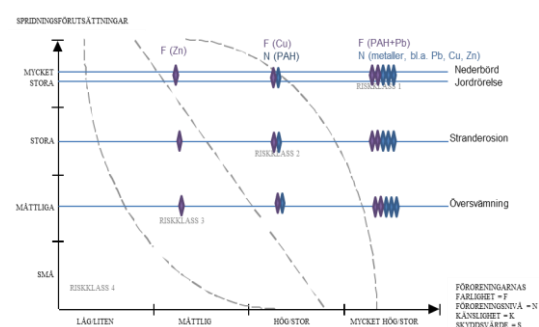
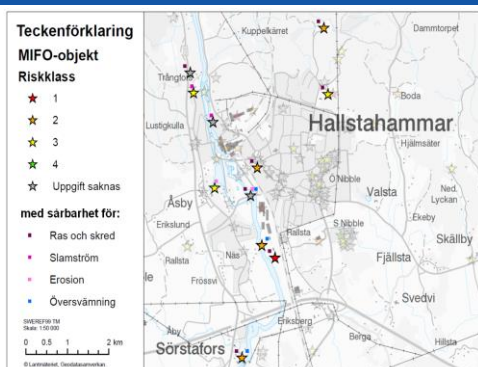




Information och råd

Paul Edebalk, Maria Carling, Gunnel Göransson, Jan Fallsvik,
Jim Hedfors, Karin Odén, Helena Branzén, Mikael Stark



SGI Publikation 20

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:

Edebalk, P, Carling, M, Göransson, G, Fallsvik, J, Hedfors, J, Odén, K, Branzén, H & Stark, M 2016. *Riskbedömning av förorenade områden med hänsyn till sårbarhet för naturolyckor. Information och råd*. SGI Publikation 20, Statens geotekniska institut, Linköping.

Diarienummer: 1202-0133

Uppdragsnummer: 15301

Beställning:

Statens geotekniska institut
Informationstjänsten
581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 04
E-post: info@swedgeo.se

Ladda ner publikationen som PDF
www.swedgeo.se



Statens geotekniska institut

Riskbedömning av förorenade områden med hänsyn till sårbarhet för naturolyckor

Information och råd

Paul Edebalk
Maria Carling
Gunnel Göransson
Jan Fallsvik
Jim Hedfors
Karin Odén
Helena Branzén
Mikael Stark

SGI Publikation 20

Linköping 2016

Förord

Föroreningar kan medföra risker för människors hälsa och vår miljö. I Sverige har vi miljökvalitetsmål som anger inriktningen för miljöarbetet och fokuserar på att minska dessa risker. Det finns ett stort antal förorenade områden i landet. Utredningar av vilka risker ett förorenat område kan innebära för människors hälsa eller miljön och hur man vid behov kan minska riskerna genom efterbehandling, är en viktig del av miljömålsarbetet.

Statens geotekniska institut (SGI) har det nationella ansvaret för forskning, teknikutveckling och kunskapsuppbyggnad gällande förorenade områden. Syftet är att SGI ska medverka till att höja kunskapsnivån och öka saneringstakten så att miljökvalitetsmålen nås. Som ett led i detta ingår att förmedla kunskap om det arbete som utförs vid SGI till olika intressenter, såsom tillsynsmyndigheter, konsulter, analyslaboratorier, problemägare, entreprenörer m.fl., bland annat genom att ge ut SGI Publikationer.

Denna publikation syftar till att beskriva hur man identifierar om det vid förorenade markområden kan finnas sårbarhet för naturolyckor såsom jordrörelser (skred, ras, erosion och slamströmmar) och/eller översvämningar. Publikationen innehåller anvisningar om hur man, baserat på kartunderlag via GIS-teknik, gör en översiktlig kontroll av ett större geografiskt område (till exempel en kommun eller ett län) för att identifiera förorenade områden där det även kan finnas sårbarhet för naturolyckor. Publikationen innehåller även en metod för översiktlig bedömning av om föroreningssituationen (spridning och exponering) vid ett enskilt förorenat område kan komma att förändras på grund av jordrörelser och översvämningar, dvs. om sårbarhet för naturolyckor kan påverka det förorenade områdets riskklassning. Metoden tar även hänsyn till ändring av nederbörds mängder till följd av klimatförändring. SGI avser att i en kommande publikation presentera en metod för att göra en mer detaljerad riskbedömning med avseende på förorenad mark och sårbarhet för naturolyckor.

Målet med publikationen är att redan i ett tidigt skede kunna uppmärksamma områden med kombinerad problematik med avseende på markförorening och naturolyckor och avgöra om det behövs vidare utredningar. Publikationen utgör ett komplement till Naturvårdsverkets rapport 4918, "Metodik för inventering av förorenade områden" (MIFO-handboken). Publikationen vänder sig både till de aktörer som arbetar med förorenad mark och till de som arbetar med fysisk planering. Båda dessa grupper kan behöva ta fram uppgifter om var det kan finnas en riskbild med avseende på markförorening i kombination med jordrörelser och översvämningar samt effekter av klimatförändring.

Arbetet med denna publikation har utförts av Paul Edebalk (uppdragsledare), Maria Carling, Gunnel Göransson, Jan Fallsvik, Karin Odén, Helena Branzén, Jim Hedfors och Mikael Stark vid SGI.

Synpunkter på publikationen har inhämtats genom ett remissförfarande. Ett utkast har skickats för synpunkter till Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Naturvårdsverket, Sveriges geologiska undersökning, Sundsvalls kommun, Karlstads kommun, Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Länsstyrelsen i Östergötlands län och Länsstyrelsen i Västernorrlands län. Inkomna synpunkter har beaktats vid färdigställandet av denna publikation.

Undertecknad har beslutat att ge ut publikationen.

Linköping i mars 2016
Mikael Stark
Chef Markmiljöavdelningen

Innehållsförteckning

1. Inledning	10
1.1 Syfte och mål	10
1.2 Läsanvisning	11
2. Bakgrund	12
2.1 Riskbedömning och riskklassning av förorenade områden	12
2.2 Bedömning av sårbarhet för naturolyckor	16
2.3 Naturolyckor och förorenade områden – SGI:s metoder för bedömning av sårbarhet	21
3. Metod A – screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor	24
3.1 Underlagsmaterial	24
3.2 Metod	26
3.3 Utvärdering och redovisning	26
3.4 Praktikfall	27
4. Metod B – översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor	31
4.1 Underlag och metod	32
4.2 Utvärdering och redovisning	45
4.3 Praktikfall	47
5. Slutord	54
Referenser	55

Bilagor

1. Stabilitetskarteringar
2. Hur naturolyckor kan påverka ett förorenat område
3. Metod A beskriven med GIS-terminologi, inklusive praktikfall
4. Ordlista

Sammanfattning

Bebyggelse och industrier har historiskt lokaliserats intill vattendrag, sjöar eller nära kusten och flera av de industriella aktiviteterna har orsakat förorening av mark och vatten. Områden nära vatten är också områden som är utsatta för naturolyckor såsom skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämningar. Naturolyckor innebär att jordmassor mobiliseras och transporteras från sitt ursprungsläge och därmed kan påverka andra platser. I de fall då förorenade områden och områden med förutsättningar för naturolyckor överlappar varandra finns det en risk för ökad spridning av föroreningar vilket kan innebära miljö- och hälsorisker. En del förorenade områden kan därför vara sårbara för naturolyckor.

Denna publikation har tagits fram för att möjliggöra en överblick över vilka inventerade förorenade områden som ligger på markområden som gör dem sårbara för naturolyckor, samt att underlätta en samlad bedömning av både geotekniska och miljögeotekniska frågeställningar när det gäller förorenade områden och naturolyckor. Publikationen syftar till att beskriva hur man kan identifiera förorenade områden som är sårbara för naturolyckor för att i ett tidigt skede avgöra rätt utredningsbehov.

I publikationen beskrivs två metoder för identifiering och sårbarhetsbedömning. Respektive metod illustreras med praktikfall. Den ena metoden beskriver hur man för ett större geografiskt område, till exempel en kommun eller ett län, kan identifiera vilka av de identifierade förorenade områdena som kan vara sårbara för naturolyckor. Denna metod baseras på befintligt kartunderlag och utförs med GIS-teknik. Den andra metoden utgår från ett visst förorenat område (ett specifikt objekt) och beskriver hur man med hjälp av befintliga underlag, via ett antal bedömningsmatriser, utför en bedömning av sårbarheten för olika typer av naturolyckor samt sårbarhet för ökad nederbörd till följd av klimatförändring. Bedömningen av sårbarhet för naturolyckor kan med hjälp av anvisningarna i publikationen användas som ett komplement till riskklassning av det förorenade området enligt Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Tanken är inte att publikationens metoder ska tillämpas på alla förorenade områden och inte heller att någon generell omklassning ska utföras av tidigare klassade och inventerade MIFO-objekt. Publikationen ska i första hand möjliggöra en överblick över vilka inventerade förorenade områden som ligger inom områden som är sårbara för naturolyckor. För förorenade områden som visar sig ligga inom ett område som är sårbart för naturolyckor bör man överväga att komplettera MIFO-klassningen med information om sårbarhet för naturolyckor.

Även om de två metoderna delvis bygger på samma underlag är de oberoende av varandra. Den metod tillämpas som bäst passar beroende på i vilken geografisk skala som kombinationen av förorenade områden och naturolyckor ska analyseras.

Publikationen innehåller även en översiktlig beskrivning av processen med att utreda och efterbehandla förorenade områden och tar upp begrepp som riskbedömning och riskklassning enligt MIFO. Vidare beskrivs översiktligt processen med att utreda släntstabilitet och naturolyckor. I publikationen framgår det vilket underlag som finns att tillgå och var det underlaget finns att hämta. Även underlag rörande effekter av klimatförändring beskrivs eftersom det kan påverka hur stor sårbarheten för naturolyckor är. I ett par bilagor lämnas mer detaljerad information om stabilitetskarteringar samt hur naturolyckor kan påverka ett förorenat område.

Summary

Historically, buildings and industrial areas have been located close to streams, lakes or near the coastline. Many of these industrial activities have been the cause of contamination to both land and water. Areas adjacent to water may also be prone to natural disasters such as landslides, coastal erosion, mudslides and floods. When these types of natural disasters occur, soil masses are mobilized and transported from their original location and can thus affect other areas. If contaminated sites overlap with areas where natural disasters can occur, there is an increased risk of the spread of pollutants and potential environmental and health risks. Some contaminated areas may therefore be vulnerable to natural disasters.

This publication is designed to provide an overview and inventory of contaminated sites located on land that is vulnerable to natural disasters and to facilitate an overall evaluation of both geotechnical and environmental geotechnical issues in relation to contaminated sites and natural disasters. The publication aims to describe how vulnerable contaminated sites can be identified at an early phase in order to determine which further investigations are needed.

The publication describes two methods for identifying and assessing vulnerable areas. The respective methods are illustrated by practical cases. The first method is applicable in larger geographic areas, such as a municipality or a county, and describes ways to specify which of the identified contaminated areas may be vulnerable to natural disasters. This method is based on existing cartographic data and is performed with the help of GIS-techniques. The second method focuses on specific contaminated sites and describes how, with the help of existing data and via a number of assessment matrices, a vulnerability assessment can be made for various types of natural disasters as well as vulnerability for increased precipitation resulting from climate change. With help from the instructions in this publication, the assessment of vulnerability to natural disasters can be used as a complement to the risk classification of contaminated areas in accordance with the Swedish Environmental Protection Agency's "MIFO" methodology. The methods described in this publication are neither to be applied on all contaminated sites nor used for reclassification of contaminated areas that already have been risk classified with the "MIFO" methodology. The publication is primarily designed to provide an overview and inventory of contaminated sites located on land that is vulnerable to natural disasters. As such, this overview and inventory can be seen as a complement to the "MIFO" risk classification in contaminated areas that are identified as vulnerable to natural disasters.

Although the two methods partly build upon the same data, they can be used independently of one another. The method which best reflects the geographic scale and the combination of type of contaminated area and natural disaster can be used as an analytical tool.

This publication also contains a general description of the process to investigate and remediate contaminated sites and deals with concepts such as risk assessment and classification according to the "MIFO" methodology. In addition, the publication describes the general processes for investigation of slope stability and natural disasters. The publication lists the available data and where they can be found. Also data on the effects of climate change are described as this can affect the degree of vulnerability to natural disasters. The appendices provide more detailed information on stability mapping and how natural disasters can affect a contaminated area.

1. Inledning

Vid riskbedömningar av förorenade områden saknas ofta en helhetssyn vad gäller sårbarhet för naturolyckor såsom skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämningar. Det är sällan man tar hänsyn till hur stabilitetsförhållanden och översvämningar kan påverka vilka miljö- och hälsorisker som förorenade områden kan medföra.

SGI ger ut denna publikation för att underlätta en samlad bedömning av både geotekniska och miljögeotekniska frågeställningar när det gäller förorenade områden. Publikationen är tänkt att utgöra ett komplement till Naturvårdsverkets Rapport 4918 ”Metodik för inventering av förorenade områden” (MIFO-handboken). Tanken är inte att publikationens metoder ska tillämpas på alla förorenade områden och inte heller att någon generell omklassning av MIFO-objekt ska utföras. Publikationen ska i första hand möjliggöra en överblick över vilka inventerade förorenade områden som ligger inom områden som är sårbara för naturolyckor. För förorenade områden som visar sig ligga inom ett område som är sårbart för naturolyckor bör man överväga att komplettera MIFO-klassningen med information om sårbarhet för naturolyckor.

Underlaget till publikationen baseras på litteraturstudier och erfarenheter från stabilitetsutredningar samt riskbedömningar av förorenade områden och tar avstamp i befintliga vägledningar och andra övergripande underlag.

1.1 Syfte och mål

Syftet med publikationen är att beskriva hur man identifierar om det vid förorenade områden kan finnas sårbarhet för naturolyckor såsom jordrörelser (skred, ras och slamströmmar), erosion och/eller översvämningar. Publikationen innehåller anvisningar om hur man, baserat på kartunderlag via GIS-teknik, gör en översiktlig kontroll av ett större geografiskt område (till exempel en kommun eller ett län) för att identifiera förorenade områden där det även kan finnas sårbarhet för naturolyckor.

Publikationen innehåller även en metod för översiktlig bedömning av om föroreningssituationen (spridning och exponering) vid ett enskilt förorenat område kan komma att förändras på grund av jordrörelser och översvämningar, dvs. om sårbarhet för naturolyckor kan påverka det förorenade områdets riskklassning. Metoden tar även hänsyn till ändring av nederbörds mängder till följd av klimatförändring. Genom att använda MIFO-diagram kan man identifiera om det föreligger fara för naturolyckor som kan påverka det förorenade området med avseende på spridning av förorening och vilken naturolycka som dominerar. Resultatet kan ligga till grund för fortsatta utredningar.

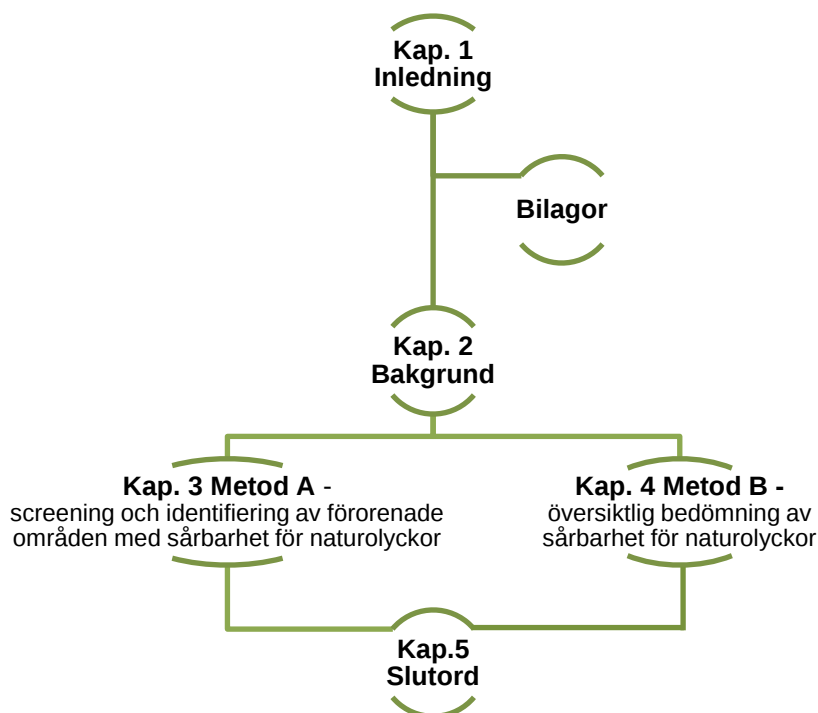
Målet med publikationen är att man genom att utföra en bedömning enligt ovan redan i ett tidigt skede ska kunna uppmärksamma områden med kombinerad problematik med avseende på markförorening och naturolyckor och avgöra om det behövs vidare utredningar.

Målgrupp för publikationen är både de aktörer som arbetar med förorenad mark och de som arbetar med samhällsplanering. Båda dessa grupper kan behöva ta fram uppgifter om var det kan finnas en riskbild med avseende på markförorening i kombination med jordrörelser och översvämningar samt klimatförändringseffekter. Berörda aktörer är i första hand konsulter samt handläggare vid länsstyrelser och kommuner. Publikationen kan även användas av verksamhetsutövare och fastighetsägare.

Publikationens fokus är jord i förorenade markområden, medan nedlagda deponier inte omfattas av metoden. Inte heller arbetsmiljöfrågor eller direkt fara för människoliv (vid till exempel skred/ras) berörs i publikationen.

1.2 Läsanvisning

Denna publikations disposition illustreras i Figur 1.1.



Figur 1.1 Disposition för denna publikation. (SGI)

I Kapitel 2 (*Bakgrund*) beskrivs behovet av en metodik för översiktlig bedömning av sårbarheten för naturolyckor vid riskklassning och riskbedömning av förorenade områden. I kapitlet finns ett översiktligt resonemang om begreppet risk. Där ges också en beskrivning av riskbedömning och riskklassning av förorenade områden samt en beskrivning av naturolyckor (förutsättningar och olika typer av utredningar). Dessutom beskrivs vissa klimatförändringseffekter. Sist i publikationen finns även ett antal bilagor där man kan läsa mer om stabilitetskarteringar och geotekniska utredningar, hur naturolyckor kan påverka ett förorenat område samt en ordlista.

I Kapitel 3 (*Metod A - screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor*) presenteras en metod för att utföra en undersökning av ett större geografiskt område för att identifiera förorenade områden där det kan finnas förutsättningar för naturolyckor. Metoden är tänkt att ge en snabb överblick över vilka förorenade områden inom ett geografiskt område som kan vara sårbara för naturolyckor. I kapitlet beskrivs vilka underlag som finns att tillgå och hur dessa kan sammanläggas med GIS-teknik. I bilaga 3 finns metod A beskriven mer i detalj.

I Kapitel 4 (*Metod B - översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor*) presenteras en metod för att översiktligt bedöma sårbarheten för naturolyckor vid ett enskilt förorenat område. Metod A som beskrivs i Kapitel 3 tar med andra ord sikte på ett större geografiskt område, till exempel en kommun eller ett län, medan metod B i Kapitel 4 behandlar sårbarhet för olika typer av naturolyckor i ett utpekad förorenat område. Av Kapitel 4 framgår även hur man utför en samlad bedömning av sårbarheten för naturolyckor i ett förorenat område (ett objekt) och hur man gör en samlad bedömning av riskklassningen av det aktuella förorenade området. Även om de två metoderna (A och B) delvis bygger på samma underlag är de oberoende av varandra – man tillämpar den metod som passar bäst beroende på i vilken geografisk skala man studerar kombinationen förorenade områden och naturolyckor.

I avslutande Kapitel 5 (*Slutord*) görs en summering kring problematiken med kombinationen av förorenade områden och områden med sårbarhet för naturolyckor.

2. Bakgrund

Bebyggelse och industrier har historiskt lokaliserats intill sjöar och vattendrag och flera av de industriella aktiviteterna har orsakat förorening av mark och vatten. Spridning av föroreningar från förorenad mark till ytvatten har länge varit känt som ett miljö- och hälsoproblem, men då främst orsakat av föroreningstransport via grundvatten till ett ytvatten eller genom ytavrinning och inte till följd av massrörelse eller erosion. Såväl förorenade markområden som områden med sårbarhet (känslighet) för jordrörelser (skred, ras, slamströmmar), erosion och översvämningar finns i stor utsträckning längs våra större ytvattensystem (kust, sjöar och vattendrag). I de fall då dessa områden överlappar varandra finns det en dokumenterad risk för ökad spridning av föroreningarna (Göransson et al 2009; Åkesson 2010).

Sårbarheten för naturolyckor (jordrörelser, erosion och översvämningar) kan ändras till följd av effekter av klimatförändring (nederbördsökning, höjning av grundvattennivåer samt till exempel översvämning). Effekter av klimatförändring kan även innebära en ändrad föroreningsspridning till följd av förändrade markkemiska förhållanden (t.ex. pH-förändring, ändrad tillgång till organiska ämnen och syre). Ett förorenat område kan med andra ord behöva bedömas som en större potentiell risk om det samtidigt finns sårbarhet för naturolyckor och effekter av klimatförändring. Mer utförliga resonemang om hur naturolyckor kan påverka ett förorenat område, t.ex. med avseende på mobilisering och spridning framgår av Bilaga 2.

I alla skeden av arbetet med förorenade områden, från inventering och undersökningar till fördjupade riskbedömningar och åtgärdsutredningar, är det därför viktigt att också ta hänsyn till geotekniska förutsättningar och de effekter som ett förändrat klimat kan innebära. Sådan hänsyn kan tas på olika sätt, beroende på om det handlar om övergripande arbete med många olika förorenade områden, eller arbete med ett specifikt förorenat område (objekt).

Ordet risk används på många olika sätt. I dagligt tal avses ofta något negativt som skulle kunna hända i framtiden och vilka följder händelsen får. Det finns ingen allmänt accepterad definition av risk. Egentligen menas med risk en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens, det vill säga en funktion av sannolikheten att en viss negativ händelse inträffar och den negativa konsekvensen av denna händelse. Emellertid används ordet risk olika beroende på sammanhanget.

Med sårbarhet avses i denna publikation egenskaper och förhållanden i ett samhälle, ett system eller en tillgång som gör dessa känsliga för skadliga effekter av en fara (UNISDR, 2009), där faran i det här fallet är scenarier för spridning av föroreningar från naturolyckor. Till skillnad från ”risk” ingår alltså inte något sannolikhetsbegrepp (sannolikhet att skadliga effekter ska uppstå).

I följande avsnitt beskrivs riskbedömning och riskklassning av förorenade områden (Avsnitt 2.1) samt bedömning av sårbarhet för naturolyckor (Avsnitt 2.2) som bakgrund till föreslagna metoder. Avsnitten redogör även kortfattat för tillgängliga underlag. Metoderna presenteras översiktligt i Avsnitt 2.3 (Naturolyckor och förorenade områden – SGI:s metoder för bedömning av sårbarhet) och mer i detalj i Kapitel 3 respektive Kapitel 4.

2.1 Riskbedömning och riskklassning av förorenade områden

Ett förorenat område är mark, grundvatten, ytvatten, sediment eller konstruktioner som innehåller föroreningar i en sådan mängd att de kan utgöra ett hot mot människors hälsa eller mot miljön. Förorenade områden har huvudsakligen uppkommit genom utsläpp, spill och olyckor vid tidigare industriell verksamhet. Även vid aktiva industrier kan förorenade områden finnas. Deponier och utfyllnader kan också vara betydande föroreningskällor. Det finns idag drygt 80 000 identifierade områden i Sverige

som är eller misstänks vara förorenade. Av dessa bedöms ca 1 200 vara så kraftigt förorenade att de utgör en mycket stor risk för människors hälsa och miljön (Naturvårdsverket 2013)

I Naturvårdsverkets vägledningsmaterial om förorenade områden, se till exempel Rapport 5978 (Naturvårdsverket, 2009a), görs följande definition av begreppet risk: ”Sannolikheten för och konsekvensen av de negativa effekterna på hälsa, miljö eller naturresurser som ett förorenat område kan ge upphov till”.

Vid riskbedömning av förorenade områden är begreppen föroreningskälla/riskobjekt, spridningsväg och skyddsobjekt centrala begrepp. Sambandet mellan dem illustreras i Figur 2.1. En risk föreligger när förorening från en källa (till exempel jord, grundvatten, sediment) frigörs och via olika transportvägar sprids och exponerar skyddsobjekt (till exempel människa, markmiljö, yt- och grundvatten) så att en negativ effekt kan uppstå. Den riskbedömning som görs i samband med utredning av förorenade områden syftar till att beskriva sambandet mellan föroreningsförekomst och eventuella negativa effekter (dvs. om föroreningen genom spridning/exponering kan ge en skadlig effekt på människors hälsa eller på miljön). Med riskbedömning (på engelska risk assessment) avses i dessa sammanhang ”den process som används för att identifiera och kvantitativt eller kvalitativt ta ställning till de risker med avseende på människors hälsa, miljön eller naturresurser som ett förorenat område kan ge upphov till” (Naturvårdsverket 2009a).

Riskbedömningen för förorenade områden utgår vanligtvis från olika scenarier. Scenarierna kan till exempel representera olika typer av markanvändning och möjlig exponering för en population. I Sverige beskrivs sällan den faktiska risken för en enskild individ. Därtill fokuserar riskbedömningen snarare på konsekvenser än sannolikheter.



Figur 2.1 Samband föroreningskälla, transport/exponeringsväg och skyddsobjekt. (SGI, foto: Maria Carling, SGI)

2.1.1 Processen att utreda och efterbehandla förorenade områden

Arbetet med förorenade områden utgår från miljöbalken och de miljökvalitetsmål som riksdagen fastställt. Arbetet med att utreda och åtgärda/efterbehandla förorenade områden följer normalt en särskild arbetsgång, där undersökningar och utredningar utförs stegvis, se Figur 2.2.



Figur 2.2 Processen att utreda och efterbehandla förorenade områden (SGI, efter Länsstyrelsen Östergötland 2013).

2.1.2 Riskklassning av förorenade områden

Sedan slutet av 1990-talet har det pågått ett nationellt arbete med att inventera, riskbedöma och prioritera vilka förorenade områden som behöver undersökas och åtgärdas.

Arbetet med identifiering, inventering och riskklassning har utförts av länsstyrelserna och kommunerna och följer den s.k. MIFO-metodiken (Metodik för Inventering av Förorenade Områden, se vidare Naturvårdsverket 1999). Riskklassningen i MIFO baseras på en samlad riskbedömning där man väger samman föroreningarnas farlighet, föroreningsnivån, spridningsförutsättningarna samt omgivningens känslighet och skyddsvärde. Sammanvägningen görs både i en beskrivande text och i ett särskilt diagram. Riskklassningen utmynnar i en av fyra riskklasser, där riskklass 1 (RK 1) motsvarar mycket stor risk och riskklass 4 (RK 4) liten risk. MIFO-metodiken är i första hand ett verktyg för att kunna prioritera resurser mellan olika förorenade områden, och riskklassen är inte ett absolut mått på den miljö- och hälsorisk som enskilda objekt utgör.

De områden som misstänks kunna vara förorenade och som MIFO-inventerats, finns registrerade i det s.k. EBH-stödet. EBH-stödet är en webbaserad databas som länsstyrelserna ansvarar för. För närvarande (februari 2016) är det bara länsstyrelserna och Naturvårdsverket som har tillgång till EBH-stödet, men genom att kontakta länsstyrelsen kan man få utdrag ur databasen. På sikt kommer även kommunerna själva att kunna ta del av och använda EBH-stödet. Informationen i databasen ska kunna användas för att prioritera olika efterbehandlingsinsatser, men kan också vara ett underlag för den fysiska planeringen och vid exploatering.

2.1.3 Förenklad och fördjupad riskbedömning av förorenade områden

Ett första steg är att utföra en översiktlig miljöteknisk markundersökning. Den översiktliga undersökningen ska framför allt svara på om området är förorenat och vilka föroreningar som förekommer. Provtagningen sker framför allt på ställen där man misstänker spill och läckage, dvs. vid s.k. källområden. Beroende på resultatet kan det sedan vara aktuellt att gå vidare med mer detaljerade undersökningar. Syftet med de detaljerade undersökningarna är bland annat att försöka avgränsa föroreningarna, att uppskatta mängden förorening samt att bedöma om och hur föroreningarna sprids.

