätt i alla delområdena. Metodiken har nu översatts till allmänna riktlinjer för hantering av kvicklera vid stabilitetsutredningar för att kunna nyttjas även i andra delar av Sverige. Målgruppen för riktlinjerna är geotekniska konsulter, beställare samt externa granskare av geotekniska undersökningar.

#### Generella riktlinjer

Riktlinjerna omfattar kartering, karakterisering och bedömning av stabilitet och skredutbredning i kvicklera. Riktlinjerna är användbara för både geotekniska konsulter och beställare.

Metodiken för kartering av kvicklera som användes i Göta älvutredningen har kunnat verifieras för samtliga delområden längs älven, men bör även verifieras i områden med annan typ av lera. Metodiken för kartering av kvicklera redovisas i kapitel 3.2 ovan.

Karakterisering av kvicklera utförs genom geotekniska undersökningar med i princip samma metodik som för andra leror. I de fall provtagning med kolvprovtagare bedöms ge alltför dålig provkvalitet kan en ”blockprovtagare” för lösa och störningskänsliga jordar användas. Vid utvärdering av undersökningsresultat på kvicklera bör man ta hänsyn till att vissa parametrar kan vara lägre än för annan lera.

Beräkningar av stabilitet i områden med kvicklera utförs med samma metodik som för andra leror. En schablonmetod används därefter för att få fram trolig skredutbredning i kvickleran. Schablonmetoden bygger på släntens geometri och egenskaperna i leran.

Detta är en sammanfattning av kapitlet Metodik för hantering av kvicklera i Löfroth et al. (2012).



**Figur 3.3**  
Blockprovtagare för  
provtagning i lösa  
och störningskänsliga leror.

### 3.4 Erosionsanalys

#### Bakgrund och syfte

Erosion är en process som påverkar stabiliteten i slänterna längs vattendrag genom att förändra slänternas form (geometri). Erosionen varierar med jordart och ökar vid höga vattenflöden, vågbildning eller minskad markvegetation. I och med klimatförändringarna i Sverige väntas flödena i våra vattendrag öka. Detta, i kombination med att vi allt oftare bygger nära stränderna, medför att erosionsproblematiken sannolikt kommer att öka i framtiden.

Den metod som nyttjades inom Göta älvtredningen för att bedöma mängden erosion i dagens och framtidens klimat har nu generaliserats för att vara tillämpbar även för andra vattendrag. Målgruppen är beställare och handläggare vid kommuner och länsstyrelser samt utförare av erosionsanalyser i vattendrag.

### Metod för olika detaljeringsnivå

En erosionsutredning kan utföras på flera nivåer. Principiellt kan den betraktas som en översiktlig eller som en detaljerad utredning som syftar till att bedöma om erosion förekommer, respektive bedöma dess omfattning. Vilket underlagsmaterial som ska användas i vilket skede kan variera mellan varje specifik utredning.

För en översiktlig utredning lämpar sig generella metoder som till exempel bygger på SGI:s generella erosionsutredningar längs Sveriges ca 70 största vattendrag, analyser utifrån flyg- och satellitbilder samt kartmaterial som till exempel SGU:s jordartskarta.

När det gäller mer detaljerade utredningar krävs ofta undersökningar och inventeringar i fält samt kännedom om geotekniska parametrar. Specifika fältmetoder samt laboratoriemetoder för att bestämma erosionsparametrar finns utvecklade men används ännu endast i relativt begränsad skala. Vid val av metodik ska hänsyn tas till vilket underlagsmaterial som finns lätt tillgängligt för det specifika undersökningsobjektet.

Analysen av insamlad data utförs sedan genom modellering, till exempel i GIS-miljö. En av de viktigaste analyserna handlar om att identifiera nivåförändringar vid aktiv erosion och värdet av långvariga mätserier i ett vattendrag kan inte överskattas. För en detaljerad utredning, speciellt i de fall man vill kunna bedöma erosionen i ett förändrat klimat, bör beräkningar utföras i syfte att bestämma värdet på den s.k. *bottenskjuvspänningen* (bottensedimentets förmåga att motstå erosion) samt den *kritiska bottenskjuvspänningen* då bottensedimenten inte längre förmår att stå emot erosion. Ett värde på den kritiska bottenskjuvspänningen gör det möjligt att bedöma erosionen för andra flöden än det rådande.

Detta är en sammanfattning av kapitlet Metodik för erosionsanalys i Löfroth *et al.* (2012).



**Figur 3.4**  
Slänt med spår av tidigare erosions- och skredskador samt erosionskydd i form av strandskoning. Erosionskyddets prestanda varierar längs sträckningen i fotot.

### 3.5 Bedömning av sannolikhet för skred

#### Bakgrund och syfte

Som en del av skredriskanalysen utförs en bedömning av sannolikhet för skred. Metodiken för sannolikhetsanalys sammanfattas i GÄU Slutrapport Del 2 - Teknisk beskrivning (SGI 2012b). I den använda metodiken beräknas sannolikheten att ett stabilitetsbrott inträffar i de studerade slänterna baserat delvis på konventionella stabilitetsberäkningar och delvis på statistisk analys av ingående parametrar. Skredsannolikheten beaktar såväl statusen hos slänterna (beräknad marginal till stabilitetsbrott) som osäkerheten i de ingående parametrarna.

De parametrar som behandlas som variabler i sannolikhetsanalysen, och som därmed påverkar skredsannolikheten, är jordens förmåga att motstå skred (skjuvhållfasthet), jordens tunghet, släntens geometri samt eventuella yttre laster. Egenskaperna för variablerna anges med de statistiska måtten *medelvärde* och *standardavvikelse* och övriga parametrar behandlas utan variation (deterministiskt).

För att möjliggöra statistiska analyser översätts släntens geometri från sitt naturliga utseende till en idealiserad slänt. Detta innebär att de sektioner som analyserades inom Göta älvutredningen kunde delas in i olika typsektioner, vilket medförde att antalet beräkningar blev lägre. Inom Göta älvutredningen beräknades skredsannolikhet för 68 sektioner med skredsannolikhetsmodellen.

#### Anpassning och utvecklingsbehov

En statistisk analys av parametrarna som ingår i beräkning mot stabilitetsbrott kräver en relativt stor mängd data för att säkerställa tillförlitligheten av analysresultatet. Inom Göta älvutredningen bestod det statistiska underlaget av omfattande geotekniska undersökningar, både från tidigare utredningar och från nyutförda undersökningar. Detta innebär att metodiken för sannolikhetsanalys som tillämpades för skredriskanalysen i Göta älv generellt inte kan användas i andra delar av landet utan att omfattande komplettering av det geotekniska underlaget utförs.

För att kunna använda sig av sannolikhetstänkandet i kommande skredriskanalysen behöver metodiken förenklas och anpassas till sämre tillgängligt underlag, vilket inte får ske på bekostnad av resultatets tillförlitlighet och användbarhet. Ett antal fallstudier med förenklad metod måste utföras för att fastställa en godtagbar förenklingsnivå.

### 3.6 Konsekvensanalys

#### Bakgrund och syfte

Konsekvenser av skred kan uppstå inom ett flertal konsekvensområden och utfallet beror till stor del av vilka värden som finns i det område som drabbas. I Göta älvutredningen genomfördes konsekvensbedömning och skredsannolikhetsanalys parallellt, och konsekvenserna har karterats oberoende av sannolikheten för att skred ska inträffa. De konsekvensområden som identifierades var följande: Liv, Bebyggelse, Väg, Järnväg, Sjöfart, Naturmiljö, Kulturarv, Förorenade områden och miljöfarlig verksamhet, VA, Energi och ledningsnät samt Näringsliv.

