

PM GEOTEKNIK

Översiktlig stabilitetskartering Uppsala län

Knivsta kommun

Framställd för:

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

MSB dnr 17/14

Upprättad av:

Golder Associates AB

Lilla Bommen 6,

411 04 Göteborg

Sverige

Tel: 031-700 82 30

Uppdragsnr.: 1782251

Datum: 2019-09-30



Innehållsförteckning

1.0 ÖVERSIKTLIG STABILITETSKARTERING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte med översiktlig stabilitetskartering	1
1.3 Metod för översiktlig stabilitetskartering	1
1.4 Kartredovisning	3
1.5 Övrigt	4
2.0 UPPDRAG / UPPDRAGSBESKRIVNING	5
3.0 UNDERLAG	8
3.1 Geotekniskt arkivmaterial	8
3.2 Övrigt underlagsmaterial (kartor etc.)	8
4.0 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	9
4.1 Fältundersökningar	9
4.2 Laboratorieundersökningar	9
5.0 OMRÅDESBESKRIVNING	10
6.0 STABILITETSBERÄKNINGAR	11
6.1 Allmänt – beräkningsförutsättningar	11
6.2 Valda beräkningssektioner	12
6.3 Valda parametrar	12
6.4 Geotekniska åtgärder	13
6.5 Stabilitetsanalys	14
7.0 SLUTSATS	15
7.1 Områdesklassning (resultatet presenteras på karta 1B)	15
7.2 Resultat av utförda stabilitetsberäkningar	16
7.3 Förslag till fortsatt arbete	16

Bilagor

BILAGA A

MSB:s Kriterier för indelning av stabilitetszoner

BILAGA B

Beteckning: Kartor, sektioner etc.

BILAGA C

Kartbilder från förstudie

1.0 ÖVERSIKTLIG STABILITETSKARTERING

1.1 Bakgrund

En stor del av bebyggelsen i vårt samhälle har tillkommit innan noggranna överväganden om riskerna för naturolyckor blev vanliga. Efter skredet i Tuve 1977 beslutade regeringen att det skulle utföras översiktliga kartläggningar av skredrisker i bebyggda områden inom de mest utsatta kommunerna.

1987 kom propositionen "Förebyggande åtgärder m.m. mot jordskred och andra natur-olyckor" Prop. 1985/86:150, bilaga 3. Där beskrevs hur ansvaret för frågorna om förebyggande åtgärder skulle fördelas mellan staten, kommunen och den enskilde fastighetsägaren. I propositionen beskrevs också att riskhantering primärt är en kommunal uppgift, men när det gäller risker som översvämningar, ras och skred krävs det specialkompetens som inte alltid finns tillgänglig i kommunerna. Därför ansågs att staten skulle fortsätta att stödja kommunerna att översiktligt identifiera bebyggda områden där risker för ras och skred kan finnas. Detta görs numera av MSB genom översiktliga karteringar.

1.2 Syfte med översiktlig stabilitetskartering

Syftet med den översiktliga kartering av stabilitetsförhållanden inom bebyggda områden är att identifiera områden där det finns behov av att göra detaljerade geotekniska utredningar, eller översyn av tidigare utredningar och åtgärder.

Karteringen ska utgöra ett stöd för länsstyrelse och kommun om var skredrisker kan förekomma. Särskild vikt läggs vid bostads- och verksamhetsområden. Att utreda allmänna vägars och järnvägars grundläggningssätt och stabilitet eller kajers kondition, status och effekter av förstärkningsåtgärder ingår inte i karteringsuppdraget.

1.3 Metod för översiktlig stabilitetskartering

Inför den översiktliga stabilitetskarteringen genomförs en förstudie. Förstudien görs i samråd med kommunen och syftet är att avgränsa de områden som sedan ska behandlas i huvudstudien.

Huvudstudien innebär att stabilitetsförhållandena i bebyggda områden översiktligt kartläggs. Kartläggningen innebär att slänter som innehåller jordlager av lera, silt och sand studeras och undersöks. Om marken inte med säkerhet kan klassas som stabil i denna huvudstudie, bör man gå vidare och utreda stabilitetsförhållanden enligt etapp 2 och etapp 3.

De olika etapperna beskrivs kort nedan. Denna översiktliga stabilitetskartering avser endast etapp 1 (1A+1B).