För att kunna bedöma om ett förorenat område utgör en risk för människors hälsa eller miljön, så utförs en riskbedömning. Riskbedömningen bygger på de resultat man fått fram i den miljötekniska markundersökningen, dvs. föroreningssituationen i mark, vatten, sediment. I riskbedömningen beskrivs både vad som kan utgöra en risk (föroreningskällan/riskobjekt) och vad som är skyddsvärt i omgivningen (skyddsobjekt), till exempel människor som vistas på området och ekosystemen i mark och vatten. I riskbedömningen är det också viktigt att se på kopplingen mellan föroreningskällan och skyddsobjektet, dvs. hur kan människor exponeras för föroreningen, eller hur kan föroreningen spridas till omgivningen. Det är viktigt att riskbedömningen har både ett kort och ett långt tidsperspektiv. Med ett långt tidsperspektiv menas i detta sammanhang 100-1000 år (Naturvårdsverket 2009a). I riskbedömningen tas hänsyn till hur marken används idag, men också hur markanvändningen kan tänkas förändras i framtiden.

För arbetet med riskbedömning av förorenade områden finns flera vägledningar från Naturvårdsverket (2009a; 2009b; 2009c). Naturvårdsverket skiljer mellan förenklade och fördjupade riskbedömningar. En förenklad riskbedömning omfattar bland annat en jämförelse av uppmätta halter med relevanta riktvärden. Naturvårdsverket har tagit fram generella riktvärden för förorenad jord för KM – känslig markanvändning (till exempel bostäder och skolor) och för MKM – mindre känslig markanvändning (till exempel industrier, handel och vägar). Naturvårdsverkets riktvärdesmodell kan också användas för att ta fram platsspecifika riktvärden, där justeringar gjorts för de förhållanden som gäller på den aktuella platsen. En fördjupad riskbedömning kan vara nödvändig till exempel om det är en komplicerad föroreningssituation med många olika föroreningar eller komplex hydrogeologi.

2.2 Bedömning av sårbarhet för naturolyckor

Naturolyckor såsom skred, ras och slamströmmar innebär att jordmassor transporteras från sitt ursprungsläge och påverkar angränsande områden. Även erosion och översvämningar innebär att jord förflyttas. Nedan beskrivs de olika typerna av naturolyckor och vilka underlag som finns att tillgå avseende markstabilitet, erosion och översvämningar. Vidare beskrivs underlag angående klimatförändringen eftersom den kan påverka hur stor sårbarheten för naturolyckor är.

Flera av de nedan nämnda underlagen beskrivs närmre i SGI Vägledning 1, Kartunderlag om ras, skred och erosion (SGI 2015e). Vägledningen har gemensamt tagits fram av Statens geotekniska institut, Sveriges geologiska undersökning, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och Lantmäteriet. Vägledningen förklarar begrepp och beskriver hur underlag om ras, skred och erosion kan användas och tolkas. Dessutom har en webbaserad kartvisningstjänst för ras, skred och erosion byggts upp. I kartvisningstjänsten finns samtliga kartunderlag samlade, se www.swedgeo.se, under Produkter & tjänster, Kartor och GIS.

2.2.1 Beskrivning av skred, ras, slamströmmar och erosion

Exempel på naturolyckor då det kan förekomma transport av förorenad jord från förorenade områden eller områden med miljöfarlig verksamhet är bland annat:

- Skred
- Ras
- Slamströmmar
- Erosion (inklusive ravintillväxt)

Dessa processer är starkt beroende av nederbördsförhållandena. Stor nederbörd orsakar bland annat översvämningar, höga flöden och höjda grundvattennivåer, som in sin tur ger ökade förutsättningar för jordrörelser.

Skred, ras och slamströmmar är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan inträffa utan förvarning och orsaka stora skador.

Skred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Förutsättningar för skred finns i områden med jordlager av lera och silt. Lera och silt förekommer främst i låglänta områden och i anslutning till vattendrag, kuster och sjöstränder. Jordens egenskaper, grundvattenförhållanden, nivåskillnader i landskapet samt belastningar (exempelvis fyllningar, trafik, byggnader) påverkar stabilitetsförhållandena. Ökad slänthöjd, släntlutning och belastningar i övre delen av slänten innebär ökad benägenhet för skred. När markytans lutning är brantare än 1:10 (6°) och i vissa fall även 1:15 (4°), kan det innebära instabila markförhållanden och att förutsättningar för spontana skred kan finnas. En speciell typ av lera är den så kallade kvickleran. När en kvicklera utsätts för störning (till exempel genom omrörning eller vibrationer) kan den förlora större delen av sin hållfasthet, och bli helt flytande. Ett stort antal skred i Västsverige, speciellt sådana med stor utbredning, har varit kvicklereskred.

Ras är en jordmassa som kommer i rörelser där jordpartiklarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Ras sker i grov jord: grus och morän. Höjdskillnaden har mindre betydelse för stabiliteten i grova jordar än i finkorniga jordar. I grov jord är rasbenägenheten framförallt beroende av släntlutningen. En slänt i grov jord anses ha förutsättningar för uppkomst av ras där lutningen är brantare än 17°. Orsaken till ras i branta naturliga slänter med grov jord är oftast att jorden blir vattenmättad efter en nederbördsrik period eller i samband med snösmältningen vilket minskar hållfastheten i jorden.

Slamströmmar är en trögflytande massa av vatten, jord och vegetation som kan uppstå i bäckfåror som går i ravinformationer eller över branta sluttningar där vattnet följer exempelvis stigar, diken eller djupa hjulspår. Slamströmmar uppstår efter intensiva nederbördsstillfällen och de upprepas ofta längs

en och samma ravin eller sluttning. Beroende på höjdskillnader och släntlängder (terrängens brutenhet) kan slamströmmar vara både stora och små. Så länge bäckfåran eller slänten är tillräckligt brant fortsätter slamströmmen sin rörelse nedåt. Längs sin väg påverkas marken och omgivningen av mycket kraftig erosion. Ytterligare jordmassor innehållande sten och block och även hela träd dras ofta med. Därmed kan slamströmmens volym successivt öka nedför slänten. Längs vattendrag i raviner uppstår problem på grund av att landhöjning i kombination med gravitationen gör att vattnet gräver sig djupare och djupare ner i marken. Det innebär att nivåskillnaderna blir större och slänterna blir brantare med större sårbarhet för skred, ras och erosion i sidoslänterna. Vid skred och ras ansamlas jordmassor längs ravinbotten i ett första steg. Det kan medföra en uppdämning av ravinens vattendrag och orsaka översvämning. Vid kraftig vattenföring i ravinens vattendrag kan massorna åter sättas i rörelse och kan, om vattenmassan/kraften är tillräckligt stor, bilda en slamström.

Erosion är lossgörande, transport och avlagring av jordpartiklar vanligtvis av rinnande vatten. Förutsättningar för erosion finns utmed många sträckor längs landets kuster, sjöar och vattendrag. Jordarternas erosionskänslighet beror på partikelsammansättning (silt och sand är mycket erosionsbenägna), grundvattenförhållanden och topografi. Erosion längs vattendrag kan medföra ökad sårbarhet för skred, ras och slamströmmar och i och med detta även lossgöring av partiklar med föroreningar.

Den naturliga balansen när det gäller stabilitetsförhållandena och benägenheten för slamströmmar kan förändras vid avverkning av skog, dikesanläggning, framförande av tunga maskiner etc. Borttagning av vegetation leder till en snabbare avrinning av ytvatten vilket kan leda till att jordmassor kommer i rörelse. Djupa spår av tunga skogsmaskiner kan leda om mindre vattendrag så att en ökad avrinning påverkar angränsande släntområden med ökad benägenhet för utveckling av ras och slamströmmar där.

2.2.2 Processen att utreda och åtgärda problem med släntstabilitet

Utredning av en slänts stabilitet inom bebyggda områden utförs stegvis, se Figur 2.3, där man börjar med en översiktlig nivå för att gå vidare med en högre detaljeringsgrad beroende på vad resultatet visar avseende stabilitetsförhållandena, på liknande sätt som i MIFO-utredningar. Arbetsgången vid stabilitetsutredningar ska följa IEG:s Rapport 4:2010 (IEG 2010) som är ett tillämpningsdokument för Eurocode, samt Skredkommissionens Rapport 3:95 (Skredkommissionen 1995).

Observera att vid nybyggnation ska stabiliteten i slänten utredas i enlighet med Eurocode och följa IEG:s tillämpningsdokumentet Rapport 6:2008 Rev 1, Slänter och bankar. Vid nybyggnation gäller inte arbetsgången som beskrivs nedan avseende detaljeringsgraden (översiktlig, detaljerad och fördjupad utredning). Istället är det geoteknisk kategori, ett mått på jordlagrens och konstruktionernas komplexitet, som styr utredningens omfattning. Däremot likställs utredningens omfattning vid geoteknisk kategori 2 med en detaljerad utredning.

Den geotekniska utredningen för bebyggda områden kan omfatta något eller några av följande steg:

- Geoteknisk besiktning och överslagsberäkning
- Detaljerad utredning
- Fördjupad utredning
- Kompletterande utredning
- Dimensionering av förstärkningsåtgärder

De olika stegen i arbetsgången vid stabilitetsutredningar enligt Skredkommissionen beskrivs kortfattat nedan.

Geoteknisk besiktning och överslagsberäkning

Det första steget är en översiktlig utredning. Då använder man sig framförallt av tillgängligt material som jordartskarta, topografisk karta, flygbilder och platsbesök. För några utvalda sektioner väljs jor-

dens hållfasthet och vattentryck på den säkra sidan och en slänts stabilitet bedöms med hjälp av överlagsberäkningar. Den framräknade stabiliteten jämförs med rekommenderade värden.

Detaljerad utredning

En detaljerad utredning syftar till att utreda om ett reellt stabilitetsproblem föreligger. I utredningen ingår att, för ett antal utvalda sektioner, bestämma jordens egenskaper och grundvattenförhållanden (geotekniska undersökningar i fält och laboratorium), samt att beräkna stabiliteten och jämföra med rekommenderade säkerhetsfaktorer. I rekommendationerna finns ett spann på rekommenderad säkerhetsfaktor beroende på antalet ogynnsamma respektive gynnsamma parametrar.

Om rekommenderade säkerhetsfaktorer inte uppnås vid den detaljerade utredningen kan det krävas en fördjupad utredning inför dimensionering av stabilitetsåtgärder. Lämpliga åtgärder beskrivs under rubriken "Åtgärder".

Fördjupad utredning

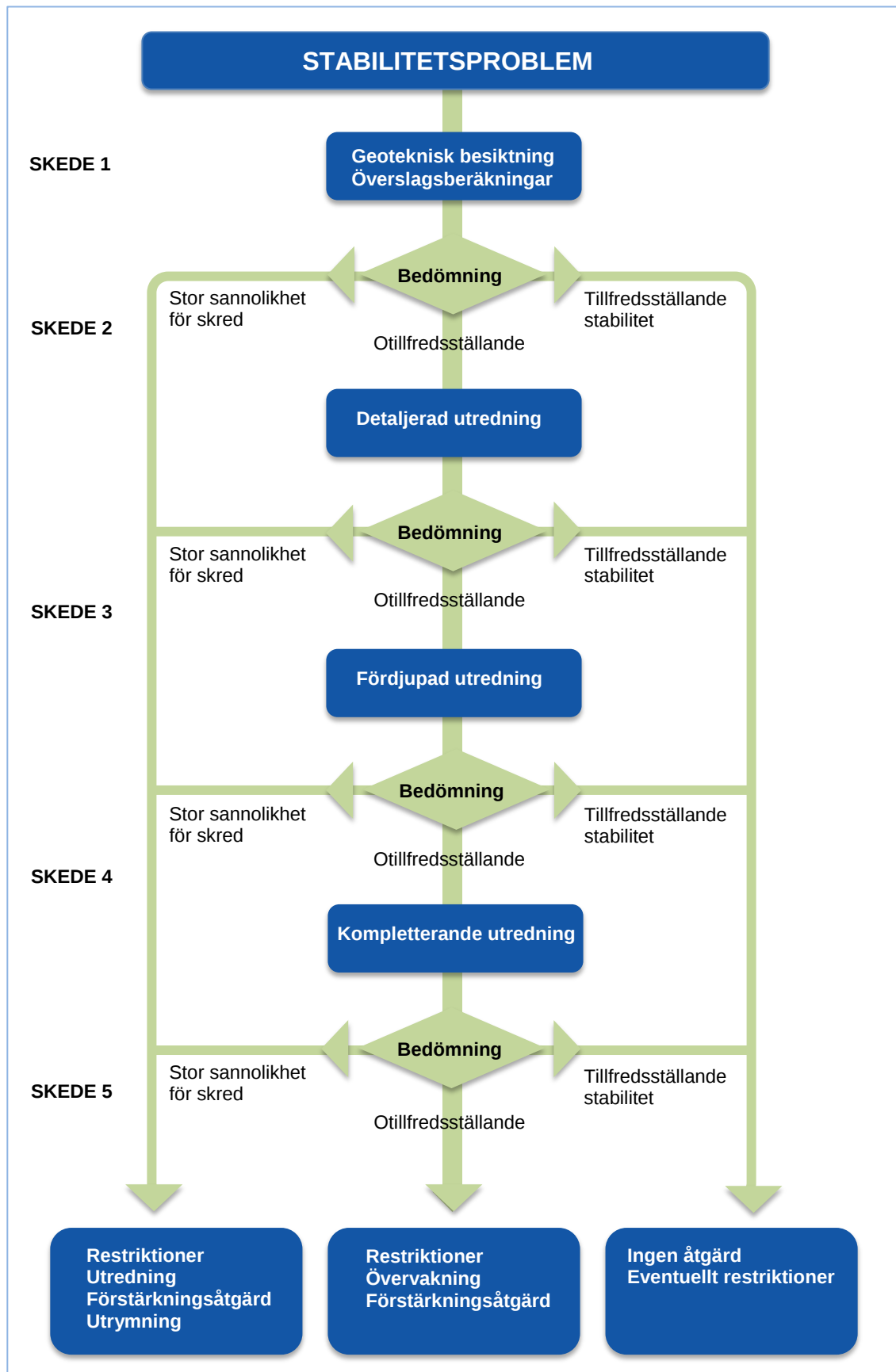
Om den detaljerade utredningen visar att stabilitetsförhållandena inte är tillfredsställande går man vidare med en fördjupad utredning för att kunna ta ställning till om stabilitetsåtgärder behövs eller inte. Mer kvalificerade och/eller mer yttäckande undersökningar utförs i syfte att i detalj bestämma jordens egenskaper (skikt, spänningar, hållfasthet etc.), geometri (inklusive bottennivå i vattendrag), förekomst av kvicklera och vattentrycksförhållanden.

Kompletterande utredning

Om den fördjupade utredningen visar på icke tillfredsställande stabilitet och stabilitetsåtgärder är aktuella går man vidare med ytterligare en detaljeringsgrad; kompletterande utredning. En kompletterande utredning ska ge underlag för bedömning av bland annat anisotropi hos jordens hållfasthet (olika egenskaper i olika riktningar), vilket kan inverka gynnsamt på stabiliteten. Vidare ska den kompletterande utredningen bilda underlag för dimensionering och kostnadsberäkning av eventuella stabilitetsåtgärder. Även konsekvenser för omgivande mark och bebyggelse ska utredas.

Dimensionering av stabilitetsåtgärder

Olika stabilitetsåtgärder övervägs, dimensioneras och kostnadsberäknas. Val av stabilitetsåtgärd sker bland annat på basis av lämplighet för den aktuella jordarten, tillgängligt utrymme, hänsyn till miljö- och naturintressen med mera. Om en slänt behöver förstärkas för att öka stabiliteten så kan en mer omfattande undersökning innebära att åtgärder kan optimeras och därmed kostnaderna reduceras.



Figur 2.3 Arbetsgång vid utredning av släntstabilitet (SGI, efter Skredkommissionen 1995).

2.2.3 Stabilitetskarteringar med mera

Stabilitetskartering utförs för att yttäckande utreda stabilitetsförhållandena inom ett område, det vill säga förutsättningarna för skred, ras, slamströmmar och erosion. Nationella översiktliga stabilitetskarteringar både avseende skred (finkornig jord – lera, silt) och ras/slamströmmar (grovkornig jord – morän) görs på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) för bebyggda områden (för mer detaljerad information, se Bilaga 1).

SGI utför heltäckande översiktliga skredriskkarteringar utefter några utpekade älvar och dessa täcker även icke bebyggda områden. En del kommuner har utfört och utför stabilitetskarteringar av mer övergripande karaktär för att få en överblick av stabilitetsförhållandena inom kommunen.

En mer avgränsad variant av karteringar är stabilitetsutredningar som till exempel genomförs av kommuner inför planering och exploatering och av Trafikverket vid planering och byggnation av nya väg- och järnvägssträckningar. Dessa utredningar är oftast mer detaljerade än stabilitetskarteringarna.

SGI och SGU (Sveriges geologiska undersökning) arbetar tillsammans med att utveckla digitala kartor som visar var det finns förutsättningar för skred. Dessa översiktliga kartor är avsedda att indikera områden där det finns förutsättningar för skred i finkornig jord. De GIS-baserade kartorna tas fram utifrån den nationella höjddatabasen (NH) och SGU:s digitala jordartskartor. Kartorna tas fram yttäckande, även för områden som inte är bebyggda. Kartorna är avsedda för översiktlig planering och som underlag vid annan planläggning i tidiga skeden med mera samt för att indikera var utredningar behöver göras. I mer detaljerade sammanhang (detaljplaner, bygglov, byggnation osv.) måste man utföra mer detaljerade och platsspecifika geotekniska utredningar.

Särskild stabilitetskartering för områden med miljöfarlig verksamhet eller förorenade områden utförs inte i Sverige idag. Däremot kan förorenade områden omfattas i de fall där stabilitetskartering utförs för bebodda områden av MSB eller av kommuner, utmed planerade nya vägar och järnvägar, utmed särskilt utvalda avsnitt av större älvar eller inom ramen för SGI/SGU:s kartor som visar områden med förutsättningar för skred.

2.2.4 Kartläggning av förutsättningar för stranderosion

För att få en uppfattning om omfattningen av stranderosion i landet genomför SGI en översiktlig kartläggning av var erosion förekommer och var förutsättningar för erosion finns i Sverige. Hittills har hela havskusten, de sex största sjöarnas stränder och större vattendrag översiktligt kartlagts med avseende på förutsättningar för erosion. Kartorna visar områden med erosionskänsliga jordarter och är ett underlag för planering och vidare inventering av riskområden.

2.2.5 Översvämningskarteringar

Nationella översiktliga översvämningskarteringar längs de svenska vattendragen görs på uppdrag av MSB. En uppdatering av dessa pågår för utvalda områden för att inkludera ny höjddata och för att inkludera klimatanpassade 100-årsflöden och 200-årsflöden. Översvämningskarteringar längs kuster till följd av höjda havsnivåer har utförts av ett fåtal kommuner i framförallt Skåne.

2.2.6 Klimatanalyser och effekter av förändringar

I Sverige är det Rossby Center vid SMHI som tar fram regionala klimatmodeller och genomför regionala klimatanalyser. Analyserna baseras på globala klimatscenarier och görs för att simulera hur klimatet kan komma att förändras för perioden fram till slutet av detta sekel (2100). Information om klimatscenarier och klimateffekter (temperatur, nederbörd, vind, vattenföring, vattennivåer) finns på SMHI:s webbplats och på Klimatanpassningsportalen (www.klimatanpassning.se). En sammanställning av vad scenarierna innebär för Europa och specifikt för Sverige finns att läsa i Kjellström et al (2014). Sammanfattningsvis sker klimatförändringen gradvis och valet av scenario spelar stor roll för

effekterna. På kort sikt skiljer sig scenarierna marginellt medan de under senare delen av seklet ger påfallande skillnader.

Generellt innebär klimatiförändringen följande konsekvenser för Sverige (Kjellström et al, 2014):

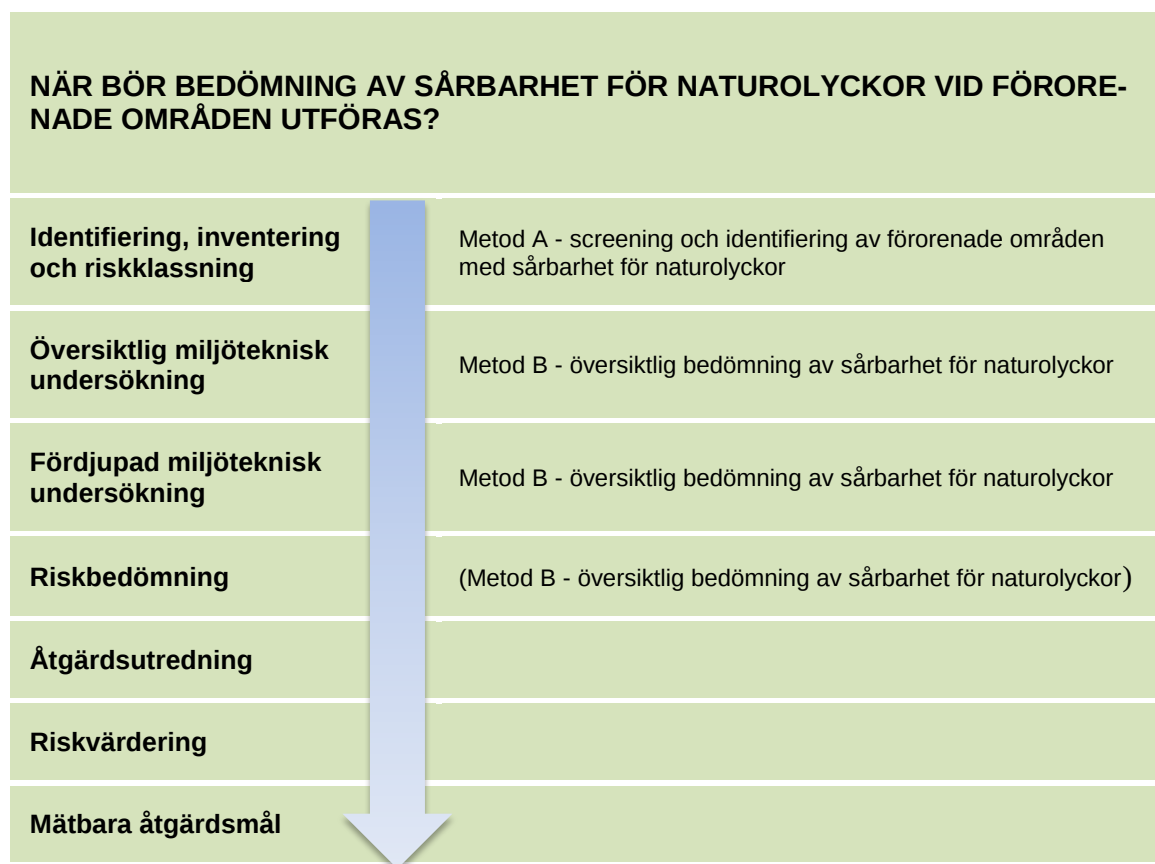
- Uppvärmningen innebär att temperaturzonerna flyttar norrut.
- Temperaturen kommer att öka och beräknas ske under alla årstider men mest i norra Sverige på vintern. Det innebär en temperaturökning på 4-10°C längst i norr fram till seklets slut jämfört med perioden 1970-2000.
- Temperaturökningen medför att vegetationsperioden kommer att bli 30-100 dagar längre i slutet av seklet jämfört med perioden 1970-2000.
- Årsnederbörden förväntas öka och kan lokalt vara uppemot 15, 25 eller 40% högre i slutet av seklet jämfört med perioden 1970-2000. Redan i mitten av seklet visar det värsta scenariot att en ökning på 20% kan vara möjlig i stora delar av landet.
- De största nederbördsmängderna som kan falla under en vecka eller ett dygnt kan komma att öka uppemot 10-20% till mitten av seklet och uppemot 30% till seklets slut, jämfört med perioden 1970-2000.
- De kraftiga (intensiva) regnen beräknas öka till såväl frekvens som omfattning. Under den senare delen av seklet beräknas de kraftigaste regnen under sommaren öka med 10-15%.
- Antalet snöfall kommer generellt att minska och falla som regn istället. Snösäsongen kommer bli kortare och isvinterns längd kommer att bli kortare.
- Årets längsta torrperiod kommer troligen inte att ändras.
- Stormfrekvens och intensitet kommer troligen inte att förändras nämnvärt jämfört med idag.
- Den globala havsnivån kommer att stiga och sannolikt också fortsätta stiga en lång tid efter seklets slut. Landhöjning och landsänkning påverkar hur stora dessa konsekvenser blir för Sverige men generellt påverkas södra Sverige främst medan landhöjningen jämnar ut för de norra delarna av landet

En ökning av regnintensitet kan komma att påverka bildandet av slamströmmar och erosion. Nederbördsmängd påverkar även flödet i våra vattendrag. Lågvattenstånd i kombination med häftiga skyfall kan innebära en ökad sannolikhet för till exempel skred. Högre vattenföring påverkar erosionen och som i sin tur kan påverka sannolikheten för skred. Havsnivåhöjningen kan förutom översvämningar även innebära en ökad erosion. Ett stort antal övriga klimatberoende förhållanden kommer också att förändras efterhand som klimatet ändras, till exempel tjälbildning och brandrisk.

2.3 Naturolyckor och förorenade områden – SGI:s metoder för bedömning av sårbarhet

Med utgångspunkt från de processer och de underlag som beskrivs ovan finns det möjlighet att utföra kombinerade bedömningar av naturolyckor och förorenade områden. Angreppssättet för att göra en sådan bedömning är olika beroende på vilken skala man studerar. Om man önskar identifiera förorenade områden i ett större geografiskt område (t.ex. en kommun eller ett län) som även har sårbarhet för naturolyckor föreslår SGI en screening med GIS (Metod A). Om man däremot utgår från ett specifikt förorenat objekt föreslår SGI en övergripande geoteknisk bedömning av det aktuella förorenade området (Metod B). Metod A respektive Metod B presenteras kortfattat nedan och mer i detalj i

Kapitel 3 respektive Kapitel 4. I Figur 2.4 illustreras när Metod A respektive B kan komma till användning i processen att utreda och efterbehandla förorenade områden.



Figur 2.4 Användning av metod A respektive B vid olika steg i utredningsprocessen vid förorenade områden. (SGI)

Ett övergripande arbete med förorenade områden (till exempel identifiering och MIFO-klassning) kan syfta till att identifiera/prioritera bland flera förorenade områden i ett större geografiskt område. SGI har tagit fram en metod för att ta hänsyn också till sårbarhet för naturolyckor, en slags screening (översiktlig gallring): **Metod A – screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor**. Med metoden kan man med hjälp av GIS-analys identifiera vilka förorenade områden som ligger på mark med sårbarhet för skred, ras, erosion, slamströmmar och/eller översvämningar inom ett större sammanhängande område (till exempel en kommun eller ett län). Metod A beskrivs närmre i Kapitel 3. Resultat från metod A kan utgöra ett kompletterande underlag till bedömning av vilka förorenade områden som behöver prioriteras i miljömålsarbetet eller som behöver uppmärksammas i den fysiska planeringen (t.ex. exploateringsärenden).

Om man genom metod A identifierar förorenade områden där man vid tidigare MIFO-riskklassning inte tagit hänsyn till sårbarhet för naturolyckor bör man överväga att komplettera MIFO-riskklassningen med sådan information. Det gäller framför allt områden i Riskklass 1 och 2.

I enskilda projekt kan den riskklassning/riskbedömning som görs med avseende på förorenad mark i vissa fall behöva kompletteras med en översiktlig geoteknisk bedömning. Det kan gälla både de förorenade områden som enligt MIFO-metoden utgör en mycket stor eller stor risk och därför måste undersökas/åtgärdas, och de förorenade områden som aktualiseras i samband med exploateringsärenden. Frågan om sårbarhet för naturolyckor vid ett specifikt förorenat område kan t.ex. aktualiseras vid en screening enligt metod A, eller på annat sätt. Syftet är att bedöma om föroreningssituationen/riskerna för människa och miljö kan komma att förändras om man också beaktar sårbarheten för skred, ras,

erosion, slamströmmar och/eller översvämningar. Även effekter av klimatförändringen behöver beaktas. Är förutsättningarna sådana att en ökad risk kan befaras? SGI har tagit fram en metod där riskklassningen, utförd enligt vedertagen MIFO-metodik, kompletteras med geotekniska aspekter till en reviderad riskklass: **Metod B – Översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor**. Metod B beskrivs detaljerat i Kapitel 4.