Inom respektive konsekvensområde identifierades olika riskscenarier med specifika konsekvenser, man utvecklade metodik för inventering, värdering och sårbarhetsbedömning och utförde fallstudier. Slutligen genomfördes en till stora delar GIS-baserad konsekvensanalys för hela utredningsområdet i Göta älvdalen. Resultatet innefattade

en slutlig monetär bedömning för de konsekvensområden där detta var möjligt. Dessutom gjordes en visualisering med GIS av konsekvenser för potentiella skred i Göta älvdalen.

Syftet med det arbete som utförts 2012 har varit att för varje konsekvensområde:

- Säkerställa att metodiken för konsekvensanalys är väl beskriven, så att utomstående kan tillgodogöra sig och använda metodiken.
- Undersöka hur metodiken för olika konsekvensområden behöver anpassas för att kunna tillämpas för skredriskanalys i andra geografiska områden samt för konsekvensanalys av översvämningshotade områden.
- Prioritera behoven av anpassning av metodiken.

Målgruppen är stor och spänner från enskilda handläggare med ansvar för begränsade konsekvensanalyser till organisationer och forskare som utför komplicerade konsekvensanalyser av skred och översvämningshotade områden. Detta är en sammanfattning av kapitlet Metodik för konsekvensanalys i Löfroth *et al.* (2012).

### Anpassningsförslag, prioritering och uppskattad arbetsinsats

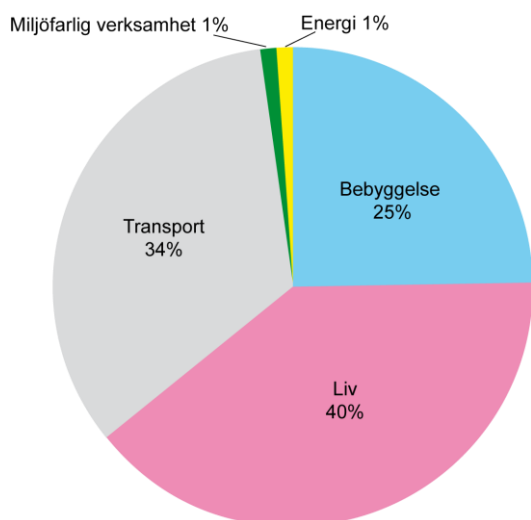
Genomgången av metodiken har resulterat i ett stort antal modifierings- och anpassningsförslag, dels för skredanalyser i andra geografiska områden och dels för översvämningsanalyser. Anpassningsförslagen har fått en inbördes prioritering och arbetsinsatsen för genomförande har uppskattats grovt och grupperats i följande tre grupper: två arbetsdagar, två arbetsveckor och två arbetsmånader. Anpassningsförslagen är uppdelade i ett antal aktiviteter som, i sin tur, har fått en prioritetsordning. Anpassningsförslagen presenteras i sin helhet i Löfroth *et al.* (2012).

För konsekvensanalys av översvämningshotade områden så kan metodiken för inventering och värdering av olika konsekvensområden användas på samma sätt som för skredanalyser. Den största förändringen mellan applikation för skredanalys och översvämningsanalys gäller skadefunktionerna som beskriver hur stor andel av värdet av respektive konsekvensområde som går förlorat om det utsätts för skred eller översvämningshot.

### Utvecklingsbehov

Detaljeringsgraden skiljer sig kraftigt åt mellan de olika konsekvensområdena. Det beror till stor del på att det saknas underlag och metoder generellt i samhället för att värdera en del av dem i monetära termer och för att sekundära konsekvenser är svåra att bedöma.

För ett fåtal konsekvensområden finns ingen generell metodik beskriven, istället beskrivs utförda fallstudier och flera möjliga metoder för att gå vidare, alternativt beskrivs hur man gjorde i Göta älvtredningen. Generellt sett behöver följande konsekvensområden vidareutvecklas för att bättre kunna bedöma de verkliga konsekvenserna i samhället vid skred och översvämningshotade områden: VA, Miljöfarlig verksamhet, Energi och ledningsnät, Näringsliv samt Naturmiljö och Kulturarv. De olika konsekvensernas bidrag till den totala konsekvensen i Göta älvtredningen redovisas i Figur 3.5.



**Figur 3.5**

Bidrag från konsekvensområden till de totala konsekvenserna i utredningsområdet. Transport avser summan av konsekvensområdena Väg, Järnväg och Sjöfart.

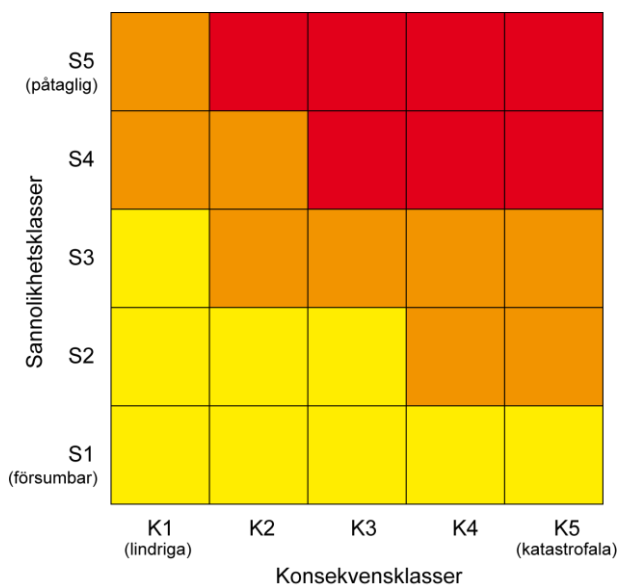
### 3.7 Riskanalys

#### Bakgrund och syfte

Risken för skred i Göta älvs dalgång definierades som en kombination av sannolikheten att ett skred inträffar och den förväntade konsekvensen om det inträffar. En klassindelning i tre steg gjordes baserat på den matris med 25 talpar som erhöles vid indelning av sannolikhet i fem klasser och konsekvens i fem klasser, se Figur 3.6.

Sannolikhets- och konsekvensklasserna analyserades med GIS-teknik vilket gav överlappningsbara skikt där de bildade olika kombinationer som i sin tur kunde översättas i riskklasser. Vad som komplicerade analysen var att konsekvenserna, som trädde fram i kartvy, behövde summeras för hela det potentiella skredutbredningsområdet.

Syftet med det här uppdraget har varit att beskriva hur det sammanlagda värdet av konsekvenserna av ett skred mot älven bestämdes i Göta älvtutredningen. Målgruppen för beskrivningen är de handläggare, konsulter och forskare som är verksamma inom Göta älvsområdet och som arbetar aktivt med utredningsmaterialet i fördjupade analyser. Beskrivningen av metoden vänder sig också till kommuner och andra beställare som ska läsa och förstå innebörden av en riskkarta.



**Figur 3.6**

Indelning i tre riskklasser baserat på de 25 talpar som bildas genom att kombinera 5 konsekvensklasser och 5 klasser för sannolikhet.



### Summering av konsekvenser

Göta älvtredningen valde att först värdera konsekvenserna, som vanligtvis avspeglar det monetära värdet, i enskilda rutor i det rutnät över utredningsområdet som upprättats. Därefter krävdes att de sammanlagda konsekvenserna av ett skred mot älven värderades, det vill säga hur många rutor eller delar av rutor som drabbades. Ju längre ett skred griper inåt land från älven desto fler rutor kommer att bli berörda, vilket gör att värderingen av konsekvensen måste ta hänsyn till skredets utbredning.