1.3.1 Etapp 1 – Huvudstudie översiktlig stabilitetskartering

Etapp 1, Huvudstudie översiktlig stabilitetskartering är ett pågående riksomfattande arbete som utförs kommunvis. Karteringen sker endast i bebyggda områden. Arbetet utförs av geotekniska konsultfirmor på uppdrag av MSB.

Etapp 1 är indelad i två delar, etapp 1A och etapp 1B.

Etapp 1A omfattar kartering av jordartsförhållanden, topografiska förhållanden och närheten till vattendrag. Besiktningar utförs i fält.

Syftet med etapp 1A är att ange:

- Vilka områden som har förutsättningar för skred och ras
- Vilka områden som saknar förutsättningar för skred och ras.

I etapp 1B karteras stabilitetsförhållandena översiktligt utifrån fältundersökningar och överslagsberäkningar i särskilt utvalda sektioner. Det görs också en bedömning och värdering av tidigare utförda stabilitetsutredningar inom de aktuella områdena. Etapp 1B omfattar bedömning av stabiliteten för rådande förhållanden.

Syftet med etapp 1B är att med stöd av utförda undersökningar, överslagsberäkningar och bedömningar inom områden med förutsättningar för skred och ras:

- Markera områden som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabila eller områden som är otillräckligt utredda
- Markera områden där detaljerad utredning bedöms som speciellt angeläget
- Markera områden som tidigare klassats som tillfredsställande stabila eller som har förstärkts, men nu gällande anvisningar av Skredkommissionen inte har följts
- Markera områden där översyn av tidigare utredningar och stabiliserande åtgärder bedöms som speciellt angelägna
- Översiktligt identifiera områden där stabiliteten är tillfredsställande.

Etapp 1 ger inga exakta svar om skredrisken. Karteringsmetodiken använder översiktliga metoder för att fastställa om det finns förutsättningar för ras och skred. Fältinsatser och beräkningar genomförs för att översiktligt klargöra de rådande stabilitetsförhållandena. När karteringen är färdig redovisas resultaten för Länsstyrelse och kommun vid ett informationsmöte.

Om det inte är möjligt att klargöra stabilitetsförhållandena med hjälp av den överslagsberäkning som utförts i etapp 1B, eller om ett område inte kan klassas som tillfredsställande stabilt, rekommenderas en detaljerad stabilitetsutredning (etapp 2).

1.3.2 Etapp 2 – Detaljerad/fördjupad stabilitetsutredning

Etapp 2 omfattar en detaljerad stabilitetsutredning eventuellt följd av en fördjupad stabilitetsutredning, enligt Skredkommissionens anvisningar för släntstabilitetsutredningar (Rapport 3:95) och IEG Rapport 4:2010 ("Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar"). Etapp 2 utförs inom markområden som har påträffats vid den översiktliga karteringen där stabilitetsförhållandena inte har kunnat klargöras med överslagsberäkning eller kunnat klassas som tillfredsställande stabila.

Syftet med en detaljerad stabilitetsutredning är att klargöra om marken har stabilitetsproblem och därmed fastställa behovet av förstärkningsåtgärder.

1.3.3 Etapp 3 – Dimensionering och genomförande av förstärkningsåtgärder

Etapp 3 omfattar dimensionering och genomförande av förstärkningsåtgärder för de områden som, vid den detaljerade utredningen, visat sig ha otillfredsställande stabilitet. För att optimera omfattningen av förstärkningsåtgärderna utförs oftast en fördjupad stabilitetsutredning i samband med dimensioneringen.

Vid områden med för låg säkerhet mot skred i anslutning till befintlig bebyggelse kan kommuner söka statliga bidrag för arbeten som utförs i etapp 3. MSB administrerar detta bidrag¹.

¹ Kontakta Myndigheten för samhällsskydd och beredskap för mer information: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 651 81 Karlstad. www.msb.se

1.4 Kartredovisning

En del av denna översiktliga stabilitetskartering består av kartor, karta 1A och karta 1B. Karta 1A redovisar bl.a. markens indelning i stabilitetszoner och karta 1B redovisar bl.a. en översiktlig bedömning av stabilitetsförhållandena.