Om den översiktliga bedömningen (Metod B) har pekat på att det finns en ökad sårbarhet för naturolyckor, kan det behöva göras en mer platsspecifik bedömning. Hur en sådan platsspecifik bedömning ska göras (till exempel vilka olika typer av utredningar som är nödvändiga) tas inte upp här. SGI ser emellertid att det finns behov av en metod för att göra en sådan mer detaljerad riskbedömning med avseende på förorenad mark och sårbarhet för naturolyckor.

3. Metod A – screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor

Syftet med den nedan beskrivna metoden (metod A) är att för ett större geografiskt område översiktligt identifiera vilka förorenade områden som ligger inom områden där det finns sårbarhet för skred, ras, slamströmmar, erosion, och/eller översvämningar. Vid denna översiktliga identifiering tas ingen hänsyn till ökad nederbörd till följd av klimatförändring. Nya klimatdata från SMHI:s klimatscenarion (www.smhi.se) kan ge ytterligare stöd i bedömningen av risken för naturolyckor i framtiden. Prognoser om ökad nederbörd kan öka sårbarheten för både jordrörelser och översvämningar.

Om ett förorenat område ligger på mark med sårbarhet (känslighet) för skred, ras, slamströmmar, erosion och/eller översvämningar kan det innebära att riskbilden förvärras. Det handlar alltså om att göra en översiktlig och snabb bedömning av en eventuell kombination av ett förorenat område och ett område med sårbarhet för naturolyckor med målet att bättre kunna prioritera rätt objekt för fortsatta undersökningar och eventuella åtgärder.

Om man däremot har behov av att bedöma om det vid ett enskilt förorenat markområde finns sårbarhet för naturolyckor och ökad nederbörd till följd av klimatförändring hänvisas till metoden som beskrivs i nästa avsnitt (metod B, se Kapitel 4).

Metoden för screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor bygger på att koppla olika GIS-skikt till varandra för att på så sätt enkelt och snabbt identifiera var inom ett större område som kombinationen av ett förorenat markområde och en sårbarhet för naturolycka finns. Metoden är i första hand tänkt att utnyttjas av

- Tillsynsmyndigheter på länsstyrelser och kommuner som behöver få en bild av vilka förorenade områden som också har sårbarhet för naturolyckor.
- Planerare på lokal och regional nivå som i sitt arbete med fysisk planering behöver ta hänsyn till förorenade områden.

Den nedan beskrivna arbetsgången bygger på GIS-teknik, men principerna går även att tillämpa manuellt baserat på kartunderlag såsom topografisk karta och jordartskarta. SGI rekommenderar dock att GIS-kompetens anlitas. GIS-kompetens finns vid länsstyrelserna, kommunernas stadsbyggnads- och tekniska kontor eller hos tekniska konsulter.

Nedan redogörs kortfattat för metodens underlag, arbetsprocess och resultat. Ett praktikfall i slutet av detta kapitel illustrerar arbetsgång och tänkt resultat. I Bilaga 3 finns nedanstående text återgiven i en utvidgad version, med praktikfallet invävt. Bilagan utgör även en mer fullständig anvisning för personer med GIS-kompetens.

3.1 Underlagsmaterial

Följande GIS-metod bygger på att identifiera de MIFO-objekt vars geografiska läge sammanfaller med kända lägen för områden med eventuella stabilitetsproblem. Områden med stabilitetsproblem definieras här som områden med förutsättning för skred, ras, slamströmmar, erosion, och översvämning – *naturolycka*. Även konstaterad aktiv erosion och låg markstabilitet (från stabilitetsberäkningar) inkluderas om denna information finns tillgänglig.

Metoden är utformad så att minsta möjliga mängd underlag, här benämnt *basunderlag*, ska ge ett användbart resultat, medan ett *utökat underlag* med fördel kan ingå för att höja tillförlitligheten i identifieringen. Underlagsmaterial i form av basunderlag och utökat underlag beskrivs kortfattat i Tabell 3.1.

För mer detaljerad information hänvisas till Bilaga 3. I vissa län har länsstyrelsen låtit utföra klimat- och sårbarhetsutredningar där GIS-teknik tillämpats. Sådana klimat- och sårbarhetsutredningar kan utgöra ett alternativt eller kompletterande underlag.

Samtliga GIS-lager under basunderlag finns tillgängliga via geodatasamverkan (www.geodata.se) med undantag av *Förutsättningar för skred i finkornig jordart* som erhålles via SGU kundtjänst (kommer till geodata.se år 2016). Delar av datalagren i det utökade underlaget finns tillgängliga via geodatasamverkan (www.geodata.se). Ytterligare data kan sökas via källor inom olika myndigheter, kommuner, konsulter och andra branschorganisationer (till exempel Trafikverket, SMHI, Naturvårdsverket etc.).

Notera att rättigheter till underlagskartor kan vara skyddade med regler för nyttjande och vidare spridning. Notera även att utbudet av och innehållet i tillgängliga underlag uppdateras löpande.

Tabell 3.1 Obligatoriskt basunderlag samt förslag på utökat underlag för indata till GIS-analysen. För tillgång till basunderlag och utökat underlag hänvisas till både geodatasamverkan och respektive myndighet/ branschorganisation eller kommun.

Underlag	Produkt	Leverantör
Basunderlag	LST Miljödata - Potentiellt förorenade områden	Länsstyrelsen
	GSD-Fastighetskartans topografi, vektor	Lantmäteriet
	GSD-Höjddata, grid 2+	Lantmäteriet
	Översiktliga översvämningskarteringar	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
	Jordarter 1:25 000-1:100 000	Sveriges geologiska undersökning
	Förutsättningar för skred i finkornig jordart	Sveriges geologiska undersökning,
	Förutsättningar för stranderosion	Statens geotekniska institut
	Förekomst av stranderosion	Statens geotekniska institut
Utökat underlag	Översiktlig stabilitetskartering i morän och grovkorniga jordarter	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
	Huvudstudie, Översiktlig stabilitetskartering i finkorniga jordarter	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
	Skreddatabas (inträffade skred, ras och övriga jordrörelser)	Statens geotekniska institut
	Jordskred och raviner	Sveriges geologiska undersökning

Det krävs manuell bearbetning för att anpassa delar av underlaget innan själva identifieringen kan göras. Manuell bearbetning med GIS-verktyg leder till ytterligare *förädlad underlag*. Bearbetningen kan innebära bildande av ytor från endimensionell objektinformation. Till exempel är MIFO-objekten i basunderlaget angivna som punktinformation och erosionsförhållanden är angivna som linjer. Båda behöver konverteras till ytor. Man kan även behöva göra kombinerade lutnings- och jordartsanalyser för exempelvis friktionsjordar, till exempel när moränkartering saknas, se Tabell 3.2. För detaljer hänvisas till Bilaga 3.

Tabell 3.2 Förädlad underlag som tas fram i avsaknad av information eller för bildandet av ytor från endimensionell objektinformation.

Förädlad underlag	GIS-bearbetning
MIFO-objekt	Buffertområde
Förutsättning för erosion	Buffertområde
Förutsättning för skred	Urval
Friktionsjord	Urval
Lutningskarta	Urval (minsta lutning)
Lutningsanalys, friktionsjordar	Urval

3.2 Metod

Identifieringen sker genom att skära MIFO-objekten med vart och ett av underlagen enligt ovan grupperade i a) skred och ras, b) slamströmmar, c) erosion och d) översvämning. Vid objektsutdrag från basunderlaget "Potentiellt förorenade områden" kan det vara lämpligt att ta bort objekt med status/fas Avförd och Åtgärd avslutad. Genom att göra det tar man bort objekt som inte är intressanta att ta med i GIS-analysen. I redovisningen belyser man med lämplig symbolik de utpekade MIFO-objekten med avseende på typ av naturolycka (a-d). Typen av naturolycka kallas i redovisningen *no_typ*. Ett förenklat sätt är att gruppera resultatet av identifieringen under en enda gemensam kategori och registrera det som "förutsättning för naturolycka förekommer" eller "förutsättning för naturolycka förekommer ej.

I en tillämpad GIS-analys av exempelvis en kommun identifieras ett antal MIFO-objekt med förutsättningar för naturolycka. MIFO-objekten kan redovisas i separata kartor för varje typ av naturolycka (*no_typ*). Varje MIFO-objekt redovisas då som en stjärna (färg beroende på MIFO-klass) och en färgkodad fyrkant som talar om vilken typ av naturolycka som objektet är sårbart för. Lämpliga färger redovisas i Figur 3.1. För detaljer angående en identifiering av detta slag hänvisas till Bilaga 3.

MIFO-objekt

Riskklass	med förutsättning för:
★ 1	■ Ras och skred
★ 2	■ Slamström
★ 3	■ Erosion
★ 4	■ Översvämning
☆ Uppgift saknas	

Figur 3.1 Symboler vid redovisning av MIFO-objekt (stjärnor) och sårbarhet för naturolyckor (fyrkanter) samt färgkoder för riskklass respektive typ av naturolyckor (*no_typ*). Färgkod för MIFO-riskklass: 1 röd, 2 orange, 3 gul, 4 grön och uppgift saknas ljusgrå. Färgkod för *no_typ*: skred och ras mörklila, slamström magenta, erosion rosa och översvämning blå. (SGI)

3.3 Utvärdering och redovisning

Vid redovisning av MIFO-klass och sårbarhet för naturolycka (*no_typ*) kan man till exempel använda ett tabellformat i enlighet med Tabell 3.3. Se även praktikfall i Avsnitt 3.4. Självfallet kan tabellen utökas med fler kolumner, till exempel i vilken status ett objekt befinner sig (inventering/förstudie/huvudstudie etc.)

Tabell 3.3 Tabell för redovisning av MIFO-objekten med MIFO-riskklass och förutsättning för naturolycka (no_typ).

Objektnamn (Id)	Primär bransch	Riskklass	no_typ

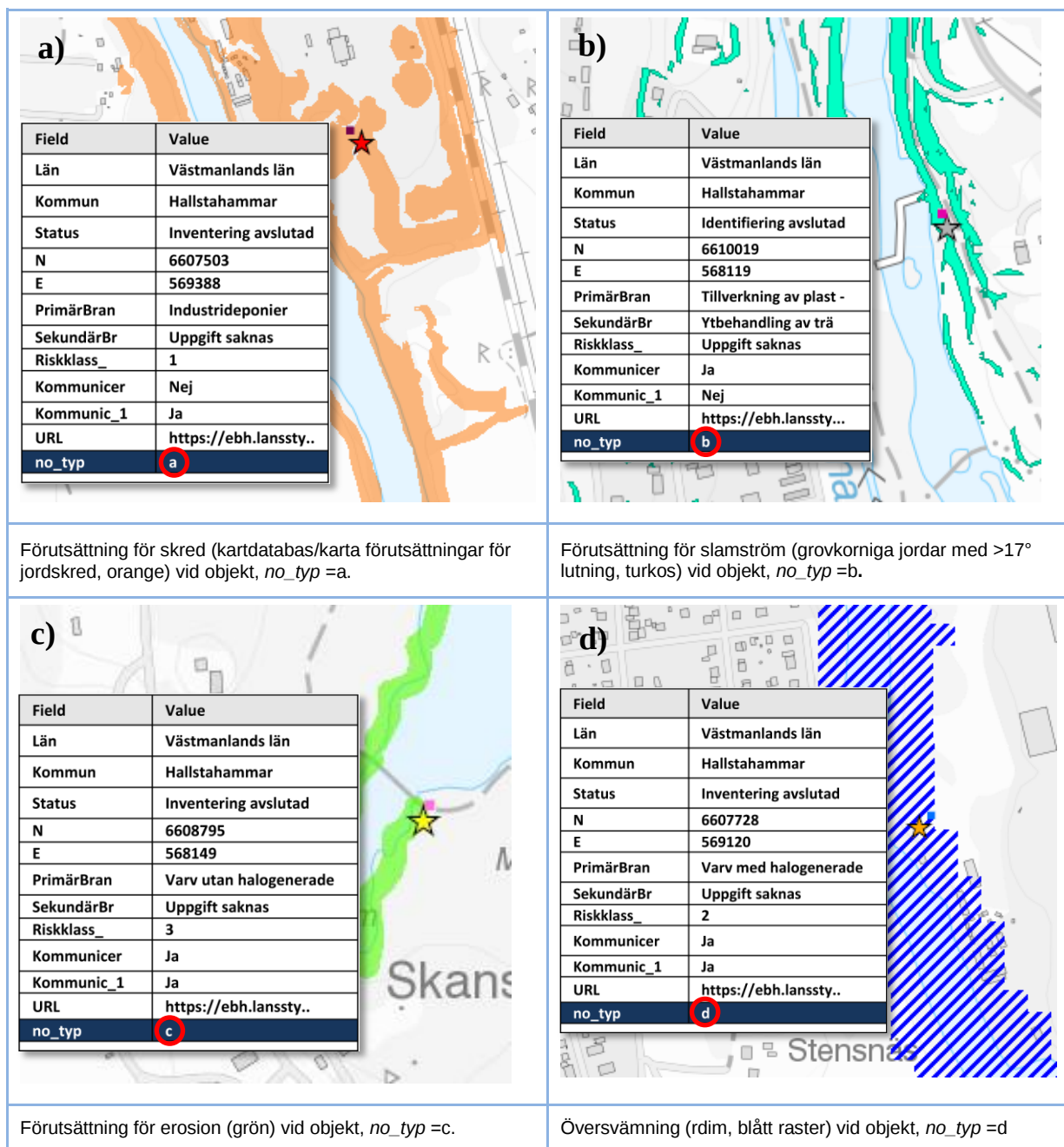
I en redovisning i kartform belyser man de med metoden identifierade MIFO-objekten med avseende på typ av naturolycka med lämplig symbolik såsom stjärnor och fyrkanter enligt Figur 3.1 ovan. Det är lämpligt att presentera samtliga MIFO-objekt i ett område och att särskilt markera de objekt som identifierats ha sårbarhet för naturolycka. Objekt med sårbarhet för naturolycka markeras med en färglagd stjärna, medan objekt som inte bedöms vara sårbara för naturolyckor markeras med en utsläckt stjärna. Typen/typerna av naturolycka/naturolyckor redovisas som en färgkodad ruta ovanför stjärnan. Resultatet av identifieringen redovisas förslagsvis på karta i skala 1:50 000. I Figur 3.1 framgår teckenförklaring för en sådan karta.

Se även praktikfall i Avsnitt 3.4.

3.4 Praktikfall

För att illustrera identifieringen används nedan ett exempel från Hallstahammars kommun i Västmanlands län. EBH-stödet innehåller där 153 objekt med potentiellt förorenade områden. GIS-analysen identifierade i det här fallet 17 objekt med *förutsättning för naturolycka*. Som exempel redovisas fyra av de 17 identifierade objekten var för sig i Figur 3.2. Tabellerna i figuren är utdrag ur EBH-stödet. Stjärnsymbolerna i figuren markerar MIFO-objektet och följeslagaren i form av en färgkodad fyrkant talar i vårt exempel om vilken sorts no_typ som erhållits som träff genom GIS-analysen:

- a) skred och ras (mörklila)
- b) slamström (magenta)
- c) erosion (rosa)
- d) översvämning (blå)



Figur 3.2 Illustration av 4 objekt som identifierats med sårbarhet för: a) skred och ras, b) slamström, c) erosion och d) översvämning. (© Lantmäteriet, Geodatasamverkan)

De fyra objekten kan även redovisas i en sammanfattande tabell, se exempel i Tabell 3.4.

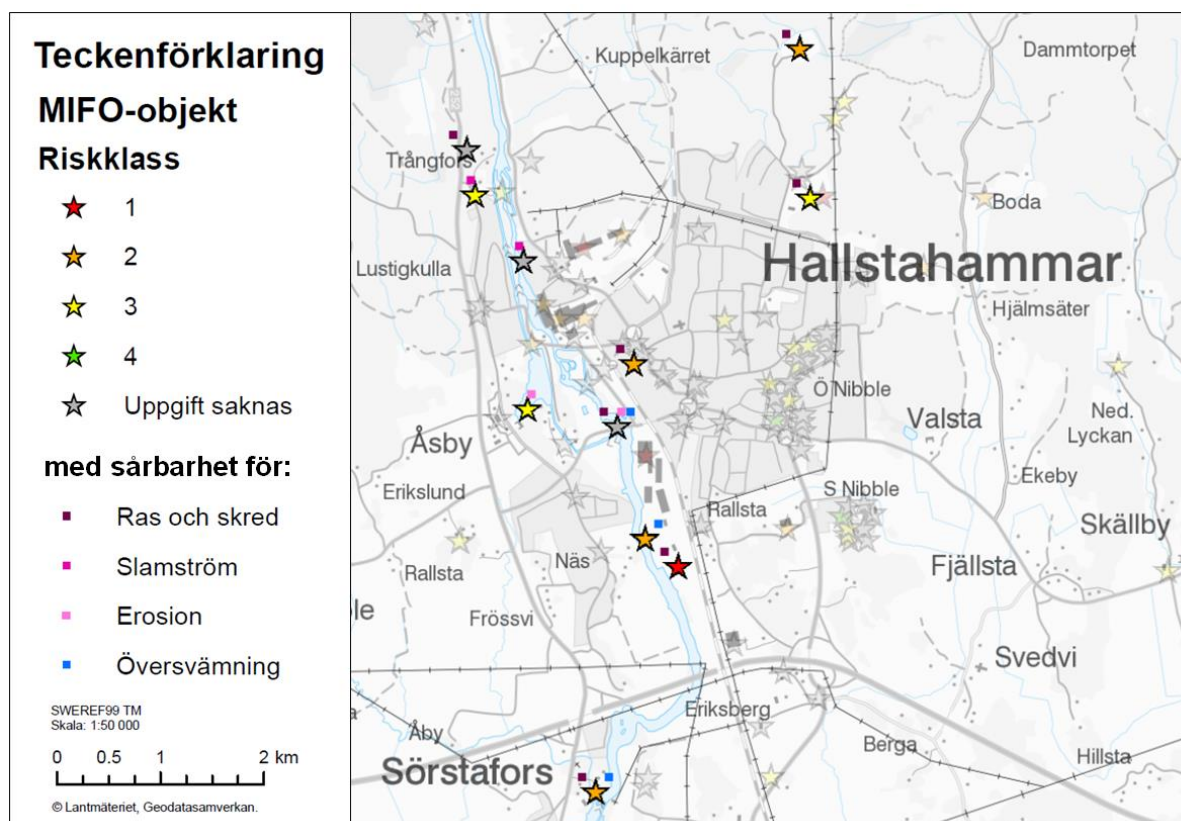
Tabell 3.4 Utdrag ur EBH-stödet för Hallstahammars kommun i Västmanlands län med redovisning av respektive no_typ (typ av naturolycka).

Objektnamn (Id)	Riskklass	no_typ
Xxx (100XXX)	1	b
Xxx (100XXX)	3	a
Xxx (100XXX)	Uppgift saknas	c
Xxx (100XXX)	2	d

Som nämnts ovan finns i praktikfallet Hallstahammar 17 objekt med sårbarhet för naturolycka. Vi väljer att redovisa dessa objekt i tabell (se Tabell 3.5) och på karta med skala 1:50 000 (se Figur 3.3). I tabellen och kartan kan man bland annat utläsa att det finns fyra objekt med sårbarhet för mer än en typ av naturolycka.

Tabell 3.5 Komprimerat resultat av screeningen för MIFO-objekten i Hallstahammars kommun.

Objektnamn (Id)	Primär bransch	Riskklass	no_typ
100XXX	Betong- och cementindustri	4	a
100XXX	Tillverkning av plast – polyester	Uppgift saknas	b
100XXX	Avfallsdeponier – icke farligt, farligt avfall	2	a
100XXX	Kemtält – med lösningsmedel	2	a
100XXX	Verkstadsindustri - med halogenerade lösningsmedel	2	a, d
100XXX	Varv utan halogenerade lösningsmedel/giftiga båtbottnfärger	3	c
100XXX	Industrideponier	1	a
100XXX	Avloppsreningsverk	Uppgift saknas	a
100XXX	Varv med halogenerade lösningsmedel/giftiga båtbottnfärger	2	a
100XXX	Avfallsdeponier – icke farligt, farligt avfall	3	a
100XXX	Skjutbana – kulor	Uppgift saknas	a
100XXX	Industrideponier	2	a
100XXX	Verkstadsindustri – med halogenerade lösningsmedel	Uppgift saknas	a, c, d
100XXX	Sågverk utan doppning/impregnering	3	b
100XXX	Anläggning för farligt avfall	Uppgift saknas	a
100XXX	Massa och pappersindustri	2	a, d
100XXX	Betning av säd	Uppgift saknas	a, d



Figur 3.3 Exempel på hur resultat av identifieringen kan presenteras (utsnitt ur karta med skala 1:50 000). I detta fall har samtliga MIFO-objekt i Hallstahammars kommun presenterats (nedtonade stjärnor) tillsammans med de objekt som identifierats (fyllda stjärnor). En färgkodad ruta ovanför MIFO-objektet anger vilken typ av naturolycka objektet är sårbar för (se teckenförklaring). Markeringarna är svåra att se på papper och i liten skala men syns tydligt i GIS. (© Lantmäteriet, Geodatasamverkan)

För att underlätta vid prioritering av förorenade områden i förhållande till geotekniska risker kan man låta GIS-databasen svara på frågor angående MIFO-objektens status. Metoden skulle exempelvis kunna visa hur många och vilka av de identifierade objekten:

1. är av riskklass 1 eller 2?
2. är föremål för pågående huvudstudie?
3. är föremål för pågående åtgärd?
4. har avslutats utan åtgärd?

På så sätt kan man skapa ett hanterbart och relevant urval av MIFO-objekten om totala antalet träffar blir överväldigande. Tidigare erfarenheter tyder på att i områden med storleksordningen 5000-7000 MIFO-objekt (t.ex. hela län) identifieras mellan 15-50% av objekten som sårbara för naturolyckor. Med exempelvis Fråga 2 ställd till databasen, reduceras urvalet från tusentals objekt till ett tiotal.

Metoden gör det även möjligt att studera kombinerade risker för att t.ex. högprioritera objekt som ligger i eller nära områden med förutsättningar för *både* jordskred och översvämning. På så sätt kan man belysa problemområden där särskild hänsyn bör tas i relation till ett förändrat klimat.

4. Metod B – översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor

Den i föregående avsnitt beskrivna metoden för screening och identifiering (metod A, se Kapitel 3) syftar till att i ett större geografiskt område identifiera förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor. Metod B som beskrivs nedan utgår däremot från ett enskilt förorenat markområde som har genomgått en riskklassning enligt Naturvårdsverkets MIFO-handbok (se Kapitel 2, Avsnitt 2.1.2). Observera att de två metoderna A och B inte är beroende av varandra, man måste med andra ord inte tillämpa dem i turordning och man kan även nöja sig med att tillämpa endast en av metoderna. Båda metoderna A och B avser problemidentifiering men angriper från två olika skalor, samt att det i metod B ingår en översiktlig bedömning om storleken på sårbarheten och en bedömning av underlagets detaljeringsnivå som ligger till grund för sårbarhetsklass.

Syftet med metod B – översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor – är att identifiera om ett enskilt förorenat område kan vara sårbart för skred, ras, slamströmmar, erosion och/eller översvämningar och om området kan vara sårbart för ökad nederbörd till följd av klimatförändring. En ökad nederbörd påverkar dels utlakning och spridning av föroreningar, dels sårbarheten för skred och ras. Målet är att bedömningen ska ge information om det finns utredningsbehov, vilket utredningsbehov som finns och inom vilket/vilka av de nämnda typerna av naturolyckor. Grunden i metoden är att det ska vara en enkel och snabb bedömning, som görs med utgångspunkt från befintligt underlag.

Metoden skulle även kunna användas för kontroll huruvida risken med hänsyn till naturolycka har utretts tillräckligt väl och som underlag för vidare diskussion kring vilken riskanalys som de facto behöver göras. Exempelvis skulle en hög detaljeringsgrad i underliggande material och som visar på försumbar sårbarhet innebära att ytterligare utredningsbehov ej föreligger med avseende på risk för spridning med hänsyn till naturolycka. På motsvarande sätt skulle en låg detaljeringsgrad i underlagsmaterialet och som visar på stor sårbarhet visa att det är angeläget med vidare utredning för att få en säkrare bedömning av sårbarheten och därmed behov av fördjupad riskanalys.

Det är mest troligt att frågor om objektets sårbarhet för naturolyckor uppkommer för ett förorenat markområde som har bedömts utgöra stor eller mycket stor risk eller där man står inför en åtgärdsutredning eller åtgärd. Markexploatering kan också vara ett skäl att bedöma sårbarhet för naturolyckor i ett förorenat område. Metoden är i första hand tänkt att användas av:

- Konsulter samt tillsynsmyndigheter som behöver få en bild av vilken sårbarhet för naturolyckor och vilka utredningsbehov med avseende på naturolyckor som finns vid ett enskilt förorenat område.
- Planerare på lokal och regional nivå som handlägger plan- och byggfrågor.

Den nedan beskrivna arbetsgången innebär att ta fram befintliga underlag avseende kategorierna jordrörelser, stranderosion, översvämning och nederbördsförändring och att översiktligt bedöma om det föreligger försumbar, liten, måttlig eller stor sårbarhet för respektive kategori. Tillämpning av metoden förutsätter såväl miljövetenskaplig kunskap som geoteknisk kompetens.

Nedan redogörs kortfattat för metodens underlag, arbetsprocess och resultat. Ett praktikfall i slutet av Kapitel 4 illustrerar arbetsgång och tänkt resultat.

4.1 Underlag och metod

Metoden är indelad i följande kategorier för identifiering av sårbarhet och bedömning om utredningsbehov:

- Jordrörelser (skred, ras, slamströmmar)
- Stranderosion
- Översvämning (sjö, vattendrag och kust)
- Nederbördsförändring till följd av klimatförändring

Nedan beskrivs de underlag inom ovan nämnda kategorier som kan finnas tillgängliga och hur data från dessa underlag kan översättas till att översiktligt motsvara försumbar, liten, måttlig eller stor sårbarhet. Till hjälp för denna bedömning har ett antal bedömningsmatriser tagits fram som visar var man hittar underlagen (se kolumnen *Referens* i respektive bedömningsmatris) och hur en bedömning kan göras utifrån olika tillgängliga underlag, se Tabell 4.1-Tabell 4.9. Bedömningarna för varje kategori redovisas i en samlingstabell som härnäst kallas *samlad bedömningsmatris*, se Tabell 4.10 i Avsnitt 4.2. En beskrivning i ord eller ett kryss förs in i relevant ruta i den samlade bedömningsmatrisen. Där anges även vilket underlag som bedömningarna är baserade på, vilken detaljeringsnivå och en kommentar om vilka utredningsbehov som föreligger.

Observera att om det finns flera olika underlag för den aktuella naturolyckan som man bedömer ska underlaget som har störst detaljeringsgrad alltid användas i första hand och bedömningen avseende sårbarhet görs utifrån det. Notera att om det saknas underlag indikerar det i sig att det finns ett utredningsbehov angående den typen av naturolycka/ nederbördsförändring.

I Avsnitt 4.3 redovisas ett praktikfall som illustrerar metoden för översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor.

Notera att rättigheter till underlagskartor kan vara skyddade med regler för nyttjande och vidare spridning.

4.1.1 Jordrörelser – skred, ras, slamströmmar

En förorenad mark som utsätts för jordrörelse kan komma att orsaka vidare spridning av föroreningar till omgivningen. Hamnar jordmassorna i vatten kan föroreningar spridas inom och tillsammans med vattenmassan.

Bedömning av sårbarheten för jordrörelser bör utföras baserat på det geotekniska underlag med högst detaljeringsgrad som finns att tillgå. I faktarutan nedan redovisas vilka underlag som kan finnas och deras inbördes prioriteringsordning (högst detaljeringsgrad har högst prioritering). Om det saknas underlag bör utredning utföras och geoteknisk sakkunnig involveras i bedömningen. Benämningen på de geotekniska utredningarna är i enlighet med Skredkommissionens anvisningar (se Avsnitt 2.2), MSB:s metodik och överenskommelse mellan SGI och SGU.

I följande avsnitt framgår hur bedömningen av sårbarheten för jordrörelser kan göras baserat på de olika utredningarna.