Bedömning av skredutbredning är dock alltid behäftad med osäkerheter eftersom skred kan utvecklas på flera olika sätt, exempelvis till ett stort avstånd från älven i ett relativt smalt område, eller till små avstånd från älven i ett brett område längs med älven. Hur skred utvecklas beror bland annat på geologiska och topografiska förhållanden samt jordlagrens geotekniska egenskaper. Förutom antaganden om skredets utbredning så var en manuell justering av konsekvenserna även nödvändig.

Det tillvägagångssätt som användes för riskbedömning inom Göta älvtredningen beskrivs i detalj i Löfroth *et al.* 2012. Förslag till fortsatt utveckling av metodiken har också lyfts fram.

## 4 Fördjupning av geotekniska analyser

Den översiktliga skredriskkartan som gjordes i Göta älvutredningen presenterar risken för dagens klimat längs älven samt en uppskattning av klimatets påverkan på skredrisken år 2100 om inga förebyggande åtgärder vidtas innan dess.

För att minska risken för skred och vidta rätt åtgärder så behövs detaljerade geotekniska undersökningar för de områden där risken är stor idag eller där ny bebyggelse planeras. Vid planering och upphandling av dessa tjänster är det väsentligt att förstå vilka parametrar som har betydelse för den skredsannolikhet som presenteras i kartorna, samt på vilket sätt klimatförändringar kan påverka den specifika platsen. SGI har gjort två fördjupade analyser av detta och som sammanfattas nedan. Studierna presenteras i sin helhet i Falemo et al. (2012 a och b).

### 4.1 Parametrarnas betydelse för skredsannolikheten

#### Bakgrund och syfte

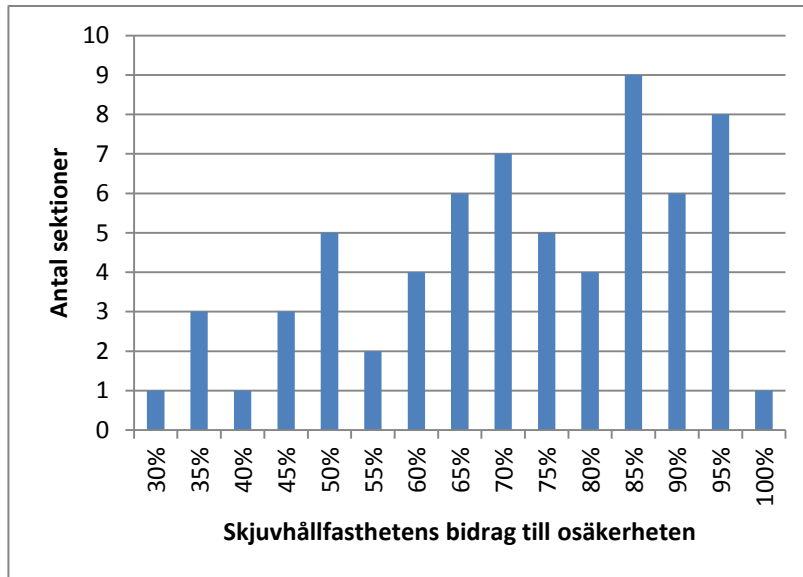
I den skredriskanalys som gjordes för Göta älv dalen definierades risken som en funktion av sannolikhet och konsekvens, se Kapitel 3.5–3.7. Beräkningen av sannolikhet är en kombination av en konventionell analys av släntens status (marginal mot stabilitetsbrott) och en statistisk analys av olika parametrars spridning och osäkerhet.

Sannolikheten för skred beräknades för 68 vertikala sektioner genom slänterna längs älven. I skredriskkartan framgår bara slutprodukten, dvs. den beräknade sannolikheten för skred. Vilken parameter var mest betydelsefull för skredsannolikheten som beräknades? Måste vi säkerställa spridningen av samtliga parametrarna eller är det viktigare att fokusera på någon enstaka parameter? Är bilden densamma längs hela Göta älv dalen?

För att svara på dessa frågor så har vi gjort en fördjupad analys av beräkningsresultaten. Syftet har varit att visa vilken betydelse de olika parametrarna har på skredsannolikheten som beräknats för de olika sektionerna. Slutsatserna gäller de beräkningar av sannolikheten som utfördes i Göta älvutredningen och är således inte generella för alla beräkningar av sannolikheten. Analysen presenteras i Falemo et al. (2012a) och sammanfattas nedan.

#### Allmänna slutsatser

För de studerade sektionerna så är det lerans förmåga att stå emot ett skred (skjuvhållfasthet), och osäkerheten i denna parameter, som ger det i särklass största bidraget till osäkerheten i säkerhetsfaktor och därmed även skredsannolikheten. Därefter kommer osäkerheten i släntgeometri och jordens tunghet. Det är de här tre osäkerheterna som är viktigast att bestämma i kommande analyser av skredsannolikheten i Göta älv dalen. Osäkerheterna i skjuvhållfasthet och tunghet begränsas genom noggranna geotekniska fältundersökningar. En minimering av de geometriska osäkerheterna uppnås genom att mäta in sektionerna både ovan och under vatten.



**Figur 4.1**  
Histogram över skjuvhållfasthetens bidrag till osäkerheten i beräkningen av skredsannolikhet. I en sektion står skjuvhållfastheten för 100% av osäkerheten medan den i 13 sektioner står för högst 50% av osäkerhetsbidraget.

### Geografiska läget

En jämförelse mellan sektioner i norra och södra delen av Göta älvdalen antyder att osäkerheter i geometri har större betydelse i söder än i norr, medan osäkerheter i tunghet och skjuvhållfasthet är viktigare i norr än i söder. Sammanfattningsvis visar vår analys att olika parametrars betydelse för skredsannolikheten skiljer sig åt mellan de 10 olika delområden i älvdalen som definierades i Göta älvsområdet.

### Geometrin i slänten

De olika parametrarnas bidrag till skredsannolikhet skilde sig avsevärt åt för typsektioner med olika geometri. För geometriskt likartade typsektioner var skillnaderna i parametrarnas genomsnittliga bidrag till skredsannolikheten små.

Osäkerheten i skjuvhållfasthet verkar vara viktigast i sektioner med jämn, flack lutning. För sektioner med undervattenterrass är den viktigare när slänten är flack och terrassen kort. För branta slänter med kort terrass ökar de andra parametrarnas bidrag till sannolikheten. För sektioner med lång undervattenterrass eller dubbel undervattenterrass är övriga variablers andel av osäkerheten i säkerhetsfaktorn som störst.

Sammanfattningsvis indikerar vår analys att släntgeometrin har en inverkan på vilka parametrar som är betydelsefulla för skredsannolikheten. Erfarenheten sedan tidigare är att släntlutning påverkar vilka parametrar som är mer betydande. Denna studie indikerar att även andra geometriska parametrar kan vara av betydelse, till exempel förekomst av undervattenterrass, dubbelterrass och terrassens höjd.

## 4.2 Betydelsen av klimatförändringar för skredsannolikheten

### Bakgrund och syfte

I skredriskkartorna från Göta älvtredningen redovisas klimatpåverkan i form av förändring av skredrisk. Förändringen illustreras med ett raster i älvfåran som anger om klimatpåverkan är liten, måttlig eller stor. Förändringen i skredrisk är i själva verket en förändring i sannolikheten för skred och baseras på beräkningar av skredsannolikheten för ett urval av de vertikala sektioner som undersöktes i utredningen. I beräkningarna undersöktes endast två klimatscenarier; bottenerosion 1 m + sidoerosion 4 m samt bot-

tenerosion 3 m + sidoerosion 4 m. Dessutom undersöktes endast hur högsta sannolikhetsklassen förändras för respektive vertikalsektion och inte hur sannolikhetsklassernas utbredning förändras. Innebär ökad erosion alltid ökad sannolikhet för skred? Förändras riskkartorna och riskklassernas utbredning med förändrat klimat?