1.4.1 Karta 1A

De områden som pekades ut i förstudien utgör inventeringsområdena i etapp 1A. Inventeringsområdena delas in i zoner med olika stabilitetsförutsättningar som baseras på parametrarna jordart, topografiska förhållanden och närheten till vattendrag. Zonerna redovisas på karta 1A. Indelningen i stabilitetszoner kan betraktas som "statisk", d.v.s. påverkas inte av förändringar i t.ex. laster och hållfasthet. Kartan gäller så länge inga större förändringar i topografin görs.

- Inom **zon I** finns förutsättningar för initiala spontana eller provocerade skred och ras.
- Inom **zon II** finns inga förutsättningar för initiala skred eller ras, men zonen kan komma att beröras av skred och ras som initieras inom angränsande zon I.
- Inom **zon III** saknas förutsättningar för skred eller ras eftersom lös jord inte förekommer inom zonen. Emellertid kan aktiviteter inom zonen ha negativ inverkan på stabiliteten i de angränsande zonerna.

Observera att karta 1A inte redovisar risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten. Karta 1A visar endast grundförutsättningarna för skred och ras. Kartan utgör också ett underlag för att bestämma lämpliga lägen på sektioner för fältundersökningar och stabilitetsanalyser i del B. Stabilitetszonerna på karta 1A är inte uppdaterade med hänsyn till resultaten från fältundersökningarna i etapp 1B (d.v.s. det kan exempelvis finnas fall där marken enligt karteringen bedömts utgöras av lera men där fältundersökningarna endast visat på förekomst av friktionsjord såsom sand och silt).

1.4.2 Karta 1B

Etapp 1B utförs inom "Stabilitetszon I" från karta 1A. I etapp 1B bedöms stabilitetsförhållandena genom överslagsberäkning i representativa sektioner. Dessa sektioner är främst placerade i anslutning till bebyggelse och verksamhetsområden. Karta 1B redovisar en bedömning av nuvarande stabilitetsförhållanden inom utredningsområdet, så långt de är kända.

För att ett område inte ska markeras ska minst erforderlig säkerhetsfaktor enligt tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010 vara uppfylld. Stabiliteten inom vita områden på karta 1B bedöms med andra ord vara tillfredsställande med avseende på rådande förhållanden.

Ett gulfärgat område på karta 1B avser områden där stabilitetsförhållandena tidigare har klassats som tillfredsställande och även områden som har förstärkts men där nu gällande anvisningar av Skredkommissionen inte har följts fullt ut. I dessa områden rekommenderas en översyn av såväl tidigare utredningar som eventuellt tidigare utförda förstärkningsåtgärder.

Ett orangefärgat område avser områden som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller områden som är otillräckligt utredda. I dessa områden rekommenderas att en detaljerad stabilitetsutredning utförs för att fastställa markens stabilitet. Som kriterier för att ett område ska markeras orange är antingen att den kombinerade/dränerade analysen ger ett värde på säkerhetsfaktorn som är lägre än 1,5 (d.v.s. $F_{komb} < 1,5$ alt. $F_{\phi} < 1,5$) eller att den odränerade analysen ger ett värde lägre än 2,0 (d.v.s. $F_c < 2,0$). Värdena motsvarar rekommendationerna för en översiktlig stabilitetsutredning enligt IEG Rapport 4:2010.

För områden som markerats vita med orange skraffering gäller att området översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller till följd av att underlag saknas för "friskrivning", d.v.s. områden som är otillräckligt

utredda. För dessa områden lämnas dock inte rekommendation om detaljerad utredning, vanligen för att det saknas bebyggelse i områdets direkta närhet.

1.4.3 Kommentar till karta 1B

Genom en detaljerad utredning får man ökad kunskap om stabilitetsförhållandena i området. Genom den ökade kunskapen tillåts ett lägre värde på säkerhetsfaktorerna mot skred. Inom stora delar av de orange-markerade områdena kommer en detaljerad utredning sannolikt visa att förstärkningsåtgärder inte är nödvändiga.

Även områden där det tidigare utförts en stabilitetsutredning och/eller en förstärkande åtgärd, kan vara gulmarkerade. Inom vissa av dessa områden rekommenderas att översyn av tidigare utredning och åtgärd utförs. För många av dessa områden behövs sannolikt inte så omfattande utredningsarbete genomföras för att få en bild av områdets stabilitet.

Ju mer noggrann undersökning desto lägre säkerhetsfaktor kan accepteras, se tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010. Detta innebär att för områden som är i behov av förstärkningsåtgärder lönar det sig oftast att driva utredningsarbetet till fördjupad nivå innan åtgärder utförs.