Geotekniskt underlag för bedömning av sårbarhet för jordrörelser

Det underlag som har högst detaljeringsgrad ska användas i bedömningen. Följande prioritetsordning gäller:

1. Geoteknisk stabilitetsutredning – Fördjupad/kompletterande
2. Geoteknisk stabilitetsutredning – Detaljerad
3. Geoteknisk stabilitetsutredning – Översiktlig
4. Översiktlig stabilitetskartering, karta 1B (såväl fin- som grovkornig jord)
5. Översiktlig stabilitetskartering, karta 1A (endast för finkornig jord)
6. Kartdatabas/karta – Förutsättningar för skred i finkornig jordart (endast för finkornig jord)

Utöver dessa underlag kan det nämnas att det pågår ett arbete med att genomföra skredriskkartering längs ett mindre antal vattendrag i Sverige och efterhand som dessa blir klara kommer resultaten successivt blir tillgängliga. I dagsläget (februari 2016) har SGI genomfört skredriskkartering för Göta älv (SGI 2012) och för Norsälven (SGI 2015). Ytterligare vattendrag som primärt ska karteras framgår av SGI Publikation 6, Prioritering av områden för skredriskanalys (SGI 2013).

Geoteknisk stabilitetsutredning i finkornig jord (lera och silt)

Stabilitetsutredningar för befintlig bebyggelse på finkornig jord utförs idag enligt Eurocode, de svenska tillämpningsdokumenten (framtagna av IEG 2010) och Skredkommissionens (1995) anvisningar. Arbetsgången för stabilitetsutredningar från (översiktlig till kompletterande) finns beskriven i avsnitt 2.2.2.

Äldre utredningar, som är utförda innan dessa regler och anvisningar fanns framtagna, kan vara utförda på enklare sätt. Exempelvis kan beräkningar av säkerhetsfaktorn vara utförda endast för odränerad analys. För dessa fall bör man välja en högre sårbarhetsnivå än vad utredningen visar. I Bilaga 1 finns en kortfattad historik över metod för stabilitetsutredningar.

Ett förslag till bedömning av sårbarheten för jordrörelser baserat på utredningar av olika detaljeringsgrad och anvisningar enligt regelverken redovisas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 är avsedd att användas enligt följande:

- Undersök vilka typer av stabilitetsutredningar som finns att tillgå för aktuellt område.
- Välj den utredning som har högst detaljeringsgrad (se faktaruta ovan).
- Läs i utredningen vilka lägsta värden på säkerhetsfaktorerna som beräknats. Utredningar i finkornig jord (lera och silt) bör vara utförda för odränerad och kombinerad analys. För sand bör dränerad analys ha utförts.
- Jämför beräknade säkerhetsfaktorer med värden i Tabell 4.1.
- Sårbarhetsklass väljs sedan för säkerhetsfaktorn med lägst värde i utredningen och enligt tabellen. Exempelvis om det i en detaljerad stabilitetsutredning har beräknats att säkerhetsfaktorn enligt odränerad analys som lägst är $F_c = 1,8$ och enligt kombinerad analys $F_k = 1,3$ väljs sårbarhetsklass "Måttlig sårbarhet". F_k styr i detta fall eftersom den hamnar i ett lägre intervall än F_c .

Tabell 4.1 Bedömningsmatris när geoteknisk stabilitetsutredning finns utförd. Fördjupad/kompletterande geoteknisk utredning används före detaljerad utredning, som i sin tur används före översiktlig utredning. Tabellen är baserad på IEG Rapport 4:2010 (2010) samt underlag från Göta älvtutredningen (SGI 2012). De översta raderna i tabellen anger geoteknisk stabilitetsutredning utförd enligt Skredkommissionens (1995) anvisningar och med högst detaljeringsgrad överst och i fallande skala. Sista raden gäller utredning utförd enligt Eurocode. För nybyggnation krävs utredning enligt Eurocode. Förklaringar: F_c = totalsäkerhetsfaktor odränerad analys, F_k = totalsäkerhetsfaktor kombinerad analys, F_ϕ = totalsäkerhetsfaktor dränerad analys (sand) respektive F_{EN} = faktor vid användandet av partialkoefficienter.

Sårbarhet för jordrörelse	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Referens
Fördjupad/kompletterande geoteknisk stabilitetsutredning (totalsäkerhetsfaktorer)	$F_c > 1,8$ $F_k > 1,7$ $F_\phi > 1,5$	$1,5 < F_c \leq 1,8$ $1,4 < F_k \leq 1,7$ $1,3 < F_\phi \leq 1,5$	$1,25 < F_c \leq 1,5$ $1,2 < F_k \leq 1,4$ $1,15 < F_\phi \leq 1,3$	$F_c \leq 1,25$ $F_k \leq 1,2$ $F_\phi \leq 1,15$	Utförd enligt Skredkommissionens anvisningar, 1995.
Detaljerad geoteknisk stabilitetsutredning (totalsäkerhetsfaktorer)	$F_c > 2,2$ $F_k > 1,8$ $F_\phi > 1,5$	$1,7 < F_c \leq 2,2$ $1,5 < F_k \leq 1,8$ $1,3 < F_\phi \leq 1,5$	$1,3 < F_c \leq 1,7$ $1,25 < F_k \leq 1,5$ $1,15 < F_\phi \leq 1,3$	$F_c \leq 1,3$ $F_k \leq 1,25$ $F_\phi \leq 1,15$	Utförd enligt Skredkommissionens anvisningar, 1995.
Översiktlig geoteknisk stabilitetsutredning (totalsäkerhetsfaktorer)	$F_c > 3,0$ $F_k > 2,0$ $F_\phi > 1,8$	$2,0 < F_c \leq 3,0$ $1,6 < F_k \leq 2,0$ $1,5 < F_\phi \leq 1,8$	$1,5 < F_c \leq 2$ $1,3 < F_k \leq 1,6$ $1,3 < F_\phi \leq 1,5$	$F_c \leq 1,5$ $F_k \leq 1,3$ $F_\phi \leq 1,3$	Utförd enligt Skredkommissionens anvisningar, 1995.
Stabilitetsutredning baserad på partialkoefficientmetoden ¹ . F_{EN} = Faktor vid användandet av partialkoefficienter	Intervallen ovan gäller även för F_{EN} , men ange "säkerhetsfaktor", F_{EN} , i aktuell utredning multipliceras med 1,5 i en rent odränerad analys och 1,3 för en rent dränerad analys för att kunna avgöra vilket sårbarhetsintervall enligt ovan som den skall bedömas till. För kombinerad analys finns ingen omräkningsfaktor mellan totalsäkerhetsfaktor och säkerhetsfaktor enligt partialkoefficientmetoden. Beräkningar måste därför göras enligt partialkoefficientmetoden och sårbarheten värderas separat med stöd av värdena ovan.				Utförd enligt Eurocode SS-EN1997:1-2.

¹ Se vidare tillämpningsdokument för Eurocode (SS-EN 1997-1:2005/A1:2013 respektive SS-EN1997-2:2007), IEG Rapport 6:2008 (IEG, 2008 samt IEG 4:2010 (IEG 2010)). F_{EN} = "säkerhetsfaktor" eller egentligen säkerhetsmarginal enligt IEG då man använder dimensionerande värden på hållfasthet.

Geoteknisk stabilitetsutredning i grovkornig jord (sand, grus och morän)

Stabilitetsutredningar i grovkornig jord ska också utföras enligt Eurocode men det finns idag inga nationella tillämpningsdokument eller anvisningar enligt Skredkommissionen för dessa jordar. För utredning av stabiliteten inom befintlig bebyggelse har SGI har tagit fram riktlinjer som finns presenterade i SGI Rapport 68 (SGI 2005). Upplägget följer samma arbetsgång som det för finkornig jord men man utför delvis andra undersökningar. I SGI:s riktlinjer (SGI 2005) beskrivs för grovkornig jord endast översiktlig och detaljerad utredning. På samma sätt som för finkornig jord, finns rekommenderade säkerhetsfaktorer presenterade för de olika utredningsnivåerna. Värden på säkerhetsfaktorer enligt dränerad analys, F_ϕ , i Tabell 4.1 för de olika sårbarhetsklasserna kan användas även för stabilitetsutredning i grovkornig jord.

Översiktlig stabilitetskartering – finkornig jord (lera och silt)

Översiktlig stabilitetskartering av markens benägenhet för skred (finkornig jord) görs kommunvis på uppdrag av MSB inom bebyggda områden. Syftet med karteringen är att dela in undersökningsområdet efter behov av detaljerad undersökning och kontroll med avseende på benägenheten för skred. Karteringen görs i två etapper, 1A och 1B, och resultaten redovisas på kartor. Metodiken finns beskriven mer i detalj i Bilaga 1.

Karta 1A visar grundförutsättningarna för skred baserade på jordartsförhållanden och topografiska förhållanden. Grundförutsättningarna presenteras med tre olika stabilitetszoner på kartan. Karta 1B redovisar en bedömning av stabilitetsförhållanden baserad på tidigare utredningar, nya fältundersökningar och stabilitetsberäkningar utförda i utvalda sektioner inom uppdraget. På karta 1B indelas de utredda områdena också i olika zoner (områdesklasser) baserade på behovet av vidare utredning. Bedömningen av sårbarhet baseras i första hand på karta 1B som har högre detaljeringsgrad.

Äldre utredningar (före 1997) ser annorlunda ut ut med endast en karta över stabilitetszoner (motsvarande karta 1A ovan). Redovisade stabilitetszoner motsvarar i princip de samma som med nuvarande karteringsmetod. Förekomst av kvicklera finns, i den mån det är känt, markerat på kartorna. Metoden för översiktlig stabilitetskartering finns beskriven i Bilaga 1 och framgår översiktligt på MSB:s webbplats (se länk i tabellerna nedan).

Ett förslag till bedömning av sårbarheten för jordrörelser baserad på karta med stabilitetszoner (motsvarande karta 1B) redovisas i Tabell 4.2. Motsvarande bedömning baserad på karta 1A redovisas i Tabell 4.3.

Tabell 4.2 är avsedd att användas enligt följande:

- Ladda ned resultat från översiktlig stabilitetskartering från MSB:s webbplats.
- Leta rätt på Karta 1B och studera vilken stabilitetsklass (färgerna vit, gul, orange med eller utan svart raster) som aktuellt område har klassats till.
- Sårbarhetsklass för respektive stabilitetsklass framgår av Tabell 4.2

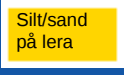
Tabell 4.2 Bedömningsmatris när karta 1B från översiktlig stabilitetskartering finns. Gäller finkorniga jordar. (Observera att Karta 1B har högre detaljeringsgrad än karta med stabilitetszoner (Karta 1A eller motsvarande) och ska användas om den finns).

Sårbarhet för jordrörelse Finkorniga jordar	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig till stor sårbarhet		Referens
Karta Etapp 1B – Karta 1B Stabilitetsklass finkorniga jordar för bedömning av utredningsbehov.		 Områden som bedöms vara tillfredsställande med avseende på rådande förhållanden.	 Områden där det är angeläget med en översyn av tidigare utredningar och tidigare utförda stabilitetsförbättrande åtgärder. Svart raster innebär att området är särskilt angeläget att utreda vidare (stabiliteten är låg).	 Områden som översiktligt ej kan klassas som tillfredsställande stabilt. Angeläget med detaljerad stabilitetsutredning. Svart raster innebär att området är särskilt angeläget att utreda vidare (stabiliteten är låg).	https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrom-mar/Oversiktlig-stabilitetskartering-i-finkorniga-jordar/ Se även beskrivning i produktblad Översiktlig stabilitetskartering i finkorniga jordarter i SGI Vägledning 1-2015 (Kartunderlag om ras, skred och erosion) och SGI:s kartvisningstjänst (se kap. 2.2).

Tabell 4.3 är avsedd att användas enligt följande:

- Ladda ned resultat från översiktlig stabilitetskartering från MSB:s webbplats.
- Leta rätt på karta med stabilitetszoner och studera vilken stabilitetszon (I, II eller III) som aktuellt område har bedömts ligga inom.
- Undersök om kvicklera förekommer.
- Sårbarhetsklass för respektive stabilitetszon framgår av Tabell 4.3

Tabell 4.3 Bedömningsmatris när endast karta 1A eller motsvarande från översiktlig stabilitetskartering finns. Gäller finkorniga jordar. Observera att Karta 1B har högre detaljeringsgrad än karta 1A och ska användas om den finns, se Tabell 4.2.

Sårbarhet för jordrörelse Finkorniga jordar	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig till stor sårbarhet		Referens
Karta Etapp 1A – Karta 1A Stabilitetszon finkorniga jordar, stabilitetszon I, II eller III   	    Stabilitetszon III Fastmark Saknas förutsättningar för skred eftersom finkornig jord inte förekommer inom zonen.	   Stabilitetszon II Lutning <1:10 Saknas förutsättningar för initiala skred, men zonen kan komma att beröras av skred och ras som initieras inom angränsande Stabilitetszon I.	    Stabilitetszon I Lutning >1:10 Förutsättning för initiala spontana eller provocerade skred.	    Stabilitetszon I Lutning >1:10 med förekomst av kvicklera i älvdalen Förutsättning för initiala spontana eller provocerade skred och ras, samt förekomst av kvicklera.	https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrom-mar/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/ Se även beskrivning i produktblad Översiktlig stabilitetskartering i finkorniga jordarter i SGI Vägledning 1 - 2015 (Kartunderlag om ras, skred och erosion) och SGI:s kartvisningstjänst (se kap. 2.2).

Översiktlig stabilitetskartering – grovkornig jord

Översiktlig kartering av faran för ras och slamströmmar längs bäckraviner görs kommunvis på uppdrag av MSB inom bebyggda områden. Syftet med karteringen är att dela in undersökningsområden efter behov av detaljerad undersökning och kontroll med avseende på benägenheten för ras, slamströmmar och erosion. Indelningen baseras på en översiktlig bedömning av stabiliteten och avrinningsförhållanden. Metodiken finns beskriven mer i detalj i Bilaga 1.

Karteringen genomförs i två etapper, 1A och 1B. Syftet med Etapp 1A är att redovisa om det finns förutsättningar för att jordras och slamströmmar ska uppkomma. Etapp 1B omfattar bedömning av stabilitetsförhållandena (överslagsberäkningar) baserad på tillgänglig information och erfarenhetsvärden.

Resultatet från båda etapperna redovisas på samma karta som bland annat visar bedömning av angelägenhetsgraden för ytterligare utredningar. Metoden för översiktlig stabilitetskartering finns beskriven i Bilaga 1 och framgår översiktligt på MSB:s webbplats (se länk i tabellen nedan).

Kartering har utförts för de kommuner som har bedömts ha de största förutsättningarna för ras och slamströmmar (ca 20 kommuner) och bedöms vara klara under 2017. Specifika områden i övriga kommuner som kan vara i behov av kartering kan komma att karteras framöver.

Ett förslag till bedömning av sårbarhet för jordrörelser baserat på kartan redovisas i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 är avsedd att användas enligt följande:

- Ladda ned resultat från översiktlig stabilitetskartering grovkornig jord från MSB:s webbplats.
- Leta rätt på karta och studera vilket utredningsbehov som har föreslagits. Utredningsbehovet anges som en siffra 1-4, där 1 motsvarar angeläget utredningsbehov.
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.4.

Tabell 4.4 Bedömningsmatris för områden med grovkornig jord när endast översiktlig stabilitetskartering finns. Gäller moränjordar/grovkorniga jordar.

Sårbarhet för jordrörelse Grovkorniga jordar	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig till stor sårbarhet		Referens
Karta Stabilitetsklass moränjordar/grovkorniga jordar för bedömning av utredningsbehov.	4 Inget utredningsbehov eller kontroll.	3 Inget utredningsbehov men behov av kontroll.	2 Utredningsbehov.	1 Angeläget utredningsbehov.	MSB https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrom-mar/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-moran-och-grov-jord/ Se även beskrivning i produktblad Översiktlig stabilitetskartering i morän och grovkorniga jordarter i SGI Vägledning 1-2015 (Kartunderlag om ras, skred och erosion) och SGI:s kartvisningstjänst (se kap.2.2).

Karta – förutsättningar för skred i finkornig jordart

Kartan som visar förutsättningar för jordskred är baserad på jordartskartan, en kod-tabell för definition av skredbenägna jordartskombinationer, nationella höjdmodellen och gränsvärde för lutningsvinkel. Kartan täcker även obebyggda områden, till skillnad från översiktlig stabilitetskartering. Kartan är framtagen av SGU och SGI och visar var det kan finnas förutsättningar för skred, vilket innebär att den endast finns för områden med finkornig jord (lera och silt). Utifrån kartan – förutsättningar för

skred i finkorning jordart kan bedömningen endast bli att förutsättning för skred finns eller att det saknas. Det finns därför bara två sårbarhetsklasser: sårbarhet finns eller ingen sårbarhet.

Den bedömningsmatris som ska användas vid bedömning av sårbarhet utifrån underlaget *karta – förutsättningar för jordskred* redovisas i Tabell 4.5.

Tabell 4.5 är avsedd att användas enligt följande:

- Hämta kartdatabas/karta över förutsättningar för skred i finkorning jordart från www.geodata.se (kommer bli tillgänglig under 2016, tills dess kan SGU:s kundtjänst tillfrågas).
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Bedömningsmatris när endast karta – förutsättningar för skred i finkorning jordart finns. Gäller endast för finkorniga jordar.

Sårbarhet för jordrörelse	Ingen sårbarhet	Sårbarhet finns	Referens
Kartdatabas/karta förutsättningar för skred i finkornig jordart	Förutsättning saknas för skred.	Förutsättning finns för skred.	SGU http://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-förutsättning-för-jordskred-sv.html Se även beskrivning i produktblad <i>Förutsättningar för skred i finkornig jordart i SGI Vägledning 1-2015</i> (Kartunderlag om ras, skred och erosion) och SGI:s kartvisningstjänst (se kap. 2.2).

4.1.2 Stranderosion – vattendrag, sjö, kust

Succesiv och kontinuerlig stranderosion och erosion av undervattensslänt kan medföra en diffus och kontinuerlig spridning av föroreningar till vattnet. Omfattningen på erosionen beror av vad det är för jordart och hur vattnets kraft påverkar slänten. Det finns ännu ingen nationell metod att bedöma benägenheten för erosion på samma sätt som det finns för släntstabilitet. Därmed utgörs det befintliga underlaget av SGU:s karta med stränders jordart och eroderbarhet. För områden som inte täcks av ovan nämnd karta kan SGU:s jordartskarta användas. Dessa underlag är av översiktlig karaktär.

Den bedömningsmatris som ska användas vid bedömning av sårbarhet för stranderosion (vattendrag, sjö och kust) redovisas i Tabell 4.6.

Tabell 4.6 är avsedd att användas enligt följande:

- Hämta SGU:s kartvisare Stränders jordart och eroderbarhet från SGU:s webbplats.
- Hämta jordartskarta över området från SGU:s webbplats.
- Ta fram övrigt underlag som kan finnas i form av sträckor med erosionsskydd, kännedom om pågående erosion etc.
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.6.

Tabell 4.6 Bedömningsmatris för stranderosion – vattendrag, sjö, kust.

Sårbarhet för stranderosion	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Referens
Översiktlig inventering av förutsättningar för stranderosion	Fastmark/ erosionsskydd ELLER ≥ 200 m från strand.	Lera ELLER 100-200 m från strand.	Sand, silt, svämsediment, fyllning ELLER synlig erosion i lera, SAMT avstånd < 100 m från strand.	Synlig erosion/ pågående eros- ion i sand, silt, svämsediment, fyllning ELLER fiber- bank.	SGU:s kartvisare Stränders jordart och eroderbarhet http://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-stranders-jordart-eroderbarhet-sv.html SGU:s jordartskar- tor. Se även beskrivning i produktblad Strän- ders jordart och eroderbarhet i SGI Vägledning 1-2015 (Kartunderlag om ras, skred och erosion) och SGI:s kartvisningstjänst (se kap. 2.2).

Specifika utredningar med avseende på stranderosion kan i enstaka fall finnas och då kan dessa användas. Det kan också nämnas att det pågår ett arbete på SGI med att ta fram en GIS-baserad metodik för sårbarhetskartering av stranderosion. Därtill genomför SGU en kartläggning av erosionsförhållandena längs Skånes havsstränder som beräknas vara klar 2016 (Projekt Skånestrand).

4.1.3 Översvämning – vattendrag, sjö, kust

Översiktlig översvämningsskartering utförs av MSB och finns för många vattendrag men inte alla. För samtliga karterade vattendrag pågår en uppdatering med hänsyn till klimatförändring och klimatscenarioer fram till år 2098. Karteringen resulterar i ett antal kartor som visar områden som sannolikt kommer att svämmas över vid olika återkomsttider på flöden, vanligen 100-årsflöden (Q100). Därtill finns områden markerade som kan svämmas över vid ett teoretiskt beräknat högsta flöde (BHF). De uppdaterade karteringarna redovisar även områden som svämmas över vid 50-årsflöden samt klimatanpassade 100-års och 200-årsflöden. Områden som översvämmas redan idag har störst sårbarhet. Dessa områden framgår dock inte av översvämningsskarteringarna men genom att kombinera dessa med höjddata och med information om medel för högvattennivåer kan detta översiktligt bedömas.

Finns det ingen översvämningskartering gjord behöver man ta fram ett sådant underlag för att kunna ta hänsyn till denna typ av naturolycka.

Översiktlig kartering av kustområden som kan svämmas över vid olika havsvattenstånd finns främst för Skåne och är utförd av Länsstyrelsen i Skåne län (2014). Karteringen baseras på nivåerna 1,5 och 3 m över dagens medelvattennivå och nivåerna är delvis valda med hänsyn till dagens högvattensituation, framtida havsnivåer och framtida högvattennivåer.

I tillägg till en höjning av medelvattenståndet och högvattenståndet kommer också en höjd vattennivå till följd av vågor och vinduppstuvning. Med vinduppstuvning avses vattenytans snedställning på grund av vindfriktionens inverkan. En höjning av medelvattenståndet med ca 0,9 m kan vid extrema förhållanden i framtiden innebära en höjning med över 3 m om hänsyn tas till högvattennivå, vinduppstuvning och våghöjd enligt ett exempel från Helsingborg (Helsingborg 2010) .

SMHI har tagit fram en grov karta över nettoeffekten av havsnivåhöjning minus landhöjning längs Sveriges kuster vid en global havsnivåhöjning av 1 m under 100 år. Vid bedömning av sårbarhet för översvämning längs kusten utgår metodiken dels från en höjning av medelvattennivån, dels stormvattennivåer inklusive möjlig våghöjd för stormvågor.

Den bedömningsmatris som ska användas vid bedömning av sårbarhet för översvämning vid vattendrag och sjö redovisas i Tabell 4.7. Bedömningsmatrisen för översvämning vid kustområde redovisas i Tabell 4.8.

Tabell 4.7 är avsedd att användas enligt följande:

- Hämta översiktligt översvämningskartering från MSB:s webbplats.
- Hämta höjddata från Lantmäteriets webbplats.
- Ta fram övrigt underlag som kan finnas i form av vattennivåer, inträffade översvämningshändelser etc.
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.7.

Tabell 4.7 Bedömningsmatris för översvämningskartering vid vattendrag och sjö. En uppdaterad översvämningskartering med klimatanpassade flöden ska främst användas om sådan finns (finns endast för ett fåtal större vattendrag). Förklaringar: BHF = beräknat högsta flöde, Q200 = 200-årsflöde, Q100 = 100-årsflöde, Q50=50-årsflöde.

Sårbarhet för översvämningskartering Vattendrag	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Referens
Uppdaterade översiktlig översvämningskartering, vattendrag. Klimatanpassat flöde för år 2098	Beläget utanför Q200-märkat område (klimatanpassat).	Beläget inom Q200-märkat område (klimatanpassat).	Beläget inom Q100-märkat område (klimatanpassat).	Markytan belägen under medelhögvattennivån, dvs. översvämmas redan idag vid häftiga/långvariga regn/höga flöden ELLER beläget inom Q50-märkat område (dagens klimat).	MSB:s uppdaterade översvämningskarteringar: https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversvamnning/Oversiktlig-oversvamningskartering/
Översiktlig översvämningskartering, vattendrag	Utanför BHF-märkat område.	Beläget inom BHF-märkat område.	Beläget inom Q100-märkat område.	Markytan belägen under medelhögvattennivån, dvs. översvämmas redan idag vid häftiga/långvariga regn/höga flöden. ELLER beläget inom Q100-märkat område OCH markytan är belägen 0-0,5 m över medelvattennivån.	MSB:s översvämningskarteringar: https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversvamnning/Oversiktlig-oversvamningskartering/

Tabell 4.8 är avsedd att användas enligt följande:

- Hämta höjddata från Lantmäteriets webbplats.
- Ta fram övrigt underlag som kan finnas i form av vattenstånd, inträffade översvämningshändelser etc.
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.8.

Tabell 4.8 Bedömningsmatris för översvämning längs kustområden och med hänsyn till klimatförändring. Angivna nivåer är satta för att dels ta hänsyn till höjning av medelvattennivån och stormvattennivåer. Förklaringar: M = marknivåns överyta, m.ö.h. = meter över havet (medelvattenstånd, dagens klimat).

Sårbarhet för översvämning kust	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Referens
Översiktlig översvämningsskartering, kust	M ≥ 5 m.ö.h. ELLER ingen nettonivåhöjning på havsnivån pga. landhöjning.	5 > M ≥ 3 m.ö.h.	3 > M ≥ 1 m.ö.h.	M < 1 m.ö.h. ELLER översvämmas redan idag vid högvatten.	SMHI, Klimatanpassningsportalen: http://www.klimatanpassning.se/ Regional handlingsplan för klimatanpassning för Skåne 2014 (Länsstyrelsen Skåne 2014)

4.1.4 Nederbördsförändring

Förändring i nederbörd till följd av klimatförändring ger också förändring i flöde i våra vattendrag, förändring i ytavrinning från våra marker och förändring i grundvattenbildning och därmed grundvattenflöde. Det innebär att förutsättningarna för utlakning från förorenade markområden kan komma att ändras. Perioder med riktigt hög nederbörd ger troligen en större proportionell effekt på den totala transporten av föroreningar från ett förorenat område. Detta beror dels på ökade förutsättningar för ytvattenavrinning, dels på att ett ökat grundvattenflöde medför en större kontakt med ytligt liggande föroreningar. Även den partikulära och kolloidala transporten ökar vid ytliga grundvattenflöden och vid ytavrinning (översvämning). Den lokala skalan kommer att vara betydande.

En ökad nederbörd påverkar också förutsättningar för jordrörelser. Medan en förändring i årsmedelnederbörd kan vara mest intressant när det gäller skred på grund av höjd grundvattennivå och därmed höjt portryck, är det de korta kraftiga regnen som är viktigare för ras och slamströmmar.

Det är troligen så att även torrperiodens längd har betydelse men kunskapen är överlag bristfällig inom detta område.

Metod B använder en förändring i årsmedelnederbörd som indikator för bedömning av om en förändring i nederbörd kan påverka förorenade områdets sårbarhet för spridning av föroreningar, antingen genom ökad utlakning eller genom skred, ras, erosion. Intervallen för bedömning av sårbarhet för ökad nederbörd är godtyckligt satta för att kunna användas tillsammans med SMHI:s klimatscenario kartor. Underlaget används med andra ord endast som en översiktlig kontroll på att hänsyn bör tas till förändring i nederbörd, både på årsbasis och med avseende på frekvens av skyfall och ökad regnintensitet.

Klimatscenerierna anges i form av så kallade RCP. RCP står för Representative Concentration Pathways och är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden och utgår från nivåer av antropogen strålningsdrivning, uttryckt som watt per kvadratmeter (SMHI 2015). RCP-

scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100, dvs. 2,6, 4,5, 6,0 eller 8,5 W/m². Läs vidare på SMHI:s webbplats.

Den bedömningsmatris som kan användas vid bedömning av nederbördsförändring redovisas i Tabell 4.9. I denna matris har RCP 4.5 valts som är ett ”mellanscenario”, men det är inget som hindrar att man istället väljer att utgå från andra scenarier.

Tabell 4.9 är avsedd att användas enligt följande:

- Gå till SMHI:s webbplats där klimatscenarierna presenteras på kartor, i diagram och som nedladdningsbara data (<http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/klimatscenarier>), alternativt kontakta SMHI:s kundtjänst.
- Välj Område, föreslagsvis distrikt eller avrinningsområde.
- Välj Scenario, föreslagsvis RCP 4.5.
- Välj Årstid, föreslagsvis år.
- Välj Klimatindex, förslagsvis Nederbörd (som visar årsnederbördsförändring).
- Sårbarhetsklass för respektive utredningsbehov framgår av Tabell 4.9.