För att svara på ovanstående frågor så har erosionens betydelse för skredsannolikheten studerats i detalj för 19 sektioner. För två av dess så har nya riskkartor gjorts. Den fördjupade studien visar även på behov av framtida analyser. Analysen presenteras i Falemo et al. (2012b) och sammanfattas nedan.

### Effekter av erosion

Effekterna av erosion på skredsannolikheten varierar stort mellan olika sektioner trots att den faktiska erosionsmängden förenklat antas vara lika stor och ha samma geometri i alla sektioner. I verkligheten varierar erosionen kraftigt längs med älven (Rydell et al. 2011). Därför är det viktigt att både kontinuerligt mäta erosionen och att utföra detaljerade beräkningar av skredsannolikhet för ett framtida klimat (efter erosionspåverkan) för att få en korrekt bild av erosionens betydelse för skredsannolikheten på specifika platser.

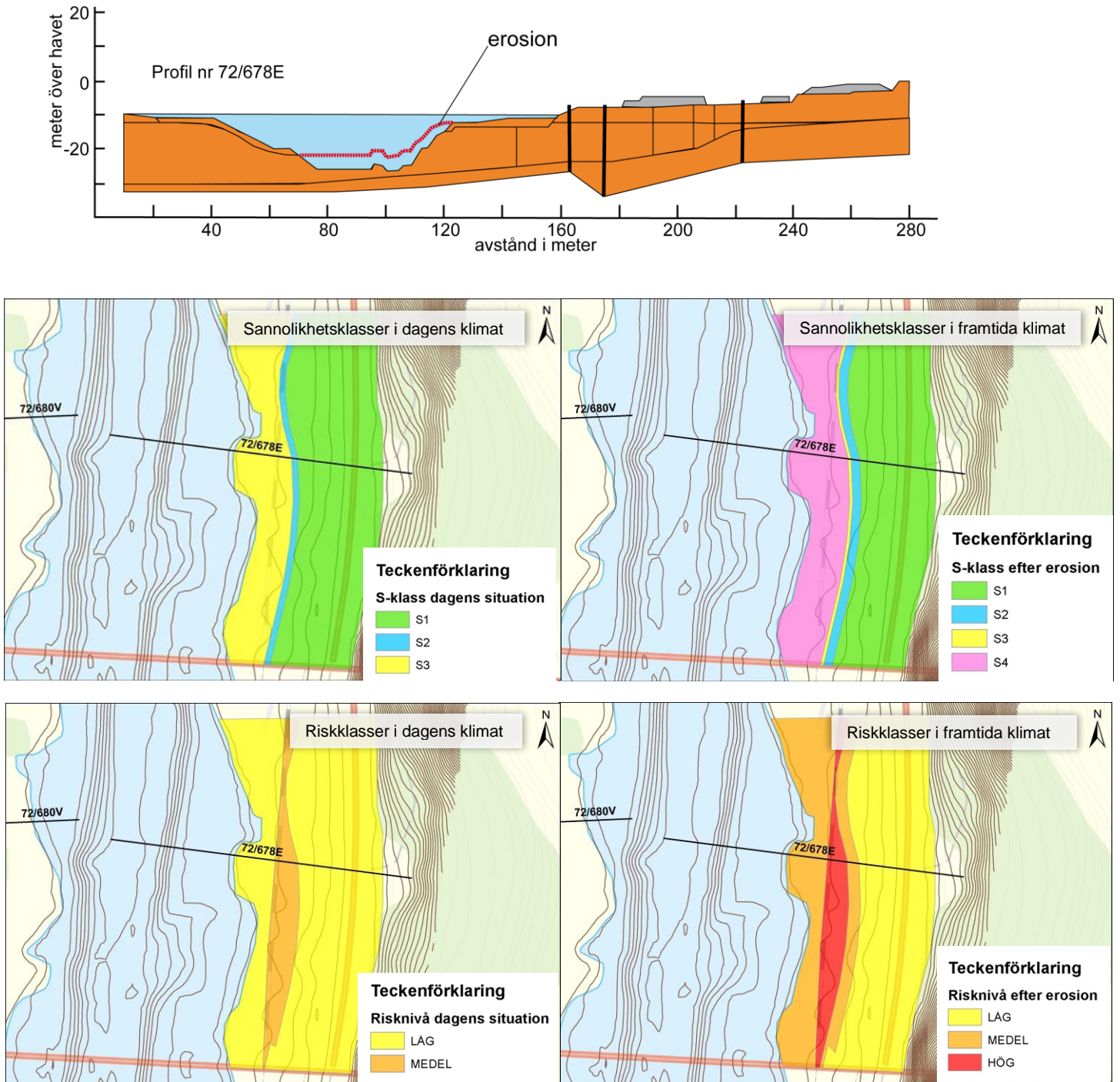
Erosionsscenarierna innebär inte en ökad skredsannolikhet överallt. Fem av de undersökta sektionerna, som har sannolikhetsklass 1 i dagens situation, kommer inte att få en högre sannolikhetsklass för något av de studerade erosionsscenarierna. För en vertikal-sektion innebär erosionsscenarierna en sänkning av sannolikhetsklasserna.

### Förändrad utbredning av skredriskklasser

Den fulla potentialen av beräkningsunderlaget från Göta älvutredningen har inte utnyttjats än eftersom man endast undersökt förändring av högsta sannolikhetsklassen för erosionsscenarierna. Den fördjupade analysen som nu gjorts visar att den horisontella utbredningen av skredsannolikhetsklasserna är viktig att kartera framöver eftersom den kan leda till förändring även i horisontell utbredning av riskklasserna. Figur 4.2 visar hur sannolikhetsklasser och riskklasser har förändrats år 2100 jämfört med hur utbredningen ser ut idag. Figuren illustrerar området i anslutning till en analyserad vertikalsektion vars geometri förändras genom följande erosionsscenario: bot-tenerosion 3 m och sidoerosion 4 m. I det här fallet ökar sannolikheten för skred märkbart och riskutbredningen förändras i framtidsscenarioet.

### Skredriskkarta för framtidsscenario

De erosionsscenarioer som tagits fram inom Göta älvutredningen baseras på jämförelser av två bottenkarteringar som genomförts med relativt kort mellanrum (ca 6 år). För att kunna göra bättre underbyggda sannolikhetsberäkningar för Göta älv-dalen och år 2100 krävs batymetriska mätningar i älven över en betydligt längre tidsperiod samt modellering av erosionsmönstret för olika framtidsscenarioer. Om ett sådant underlag tas fram så kan beräkningar av sannolikheten för skred göras för samtliga vertikalsektioner och en skredriskkarta för ett framtidsscenario tas fram. I jämförelse med kostnad för geotekniska fältundersökningar och traditionella stabilitetsberäkningar så är kostnaden för sannolikhetsberäkningar låg.



**Figur 4.2**

Exempel på hur sannolikhetsklasser och riskklasser förändras vid ett erosionsscenario: bottenerosion 3 m och sidoerosion 4 m för ett område i anslutning till en vertikalsektion. Vid erosion förändras både sannolikhetsklasserna och riskklasserna i området, och risken för skred ökar markant.