I tabell på karta 1B samt "Förteckning över utförda stabilitetsberäkningar" (pärmflik 6) framgår i vilka områden som de lägsta säkerhetsfaktorerna mot skred finns.

1.5 Övrigt

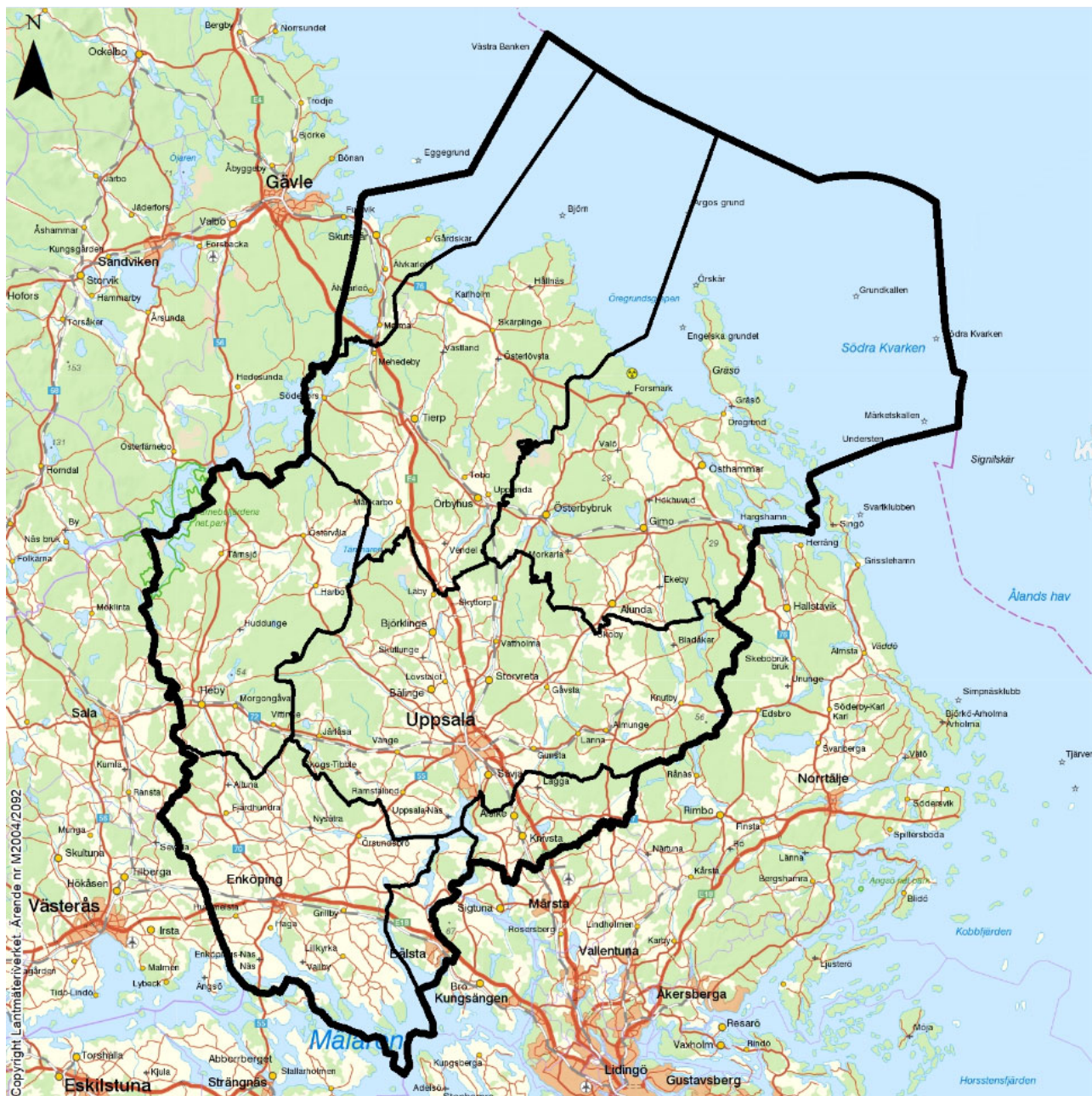
Förändrade förutsättningar såsom bortschaktning av massor, tippning av överskottsmassor, upplag, exploatering, tillbyggnad, släntjusteringar, erosion o.s.v. samt nya undersökningar och ny kunskap i övrigt kan leda till att förhållanden som redovisas på såväl karta 1A som 1B måste uppdateras för att hållas aktuella.