Tabell 4.9 Bedömningsmatris för nederbördsförändring till följd av klimatförändring. Förklaringar, Nf = Nederbördsförändring från medelvärdet 1961-1990. RCP = Representative Concentration Pathway, RCP 4,5: strategier för reducerade växthusgasutsläpp medför att strålningsdrivningen stabiliseras vid 45 W/m² år 2100 (används i IPCC, AR5). I tillägg till RCP 4,5 finns scenarierna RCP 2,6 och 8,5 samt +2°C tillgängliga.

Sårbarhet för ökad nederbörd	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Referens
Förändring av årsnederbörd, klimatscenario RCP 4,5	Nf < 5%	5% ≤ Nf < 10%	10% ≤ Nf < 15%	Nf ≥ 15%	SMHI http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/klimatscenarier?area=swe&var=n&sc=rcp45&seas=ar&dnr=99&sp=sv&sx=0&sy=0#area=swe&dnr=99&sc=rcp45&seas=ar&var=n

Ytterligare information om nederbördsförändringar kan fås från de klimatanalyser över länet som kan finnas tillgängliga och som har större upplösning i data. Därtill kan information om nederbördsförändring hämtas från The World Bank Group - Climate Change Knowledge Portal:
http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_future_climate&ThisRegion=Europe&ThisCcode=SWE.

4.2 Utvärdering och redovisning

4.2.1 Samlad bedömning av sårbarhet för naturolyckor

De bedömningar som utförts baserade på ovanstående bedömningsmatriser (Tabell 4.1-Tabell 4.9) förs in i en samlad bedömningsmatris (Tabell 4.10) för att ge en bild över vilka naturolyckor som identifierats. För respektive naturolycka görs en bedömning om det förorenade området har försumbar, liten, måttlig eller stor sårbarhet för naturolyckan. En beskrivning eller ett kryss sätts i relevant ruta i Tabell 4.10. I den samlade bedömningsmatrisen anges också vilket underlag som bedömningarna baseras på, detaljeringsnivå och en kommentar angående behov av kompletterande utredningar. Sådana utredningar kan ingå i förstudie, huvudstudie eller åtgärdsförberedelse/projektering, beroende på i vilken fas objektet befinner sig.

Längst ner i den samlade bedömningsmatrisen finns ett förslag på hur sårbarheten för respektive naturolycka kan tolkas med avseende på utredningsbehov och åtgärdsbehov.

Tabell 4.10 Samlad bedömningsmatris. En markering (kryss eller text) sätts i relevant kolumn (sårbarhet) för respektive naturolycka/nederbördsförändring.

Översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Bedömning baserad på följande underlag	Detaljeringsnivå i underlaget → bedömning av utredningsbehov
Jordrörelse						
Stranderosion						
Översvämning vattendrag						
Översvämning kust						
Nederbördsförändring						
UTREDNINGS-BEHOV	Inget utredningsbehov.	Området kan inte friskrivas från naturolycka, behov av kontroll.	Behov av fördjupad utredning. Troligt åtgärdsbehov med hänsyn till aktuell naturolycka/nederbördsförändring.	Angeläget med fördjupad utredning. Åtgärdsbehov med hänsyn till aktuell naturolycka/nederbördsförändring.		

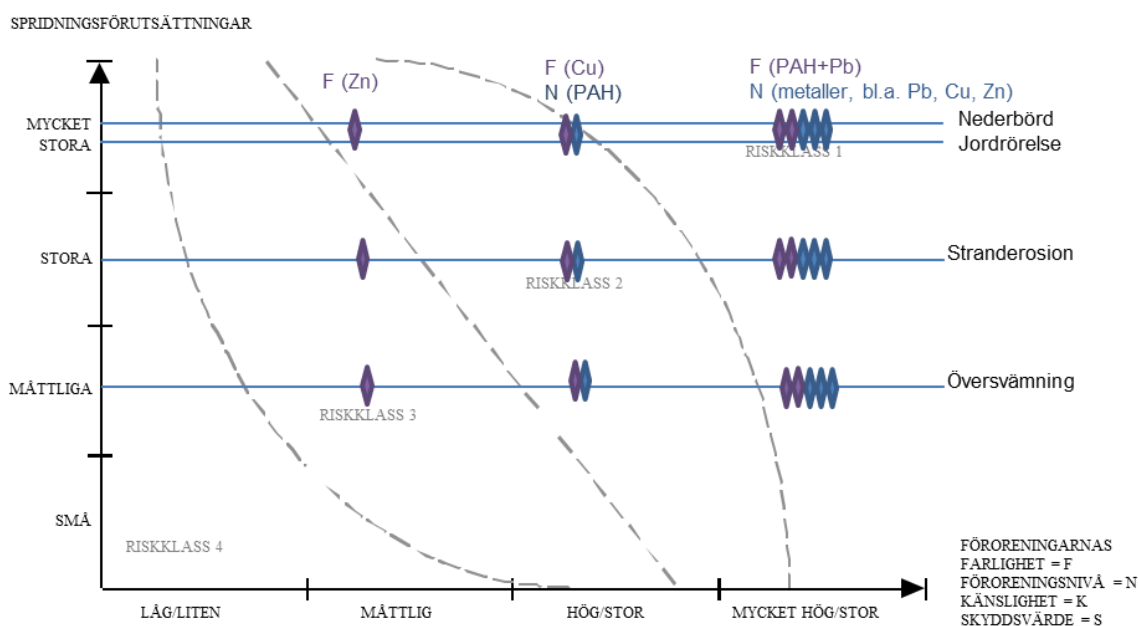
4.2.2 Samlad riskklassning av ett förorenat område

Resultaten från den samlade bedömningen av sårbarhet för naturolyckor, enligt Avsnitt 4.2.1, kan användas som ett komplement till riskklassning av det förorenade området enligt MIFO-metodiken. Ett förorenat område kan behöva bedömas som en större potentiell risk om det samtidigt finns sårbarhet för naturolyckor och effekter av klimatförändring. Naturligtvis gäller inte det omvända, med andra ord kan inte ett förorenat område bedömas ha lägre riskklass enligt MIFO om det exempelvis visar sig att sårbarhet för naturolyckor är försumbar i området.

Eftersom sårbarhet för naturolyckor kan leda till större spridningsförutsättningar används resultaten från sårbarhetsbedömningen för att bedöma om aktuella naturolyckor kan innebära små, måttliga, stora eller mycket stora spridningsförutsättningar. Det görs genom att kompletterande linjer för respektive naturolycka läggs in i MIFO-diagrammet tillsammans med uppgifter om föroreningarnas farlighet och föroreningsnivå. I sårbarhetsbedömningarna ovan har begreppen försumbar, liten, måttlig och stor sårbarhet för naturolycka använts. Vid riskklassning enligt MIFO använder man däremot begreppen liten, måttlig, stor och mycket stor. Försumbar sårbarhet kan till exempel säga motsvara små spridningsförutsättningar och stor sårbarhet kan motsvara mycket stora spridningsförutsättningar, se Tabell 4.11. Att i detta sammanhang använda MIFO-diagram innebär egentligen att kunna identifiera om det föreligger fara för naturolyckor som kan påverka det förorenade området med avseende på spridning av förorening och vilken naturolycka som dominerar. Resultatet kan ligga till grund för fortsatta geotekniska eller miljögeotekniska utredningar. Ett exempel på hur man kan lägga in kompletterande linjer för respektive naturolycka och nederbördsförändring framgår av Figur 4.1, se även praktikfallet i Avsnitt 4.3.

Tabell 4.11 Hur sårbarhet för naturolyckor enligt SGI:s metod B kan användas vid bedömning av spridningsförutsättningar enligt MIFO.

Sårbarhet för naturolyckor enligt SGI:s metod B	Spridningsförutsättningar enligt MIFO
Försumbar sårbarhet	Små spridningsförutsättningar
Liten sårbarhet	Måttliga spridningsförutsättningar
Måttlig sårbarhet	Stora spridningsförutsättningar
Stor sårbarhet	Mycket stora spridningsförutsättningar



Figur 4.1 Kompletterande diagram för riskklassning enligt MIFO-metoden med linjer som visar hur respektive naturolycka för ett område har bedömts med avseende på spridningsförutsättningar. Figuren är hämtad från praktikfallet, se Avsnitt 4.3. (SGI)

4.3 Praktikfall

Kvarteret Hake i Köping har fått utgöra praktikfall för att illustrera hur metoden kan användas. Området ligger i anslutning till Köpingsån och Kölstaån. Figur 4.2 visar karta och flygfoto över området med kvarteret Hake markerat. SGI vill poängtera att bedömningen av praktikfallet baseras på hur läget vid det aktuella området var år 2011 i samband med inledande utredningar. Sedan dess har marken efter fler utredningar enligt kommunen blivit sanerad. Även geotekniska åtgärder har utförts. Anläggningsarbeten har utförts och bostadsbyggande är på gång varvid hänsyn har tagits till högsta vattennivå. SGI har alltså inte tagit med åtgärder rörande objektet som utförts efter 2011 vid bedömningen av praktikfallet, allt för att få ett illustrativt exempel.

Följande underlag har använts (se även Figur 4.3):

1. Delrapport 2: Kompletterande markundersökning – resultat och utvärdering (2011). Köpings kommun. SGI:s dnr 2-0808-0564.
2. Översiktlig stabilitetskartering, Köpingsån med tillflöden inom Köpings stadskärna (2011). Köpings kommun. SGI:s dnr 2-0809-0650.
3. Översiktlig inventering av erosionsförutsättningar, Vattendragen Köpingsån, Valstaån, Kölstaån (2012). SGI. <http://www.swedgeo.se/upload/Stranderosion/pdf/Köpingsån.pdf>, 2014-12-15.
4. Översiktlig översvämningsskartering för Köpingsån och Kölstaån vid Köping (2010). MSB Rapport nr 68 2010-11-12. <https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Kartor/Oversvamningskartering/>, 2014-12-15.
5. Klimatscenarier, SMHI. RCP 4.5 för Sverige och årsmedelnederbörd. <http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier>, 2014-12-15.
6. Klimatanalys för Västmanlands län (2012). SMHI, Rapport nr 2012-10. <http://www.lansstyrelsen.se/vastmanland/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/SMHI-Klimatanalys%20f%C3%B6r%20V%C3%A4stmanlands%20l%C3%A4n.pdf>, 2014-12-15.
7. SGU:s kartvisare Stränders jordart och eroderbarhet: <http://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-stranders-jordart-eroderbarhet-sv.html>.



Figur 4.2 Karta och flygfoto med kvarteret Hake markerat. Området är aktuellt för exploatering av främst flerbostadhus vilket innebär en förändrad markanvändning (Ursprungsbild hämtad från Köpings kommun 2012, tillstånd: Köpings kommun).

4.3.1 Miljörisk

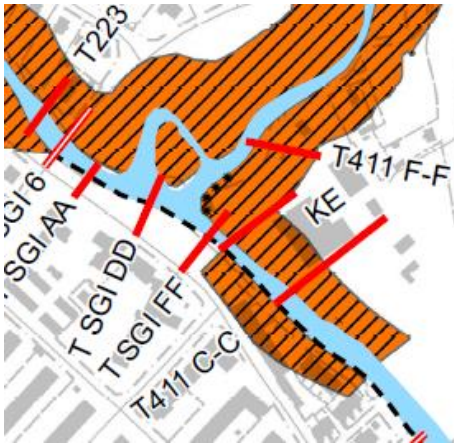
Underlag nr 1 ovan.

I området finns markföroreningar, främst i form av barium och zink, men även kadmium, koppar, bly och PAH. Marken har bedömts utgöra en ”oacceptabel risk för människors hälsa och miljö”. Ett antal markundersökningar har genomförts och efterbehandlingsåtgärder är aktuella. Objektet hade innan åtgärd MIFO-klass 2, dvs. stor risk.

4.3.2 Jordrörelser

Underlag nr 2 ovan.

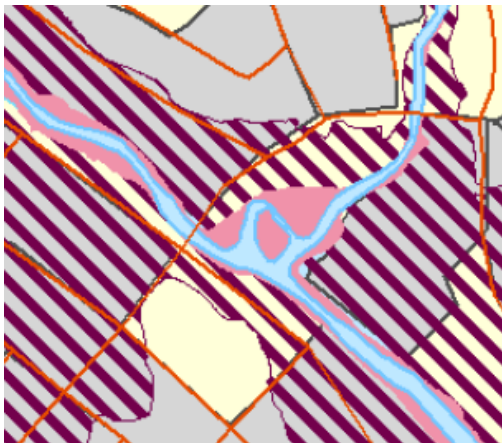
Den översiktliga stabilitetsutredningen, etapp 1B, karta 1B, visar att området är beläget inom en zon som visar orange färg med svart raster, vilket innebär att stabiliteten inte är tillfredsställande och att detaljerad stabilitetsutredning är speciellt angeläget. Den översiktliga bedömningen är att området har stor sårbarhet för skred, vilket förs in i den samlade bedömningsmatrisen (se Tabell 4.12).



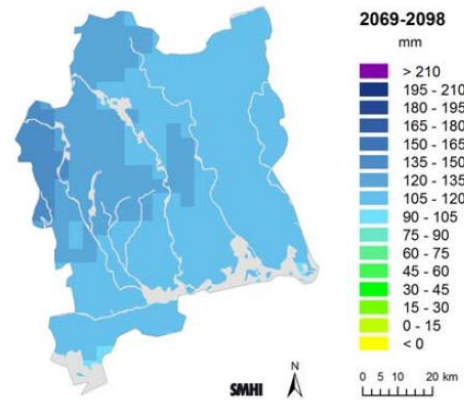
a) **Jordrörelser.** Översiktlig stabilitetskartering, karta 1B (MSB). Orange färg innebär att området översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt. Svart raster innebär dessutom att området är särskilt angeläget att utreda vidare (stabiliteten är låg), se Tabell 4.2 och Avsnitt 4.3.2. (Källa: MSB)



b) **Stranderosion.** Översiktlig inventering av erosionsförutsättningar (SGI). Grön färg innebär att området består av svämsediment, se Tabell 4.6 och Avsnitt 4.3.3. (© SGI, Lantmäteriet, Geodatasamverkan)



c) **Översvämning.** Översiktlig översvämningskartering (MSB). Rastering innebär översvämning vid beräknat högsta flöde (BHF) medan rosa färg innebär översvämning vid 100-årsflöde, se Tabell 4.7 och Avsnitt 4.3.4. (Källa: MSB)



d) **Nederbördsförändring.** Förändring i årsmedelnederbörd. Klimatanalys Västmanland (SMHI). Färgkoder enligt förklaring i figuren. Se även Tabell 4.9 och Avsnitt 4.3.5. (Källa: SMHI)

Figur 4.3 Urklipp ur de underlag som har använts. a) översiktlig stabilitetskartering för finkornig jord etapp 1B, b) inventering av förutsättningar för erosion, c) översiktlig översvämningskartering och d) utdrag från klimatanalys Västmanland, förändring i årsmedelnederbörd.

4.3.3 Stranderosion

Underlag nr 3 och 7 ovan.

Enligt SGU:s kartvisare består strandlinjen av lera och silt och innehåller viss till potentiellt hög eroderbarhet. I den översiktliga inventeringen har strandlinjen mot Kölstaån endast markerats. Materialet är markerat som svämsediment (grön färg). Området ligger inom 100 m från strand och ur underlag nr 3 ovan kan utläsas att ”längs åarnas strandkanter pågår erosion”. Erosionsskydd finns utlagt längs en kort sträcka där Kölstaån övergår till Köpingsån. Eftersom den översiktliga inventeringen är gjord i en bättre upplösning än SGU:s kartvisare bör resultatet från inventeringen användas. Den översiktliga bedömningen är att området har måttlig sårbarhet för erosion, vilket förs in i den samlade bedömningsmatrisen (se Tabell 4.12).

4.3.4 Översvämning

Underlag nr 4 och 6 ovan.

Enligt den översiktliga översvämningskarteringen (inte uppdaterad för klimatförändring) ligger området inom BHF-markerat område (rastrerad markering på karta). En tunn remsa längs med strandlinjen ligger dock inom område markerat för 100-årsflöde (rosa markering) men denna del utgör en mycket liten del. Enligt SMHI:s klimatanalys för Västmanland väntas det beräknade framtida 100-årsflödet att minska något ibland annat Köpingsån jämfört med referensperioden 1963-1992. Den översiktliga bedömningen är att området har liten sårbarhet för översvämning, vilket förs in i den samlade bedömningsmatrisen (se Tabell 4.12).

4.3.5 Nederbördsförändring

Underlag nr 5 och 6 ovan.

Enligt resultaten från SMHI:s simulerade klimatscenarier är det möjligt med en ökad årsmedelnederbörd på 10-15 % jämfört med referensperioden 1971-2000. Enligt SMHI:s mer detaljerade klimatanalys för Västmanland väntas årsmedelnederbörden öka ca 20 % till seklets slut. Ökningen sker främst vintertid. Den kraftiga nederbörden väntas också öka och i SMHI:s klimatanalys framgår hur ökningen av 1-dygnsnederbörd, 7-dygnsnederbörd, antal dygn med över 10 mm fördelar sig i länet. Den översiktliga bedömningen är att området har stor sårbarhet för nederbördsförändringar, vilket förs in i den samlade bedömningsmatrisen (se Tabell 4.12).

4.3.6 Samlad bedömningsmatris för översiktlig bedömning av sårbarhet och utredningsbehov

I Tabell 4.12 har de översiktliga bedömningarna ovan sammanställts, underlaget angivits och behov av utredning bedömts.

Med hänsyn till en översiktlig analys av sårbarheten för naturolyckor är den preliminära bedömningen att området också är mycket sårbart för framförallt spridning av föroreningar genom skred och genom ökat utläckage från ökad nederbörd. Även erosion längs med vattendraget medför troligen viss spridning av föroreningar. Området är i behov av fördjupade utredningar med avseende på skred och ökad nederbörd, bland annat genomförande av detaljerad geoteknisk stabilitetsutredning. Erosionen påverkar också släntstabiliteten och det är därför viktigt att erosionens betydelse på släntstabiliteten utreds i samband med geoteknisk stabilitetsutredning.

Tabell 4.12 Samlad bedömningsmatris för översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor och utredningsbehov för kvarteret Hake i Köping.

Översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor	Försumbar sårbarhet	Liten sårbarhet	Måttlig sårbarhet	Stor sårbarhet	Bedömning baserad på följande underlag	Detaljeringsnivå i underlaget → bedömning av utredningsbehov
Jordrörelse				 Ej tillfredsställande stabilitet	Översiktlig stabilitetskartering finkornig jord, etapp 1B, Karta 1B.	Skala 1:5000. Speciellt angeläget med detaljerad stabilitetsutredning.
Stranderosion			Svåmsediment, <100 m från strandlinje, pågående erosion, delvis erosionsskydd		Översiktlig inventering av erosionsförutsättningar. Översiktlig stabilitetskartering.	Skala 1:100 000. Mycket översiktlig bedömning. Status på erosionsskydd är okänt, likaså är det okänt hur erosionen är där skydd inte finns. Angeläget med utredning eftersom erosionen också påverkar stabiliteten.
Översvämning vattendrag		Inom BHF-markerat område. Mkt liten del även inom Q100.			Översiktlig översvämningsskartering. SMHI:s klimatanalys för Västmanlands län	Skala 1:20 000 i karteringen. Klimatberäkningar är utförda för ett rutnät med upplösningen 4 km x 4 km. En smal remsa längs med strandlinjen ligger inom gränsen för 100-årsflöde i den översiktliga översvämningsskarteringen. SMHI:s klimatanalys visar dock på att 100-årsvattenföringen i Köpingsån kommer att minska.
Översvämning kust	-	-	-	-	-	Inte aktuellt, området ligger inte vid kust.
Nederbördsförändring				Ca 20%, samt ökning av den kraftiga nederbörden	SMHI:s klimatanalys för Västmanlands län.	Klimatberäkningar är utförda för ett rutnät med upplösningen 4 km x 4 km. Angeläget att utreda vad det innebär för föroreningsspridningen i lokal skala.
UTREDNINGSBEHOV		Området kan inte friskrivas från översvämning, behov av kontroll.	Behov av fördjupad utredning med hänsyn till stranderosion. Troligt åtgärdsbehov med hänsyn till erosionsriskerna.	Behov av fördjupad utredning med avseende på skred och nederbörd. Troligt åtgärdsbehov med hänsyn till stabilitets- och spridningsförutsättningar.		

4.3.7 Samlad riskklassning enligt MIFO

Nedan illustreras hur man kan använda MIFO-diagrammet för att bedöma riskklass baserat på kunskaper om sårbarhet för naturolyckor och nederbördsförändring tillsammans med föroreningarnas farlighet F och föroreningsnivå N vid kvarteret Hake i Köpings kommun. Bedömningarna avseende föroreningarnas farlighet, föroreningsnivån och den samlade riskklassningen har utförts enligt Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden (Naturvårdsverket 1999). Uppgifter om typ av förorening och halter baseras på data från kompletterande markundersökning inom kvarteret Hake (underlag nr 1 ovan).

Underlagsdata

Ursprunglig MIFO-klass = 2 (stor risk)

Bedömning av föroreningarnas farlighet (F):

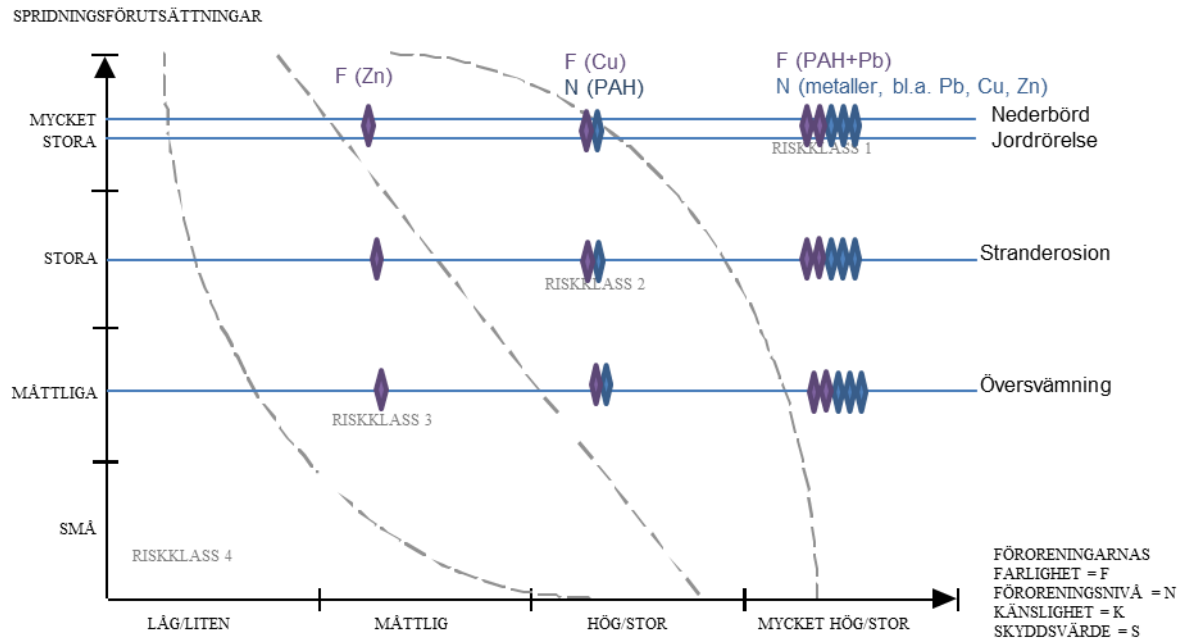
- F [PAH] = mycket hög
- F [Pb] = mycket hög
- F [Zn] = måttlig
- F [Cu] = hög

Bedömning av föroreningsnivå (N)

- N [PAH-halter]: större än KM-riktvärde men mindre än MKM-riktvärde. I nedanstående riskklassningsdiagram har föroreningsnivån N för PAH antagits vara hög.
- N [Metall-halter]: större än MKM-riktvärden. Baserat på tillgängligt underlag varierar föroreningsnivån N för metaller från måttlig till mycket stor.

Ovanstående information förs in i riskklassningsdiagram på linjer som representerar spridningsförutsättningar baserat på bedömningarna som gjorts avseende sårbarhet för naturolyckor: jordrörelse (stor sårbarhet/mycket stora spridningsförutsättningar, stranderosion (måttlig sårbarhet/stora spridningsförutsättningar), översvämning (liten sårbarhet/måttliga spridningsförutsättningar) och nederbördsförändring (stor sårbarhet/mycket stora spridningsförutsättningar), se Figur 4.4.

RISKKLASSNINGSDIAGRAM



Figur 4.4 MIFO-diagram för kvarteret Hake med bedömningar avseende spridningsförutsättningar för naturolyckor och nederbördsförändring inlagda. Notera att diagrammet i exemplet endast visar spridningsförutsättningar för naturolyckor, ej övriga spridningsförutsättningar som ingår i MIFO. (SGI)

Med hänsyn till bedömd sårbarhet för naturolyckor (jordrörelse, stranderosion, översvämning och nederbördsförändring) bedöms spridningsförutsättningarna blir större än vid den ursprungliga MIFO-riskklassningen, se Figur 4.4. Sammantaget bedöms det innebära en större risk med avseende på det förorenade området varför objektet bör hamna i MIFO-riskklass 1 (mycket stor risk) istället för 2 (stor risk).

[Observera att objektet redan har åtgärdats med avseende på föroreningssituationen och geoteknik varför sårbarheten i nuläget torde vara liten. Objektet är ett praktikfall och fokuserar på utredningar före åtgärd, dvs. före 2012.]

5. Slutord

Man kan genom att tillämpa någon av eller båda metoderna (A och B) som beskrivs i denna publikation göra en grov bedömning av om det föreligger sårbarhet för naturolyckor i förorenade områden. Metoden (A) för screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor visar hur man med GIS-teknik kan hitta de förorenade områden där naturolyckor potentiellt kan ske. Metoden (B) för översiktlig bedömning av sårbarhet för naturolyckor visar hur man för ett enskilt förorenat område med befintliga underlag om naturolyckor översiktligt graderar hur stor sårbarheten för respektive naturolycka är och väger samman informationen och använder den för att bedöma MIFO-riskklassen för det förorenade området i fråga. Metoderna ger med andra ord en vägledning till att bedöma om det finns eller inte finns sårbarhet för naturolyckor och om det är något som behöver beaktas i fortsatta utredningar.

Om den översiktliga bedömningen (Metod B) har visat att det inom ett visst förorenat område finns sårbarhet för naturolyckor, kan man behöva göra en mer platsspecifik bedömning av föroreningsspridning och utreda vilka åtgärder som kan vara lämpliga att vidta. Hur en sådan platsspecifik riskbedömning/utredning kan utföras tas inte upp i denna publikation. SGI ser emellertid att det finns ett behov av anvisningar för att göra sådana mer detaljerade riskbedömningar och åtgärdsutredningar med avseende på förorenad mark och naturolyckor.

Referenser

Göransson, G, Bendz, D & Larson, M 2009, 'Combining landslide and contaminant risk: a preliminary assessment – A study of the Göta Älv river Valley, Sweden', *Journal of Soils and Sediments*, vol. 9, no. 1, pp. 33-45.

Helsingborgs kommun 2010, *PM Tolkning av framtida vattennivåer i Helsingborg*, DHI projektnr 12801584, DHI, 2010-12-06, Göteborg.

IEG 2008, *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 6:2008, Rev 1, Version 2010, Stockholm.

IEG 2010, *Tillståndbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning Skredkommissions rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 4:2010, Stockholm.

Kjellström, E, Abrahamsson, R, Boberg, P, Jernbäcker, E, Karlberg, M, Morel, J, Sjöström, Å 2014. *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*, SMHI Klimatologi nr 9, 2014.

Köpings kommun 2012, *Samrådshandling, Västra Tunadal med kv Hake*, Köpings kommun, Stadsarkitektkontoret, 2012-11-06, Köping.

Länsstyrelsen Skåne 2014, *Regional handlingsplan för klimatanpassning för Skåne 2014 – Insatser för att stärka Skånes väg mot ett robust samhälle*, Länsstyrelsen Skåne, Rapport 2014:7, Malmö.

Länsstyrelsen Östergötland 2013, *Förorenade områden i den fysiska planeringen – en vägledning*, Länsstyrelsen Östergötland, Rapport nr 16, Linköping.

Naturvårdsverket 1999, *Metodik för inventering av förorenade områden, Bedömningsgrunder för miljö-kvalitet, Vägledning för insamling av underlagsdata*, Naturvårdsverket, Rapport 4918, Stockholm.

Naturvårdsverket 2009a, *Att välja efterbehandlingsåtgärd, En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds-mål*, Naturvårdsverket, Rapport 5978, Stockholm.