Den översta bilden visar vertikalsektionen genom jordlagren efter erosion. De djupa, svarta vertikala linjerna markerar läge och djup för borrhål. De tunna svarta linjerna markerar avgränsningar mellan jordpartier med olika geotekniska egenskaper. Den rödstreckade linjen visar jordytan i älven innan erosionen ägde rum. De gråfärgade kropparna ovanpå jordytan är väg- och järnvägsbankar.

## 5 Framtida behov

Göta älvdalen pekades redan i Klimat- och sårbarhetsutredningen ut som ett skredutsatt område som är i stort behov av skredförebyggande åtgärder. Det finns dock fler områden i Sverige som är utsatta för ras, skred och erosion, där konsekvenserna kan bli stora och åtgärdsbehovet således är stort. Därför har en del av SGI:s arbete inom regeringsuppdraget fokuserats på planeringsunderlag för klimatanpassnings-insatser i andra delar av landet. För att optimera SGI:s och andra aktörers insatser så har vi arbetat med följande:

- Förbättrad nationell databas över inträffade skred och ras
- Geografisk sammanställning över utredningar som är relevanta för fortsatt arbete med klimatanpassning
- Identifiering av vattendrag i övriga delar av landet som bör prioriteras och är i behov av skredriskartering
- Metod för fördjupad kartläggning av erosionsrisk längs stränder
- Forsknings- och utvecklingsbehov baserat på erfarenheter från Göta älvtredningen

Nedan följer en summering av vad som gjorts.

### 5.1 Nationell skreddatabas

SGI har sedan 2001 en skreddatabas över ras och skred som inträffat i Sverige. Databasen innehåller främst ras och skred som rapporterats om i media eller som finns omnämnda i geologisk och geoteknisk litteratur. De flesta händelserna som samlats i databasen har inträffat under det senaste seklet men även äldre händelser har dokumenterats. Skreden presenteras dels i kartform och dels med en faktaruta för varje skred. I faktarutan återfinns grunddata såsom tid och plats för skredet och dessutom information om orsak, aktuella jordtyper, utbredning och eventuella konsekvenser samt skadekostnader (Figur 5.1).

Syftet med skreddatabasen är att tillhandahålla underlag för fysisk planering och skredförebyggande åtgärder samt illustrera skredutvecklingen i landet. Informationen som samlats möjliggör också ytterligare analyser av till exempel skredutbredning för olika områden i landet samt fördelningen av konsekvenser inom landet.

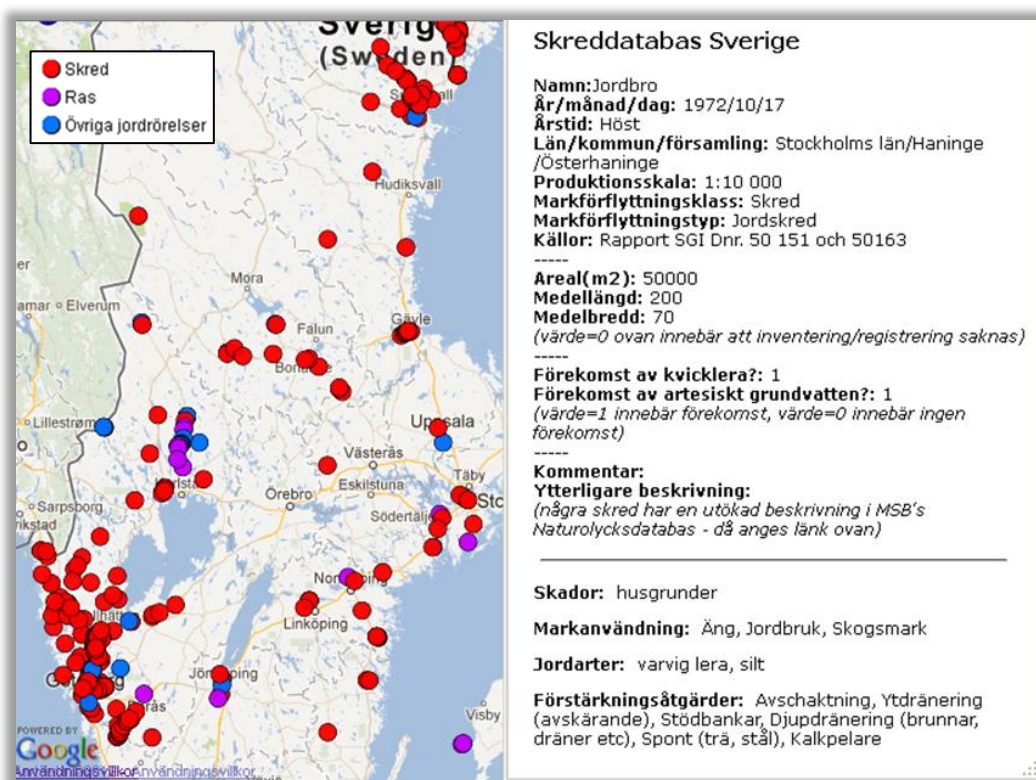
#### Vidareutveckling av databasen

Under 2012 har SGI vidareutvecklat skreddatabasen för att öka användbarheten och underlätta kontinuerlig uppdatering av ras- och skredhändelser. Följande insatser har gjorts:

- Tranformering av data till nytt koordinatsystem (SWEREF99TM)
- Installation av plattform för digital flygbildstolkning av skred och jordrörelser i stereo. Detta är ett viktigt verktyg för nya registreringar och uppdateringar av skreddrabbade områden.
- GIS-teknisk lösning för att ras och skred ska kunna läggas in som linjer och ytor.

- Teknisk lösning för att möjliggöra digitala inlägg av bilder, kartor, diagram och övrig ytterligare information om skredhändelsen som finns tillgänglig. Detta sidomaterial uppdateras och byggs ut kontinuerligt från SGI:s analoga arkiv.
- Dessutom har ett hundratal nya skredhändelser lagts in i år baserat på egen flygbildstolkning längs Ångermanälven.

SGI kommer att arbeta mer aktivt med egen kartering av inträffade ras och skred framöver i områden där förutsättningarna för ras och skred är stora och konsekvenserna kan bli betydande. Vi kommer också arbeta för att på sikt kunna ta emot rapportering av skredhändelser från allmänhet, kommuner och myndigheter i digital form.



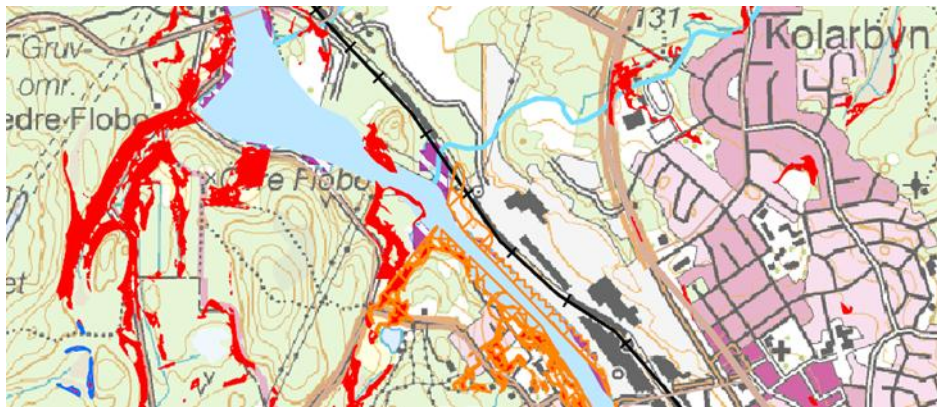
**Figur 5.1**  
 Utdrag ur publika skreddatabasen som här visar delar av Mellansverige och förekomst av skred, ras och övriga jordrörelser enligt teckenförklaring. I faktarutan framgår den typinformation varje enskilt skred är bestyckad med.