Utredningsområdet för denna översiktliga stabilitetskartering baseras på bebyggda områden i anslutning till slänter och vattendrag inom kommunen. Inom utredningsområdet har en fullständig kartering utförts av alla slänter för befintliga förhållanden oavsett avstånd till bebyggelse etc. Områden utanför detta utredningsområde har *inte* studerats.

Eftersom denna stabilitetskartering baseras på rådande förhållanden ska den aldrig användas som underlag för någon form av nybyggnation. Enligt IEG Rapport 4:2010 ska för all nyexploatering, alternativt detaljplane-förändring, minst en *detaljerad* stabilitetsutredning utföras. Detta gäller även inom utredningsområdet till denna utredning oavsett markering på karta 1B.

2.0 UPPDRAG / UPPDRAGSBESKRIVNING

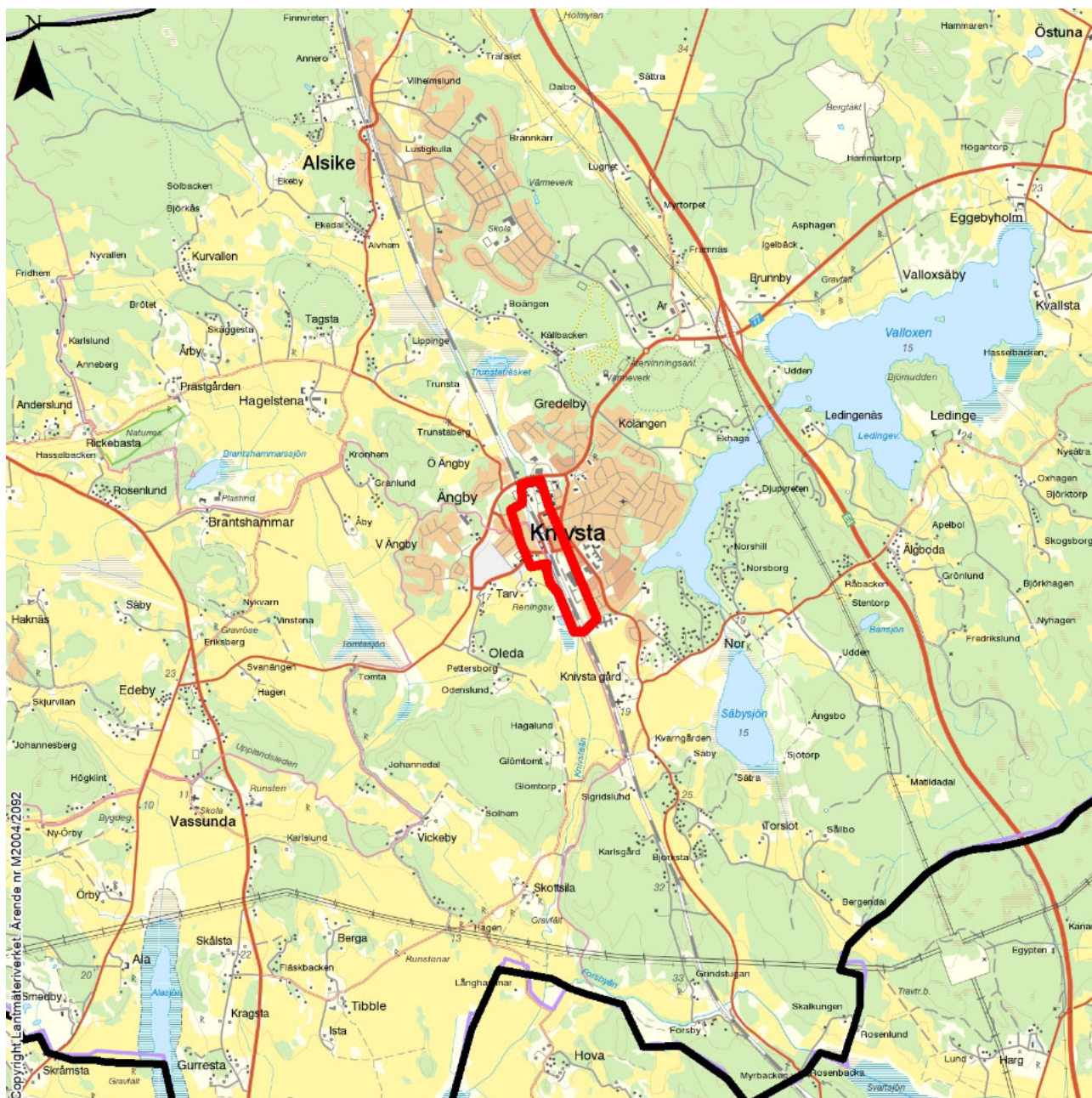
På uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har Golder Associates AB utfört en översiktlig kartering av stabilitetsförhållandena i åtta kommuner i Uppsala län. De kommuner som ingår i utredningen är Enköping, Heby, Håbo, Knivsta, Tierp, Uppsala, Älvkarleby och Östhammar (enligt nedanstående Figur 1).