Naturvårdsverket 2009b, *Riskbedömning av förorenade områden, En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning*, Naturvårdsverket, Rapport 5977, Stockholm.

Naturvårdsverket 2009c, *Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning*, Naturvårdsverket, Rapport 5976, Stockholm.

Naturvårdsverket 2013, *Förslag till nya etappmål, Redovisning av regeringsuppdrag, Skrivelse 2013-12-16*, Naturvårdsverket, Ärendenr NV-00336-13.

SGF 2014, *Hantering av geotekniska risker i projekt – krav, Metodbeskrivning*, Svenska geotekniska föreningen, SGF, Rapport 1:2014, Linköping.

SGI 2005, Rankka, K & Fallsvik, J, *Stability and run-off conditions – Guidelines for detailed investigation of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments*, Statens geotekniska institut, SGI, Rapport 68, Linköping.

SGI 2012a, *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat, Slutrapport, Del 1 – Samhällskonsekvenser*, Statens geotekniska institut, SGI, Göta älvutredningen, GÄU, Linköping.

SGI 2012b, *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat, Slutrapport, Del 2 – Kartläggning*, Statens geotekniska institut, SGI, Göta älvutredningen, GÄU, Linköping.

SGI 2012c, *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat, Slutrapport, Del 3 – Kartor*, Statens geotekniska institut, SGI, Göta älvutredningen, GÄU, Linköping.

SGI 2013, Bergdahl, K, Cederbom, C & Göransson, G, *Prioritering av områden för skredriskanalys*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 6, Linköping.

SGI 2015a, Bergdahl, K, Odén, K, *Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven, Del 1: Kartredovisning och sammanfattning av resultat*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 18-1, Linköping.

SGI 2015b, Bergdahl, K, Odén, K, Löfroth, H, Göransson, G, Jönsson, Å, Kiilsgaard, R, *Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven, Del 2: Metod för kartläggning*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 18-2, Linköping.

SGI 2015c, Göransson, G, Hedfors, J, Ndayikengurukiye, G, Blied, L, Odén, K, *Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven, Framtida erosion i Norsälven med hänsyn till klimatförändring. Del 3: Fördjupningsbilaga*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 18-3, Linköping.

SGI 2015d, Kiilsgaard, R, Bergdahl, K, Öberg, M, Helgesson, H, Enell, A, Ndayikengurukiye, G, *Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven, Konsekvensanalys Norsälven, Del 3: Fördjupningsbilaga*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 18-4, Linköping.

SGI 2015e, *Kartunderlag om ras, skred och erosion. Vägledning 2015*, Statens geotekniska institut, SGI, Vägledning 1, Linköping.

Skredkommissionen, IVA 1995, *Anvisningar för släntstabilitetsutredningar*, Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Skredkommissionen, Rapport 3:95, Linköping.

SMHI, 2015, *Vad är RCP?* <http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarioer/vad-ar-rcp-1.80271> [mars 2015]

UNISDR, 2009, *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*.

Åkesson, M 2010, *Mass movements as contamination carriers in surface water systems – Swedish experiences and risks*, Lund University, Department of Earth and Ecosystem Sciences, Division of Geology, Master Thesis, Quaternary Geology 253.

Bilaga 1

Stabilitetskarteringar

I denna bilaga beskrivs den riksomfattande stabilitetskarteringen från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), följt av en beskrivning av digitala kartor från Statens geotekniska institut (SGI) och Sveriges geologiska undersökning (SGU) med områden där förutsättningar för jordskred finns markerade. Slutligen finns ett avsnitt som beskriver hur metoderna att beräkna stabilitetsförhållanden har utvecklats och förändrats över åren. Detta kan vara viktigt att känna till vid bedömning av äldre utredningar. Geotekniska utredningar och stabilitetskarteringar ska utföras av geoteknisk expertis.

1. Översiktlig stabilitetskartering

MSB har regeringens uppdrag att stödja kommuner och länsstyrelser med översiktliga kartläggningar av markens stabilitet i bebyggda områden. Syftet är att identifiera vilka bebyggda områden som inte klassas som stabila. Metodiken för översiktlig stabilitetskartering kan tillämpas även för förorenade områden utanför bebyggda områden.

Beroende på jordlagrens egenskaper finns det två typer av metoder för översiktliga stabilitetskarteringar:

- Kartering i finkorniga jordar (slänter i ler- och siltområden, se Avsnitt 1.1).
- Kartering i morän och grovkorniga jordar, se Avsnitt 1.2.

Den översiktliga stabilitetskarteringen enligt MSB:s metod kallas etapp 1 och innehåller delarna Förstudie och Huvudstudie. Huvudstudien är vidare indelad i Etapp 1A och 1B. För de områden som i huvudstudien utpekats som i behov av vidare utredning kan kommunen eller fastighetsägare arbeta vidare med enligt Skredkommissionens anvisningar (finkornig jord) eller SGI Rapport 68 (grovkornig jord och morän). De olika etapperna kan beskrivas enligt följande:

- Etapp 1, översiktlig stabilitetskartering, som indelas i två delstapper:
 - Etapp 1A, kartering av var förutsättningar finns för initialskred
 - Etapp 1B, översiktliga stabilitetsundersökningar och -beräkningar
- Etapp 2, detaljerad stabilitetsutredning
- Etapp 3, fördjupad stabilitetsutredning och/eller kompletterande stabilitetsutredning

1.1 Översiktlig stabilitetskartering av områden med finkorniga jordar

MSB:s kartering av slänter i ler- och siltområden syftar till att identifiera var det finns behov av detaljerade stabilitetsutredningar. Arbetet utförs successivt kommunvis över hela Sverige.

Om ett markområde inte med säkerhet kan klassas som stabilt i Etapp 1, är avsikten att man ska gå vidare och utreda stabilitetsförhållanden enligt Etapp 2 och 3. Dessa två senare etapper utförs inte i MSB:s regi.

De olika etapperna enligt MSB:s metodik beskrivs kort nedan. Ju mer detaljerad information som krävs, desto mer omfattande blir de geotekniska undersökningarna. Om en slänt kan bedömas som tillfredsställande stabil med enklare metoder behöver ingen omfattande undersökning göras. Om en slänt behöver förstärkas för att öka stabiliteten, så kan en mer omfattande undersökning innebära att åtgärder kan optimeras och därmed kostnaderna reduceras. För nyexploatering krävs dock att minst Etapp 2, detaljerad stabilitetsutredning, utförs.

1.1.1 Etapp 1A och B

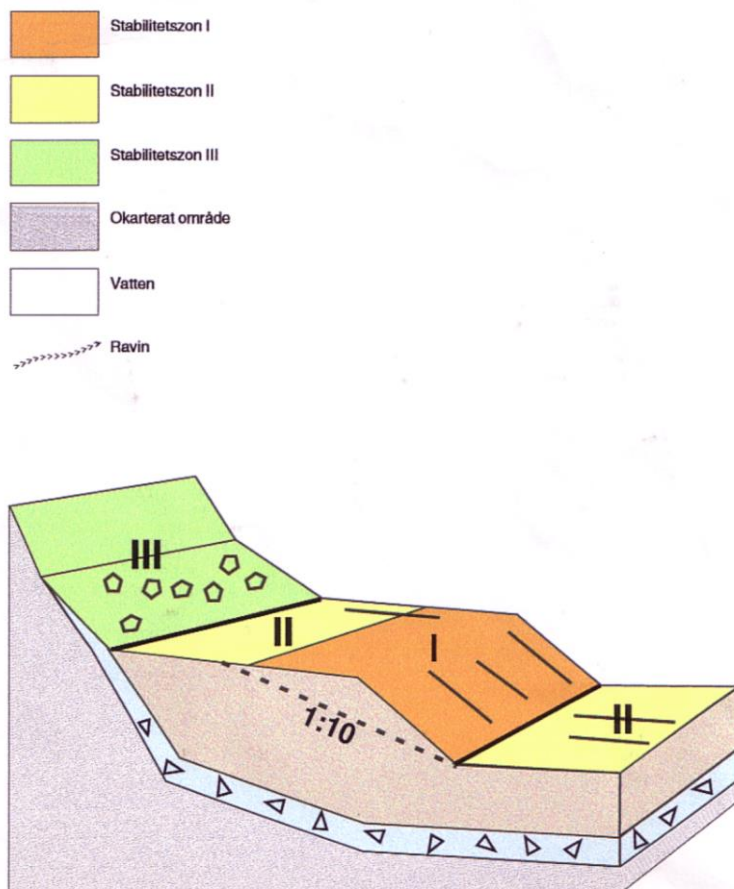
Etapp 1 är indelad i två deletapper, Etapp 1A och Etapp 1B.

I Etapp 1A karteras stabilitetsförhållandena översiktligt med avseende på jordart och topografi via kartstudier. Besiktningar utförs i fält. Kriterierna för Etapp 1A baseras på jordlagerförhållandena, markytans topografi och läget för vattendrag, sjöar och kustlinjer, se Figur B1.1. Bedömningen har i äldre karteringar baserats på lutningsförhållandena genom manuell inmätning av ekonomiska kartans nivålinjer, som har 5 m ekvidistans, varför noggrannheten blev låg. Med dagens bättre topografiska underlag (NH) kan topografin bestämmas med högre noggrannhet. Där uppgifter om djupförhållandena saknas i vattendrag och sjöar och längs kuster används ett schabloniserat skyddsavstånd (motsvarande 50 m i horisontal led), även där markytan lutar flackare än 1:10. Vidare indikeras typsektioner utmed vilka stabilitetsförhållandena ska utredas översiktligt i Etapp 1B (se nedan).

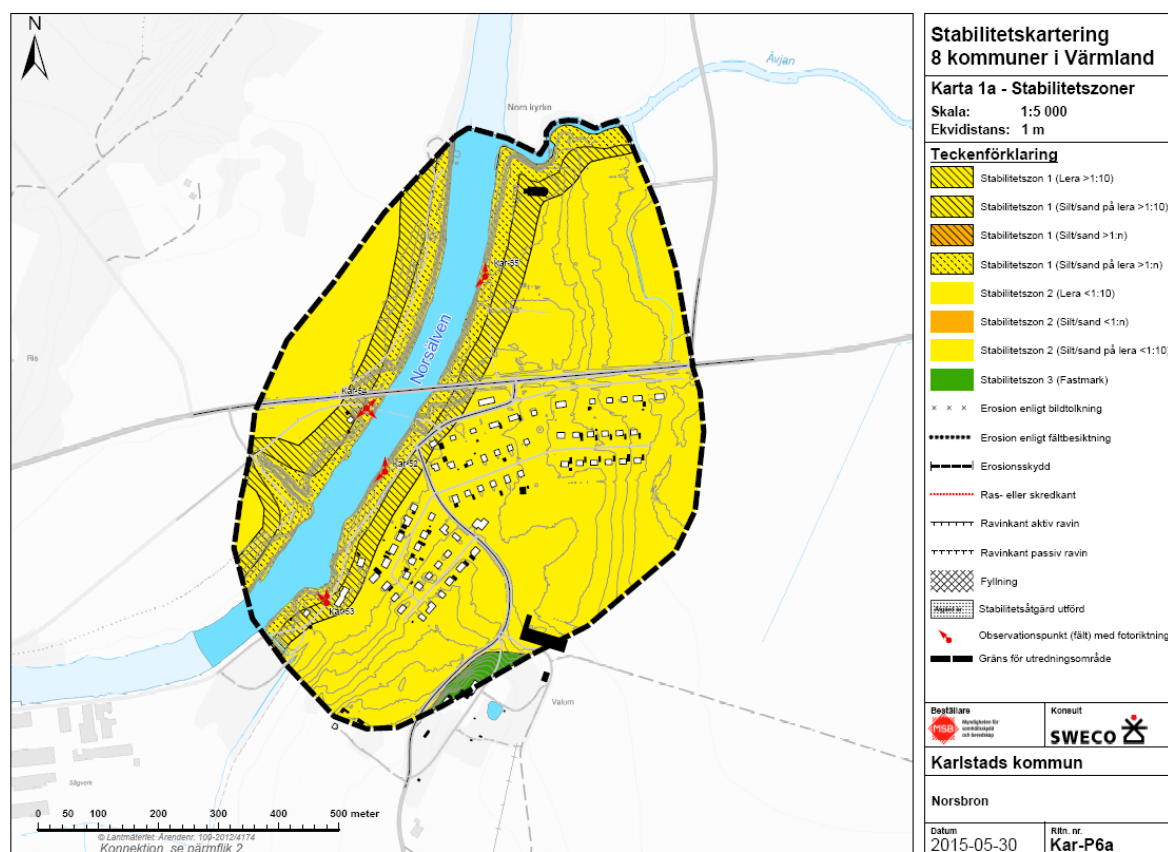
Indelningen i stabilitetszoner styrs enligt (Figur B1.1):

- Zon I: Områden på lera eller silt som befinner sig ovanför en lutningslinje 1:10 (orange markering).
- Zon II: Övriga områden på lera eller silt (gul markering).
- Zon III: Markytor ovanpå berg i dagen eller grövre jord (grön markering).

Ett exempel på redovisningskarta för förutsättningar för jordskred i finkornig jord, Etapp 1A, framgår av Figur B1.2.

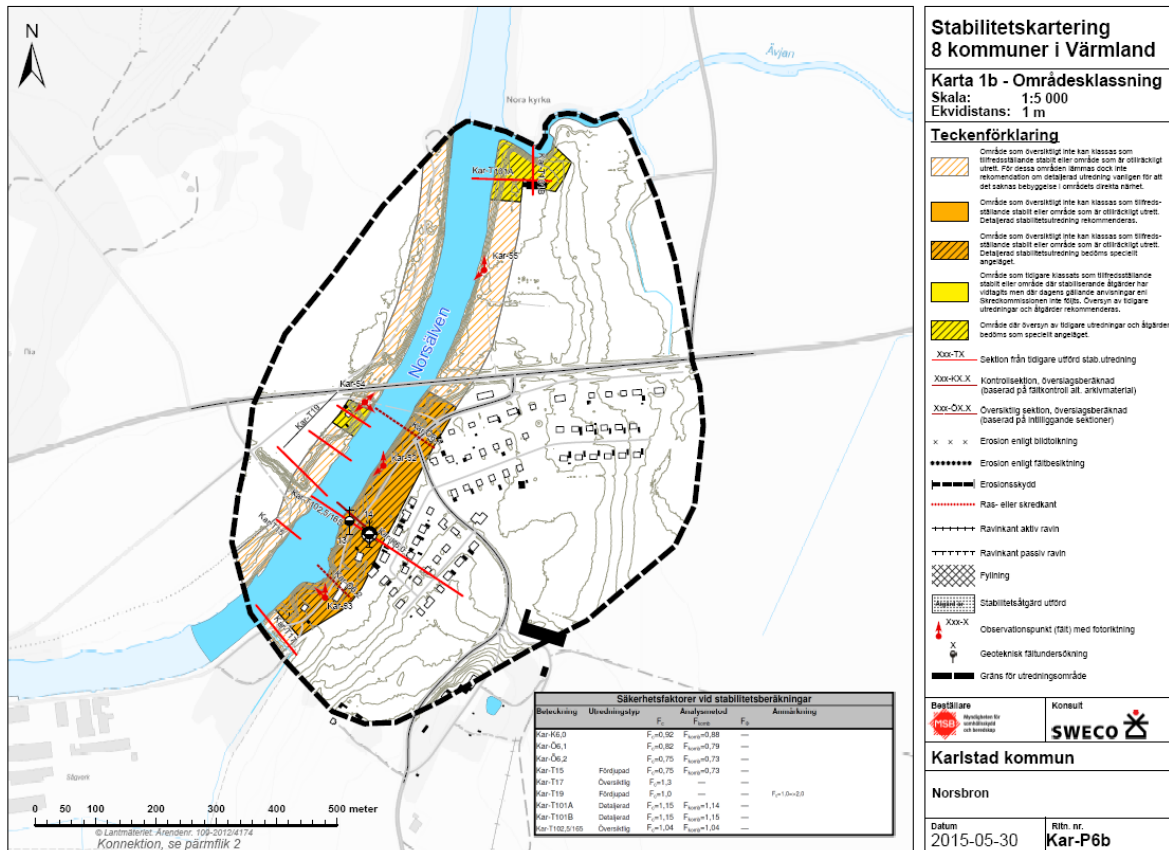


Figur B1.1 Stabilitetszoner vid översiktlig stabilitetskartering av områden med finkorniga jordar etapp 1A (SGI).



Figur B1.2 Exempel på redovisningskarta för översiktlig stabilitetskartering i finkornig jord, Etapp 1A - Stabilitetszoner, Norsbron, Karlstads kommun. (Tillstånd: MSB)

I Etapp 1B utreds stabilitetsförhållandena översiktligt utifrån fältundersökningar och överslagsberäkningar i särskilt utvalda typsektioner. En bedömning och värdering utförs också av tidigare utförda stabilitetsutredningar inom eller i närheten av de aktuella områdena. För typsektionerna väljs jordens hållfasthet och porvattenttryck på den säkra sidan och slänternas stabilitet bedöms med hjälp av beräkningar. Om det inte är möjligt att klarlägga stabilitetsförhållandena inom ett delområde med hjälp av denna stabilitetsberäkning bör detaljerad stabilitetsutredning utföras i senare etapper av utredningsarbetet, Etapp 2 och 3 (se nedan). Redovisning av stabilitetsförhållandena i Etapp 1B görs genom områdesklasser, se Figur B1.3.



Figur B1.3 Exempel på redovisningskarta för översiktlig stabilitetskartering i finkornig jord, Etapp 1B - Områdesklassning, Norsbron, Karlstads kommun. (Källa: MSB)

1.1.2 Etapp 2 och 3

Detaljerade stabilitetsutredningar ingår inte i MSB:s översiktliga stabilitetskartering. För detta arbete ansvarar kommuner, fastighetsägare, exploatörer och Trafikverket m.fl. En kortfattad beskrivning av dessa etapper finns i publikationens avsnitt 2.2.2.

1.2 Stabilitetskartering av slänter och raviner i morän och grovkorniga jordar

MSB:s kartering av slänter och raviner i morän och grovkornig jord syftar till att finna var det finns behov av detaljerade utredningar. Arbetet utförs kommunvis.

Karteringen omfattar dels förutsättningarna för slamströmmar i raviner, bäckdalar och slänter, och dels av ras i moränslänter. Indelningen i olika etapper ansluter till den princip som gäller för översiktlig kartering av lerområden. Metoden omfattar således Etapp 1A och Etapp 1B. Om ett markområde inte med säkerhet kan klassas som stabilt i Etapp 1, är avsikten att man ska gå vidare och utreda stabilitetsförhållanden enligt Etapp 2 och 3. Dessa två senare etapper utförs inte i MSB:s regi.

Etapp 1A och 1B enligt MSB:s metodik beskrivs kort nedan.

1.2.1 Översiktlig kartering – Etapp 1A och B

Etapp 1 indelas i två deletapper - Etapp 1A och 1B.

I Etapp 1A bedöms översiktligt om förutsättningar för slamströmmar och jordskred föreligger baserat på bland annat topografi, jordförhållanden och hydrologi. Dessutom görs en fältbesiktning och underlag tas fram för den bedömning av stabilitets- och avrinningsförhållanden som görs i Etapp 1B.

För varje område utförs en flygbildstolkning. Syftet med flygbildstolkningen är att få kunskap om bland annat jordarter, topografi, tidigare inträffade jordrörelser (typ, läge, ungefärlig ålder), vegetation (typ, förekomst, täckningsgrad) och avrinningsförhållanden (sjöar, vattendrag, sankmark, utströmningsområden). Kvaliteten förbättras om nytaga flygbilder finns att tillgå. Flygbildstolkningen ligger även till grund för val av platser att studera vid fältbesiktningen.

Information om nyligen genomförda eller planerade skogsavverkningar kan fås från Skogsstyrelsen. Information som kan vara av intresse, exempelvis geologi och geoteknik samt information från tidigare händelser, samlas också in från berörd kommun eller annan källa, exempelvis lokala konsulter.

En fältbesiktning utförs i samtliga områden där följande studeras:

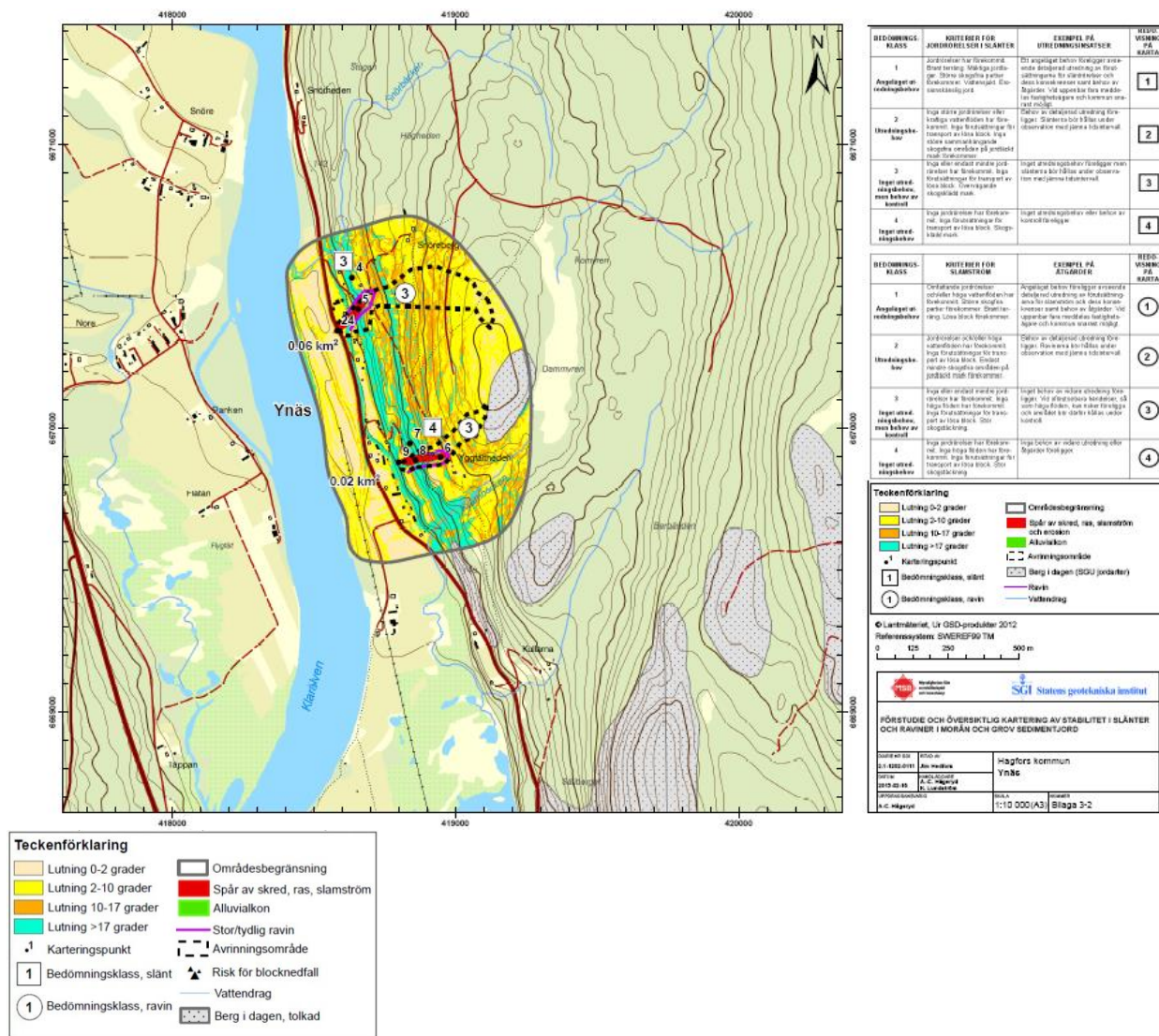
- spår från tidigare jordrörelser
- jordarter
- topografiska förhållanden
- hydrologiska förhållanden
- markanvändning
- vegetation
- mänsklig påverkan

Resultatet från karteringen i Etapp 1A presenteras i form av fotografier, fältbesiktningsprotokoll och kartor i skala 1:10 000. På kartorna, se Figur B1.3, redovisas lutningsklasser, avrinningsområden, berg i dagen, vattendrag, raviner, fältbesiktningspunkter samt indikationer på inträffade jordrörelser såsom ras, slamströmmar och erosion samt slamströmsavlagringar.

Etapp 1B omfattar bedömning av stabilitets- och avrinningsförhållandena baserat på det underlag som tagits fram i Etapp 1A. Syftet med Etapp 1B är att:

- Översiktligt identifiera områden där stabiliteten är tillfredsställande.
- Översiktligt identifiera områden där stabiliteten kan antas vara otillfredsställande och därför bör genomgå en detaljerad utredning.
- Markera områden där behovet av detaljerade utredningar av stabiliteten bedöms vara särskilt stort.
- Den klassning av slänterna som utförs i Etapp 1B och som baseras på överslagsberäkningar av stabilitetsförhållandena redovisas på samma karta som resultaten från Etapp 1A, se Figur B1.4.

I de områden som i Etapp 1 översiktligt har bedömts ha ett utredningsbehov, bör sedan en detaljerad utredning av stabiliteten utföras och där så krävs, förslag till åtgärder utarbetas.



Figur B1.4 Exempel på redovisningskarta för Översiktlig stabilitetskartering i slänter och raviner i morän och grovkorniga jordar, Ynäs, Hagfors kommun. (Källa: MSB)

2. SGI/SGU:s kartdatabas över områden med förutsättningar för jordskred

2.1 Stabilitetskartering i områden med förutsättningar för skred i finkornig jordart

SGI och SGU har utvecklat digitala kartor med förutsättningar för jordskred som avses indikera områden där förutsättningar finns för skred och ras i finkornig jord. Kartorna, som är baserade på NH, det vill säga den laserskannade digitala höjddatabasen samt digitala jordartskartor, produceras med hjälp av GIS. Efterhand kommer NH och digitala jordartskartor att täcka huvuddelen av landet (NH för närvarande 75 % av Sveriges yta).

Under 2013 initierades ett samarbete mellan SGI och SGU för att ta fram en gemensam GIS-produkt (rikstäckande) som beskriver var i landet det finns förutsättning för skred och ras. Dessa zoner beräknas av den algoritm som framtagits vid Uppsala universitet. SGI har tidigare utfört sådana beräkningar i enskilda stabilitetsutredningar (Göta älvtredningen, Köpingsån med flera) med goda erfarenheter.

Kartorna produceras i GIS genom så kallad overlay-analys mellan jordlagerinformation och lutningsförhållandena, som indelas på samma sätt som i MSB:s översiktliga stabilitetskartering (se ovan). Eftersom kartorna är yttäckande kommer även idag obebyggda områden att täckas. Därmed får man en produkt som motsvarar kartorna som produceras i Etapp 1A i MSB:s översiktliga stabilitetskarteringar men som även täcker idag obebyggda områden.

Kartorna med förutsättningar för skred i finkorning jordart ger en indikation på områden där det kan finnas geotekniska, geologiska och topografiska förutsättningar för skred, men ger inget mått på sannolikheten för skred. De är avsedda för översiktlig planering, för att vara underlag vid annan planläggning, bygglov med mera samt för indikering av var mera detaljerade utredningar behövs. Kartorna måste således kompletteras med platsspecifika bedömningar.

2.2 Stabilitetskartering i områden med grövre jordlager

Den ovan beskrivna kartdatabasen med områden med förutsättningar för jordskred är begränsad till stabilitetsproblem inom områden med finkornig jord. För branta slänter i områden med grövre jordar kan istället GIS-producerade lutningskartor som baseras på de fyra lutningsintervallerna användas.

Markytans lutning lokalt	Förhållanden där lager av grovkornig jord finns
>17°	Förutsättningar för initiering av skred
17° till 10°	Förutsättningar att jordmassor från ett skred, som startat i ett brantare parti ovanför, kan fortsätta nedför slänten eller framkalla framåtgripande skred och s.k. slamströmmar.
10° till 2°	Mer lätttransporterade partiklar som grus, sand, silt och ler kan avlagras där.
<2°	Område som inte påverkas av jordskred

Sådana lutningsklasskartor kan framställas genom overlay-analys mellan områden med grovkornig jord och lutningsförhållandena, baserat på NH och en digital jordartskarta. Detta är betydligt enklare att utföra än för områdena med finkornig jord.

3. Stabilitetsutredningar – kortfattad historik

Metoderna att beräkna stabilitetsförhållandena har successivt utvecklats. När man ska studera äldre utredningar för stabilitetsförhållandena för slänter är det därför viktigt att känna till hur stabilitetsutredningar normalt utfördes tidigare. Om äldre utredningar ska användas som underlag kan dessa vara otillräckliga som underlag och kompletteringar krävs. Eventuellt kan en helt ny utredning vara nödvändig.