### Komplement till databasen

Inrapporteringen av inträffade skred har fram tills idag främst skett för de områden som genomgått MSB:s översiktliga stabilitetskarteringar. I de län och kommuner som inte karterats än, samt i de områden där få eller inga skred har inträffat fram tills idag, så finns ett behov av information om potentiell skredbenägenhet. Sådan information skulle underlätta vid planering av ny infrastruktur, underhåll och förstärkning av redan befintliga anläggningar samt övrig exploatering.

Behovet kan tillgodoses av SGI (har levererats till Blekinge och Västmanlands län, 2012) genom sårbarhetskartor där numerisk modellering ligger till grund för att geografiskt fylla i de luckor där skred ännu ej inträffat, men som utgör påtaglig fara (Figur 5.2). SGI räknar med att ett sådant rikstäckande underlag ska kunna arbetas fram i samarbete med SGU och svenska universitet.

**Figur 5.2**  
Kartor som pekar ut skredbenägna områden (rödmarkerat) kan tas fram numeriskt och därigenom bilda underlag för fysisk planering som ett komplement till databasen för redan inträffade skred.



## 5.2 Geografisk sammanställning över relevanta utredningar

En stor mängd utredningar som är relevanta för regionalt arbete med klimatanpassning utförs idag vid olika myndigheter. Någon sammanställning över alla dessa utredningar finns tyvärr inte än. Eftersom utbudet blir allt större så är det svårt att få en överblick över vad som gjorts för ett specifikt geografiskt område.

### Tittskåp med utredningar som SGI utfört

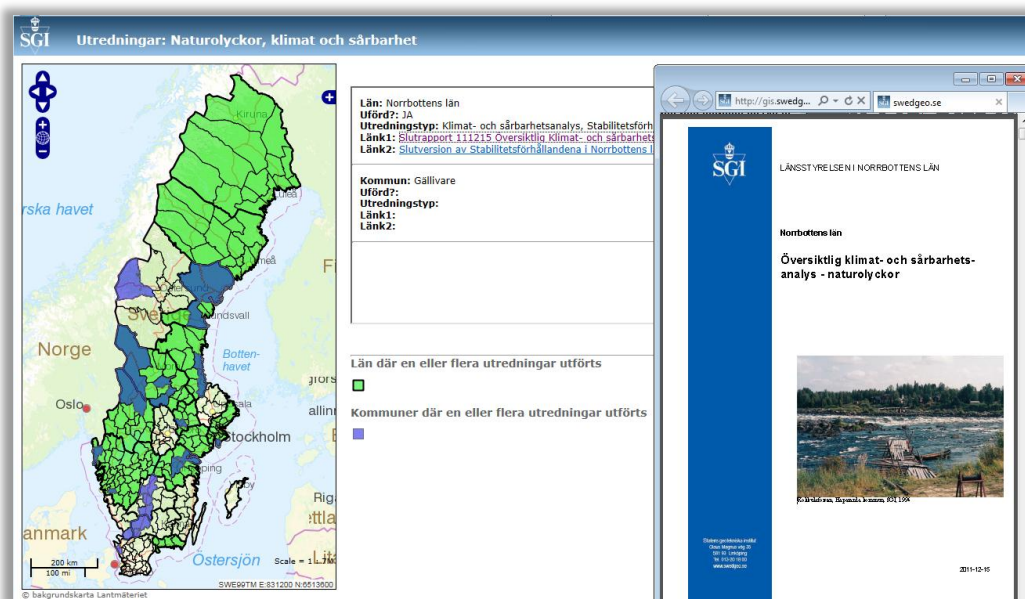
SGI har nu skapat ett tittskåp med en geografisk översikt över de utredningar vi utfört själva eller i samarbete med andra. SGI har utfört flera regionala och länsvisa klimat- och sårbarhetsanalyser på uppdrag av länsstyrelser och kommuner. Som en del i MSB:s översiktliga stabilitetskartering så har SGI också gjort ett stort antal förstudier och huvudstudier. Vi har även utfört ett antal andra risk- och klimatrelaterade studier för olika geografiska områden i landet.

Syftet med tittskåpet är att geografiskt åskådliggöra i vilka län och kommuner som utredningarna finns genomförda av SGI (Figur 5.3). Målgruppen för tittskåpet är handläggare vid kommuner, länsstyrelser och myndigheter, men även andra intressenter som konsulter, markägare och forskare.

Tittskåpet länkar direkt till de skriftliga rapporter som finns i PDF-format. På sikt kommer även skikt med GIS-data för de klimat- och sårbarhetsanalyser som gjorts att bli tillgängliga i tittskåpet. Skikt med GIS-data för MSB:s stabilitetsutredningar finns redan idag tillgängliga via den s.k. Geodataportalen.

Målsättningen är att tittskåpet ska uppdateras kontinuerligt. En framtida utvecklingsmöjlighet är att samla liknande utredningar utförda av annan part för att ge en samlad bild av utredningsläget i landet.





**Figur 5.3**  
Utsnitt ur tittskåpet  
för relevanta utredningar med exempel på nedladdningsbar rapport.

### 5.3 Skredriskartering i övriga delar av landet

Kartläggningen av skredrisken längs Göta älv har gett regionen och aktörerna längs älven ett översiktligt men heltäckande planeringsunderlag. Kartunderlaget spänner över flera kommungränser, bebyggd och ännu obebyggd mark och det tar hänsyn till både dagens och framtidens klimat. Men det finns fler vattendrag i Sverige som kan drabbas av skred med betydande konsekvenser. Ett heltäckande planeringsunderlag skulle underlätta den fysiska planeringen och prioriteringen av skredförebyggande åtgärder även där.

#### Sammanställning av behov längs vattendrag i Sverige

SGI har under 2012 gjort en översiktlig inventering av skredproblematiken längs Sveriges vattendrag. Syftet med inventeringen har varit att identifiera de mest prioriterade vattendragen vad gäller skredrisk ur ett samhällsperspektiv. Inventeringen har baserats på redan befintligt material och utgår från den indelning i huvudvattendrag och avrinningsområden som SMHI tagit fram (SMHI, 2002). Vi har även beaktat kuststräckor mellan huvudvattendragen.

I första skedet identifierades 40 vattendrag och 29 kuststräckor som studerades vidare. För samtliga dessa vattendrag och kuststräckor sammanställdes i steg II tillgänglig information inom följande kategorier:

- Förutsättningar för skred
- Potentiella samhällskonsekvenser vid skred
- Förväntad betydelse av förändrat klimat

Informationen är bland annat hämtad från SGU:s jordartskartor, SGI:s skreddatabas, och MSB:s sammanställning över ansökningar från kommunerna för skredförebyggande åtgärder. Vi har nyttjat sammanställningar över befintliga vattenkraftverk och deras årsproduktion, SMHI:s statistik över medelvattenföring, areal för avrinningsområden samt deras data över observerade väderhändelser och prognoser för framtida klimat. SCB:s statistik över befolkning i avrinningsområdena har nyttjats, men vi har också gjort en egen grov uppskattning av befintliga vägar och järnvägar och deras relativa viktighetsgrad för samhället. Underlagens täckning och detaljeringsgrad varierar

stort över landet vilket medför att endast en grov jämförelse kunnat göras. Kriterier och underlag har sammanställts i en Excel-fil för värdering och översiktlig inbördes prioritering.