Figur 1: Översiktskarta över de åtta kommuner i Uppsala län inom vilka denna stabilitetskartering parallellt bedrivits.

Karteringsarbetet har utförts parallellt mellan de åtta kommunerna. I denna rapport redovisas stabilitetskarteringen för Knivsta kommun.

Utredningsområdet för stabilitetskarteringen har i det närmaste begränsats till det område som fastställts i samband med en förstudie till uppdraget (se Bilaga 3). Förstudien² har utförts av Statens geotekniska institut (SGI) och är daterad 2016-02-15 (diariennr. 2.1-1412-0716). En detaljerad gräns på utredningsområdet redovisas med en begränsningslinje på kartorna 1A och 1B. I nedanstående översiktskarta (Figur 2) redovisas utredningsområdet översiktligt.



Figur 2: Översiktskarta över utredningsområdena inom Knivsta kommun (CC BY Lantmäteriet).

Syftet med denna utredning är att utföra en översiktlig kartering av stabilitetsförhållandena inom bebyggda områden i kommunen. Karteringen skall utgöra ett stöd för kommunerna om var i kommunen det kan finnas

² "Enköping, Heby, Håbo, Knivsta, Tierp, Uppsala, Älvkarleby och Östhammar, Uppsala län. Förstudie för översiktlig kartering av stabilitetsförhållandena i bebyggda områden samt dokumentation av befintliga geotekniska undersökningar", daterad 2016-02-15, diariennr. 2015-281.

stabilitetsproblem. Som stöd för karteringen har det inom uppdraget utförts ett antal stabilitetsberäkningar. Det skall noteras att detta är en översiktlig utredning och att beräkningssektionerna har ett stort inbördes avstånd. De riktlinjer som använts för val av gränser på tillåtna säkerhetsfaktorer följer de riktlinjer som ges i IEG Rapport 4:2010. För att ett område skall klassas stabilt i en översiktlig utredning rekommenderas relativt höga säkerhetsfaktorer, vilket leder till att det för stora områden rekommenderas att en detaljerad stabilitetsutredning utförs.

Uppdraget har utförts enligt MSB:s förfrågningsunderlag för uppdraget ("Översiktlig kartering av stabilitetsförhållande i Uppsala län") samt Skredkommissionens anvisningar för släntstabilitetsutredningar. Inom ramen för detta projekt har geotekniska fältarbeten utförts i ett antal sektioner/borrpunkter.

Uppdraget har utförts i två delar kallade 1A respektive 1B. Etapp 1A syftar främst till att utgöra underlag för val av kontrollsektioner (beräkningssektioner) i etapp 1B. Etapp 1B/Karta 1B visar var de eventuella områdena med dålig stabilitet (d.v.s. låg säkerhetsfaktor mot brott) förekommer.