3.1 Stabilitetsutredningar före 1978

För naturliga slänter med jordlager av lera utfördes stabilitetsberäkningar före ca 1978 huvudsakligen enligt s.k. odränerad analys¹ (c-analys). Vanligtvis beräknades cirkulär cylindriska men ibland även plana och sammansatta glidytor. För att en slänt skulle bedömas som tillfredställande stabil skulle den beräknade säkerhetsfaktorn vara $F_c > 1,5$.

Beräknade glidytor uppritade på sektioner redovisades oftast inte i det geotekniska utlåtandet. Ibland redovisades inte heller den beräknade säkerhetsfaktorn, utan geoteknikern angav i sitt utlåtande enbart att ”stabilitetsförhållandena är tillfredställande” eller ”stabilitetsförhållandena är inte tillfredställande”.

De omfattande beräkningarna utfördes för hand eller ofta översiktligt med hjälp av diagram exempelvis de utvecklade av Nilmar Janbu (beskrevs i handboken BYGG), Bo Berggren eller Sven Odenstedt. Efterhand fanns även stabilitetsberäkningsprogram tillgängliga att användas av de flesta svenska geotekniker som exempelvis SSTAB (SGI) eller SMD (dåvarande Vägverkets program).

Tuveskredet inträffade 1977, varpå Regeringen gav Räddningsverket (numera MSB) uppgiften att utföra kommunvisa översiktliga stabilitetskarteringar i bebyggda områden på slänter i finmaterial (lera, silt och sand). De första åren gjordes enbart en analys baserad på jordart, markytans lutning samt närheten till stränder (senare kallad etapp 1A). Marken indelas i tre zoner, varav Zon 1 anges ha förutsättningar för skred. De första översiktliga stabilitetskarteringarna utfördes främst i ett antal kommuner i Västra Götalands län. SGI utför på MSB:s uppdrag förstudier inför översiktliga stabilitetskarteringar.

3.2 Perioden 1978 – 1995

Successivt utvecklades de teoretiska beräkningsmetoderna, laboratoriemetoderna och programvarorna för stabilitetsberäkning. En metod för så kallad kombinerad analys² togs fram baserad på portryck³ och dräneringsförhållanden längs en glidytta samt jordlagrens kohesions- och friktionsegenskaper. Kombinerad analys innefattar en kombination av dränerad och odränerad analys (beräknad säkerhetsfaktor $F_{komb} > 1,35$). Även odränerad analys skulle dock utföras, varvid kravet $F_c > 1,5$ bibehölls för denna

¹ När en glidytta uppstår i lera deformeras denna och därmed alstras förhöjda portryck. Dessa kan mer eller mindre utjämnas. I en odränerad analys räknar man för fallet där ingen portrycksutjämning har skett utmed en glidytta, och odränerad hållfasthet utnyttjas längs hela glidytan.

² I kombinerad analys tar man hänsyn till att vissa delar av en glidytta kan vara dränerade medan andra förblir odränerade. Så är fallet för glidytor som till exempel går genom lager med såväl dränerande material som genom tät lera eller tätskikt.

³ Portrycket är det tryck som grundvattnet alstrar i jordens porer.

del. För samma slänt skulle således såväl totalspänningsanalys som kombinerad analys utföras, varvid båda kraven enligt ovan skulle vara uppfyllda.

Programvaran SSTAB utvecklades så att även kombinerad analys kunde utföras. Även den kanadensiska PC-baserade programvaran SLOPE/W utvecklades liksom programvaran BEAST, som är baserad på direkt användning av resultat från GEOCAD som underlag för beräkningarna.

Arbetet med de översiktliga stabilitetskarteringarna fortsatte i flera län.

3.3 Perioden 1995 – 2011

År 1995 publicerade Skredkommissionen anvisningar för släntstabilitetsutredningar, Rapport 3:95. Rapporten, som är tillämplig för slänter i finkornig jord, ger råd och anvisningar för hur stabilitetsutredningar ska utföras samt föreskriver vilket krav man ska ställa på den beräknade säkerhetsfaktorn, dels beroende på markanvändningen, dels beroende på noggrannheten på den stabilitetsutredning som har utförts.

Metoden för de översiktliga stabilitetskarteringarna utökades med en ytterligare en etapp (1B) i vilken även en översiktlig stabilitetsutredning utförs i utvalda sektioner. Översiktliga stabilitetskarteringar utfördes i ytterligare län.

Moränskred och slamströmmar med negativa konsekvenser för samhället inträffade under denna period i branta slänter och längs vattendrag ibland annat i Åre, Sysseleback, Kittelfjäll och Ånn efter intensiv nederbörd. På uppdrag av MSB utvecklade SGI och Chalmers tekniska högskola därför såväl en översiktlig karteringsmetod som en detaljerad utredningsmetod för bedömning av förutsättningarna för dessa händelser. MSB och SGI har sedan tillämpat metoderna i branta moränslänter nära bebyggelse.

Längs hela Göta älv utförde SGI 2009-12 kartläggning av skredriskerna, det vill säga både förutsättningar för och konsekvenser av skred.

3.4 Efter 2011

För ny bebyggelse och anläggningar gäller Eurocode 7, SS-EN 1997.

Implementeringskommissionen för Europastandarder inom geoteknik (IEG) publicerade år 2011 en vägledning för hur Skredkommissionens anvisningar 3:95 kan tillämpas för naturliga slänter i enlighet med Eurocode. Syftet med rapporten (IEG 4:2010) är att vara ett underlag vid tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse eller anläggningar. Rapporten är ett komplement till Skredkommissionens anvisningar Rapport 3:95.

De översiktliga stabilitetskarteringarna i bebyggda områden på slänter i finkornig jord har utförts i ytterligare län. Idag återstår sju län. Vissa kommuner som karterades tidigt ska kompletteras med etapp 1B.

Ytterligare översiktliga karteringar av stabilitetsförhållandena i moränslänter har utförts i ett tjugotal kommuner över hela landet som har brant topografi nära bebyggelse. Ytterligare kommuner ska karteras.

I samarbete mellan SGI och SGU har en GIS-baserad metod med den laserskannade nationella höjddatabasen (NH) och digitala jordartskartor som underlag utvecklats, en kartdatabas kallad *förutsättningar för skred i finkorning jordart*. Denna kommer efterhand att täcka större delen av Sverige, och även områden utanför bebyggda områden omfattas. Storleken på områden som identifieras med hjälp av kartdatabasen *förutsättningar för skred i finkorning jordart* ska överensstämma med Zon 1 i översiktliga stabilitetskarteringen i Etapp 1A ovan.

Bilaga 2

Hur naturolyckor kan påverka ett förorenat område

1. Naturolyckor

När ett förorenat område och ett område med risk för jordrörelser överlappar varandra finns risk för en ökad spridning av föroreningar. Förorenad jord kan genom massrörelsen förflyttas upp till markytan vilket leder till en ökad exponeringsrisk. Stora mängder av förorenad jord kan också förflyttas ut i ytvattnet. Där kan frigörelse och transport ske genom att förorenat jordmaterial eroderas och suspenderas, vilket kan pågå under mycket lång tid (månader, år). De svallvågor som bildas kan föra med sig material både flera kilometer uppströms och tiotals kilometer nedströms inom en tidsskala på minuter till timmar.

Skred, ras och erosion är naturliga störningar som är ett resultat av naturens strävan efter jämvikt. De utgör viktiga processer för förnyring av ekologin (Sassa & Canuti 2009). En massrörelse kan orsaka en omedelbar grumling av vatten med minskad ljusgenomsläpplighet samt förändrade pH- och redoxförhållanden som följd. En sådan situation pågår dock endast under en begränsad tid och de flesta naturliga system klarar att återhämta sig från en sådan händelse (Geertsema & Pojar 2007). Problemet uppstår egentligen först när naturliga system inte längre är naturliga på grund av människans påverkan på miljön, eller när det naturliga systemet långsamt förändras i takt med den klimatpåverkan vi ser idag. Involveras förorenade områden, utfyllda industriområden, deponier och så vidare i händelse av skred, ras, erosion eller förändrade vattenstånd kan det orsaka frigörelse och spridning av förorenande ämnen.

2. Mobilisering och spridning

Ett förändrat klimat kan medföra effekter med avseende på såväl föroreningar som deras biotillgänglighet. Men vilken betydelse har det då, att föroreningar som tidigare varit dolda plötsligt exponeras i ett skred? Eller att områden som tidigare varit torrlagda nu riskerar att drabbas av återkommande översvämningar eller permanent förhöjda grundvattennivåer? Hur påverkas en föroreningssituation om ett område som tidigare varit syresatt, eller periodvis syresatt, istället blir anoxiskt (mycket syrefattigt) eller helt anaerobt (syrefritt)? Vad händer om en näringsfattig miljö med låg organisk halt plötsligt får ett tillskott av kol? Vid sådana förändrade betingelser är det inte bara effekterna i det omedelbara närområdet som är viktiga utan också eventuella effekter i spridningsområdet.

Några tänkbara scenarier som skulle kunna ge upphov till den typen av förändringar är:

- Förflyttning av massor från en geokemisk miljö till en annan
- Skyfall, höga nederbördsmängder, översvämningar
- Varmare klimat, varmare mark och kortare perioder då marken är frusen

Sådana scenarier kan i sin tur medföra:

- Högre grundvattennivåer och temperatur under kortare eller längre perioder
- Tillförsel av organiskt material (humusämnen) och/eller partiklar till närliggande vattendrag
- Förändringar i pH i mark och grundvatten
- Förändrad reduktionspotential i mark och grundvatten
- Påverkan på nedbrytningsförloppet hos olika föroreningar (exempelvis oxidativa eller reduktiva nedbrytningsvägar)

- Ändrade förutsättningar för nedbrytning, eller förändrad kemisk signatur på vattnet (med avseende på gaser till exempel)
- Förändrad mikrobiell sammansättning till följd av förändrad geokemisk miljö och mikrobiell konkurrens

Tillskott av löst organiskt material och exempelvis partiklar i lerfraktion erbjuder möjlighet till komplexbindning och kan leda till både ökad och minskad mobilitet beroende på om materialet är i lösning eller partikulärt.

Transport och mobilitet av oorganiska ämnen som metaller är i hög grad styrda av markmiljöns pH och redoxförhållanden. Vissa ämnen är mer känsliga än andra och särskilt gäller detta ämnen som kan förekomma med mer än ett oxidationstal, till exempel halvmetallen arsenik (As) och metallen krom (Cr).

Vad gäller pH kan det antingen ha en indirekt eller direkt effekt på ett flertal mekanismer som rör oorganiska ämnens bindning till jordar. Generellt för katjoner (positivt laddade metalljoner) är att man brukar se en trend mot ökad adsorption vid ökad pH upp till pH ca 7. Därefter minskar adsorptionen igen på grund av att det organiska materialets löslighet ökar och ”tar med sig” metallerna ut i lösningen igen.

Vid ökad grundvattenbildning till följd av frekventa regn och översvämningar kan redoxpotentialen sjunka och aeroba förhållanden övergå i anaeroba förhållanden. Förändrade redoxförhållanden kan ha både en direkt och en indirekt effekt på mobilitet. Direkt genom att metalljonens egen form påverkas av redoxförhållandena. Det mest kända exemplet är As som förekommer som arsenatjon under aeroba förhållanden, men omvandlas till arsenit under anaeroba förhållanden. Arsenat binds relativt hårt till järn(hydr)oxidtyper, medan arsenit binds svagt och är därmed betydligt rörligare. Ett annat exempel är Cr där Cr(III) kan oxideras till den mer toxiska och mer transportbenägna Cr(VI) vid övergång från reducerande (syrefattiga) till oxiderande (syresatta) förhållanden. Mobilitet, liksom biologisk tillgänglighet, kan också påverkas indirekt genom att redoxkänsliga och viktiga sorptionsfaser som järnhydroxid löses upp under reducerande förhållanden. I en reducerande miljö som förändras till en oxiderande kan järnhydroxider bildas och ”dra med sig” arsenik i utfällningen (det vill säga fungera som en fälla för arsenik). Omvänt kan en arsenik-järnoxid lösas upp om miljön går från oxiderande till reducerande och arsenik riskerar då att bli mobil med grundvattnet. Mer om detta kan man läsa i Naturvårdsverkets Rapport 5536, Metaller mobilitet i mark (Naturvårdsverket 2006) samt i Bedömningsgrunder för grundvatten (SGU 2013).

För organiska föroreningar har ett förändrat pH och redox huvudsakligen betydelse för nedbrytning. Petroleumkolväten bryts företrädesvis ned i oxiderande miljöer medan klorerade lösningsmedel (exempelvis perkloretylen, trikloretylen) främst bryts ned i reducerande miljöer. Vissa mikroorganismer som är aktiva vid nedbrytningen av föroreningarna är dessutom bara aktiva inom vissa pH-intervall, och vid ett förändrat pH antingen minskar eller ökar olika mikrobiella grupperns aktivitet. Som exempel kan nämnas mikrobiell reduktiv deklorering av klorerade lösningsmedel, där aktiviteten hos bakterien *Dehalococcoides* markant sjunker eller helt avtar vid pH under ca 6,5.

I Naturvårdsverkets rapportserier inom förorenade områden och i ett antal rapporter från kunskapsprogrammet Hållbar sanering finns fördjupad information om olika typer av föroreningars uppträdande, deras förekomstformer och farlighet vid exponering. I Naturvårdsverkets Rapport 5976 (Naturvårdsverket 2009) presenteras exempelvis fördelningskoefficienter, K_d , för en mängd olika föroreningar vilka i ett inledande skede kan användas för att uppskatta föroreningens fördelning mellan jord och vatten, vilket har betydelse för mobiliteten. Även bedömningen av olika ämnens styrande exponeringsvägar kan användas för att uppskatta effekter av klimatförändringen på de olika föroreningarnas spridningssätt.

Referenser

Geertsema, M, Pojar, JJ 2007, Influence of landslides on biophysical diversity – a perspective from British Columbia, *Geomorphology*, vol. 89, pp 55-69.

Naturvårdsverket 2006, *Metallens mobilitet i mark*, Naturvårdsverket, Rapport 5536, Stockholm.

Naturvårdsverket 2009, *Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning*, Naturvårdsverket, Rapport 5976, Stockholm.

Sassa, K, Canuti, P (Eds.) 2009, *Landslides – Disaster risk reduction*, Springer.

SGU 2013, *Bedömningsgrunder för grundvatten*, Sveriges geologiska undersökning, SGU, Rapport 2013:01, Uppsala.

Bilaga 3

**Metod A beskriven med GIS-terminologi
Inklusive praktikfall**

1. Metod A – Screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor

Syftet med den nedan beskrivna metoden (metod A) är att för ett större geografiskt område översiktligt identifiera vilka förorenade områden som ligger inom områden där det finns sårbarhet för skred, ras, slamströmmar, erosion, och/eller översvämningar. Vid denna översiktliga identifiering tas ingen hänsyn till ökad nederbörd till följd av klimatförändring. Nya klimatdata från SMHI:s klimatscenarion (www.smhi.se) kan ge ytterligare stöd i bedömningen av risken för naturolyckor i framtiden. Prognoser om ökad nederbörd kan öka sårbarheten för både jordrörelser och översvämningar.

Om ett förorenat område ligger på mark med sårbarhet (känslighet) för skred, ras, slamströmmar, erosion och/eller översvämningar kan det innebära att riskbilden förvärras. Det handlar alltså om att göra en översiktlig och snabb bedömning av en eventuell kombination av ett förorenat område och ett område med sårbarhet för naturolyckor med målet att bättre kunna prioritera rätt objekt för fortsatta undersökningar och eventuella åtgärder.

Om man däremot har behov av att bedöma om det vid ett enskilt förorenat markområde finns sårbarhet för naturolyckor och ökad nederbörd till följd av klimatförändring hänvisas till metoden som beskrivs i publikationens Kapitel 4 (metod B).

Metoden för screening och identifiering av förorenade områden med sårbarhet för naturolyckor bygger på att koppla olika GIS-skikt till varandra för att på så sätt enkelt och snabbt identifiera var inom ett större område som kombinationen av ett förorenat markområde och en sårbarhet för naturolycka finns. Metoden är i första hand tänkt att utnyttjas av

- Tillsynsmyndigheter på länsstyrelser och kommuner som behöver få en bild av vilka förorenade områden som också har sårbarhet för naturolyckor.
- Planerare på lokal och regional nivå som i sitt arbete med fysisk planering behöver ta hänsyn till förorenade områden.

Den nedan beskrivna arbetsgången bygger på GIS-teknik, men principerna går även att tillämpa manuellt baserat på kartunderlag såsom topografisk karta och jordartskarta. SGI rekommenderar dock att GIS-kompetens anlitas. GIS-kompetens finns vid länsstyrelserna, kommunernas stadsbyggnads- och tekniska kontor eller hos tekniska konsulter.

Nedan redogörs för metodens underlag, arbetsprocess och resultat. Ett praktikfall finns invävt nedan för att illustrera arbetsgång och tänkt resultat. I publikationen finns nedanstående text återgiven i en förkortad version, se Kapitel 3. Denna bilaga utgör en mer fullständig anvisning för personer med GIS-kompetens.

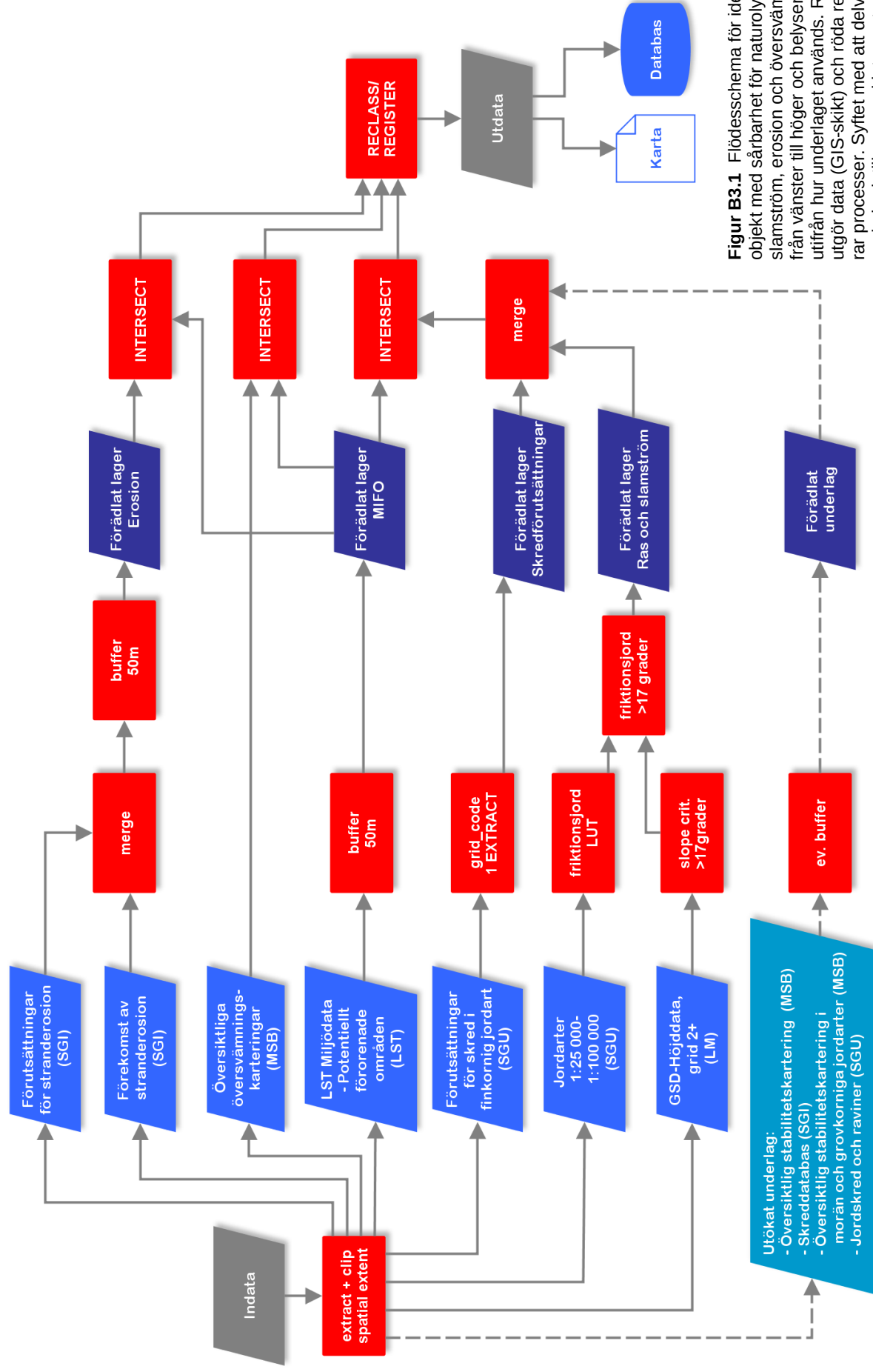
1.1 Metod

Följande GIS-metod bygger på att identifiera de MIFO-objekt vars geografiska läge sammanfaller med kända lägen för områden med eventuella stabilitetsproblem. Områden med stabilitetsproblem definieras här som områden med förutsättning för skred, ras, slamströmmar, erosion och översvämning – *naturolycka*. Även konstaterad aktiv erosion och låg markstabilitet (från stabilitetsberäkningar) inkluderas om denna information finns tillgänglig.

Metoden är utformad så att minsta möjliga mängd underlag, här benämnt *basunderlag*, ska ge ett användbart resultat, medan ett *utökat underlag* med fördel kan ingå för att höja tillförlitligheten i identifieringen. Basunderlaget är tillgängligt via geodatasamverkan (www.geodata.se) som rikstäckande data, medan utökat underlag kan erhållas från kommuner, myndigheter och andra organisationer.

Förutom bas- och eventuellt utökat underlag, krävs manuell editering för att anpassa delar av underlaget innan själva identifieringen kan göras. Denna editering består av extrahering, gruppering, klassificering och buffring av data (vanliga och enkla GIS-operationer i datapreparerings syfte) och bildar ytterligare *förädlad underlag*.

Identifieringen sker genom att skära MIFO-objekten (overlay-teknik) med vart och ett av underlagen grupperade i a) skred och ras, b) slamströmmar, c) erosion och d) översvämning. I redovisningen belyser man (med lämplig symbolik) de utpekade MIFO-objekten till exempel jämte Länsstyrelsens databas eller separat med individuell klassning av objekten baserad på typ av sårbarhet (a-d). Flödesschemat i Figur B3.1 illustrerar arbetsgången generellt med ingående underlag och processeringssteg.



Figur B3.1 Flödesschema för identifiering av MIFO-objekt med sårbarhet för naturolyckor (skred, ras, slamström, erosion och översvämning). Flödet läses från vänster till höger och belyser de olika stegen utifrån hur underlaget används. Rombler (blå, grå) utgör data (GIS-skikt) och röda rektanglar representerar processer. Syftet med att delvis använda engelska nyckelord, till exempel intersect, merge och clip (som är vedertagen GIS-termologi), är att summariskt öka den GIS-tekniska förståelsen. (SGI)

1.1.1 Underlagsmaterial

Basunderlag

Koordinatsatta MIFO-objekt med tillhörande riskklass finns tillgängligt som *Potentiellt förorenade områden* i en geodatabas hos länsstyrelsen (LST). Vid objektsutdrag från basunderlaget "Potentiellt förorenade områden" kan det vara lämpligt att ta bort objekt med status/fas Avförd och Åtgärd avslutad.

Lägesinformation om förutsättningar för skred och ras hämtas ur produkten *Förutsättningar för skred i finkornig jordart* från Sveriges geologiska undersökning (SGU). Erosionsförhållanden finns tillgängligt i databasen för *Kartläggning av stranderosion* från Statens geotekniska institut (SGI) och via Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) finns en *Översiktlig översvämningskartering* att nyttja. Förutom data direkt kopplat till naturolyckor används *Nationella höjdmodellen* och digitala *Fastighetskartan* från Lantmäteriet (LM). Samtliga GIS-lager under basunderlag finns tillgängliga via geodatasamverkan (www.geodata.se) med undantag av *Förutsättningar för skred i finkornig jordart* som erhålles via SGU kundtjänst (kommer till geodata.se år 2016). Delar av datalagren i det utökade underlaget finns tillgängliga via geodatasamverkan (www.geodata.se). Ytterligare data kan sökas via källor inom olika myndigheter, kommuner, konsulter och andra branschorganisationer (till exempel Trafikverket, SMHI, Naturvårdsverket etc.) se Tabell B3.1.

Utökat underlag

För MSB:s *stabilitetskarteringar* finns i dagsläget data att tillgå i begränsade geografiska områden av landet. I vissa kommuner kan data från *Översiktlig stabilitetskartering i morän och grovkorniga jordarter* (MSB) bilda ett utökat underlag för gruppen markstabilitet (skred, ras och slamströmmar). Via SGI och SGU kan underlaget utökas med data som markerar *raviner* och tidigare händelser av *skred*. Delar av datan i det utökade underlaget finns tillgängligt via geodatasamverkan (www.geodata.se), se Tabell B3.1. Ytterligare data kan sökas via källor inom olika myndigheter, kommuner, konsulter och andra branschorganisationer (till exempel Trafikverket, SMHI, MSB, Naturvårdsverket etc.).

Förädlad underlag

Där moränkartering saknas görs en kombinerad lutnings- och jordartsanalys för områden med friktionsjordar (se vidare Tabell B3.2). Friktionsjorden (med bergmask) kan hämtas som ett skikt ur kartdatabasen *Förutsättning för skred i finkornig jordart*. Erosionsförhållanden finns som linjeobjekt (vektor) och måste konverteras till ytor via en buffring. Detsamma gäller för MIFO-objekten som i basunderlaget utgörs av punktinformation. Alternativt görs selekteringar med definierat avståndsvillkor från data med linje- och punktkoordinater.

Tabell B3.1 Obligatoriskt basunderlag samt förslag på utökat underlag för indata till GIS-analysen. Samtliga GIS-lager under basunderlag finns tillgängliga via geodatasamverkan (www.geodata.se). För tillgång till utökat underlag hänvisas till både geodatasamverkan och respektive myndighet/branschorganisation eller kommun.

	Produkt	Leverantör	Format	Kommentar
Basunderlag	LST Miljödata - Potentiellt förorenade områden	LST	vektor, punkter	Punkterna representerar inte nödvändigtvis föroreningens exakta position.
	GSD-Fastighetskartans topografi, vektor	LM	raster, WMS-tjänst eller fysiska data	Att användas som bakgrundskarta. Denna kan ersättas med liknande underlag.
	GSD-Höjddata, grid 2+	LM	raster, 2+ ASCII-grid	För användning i lutningsanalys för framtagandet av slamströmsområden.
	Översiktliga översvämningsskarteringar	MSB	vektor, polygoner	Skilnader finns i noggrannhet mellan nya och äldre versioner.
	Jordarter 1:25 000-1:100 000	SGU	vektor, polygoner	Se klassning enligt kodsystem.
	Förutsättningar för skred i finkornig jordart	SGU SGI	vektor, polygoner och raster, tiff	Finns ej som lager på geodata.se. Beställ via SGU kundtjänst.
	Förutsättningar för stranderosion	SGI	vektor, linjer	Finns tillgängligt för ca 100 vattendrag fr.o.m. feb. 2016.
	Förekomst av stranderosion	SGI	vektor, linjer	Inventeringen saknar underlag från flertalet kommuner.
Utökat underlag	Översiktlig stabilitetskartering i morän och grovkorniga jordarter	MSB	vektor, polygoner	Använd områdesbegränsning som identifierare. Finns ej som lager på geodata.se. Tillgängligt via MSBs hemsida.
	Huvudstudie, Översiktlig stabilitetskartering i finkorniga jordarter	MSB	vektor, polygon	Använd stabilitetszon 1 som identifierare.
	Skreddatabas (inträffade skred, ras och övriga jordrörelser)	SGI	vektor, punkter	Använd som indikation på skredkänsligt område.
	Jordskred och raviner	SGU	vektor, linjer	Använd som indikation på skredkänsligt område.

Tabell B3.2 Förädlad underlag som tas fram i avsaknad av information eller för bildandet av ytor från endimensionell objekthinformation.