### Prioriterade områden

Sammanställningen och bedömningen i steg III har resulterat i nio vattendrag och en kuststräcka som SGI anser vara prioriterade områden för skredriskanalys (se Tabell 5.1). För samtliga 10 områden gäller att skred har förekommit i betydande omfattning fram tills idag, konsekvenserna av skred kan bli stora för samhället och flera kommuner är berörda. För de flesta områden gäller också att klimatförändringarna förväntas öka risken för skred märkbart.

**Tabell 5.1**

*Förslag på prioriterade huvudvattendrag för skredriskanalyser i andra delar av landet. Den maximala sträckan anger den sträcka längs med vattendraget som är relevant att utreda och motsvarar sträckan under högsta kustlinjen. Geologin ger en fingerisning om huruvida analysmetoden som brukades i Göta älvutredningen måste anpassas eller ej. Vattendragen är listade i den ordningsföljd de uppträder i SMHI:s lista över huvudvattendrag och Göta älv finns med som jämförelse.*

Prioriterade områden	Maximal sträcka som är relevant att utreda	Geologi
Luleälven	175 km	Delvis grovkorniga jordar
Umeälven	142 km	Delvis grovkorniga jordar
Ångermanälven	125 km	Delvis grovkorniga jordar
Dalälven	234 km (nedströms Siljan) 116 km (Leksand-Avesta)	Delvis grovkorniga jordar
Norrström	276 km (+ stränder)	Lera
Viskan	46 km	Kvicklera
Säveån	75 km	Kvicklera
Norsälven	26 km (nedströms Frykensjöarna) 99 km (inklusive Frykensjöarna)	Kvicklera
Klarälven	210 km	Delvis grovkorniga jordar
Bohuskusten	120 km	Kvicklera
Göta älv	85 km	Kvicklera

### Fortsatt arbete

SGI äskar medel för inventering av skredrisker i andra delar av landet under 2013-2015. Vi vill utnyttja den kunskap och de metoder som utvecklats inom Göta älvutredningen. Uppenbarligen finns det fler områden i Sverige som är i behov av kommunöverskridande och heltäckande skredriskkartor.

För att kunna gå vidare med steg III och göra en arbetsordning och inbördes prioritering av de 10 identifierade områdena så behövs ekonomiska och tidsmässiga ramar för arbetet. Områdena är olika stora och kräver olika mängd arbetsinsats (se Tabell 5.1). En sammanställning av befintligt underlagsmaterial har gjorts, vilket också har betydelse för prioriteringen. Det kan till exempel vara idé att vänta med områden som ännu inte är skannade i Nya Nationella Höjdmodellen (NNH), eftersom detaljerad topografisk information krävs för en skredriskanalys.

Likaså är de geologiska förutsättningarna av betydelse. Den metodik för sannolikhetsanalys som utarbetades inom Göta älvutredningen är inte direkt tillämpbar i områden med grovkornigare jordar. För Norrlandsälvarna och Klarälven behöver metodiken därför modifieras och testas innan fullskalig skredriskinventering kan dras igång. I dessa områden behöver också andra frågeställningar beaktas och metoder för dessa utvecklas, vilka inte var av betydelse i Göta älv dalen. En sådan viktig frågeställning är förlust av så kallade *negativa portryck* (sugkrafter i grovkornigare jord när grundvatt-

nets nivå är låg) vid ökad nederbörd och inverkan av vegetation. Områden som är geologiskt karterade i skala 1:200 000 kan också vara idé att vänta med eftersom noggrannheten i den geologiska kartan har betydelse för resultatet.



**Figur 5.4**  
Skred uppströms  
kraftverket i Sollefteå,  
Ångermanälven.

#### 5.4 Metod för kartläggning av erosionsrisk

Erosion är en viktig process som måste beaktas vid skredförebyggande arbete och skredriskanalyser. Erosionen går långsammare än skred men pågår kontinuerligt och kan snabbt förändras med förändrat klimat och förändrad markanvändning. Områden där erosionen är påtaglig och har tydlig inverkan på bebyggelse och infrastruktur redan idag är inte bara i de mest skredutsatta områdena, utan framför allt längs Sveriges södra kustband (Figur 5.5). Det finns därför ett samhällsbehov av riskanalyser som tar hänsyn till förutsättningar för erosion och förväntade konsekvenser om erosionen får fortgå över tiden.

SGI har nationellt samordningsansvar för stranderosion och har under senaste decenniet arbetat med översiktlig inventering av stranderosion längs kuster, vattendrag och sjöar i Sverige. Under Göta älvutredningen utvecklade vi ytterligare metoder för erosionsanalys som utgjorde en del i skredriskanalysen. Vi har under 2012 arbetat fram en metod för att översiktligt kartera riskområden för erosion längs kuster, vattendrag och sjöar.

Syftet med arbetet har varit att ta vara på tidigare erfarenheter och metoder och nyttiggöra dem i områden där behovet av att kartlägga erosionsrisker är stort. Karteringen ska utgöra underlag för fysisk planering och anpassning av befintlig bebyggd miljö till förändrat klimat.

#### Kartering i fem steg

Metoden utgår från en successivt ökad detaljeringsgrad i kartläggningen av risker för erosion och omfattar därför såväl förutsättningar som konsekvenser av erosion.

Den **översiktliga karteringen** av erosionsrisker föreslås innehålla tre steg:

**Steg 1:** Översiktlig inventering av erosion – nationell översikt av förutsättningar och pågående erosion längs kuster, vattendrag och sjöar (utfört /pågående arbete vid SGI).

**Steg 2:** Förstudie – avgränsning av de områden som ska ingå i en huvudstudie.

**Steg 3:** Huvudstudie – översiktlig kartläggning av och sårbarhetsanalys för stränder vid bebyggda områden och exploateringsområden enligt ÖP (översiktsplan).

Resultatet ska visa områden där detaljerad utredning rekommenderas för att mer i detalj fastställa risker för erosion längs kuster och vattendrag. Studierna omfattar alla förekommande jordarter som kan vara aktuella och inkluderar effekter av klimatförändringar.

Där områden sårbara för erosion har konstaterats tillkommer följande steg i **detaljerad utredning**:

**Steg 4:** Detaljerad/fördjupad utredning – klarlägga om erosionsrisker finns och behov av åtgärder

**Steg 5:** Dimensionering och genomförande av förstärkningsåtgärder – för områden med oacceptabla risker

### Fortsatt arbete

Metoden behöver tillämpas i några praktiska fall för att verifiera de analysmetodiker som föreslås och identifiera behov av eventuella förändringar och kompletteringar. Efter detta kommer metoden att kunna användas för en nationell kartering av erosionsrisker. SGI planerar att utföra verifieringen inom ramen för sin FoU-verksamhet under 2013. Därefter kan metoden användas skarpt där SGI föreslås ansvara för den översiktliga karteringen (steg 1-3) medan kommunerna föreslås få ansvar för de detaljerade utredningarna (steg 4-5).



**Figur 5.5**  
Erosion längs kusten i Löderup. Erosionsskydd i form av stora block har lagts ut för att förhindra ytterligare förlust av mark.

## 5.5 Fortsatt forsknings- och utvecklingsbehov

Under arbetet med Göta älvutredningen aktualiserades flera frågeställningar och behov av forskning och utveckling. Det fanns inte möjlighet att inom ramen för utredningen ta sig an dem alla. Under 2012 har SGI sammanställt och sorterat dessa behov och frågeställningar för att göra det möjligt för oss själva och andra forskningsaktörer att ta sig an dem. En grundlig inventering har gjorts bland alla de handläggare som arbetade med utredningen inom myndigheten. Inventeringen resulterade i en lång lista med behov. Ur denna lista prioriterades 2-3 behov inom olika ämnesområden, som SGI anser behöver utvecklas vidare inom framtida forsknings- och utvecklingsuppdrag.

### Prioriterade förslag

Inom området *grundvatten* behövs bättre kunskap om ytliga grundvattenförhållanden. En modell behöver tas fram för att bedöma maximala vattentryck i rådande och framtida klimat.

Inom området *erosion* behövs en förbättrad metod för bestämning av jordens förmåga att erodera. Metoden behöver kopplas till jordens geotekniska egenskaper. Det är också viktigt att börja följa upp och utvärdera funktionen hos befintliga erosionsskydd samt utveckla förbättrade erosionsskydd.

Inom området *kvicklera* behöver kunskapen om processerna vid bildning av kvicklera förbättras. Idag saknas även kunskap om hur lång tid som behövs för att kvicklera ska bildas. Vi behöver förbättra kunskapen om hur ett skred i kvicklera breder ut sig och hur stor omfattningen av skredet kan bli.

Kunskapen om den metod att bedöma *sannolikhet* som använts i Göta älvutredningen behöver fördjupas och jämföras med andra metoder. Skredsannolikheten behöver också kopplas till förstärkningsåtgärder.

Inom ämnesområdet *konsekvenser* behöver den modell som tagits fram inom Göta älvutredningen implementeras och vidareutvecklas. Mer specifikt behöver vi förbättra kunskapen om konsekvensen vid ett skred inom förorenat område eller vid en miljöfarlig verksamhet. GIS har varit ett oundgängligt hjälpmedel i Göta älvutredningen. Modellering av konsekvenser i GIS-miljö och förvaltning av de fram-tagna riskkartorna är därför också viktiga utvecklingsområden.

## 6 Slutsatser

Informationsinsatserna som gjorts under 2012 har ökat kunskapen och medvetenheten bland aktörer och berörda i Göta älvmrådet. Göta älvtredningen visade att risken för skred är hög redan idag och flera aktiviteter har startats i kommunerna efter den informationsinsats som gjorts under 2012. Man ser med stort allvar på framtiden och kommande klimatförändringar, men aktörerna har nu fått upp ögonen för sin egen roll och vad deras eget agerande har för inverkan på skredrisken. Informationsspridning nationellt och internationellt är viktig för att bidra till arbetet med klimatanpassning.

Göta älvtredningen genererade en stor mängd material och nya metoder som kunnat nyttiggöras under 2012 och därigenom genererat ett mervärde för samhället. De tittskåp som utvecklats har en bred användningspotential och vänder sig till en bred målgrupp. Det är dock viktigt att uppdatera materialet framöver. Metoder som anpassats har olika karaktär och vänder sig till olika målgrupper. På sikt kommer metoderna att komma en stor del av samhället till del eftersom de tillsammans bidrar till ökad skredsäkerhet för befintlig bebyggelse och en effektivare plan- och byggprocess i exploateringsområden.

De fördjupade geotekniska analyser som gjorts lyfter fram vilka parametrar man bör minimera osäkerheten för i kommande analyser av Göta älvmrådet. Parametrarnas inflytande på osäkerheten i beräkningarna varierar längs älven och studien visar att släntgeometrin har en inverkan på vilka parametrar som är mest betydelsefulla. Analyserna visar också att fortsatt insamling av erosionsdata via fältmätningar och modellering krävs för att kunna uppskatta förändringen i den horisontella utbredningen av riskklasser i ett framtida klimat.

### 6.1 Fortsatt arbete med klimatanpassning

Planeringsunderlag med fokus på klimatanpassningsinsatser i andra delar av landet har tagits fram för att optimera SGI:s och andra aktörers insatser i det fortsatta arbetet med klimatanpassning. Vi föreslår att skreddatabasen med inträffade skred kombineras med en sammanställning över områden med potentiell skredfara för att underlätta kommunernas arbete med fysisk planering. Dessutom har en geografisk sammanställning över utredningar som är relevanta för klimatanpassning påbörjats. Idag innefattar den utredningar som gjorts vid SGI, men avsikten är att på sikt utöka den med utredningar från andra utförare för att ge en samlad bild av utredningsläget i landet.

Behovet av planeringsunderlag för skredförebyggande åtgärder är stort på flera håll i landet. Baserat på den sammanställning vi gjort för vattendrag och kuststräckor lyfter vi fram nio vattendrag och en kuststräcka som prioriterade områden för fortsatt skredkartering i SGI:s regi. För samtliga prioriterade områden gäller att ett betydande antal skred inträffat fram tills idag, konsekvenserna av skred kan bli stora för samhället och flera kommuner är berörda. För de flesta områden gäller också att klimatförändringarna förväntas öka risken för skred märkbart.

Klimatanpassning i erosionskänsliga områden är viktigt. Den erfarenhet som SGI har byggt upp under sitt nationella samordningsansvar för stranderosion har nu utmynnat i ett förslag på fördjupad kartläggning av erosionsrisker längs vattendrag, sjöar och kuster i dagens och framtidens klimat. En sådan kartläggning skulle resultera i ett användbart planeringsunderlag för bebyggd miljö och exploateringsområden i erosionsutsatta delar av landet och vi föreslår att SGI ansvarar för den första delen av kartläggningen.

Slutligen lyfter vi fram en rad forsknings- och utvecklingsbehov som identifierades i arbetet med Göta älvutredningen. Inom ämnesområdena grundvatten, kvicklera, erosion samt sannolikhets- och konsekvensanalyser finns det flera frågeställningar som behöver belysas framöver för att på sikt förbättra det skredförebyggande arbetet i landet. Vi hoppas att fler forskningsaktörer tar sig an frågeställningarna.

## 7 Referenser

- Falemo, S (2012a). Parametrarnas betydelse för brottsannolikheten i Göta älvdalen. Varia 639. SGI. Linköping.
- Falemo, S (2012b). Förändring av konsekvens och sannolikhet avseende klimatförändring i Göta älvdalen. Varis 640. SGI. Linköping.
- Löfroth, H, Lundström, K, Schälin, D, Åhnberg, H, Blied, L & Falemo, S (2012). Modifiering av metodiker använda inom Göta älvtredningen. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 638. Linköping.
- Rydell, B, Persson, H, Blied, L & Rankka, W (2011c). Erosionsförhållanden i Göta älv. Göta älvtredningen, GÄU. Delrapport 1. Statens geotekniska institut, SGI. Linköping.
- SGI (2012a). Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport Del 1 – Samhällskonsekvenser. Statens geotekniska institut, SGI. Linköping.
- SGI (2012b). Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport Del 2 – Kartläggning. Statens geotekniska institut, SGI. Linköping.
- SGI (2012c). Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport Del 3 – Kartor. Statens geotekniska institut, SGI. Linköping.
- SMHI (2002). Län och huvudavrinningsområden i Sverige. Faktablad nr 10. SMHI. Norrköping.
- SOU (2007:60). Sverige inför klimatförändringar – hot och möjligheter. Statens offentliga utredningar. SOU 2007:60. Stockholm.







## **Statens geotekniska institut**

Besöksadress: Olaus Magnus väg 35 Postadress: SGI, 581 93 Linköping  
Tel: 013-20 18 00 E-post: [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se)

Regionkontor Göteborg:  
Hugo Grauers gata 5 B, 412 96 Göteborg Tel: 031-778 65 60

Regionkontor Malmö:  
Adelgatan 19, 211 22 Malmö Tel 040-35 67 70

Regionkontor Stockholm:  
Kornhamnstorg 61, 111 27 Stockholm Tel 08-578 45 500

[www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)