Förädlad underlag	Format	Parameterisering
MIFO-objekt	vektor, polygoner	buffer 50m,
Förutsättning för erosion	vektor, polygoner	buffer 50m
Förutsättningar för jordskred	vektor, polygoner	Selektion, grid_code=1
Friktionsjord	vektor, polygoner	Selektion, JG2=55, 57, 100, 81, 75, 8803
Lutningskarta	vektor, polygoner	Selektion, lutning >= 17 grader
Lutningsanalys, friktionsjordar	vektor, polygoner	Selektion, Friktingsjord OCH Lutningskarta

1.1.2 Identifiering

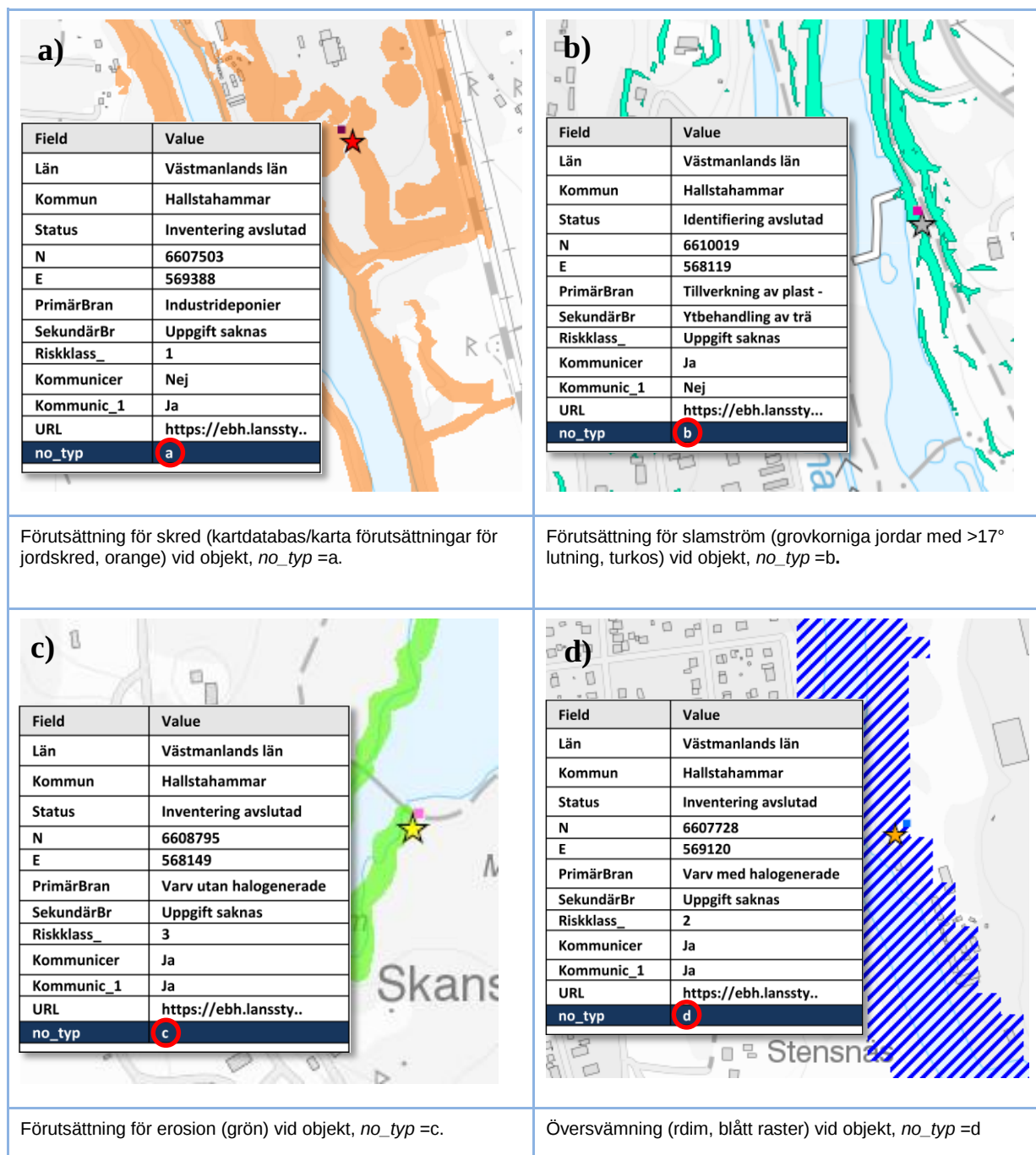
Beroende på hur identifieringen ska redovisas kan man gruppera resultaten under en eller flera klasser. Ett sätt är att gruppera alla träffar under en (1) gemensam kategori och registrera det som en *förutsättning för naturolycka*. Då får MIFO-objektet ett ”antingen-eller”-attribut, till exempel ”1” för *förutsättning för naturolycka förekommer* eller ”0” för *förutsättning för naturolycka förekommer ej*. Detta attribut, som för vidare illustration kallas *no_typ* (*naturolyckstyp*), kan då användas för att (i relation till övriga MIFO-objekt) tända/släcka/symbolsätta identifierade objekt. Ett annat sätt, som illustreras vidare i exemplet nedan, går ut på att ta tillvara på den information som ingår i underlaget för att även peka ut vilken typ av naturolycka de identifierade objekten är sårbara för. Attributet *no_typ* skulle då få fyra klasser, och anta beteckningen a, b, c eller d, beroende på sårbarhet för:

- a) skred och ras
- b) slamström
- c) erosion och
- d) översvämning

GIS-skiktet *Förutsättningar för skred i finkornig jordart* (finkorniga jordar) och *Lutningsanalysen för friktionsjord* (grovkornig jord) skärs separat mot de buffrade MIFO-objekten för att bilda 2 separata klasser för markstabilitet; *no_typ* =a för skred och ras (finkornig jord) och *no_typ* =b för slamström (grovkornig jord). De 2 olika erosionslagren slås ihop (och buffras) för att bilda en samlad karta av erosion innan de skärs mot MIFO-objekten och tilldelas *no_typ* =c för träff. Slutligen ges träffar för översvämningsskiktet *no_typ* =d. Flödesschemat i Figur B3.1 illustrerar arbetsgången generellt med ingående underlag och processeringssteg.

Som illustration används nedan ett exempel från Hallstahammars kommun i Västmanlands län där MIFO-databasen innehåller 153 objekt med potentiellt förorenade områden. Den tillämpade GIS-analysen identifierade här 17 objekt med *förutsättning för naturolycka*. Till symbolen (stjärna) för varje utpekad objekt tilldelas en följeslagare i form av en färgkodad fyrkant (Figur B3.2). Markeringen talar i vårt exempel om vilken sorts *no_typ* som erhållits som träff genom GIS-analysen, dvs. om objektet är sårbart för:

- skred och ras (mörklila),
- slamström (magenta),
- erosion (rosa),
- översvämning (blå)



Figur B3.2 Illustration av 4 objekt som identifierats med sårbarhet för: a) skred och ras (no_typ =a), b) slamström (no_typ =b), c) erosion (no_typ =c) och d) översvämning (no_typ =d). (© Lantmäteriet, Geodatasamverkan)

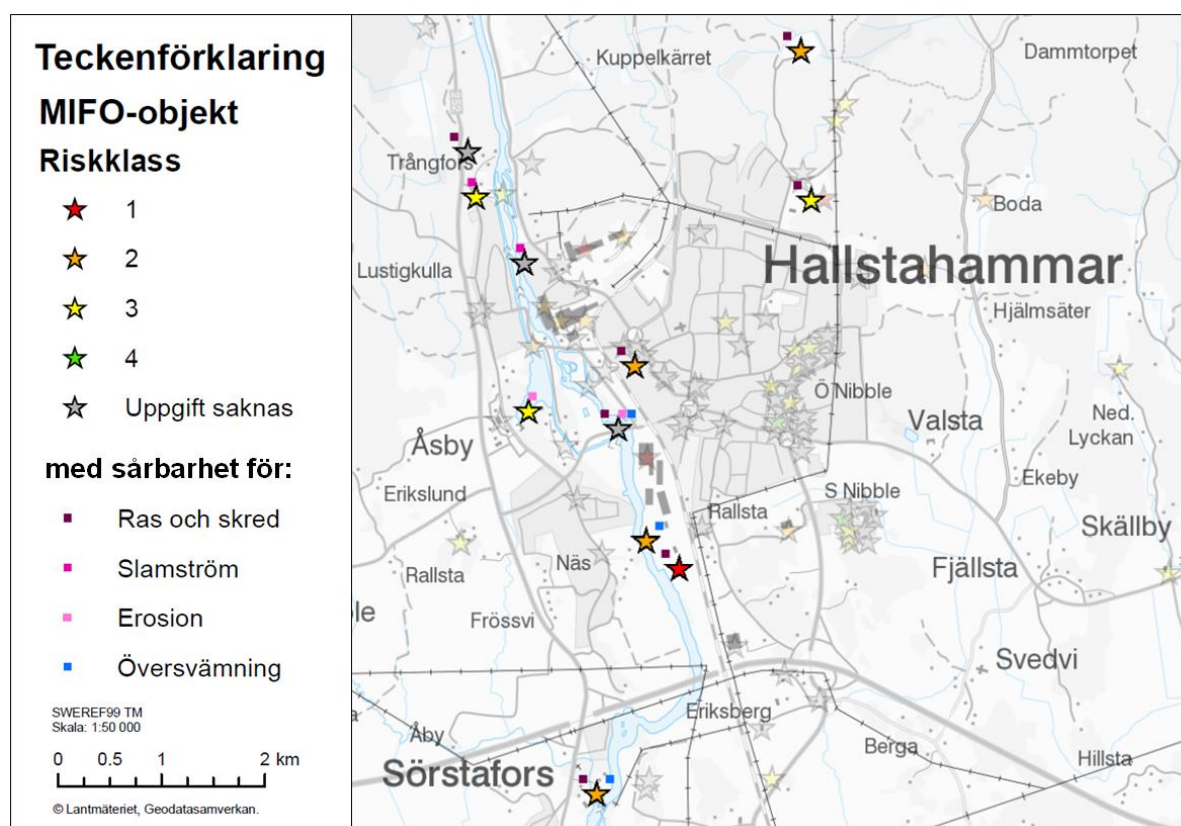
Samtliga träffar inom respektive typ av naturolycka förs in i MIFO-databasen som attribut *no_typ* med beteckningen a, b, c eller d enligt Tabell B3.3.

Tabell B3.3 Utsnitt ur EBH-stödet (MIFO-databasen) med nya påförda attribut för respektive no_typ.

Objektnamn (Id)	Riskklass	no_typ
Xxx (100XXX)	1	b
Xxx (100XXX)	3	a
Xxx (100XXX)	Uppgift saknas	c
Xxx (100XXX)	2	d

1.1.3 Utvärdering och redovisning

Resultatet av identifieringen redovisas förslagsvis på karta i skala 1:50 000 (Figur B3.3) och i tabellformat (Tabell B3.4). Ett objekt kan naturligtvis vara sårbart för en, några eller alla typer av (ovan definierade) naturolyckor. I kartexemplet syns 2 objekt med fler än 1 typ av sårbarhet.



Figur B3.3 Exempel på hur resultat av identifieringen kan presenteras (utsnitt ur karta med skala 1:50 000). I detta fall har samtliga MIFO-objekt i Hallstahammars kommun presenterats (nedtonade stjärnor) tillsammans med de objekt som identifierats (fyllda stjärnor). En färgkodad ruta ovanför MIFO-objektet anger vilken typ av naturolycka objektet är sårbart för (se teckenförklaring). Markeringarna är svåra att se på papper och i liten skala men syns tydligt i GIS. (© Lantmäteriet, Geodatasamverkan)

Tabell B3.4 Komprimerat resultat av screeningen för MIFO-objekten i Hallstahammars kommun.

Objektnamn (Id)	Primär bransch	Riskklass	no_typ
100XXX	Betong- och cementindustri	4	a
100XXX	Tillverkning av plast – polyester	Uppgift saknas	b
100XXX	Avfallsdeponier – icke farligt, farligt avfall	2	a
100XXX	Kemtvätt – med lösningsmedel	2	a
100XXX	Verkstadsindustri - med halogenerade lösningsmedel	2	a, d
100XXX	Varv utan halogenerade lösningsmedel/giftiga båtbottnfärger	3	c
100XXX	Industrideponier	1	a
100XXX	Avloppsreningsverk	Uppgift saknas	a
100XXX	Varv med halogenerade lösningsmedel/giftiga båtbottnfärger	2	a
100XXX	Avfallsdeponier – icke farligt, farligt avfall	3	a
100XXX	Skjutbana – kulor	Uppgift saknas	a
100XXX	Industrideponier	2	a
100XXX	Verkstadsindustri – med halogenerade lösningsmedel	Uppgift saknas	a, c, d
100XXX	Sågverk utan doppning/impregnering	3	b
100XXX	Anläggning för farligt avfall	Uppgift saknas	a
100XXX	Massa och pappersindustri	2	a, d
100XXX	Betning av säd	Uppgift saknas	a, d

Bilaga 4

Ordlista

Avlagring	Avsättning i lager av material, företrädesvis jord eller berg; jfr sediment. (1)
Detaljerad stabilitetsutredning	För att bedöma stabiliteten för ett område utförs utredningsarbetet oftast stegvis, där första steget är en översiktlig nivå för att sedan gå vidare med en högre detaljeringsnivå. Vid en detaljerad utredning genomförs – i sektioner som vid en översiktlig utredning visar sig ha låg säkerhet mot skred eller ras – fält- och laboratorieundersökningar i sådan omfattning att en slänts tekniska egenskaper kan bestämmas, om än med viss osäkerhet. Utredningen ska innefatta stabilitetsberäkningar. Mer detaljerad beskrivning av vad utredningen bör innehålla för finkorniga jordar ges i Skredkommissionens Rapport 3:95 och för grovkorniga jordar i SGI Rapport 68. (3)
Dränerad analys	En stabilitetsberäkning för långvariga belastningsfall i täta finkorniga jordar samt alla belastningsfall i grovkorniga jordar (vattnet hinner dräneras ut ur jorden) (7)
Erosion	Lossgörande, transport och avsättning av berg och jord på grund av vatten-, vind- eller iskrafter. (1)
Erosionsförhållanden	Beskriver om det finns pågående stranderosion. (3)
Erosionsförutsättningar	Innebär att jordarterna har klassificerats utifrån om de har bedömts vara erosionskänsliga eller inte. (3)
Eurocode	Eurokoder är samlingsnamnet på europagemensamma dimensioneringsregler för bärverk. (SIS definition http://www.sis.se/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/konstruktionsaspekter/ss-en-1997-120051)
Fara	En farlig företeelse, ämne, mänsklig aktivitet eller ett tillstånd som kan orsaka förlust av liv, skada eller andra hälsoeffekter, skador på egendom, påverka försörjningsmöjligheten, eller som kan orsaka sociala och ekonomiska störningar eller orsaka miljöskador. (9)
Finkornig jord	Jordar med en kornstorlek mindre än 0,063 mm, dvs. lera och silt samt finkornig morän. Dessa jordar är täta och kan hålla mycket vatten.
Friktionsjord	Jord vars skjuvhållfasthet till övervägande del beror på friktion mellan kornen. Grus och sand är exempel på friktionsjord. (1)
Fyllning	1. Jord eller annat material som utlagts eller tippats inom ett område. 2. Utläggning eller tippning av fyllning. (1)
Fältundersökning	Geoteknisk- eller miljögeoteknisk undersökning på plats för befintlig eller blivande byggnad, anläggning eller efterbehandling eller område aktuellt i annat sammanhang. (1)

Fördjupad stabilitetsutredning (finkorniga jordarter)	Om även en detaljerad utredning visar att stabilitetsförhållandena inte är tillfredsställande är nästa steg att utföra en fördjupad utredning, för att kunna ta ställning till om förstärkningsåtgärder behövs eller inte. Fält- och laboratorieundersökningar utförs mer detaljerat så att släntens tekniska egenskaper kan bestämmas i detalj. Mer detaljerad beskrivning av vad utredningen bör innehålla ges i Skredkommissionens Rapport 3:95. (3)
Förorenat område	Ett relativt väl avgränsat område (mark- eller vattenområde, byggnader och anläggningar) där en eller flera föroreningar förekommer. (4)
Förutsättning för skred	För att skred skall kunna inträffa krävs att jorden består av lera och/eller silt och att marklutningen är tillräckligt stor. Dessa naturliga förutsättningar (med givna tröskelvärden) gör att skred kan uppstå mer eller mindre spontant, men inte nödvändigtvis. (3)
Geologi	Läran om bergs och jords ursprung, sammansättning och historiska utveckling. (1)
Geoteknik	Läran om jords och bergs tekniska egenskaper samt dess tillämpning vid främst byggnads- och anläggningsverksamhet. Den svenska termen geoteknik har en innebörd som motiverar att man vid översättning uppräknar motsvarigheterna till bergmekanik, jordmekanik och grundläggningsteknik. Numera används dock i stigande grad de översättningar som anförs ovan. (1)
Glidyta	Yta utefter vilken rörelse sker eller tänks ske vid brott i ett material. Innebörden av ordet brott måste i varje särskilt fall närmare anges. (1)
Grovkornig jord	Jordar med större kornstorlek än 0,063 mm, dvs. sand, grus, sten och grovkornig morän. Dessa jordar är ”öppna” (permeabla) jordar där vattnet lätt dräneras ut.
Grundvatten	Vatten som fyller hålrum i jord och berg och vars hydrostatiska tryck är större än eller lika stort som atmosfärtrycket. (1)
Grundvattennivå, grundvattenyta	Nivå för grundvattens övre begränsningsyta. (1)
Grus	Jordart där grusfraktionen utgör den karakteriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktprocent. Kornfraktion med kornstorlek mellan 2 och 63 mm. (1)
Humus	Organiska beståndsdelar i marken, vilka omvandlats så att den organiska strukturen gått förlorad. (1)
Hydrologi	Läran om vattnet i naturen, dess förekomst och egenskaper. (1)
Hållfasthet	Förmåga att motstå mekanisk eller liknande inverkan. (1)
Identifiering (av förorenat område)	Inom vissa fastställda branscher har inte de potentiellt förorenade områdena fullt ut MIFO-inventerats. De har istället endast identifierats och generellt branschklassats Ett objekt anses identifierat när uppgifter om bransch, fastighetsbeteckning och koordinater fastställts. Om möjligt anges även verksamhetstid och storlek på verksamheten. (5)

Inventering (av förorenat område)	Inventering av potentiellt förorenade områden utförs enligt en metodik för inventering (MIFO). Inventeringen resulterar i riskklassning av områdena. (5)
Isälv	Smältvattenströmmar på eller inuti isen. (1)
Jord	Jordskorpans lösa avlagringar. Jord består av korn och hålrum (porer) med vatten och/eller luft. (1)
Jordart	Jord klassificerad efter olika indelningssätt, t ex kornstorlek eller kemisk sammansättning. (1)
Jordrörelse	När jord förflyttar sig på grund av gravitationen (tyngdkraften) och ibland i kombination med vattenkraft. Ras, skred, slamströmmar är exempel på olika typer av jordrörelser. (1)
Klimatförändring	En förändring i tillståndet för klimatet som kan identifieras av förändringar i medelvärde och/eller variabilitet av dess egenskaper och som kvarstår under en längre tid, vanligtvis decennier eller längre. (8)
Kohesionsjord	Jord vars skjuvhållfasthet till övervägande del beror på kohesion; jfr friktionsjord. Lera är exempel på kohesionsjord. (1)
Kombinerad analys	Kombinerad analys innebär att säkerhetsfaktorn för dränerad respektive odränerad analys beräknas för varje del av en analyserad glidyta ("tänkbart" skred) och därefter väljs den lägsta av dessa för varje del av glidytan för att få fram en lägsta "möjliga" säkerhetsfaktor för hela glidytan (7)
Kvicklera	Lera med stor sensitivitet. Sensitiviteten hos kvicklera är enligt fallkonförsök större än 50. Den naturliga vattenkvoten hos kvicklera är i regel högre än flytgränsen. (1)
Ler, lerfraktion	Kornfraktion med kornstorlek mindre än 0,002 mm. (1)
Lera	Jordart med lerhalt över 15 viktprocent (andelen korn av lerfraktion i förhållande till totala vikten). (1)
Mark	Jordskorpans yttersta skikt bestående av berg eller jord, som direkt påverkas av klimat och vegetation. När förväxling med innebörden i ordet jord befaras bör ordet mark förtydligas. Detta kan ske genom att man bildar en sammansättning, t ex markyta, markvegetation, skogsmark, torvmark, åkermark. (1)
MIFO	Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden. Metoden används för riskklassning. (4)
Morän	Allt bergartsmaterial, som medförs av glaciärer eller inlandsisar och avlagras direkt av dessa. (1)
Mätbara åtgärds mål	En utveckling av de övergripande åtgärds målen till kvantifierbara mål. Utgör underlag för formulering av åtgärds krav. (4)

Naturolycka	Naturlig process eller företeelse som kan orsaka förlust av liv, skada eller andra hälsoeffekter, skador på egendom, påverka försörjningsmöjligheten, eller som kan orsaka sociala och ekonomiska störningar eller orsaka miljöskador. (9)
Odränerad analys	En stabilitetsberäkning för kortvariga belastningsfall i täta finkorniga jordar (vattnet hinner inte dräneras ut ur jorden), ej aktuellt för grovkorniga jordar. (7)
Partialkoefficientmetoden	Partialkoefficientmetoden innebär att partialkoefficienter används för att korrigera värdet på materialparametrar. Detta för att avspegla osäkerheten i bestämning av materialparametern liksom betydelse av materialparametern i aktuellt belastningsfall. Om partialkoefficientmetoden används innebär oftast säkerhetsfaktorn 1,0 att slänten kan anses tillräckligt stabil.
Portryck	Tryck hos vätska eller gas i porer (hålrum). Med portryck förstås i regel tryck hos vatten i jords porer, porvattentryck. I vissa fall skiljer man mellan porvattentryck och porgastryck. (1)
Ras	Rörelse av material under inverkan av gravitation varvid de relativa lägena av ingående partiklar el. dyl. avsevärt förändras under rörelseförloppet; jfr skred. Ras förekommer allmännast hos friktionsjord och berg. (1)
Raviner	Morfologiskt framträdande erosionsformer i lösa jordlager. (1)
RCP	Representative Concentration Pathways. RCP är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden och utgår från nivåer av antropogen strålningsdrivning, uttryckt som watt per kvadratmeter. RCP-scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100, dvs. 2,6, 4,5, 6,0 eller 8,5 W/m ² .
Risk	Kombination av sannolikheten för en händelse och dess negativa konsekvenser. (9)
Riskbedömning (av förorenat område)	Den process som används för att identifiera och kvantitativt eller kvalitativt ta ställning till de risker med avseende på människors hälsa, miljön eller naturresurser som ett förorenat område kan ge upphov till. Utgör underlag till åtgärdsutredning och riskvärdering. (4)
Riskklassning (av förorenat område)	En översiktlig form av riskbedömning som görs i samband med inventering enligt MIFO. Vid inventeringen riskklassas ett potentiellt förorenat område utifrån en fyragradig skala. Riskklassningen är ett hjälpmedel som är tänkt att ligga till grund för prioriteringar och beslut om eventuella vidare undersökningar. (4)
Riskvärdering (av förorenat område)	En jämförelse av lämpliga åtgärdsalternativ för ett enskilt efterbehandlingsobjekt där önskvärd riskreducering ställs mot tekniska och ekonomiska möjligheter samt allmänna och enskilda intressen. Utgör underlag för slutligt val av åtgärder. (4)
Sand	Jordart där sandfraktionen utgör den karakteriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktprocent. Kornfraktion med kornstorlek mellan 0,063- 2 mm. (1)

Sannolikhet för skred	Osäkerheten i bestämningen av i stabilitetsberäkningens ingående materialparametrar samt beräkningsmetod och säkerhetsfaktor ligger till grund för att ta fram sannolikheten för skred. (3)
Sediment	Avlagring av jord i vatten eller luft genom inverkan av gravitation samt vind eller ström. (1)
Silt	Jordart där siltfractionen utgör den karakteriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktprocent. Kornfraktion med kornstorlek mellan 0,002 och 0,063 mm. (1)
Skjuvhållfasthet	Jordens inre ”styrka”. Hållfasthet mot kraft som ger skjuvning (deformation utan volymändring). Skjuvhållfastheten i jord beror i huvudsak på friktionskrafter. Även cementering och andra bindningskrafter kan förekomma. (2)
Skred, jordskred	Rörelse av material under inverkan av gravitation utan nämnvärd deformation i den utglidande massan under rörelseförloppets första skede; jfr ras. Skred förekommer allmännast hos kohesionsjord. (1)
Skredrisk	Definieras som en kombination av sannolikheten för skred och de negativa konsekvenserna av en sådan händelse. (3)
Skyddsobjekt	Människor, djur, växter, naturresurser, områden eller ekosystem som man önskar skydda mot skadliga effekter. (4)
Slamström	En slamström är en flytande massa av vatten och jord som rör sig nedför en bäckravin eller en brant sluttning. De uppstår i samband med intensiva nederbördstillfällen och är vanliga i fjällen men förekommer även i övriga landet. Då jordmassorna är tunga blir slamströmmens rörelseenergi hög och den kan därför orsaka kraftig erosion och stora skador. (6)
Spridningsväg	Olika transportvägar som gör att en förorening kan spridas från en föroreningskälla så att skyddsobjekt (till exempel människa, markmiljö, yt- och grundvatten) exponeras så att en negativ effekt kan uppstå.
Spänning, påkänning	Kvot av kraft och area hos den yta, ytteryta eller tänkt snittyta, på vilken kraften verkar. Då inte annat anges, mäts arean på den ursprungliga, odeformerade ytan. (1)
Sårbarhet	Egenskaper och förhållanden i ett samhälle, ett system eller en tillgång som gör dessa känsliga för skadliga effekter av en fara. (9)
Säkerhetsfaktor	Säkerhet mot ras och skred, även kallad stabilitet, uttrycks vanligen som förhållandet mellan de motståndande och pådrivande krafterna i en slänt. Detta förhållande kallas säkerhetsfaktor. Vilken säkerhetsfaktor som är acceptabel beror på hur man tänker använda marken och hur stora osäkerheter man har i bestämningen av materialparametrar till stabilitetsberäkningen. (6)
Tjäle	Fruset tillstånd hos jord. (1)

Totalsäkerhetsmetoden	Totalsäkerhetsmetoden innebär att säkerhetsfaktorn beräknas utifrån karakteristiska värden på materialparametrarna i en stabilitetsberäkning. Om totalsäkerhetsmetoden används innebär säkerhetsfaktorn 1 att slänten precis är i jämvikt, varför högre värden krävs för att slänten ska anses stabil.
Åtgärdskrav	En precisering i mätbara och kalkylerbara termer som ställs på efterbehandlingsåtgärder för att säkerställa att åtgärdsmålen blir uppfyllda. (4)
Åtgärdsutredning (av förorenat område)	En utredning som belyser lämpliga åtgärdsalternativ för ett efterbehandlingsobjekt och alternativens respektive konsekvenser i form av riskreduktion, kostnader och andra relevanta aspekter. Utgör underlag för riskvärdering. (4)
Övergripande åtgärds mål	Det övergripande syftet eller syftena med en efterbehandlingsåtgärd. Utgör underlag för riskbedömning, åtgärdsutredning och riskvärdering. (4)
Översiktlig stabilitetskartering	Att översiktligt kartlägga markens stabilitetsförhållanden och identifiera områden som har låga säkerhetsfaktorer inom bebyggda områden. Detta innebär att identifiera områden som inte är tillräckligt stabila för aktuellt markutnyttjande. Arbetet utförs i samråd med respektive kommun. (3)

Källor (Förklaringarna utgår från nedanstående källor men har i vissa fall modifierats av SGI):

1. *Geoteknisk ordlista*, Tekniska nomenklaturcentralen, TNC 59, Stockholm 1975.
2. *Jords egenskaper*, Statens geotekniska institut, SGI Information 1, Linköping 2008.
3. *Kartunderlag om ras, skred och erosion*. Statens geotekniska institut, SGI, Vägledning 1, Linköping 2015.
4. *Att välja efterbehandlingsåtgärd, En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål*, Naturvårdsverket, Rapport 5978, Stockholm 2009.
5. Naturvårdsverket, www.naturvardsverket.se
6. Statens geotekniska institut, www.swedgeo.se
7. *Anvisningar för släntstabilitetsutredningar*, Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Skredkommissionen, Rapport 3:95, Linköping 1995.
8. IPCC, http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf
9. *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*, UNISDR 2009.



Statens geotekniska institut

Postadress: 581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 00

E-post: sgi@swedgeo.se

www.swedgeo.se