Etapp 1A har i huvudsak innefattat:

- Fältbesiktning och kartering. Alla sektioner har dokumenterats med foto och besiktningsprotokoll, pärmflik 7
- Analys av jordlagerföljd och topografi utifrån kartmaterial, jordartskartor och fältkartering
- Kartering av erosion, synliga skredärr etc.
- Indelning av områden i stabilitetszoner (se Bilaga 1) med utgångspunkt från ovanstående
- Redovisning av stabilitetszoner på karta 1A

Etapp 1B har i huvudsak innefattat:

- Genomgång av äldre geotekniska undersökningar som finns arkiverade hos kommunen. Dessa har studerats och bidragit till att bestämma de geotekniska parametrar som använts i beräkningarna
- Genomgång av tidigare utförda stabilitetsundersökningar i kommunen vilka sedan har utgjort underlag för kartframställningen i del 1B
- Fältundersökningar i ett antal kontrollsektioner
- Bestämning av sektionsgeometrier med underlag från Lantmäteriets nationella höjddatabas (GSD-Höjddata, grid 2+) samt digitala primärkartor
- Beräkning av stabilitetsförhållandena. Beräkningarna har utförts med dränerad, kombinerad och odränerad analys
- Redovisning av fältkontrollerade sektioner
- Redovisning av beräknade säkerhetsfaktorer på karta 1B
- Områden där detaljerade stabilitetsutredningar bör utföras redovisas med orange färg på karta 1B. Orsaken till att ett område har färgats orange kan vara att beräkningar visat på en låg säkerhet mot brott (enligt kriterier uppställda för en översiktlig utredning) men det kan även bero på att det finns otillräckligt underlag för att göra en bedömning av stabiliteten.

3.0 UNDERLAG

3.1 Geotekniskt arkivmaterial

I kommunens geotekniska arkiv finns ett antal geotekniska undersökningar, som utförts inom eller i anslutning till utredningsområdet, som använts som underlag för stabilitetskarteringen. Dessa redovisas under pärmflik 5.

3.2 Övrigt underlagsmaterial (kartor etc.)

Följande material, vilket erhöles från MSB, har använts i samband med karteringen:

- Fastighetskarta (GIS-format)
- Lantmäteriets nationella höjddatabas (GSD-Höjddata, grid 2+)
- SGU:s digitala jordartskartor (GIS-format).

Som underlag för stabilitetskarteringen har dessutom följande underlagsmaterial funnits att tillgå hos kommunen:

- Digitalt kartmaterial (primärkartan).

Koordinatsystemet på det redovisade kartmaterialet är SWEREF 99 TM och höjdsystemet är RH2000.

4.0 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

4.1 Fältundersökningar

Golder Associates AB har i samband med denna utredning utfört geotekniska fältarbeten i ett antal punkter inom det från förstudien avgränsade utredningsområdet. Huvudsyftet med dessa har varit att skapa en översiktlig bild av de geotekniska förhållandena inom utredningsområdet som därmed kan ligga till grund för de översiktliga stabilitetsutredningarna.

I Knivsta kommun har kompletterande geotekniska undersökningar utförts i tre sektioner under hösten 2018. De undersökningar som utförts är:

- Trycksondering i 7 punkter för bestämning av jordens mäktighet och jordens relativa fasthet.
- CPT-sondering i 1 punkt för bestämning av jordlagerindelning och jordlagrens relativa fasthet samt jordens hållfasthetsegenskaper. Utförd CPT-sondering har utvärderats med datorprogrammet Conrad (pärmflik 11).
- Skruvprovtagning i 3 punkter för klassificering av de ytliga jordlagren.

I en punkt har ett grundvattenrör installerats och i en punkt har en porttryckmätare installerats för att ge en översiktlig bild av grundvattenytans läge i marken vid släntavsnittet som representeras av sektionen. Inom ramen för detta uppdrag har grundvattennivåerna i mätrören avlästs vid tre mättillfällen (under vinter/våren 2019).

Utförda fältundersökningar redovisas uppritade på ritningar under pärmflik 9. Punkternas planlägen redovisas på karta 1B (pärmflik 4).

Läget för undersökningspunkterna har tolkats (i XYZ; SWEREF 99 TM resp. RH2000) utifrån befintliga terrängföremål med hjälp av digitalt kartunderlag och erhållen höjddatabas.

4.2 Laboratorieundersökningar

Klassificering av upptagna prover har utförts i fält. Jordklassificeringen redovisas såväl i en samlad jordprovstabell (pärmflik 10) som i borrhpunktsritningarna.

I utvalda jordprover där lera har påträffats har laboratorieundersökningar (rutinförsök) utförts. Laboratorieundersökningar har utförts på jordprover från en punkt i Knivsta, i undersökningsområdets mittersta del. Syftet är att få bättre insikt om jordens egenskaper som bland annat vattenkvot och konflytgräns.

Laboratorieprotokoll redovisas under pärmflik 10.

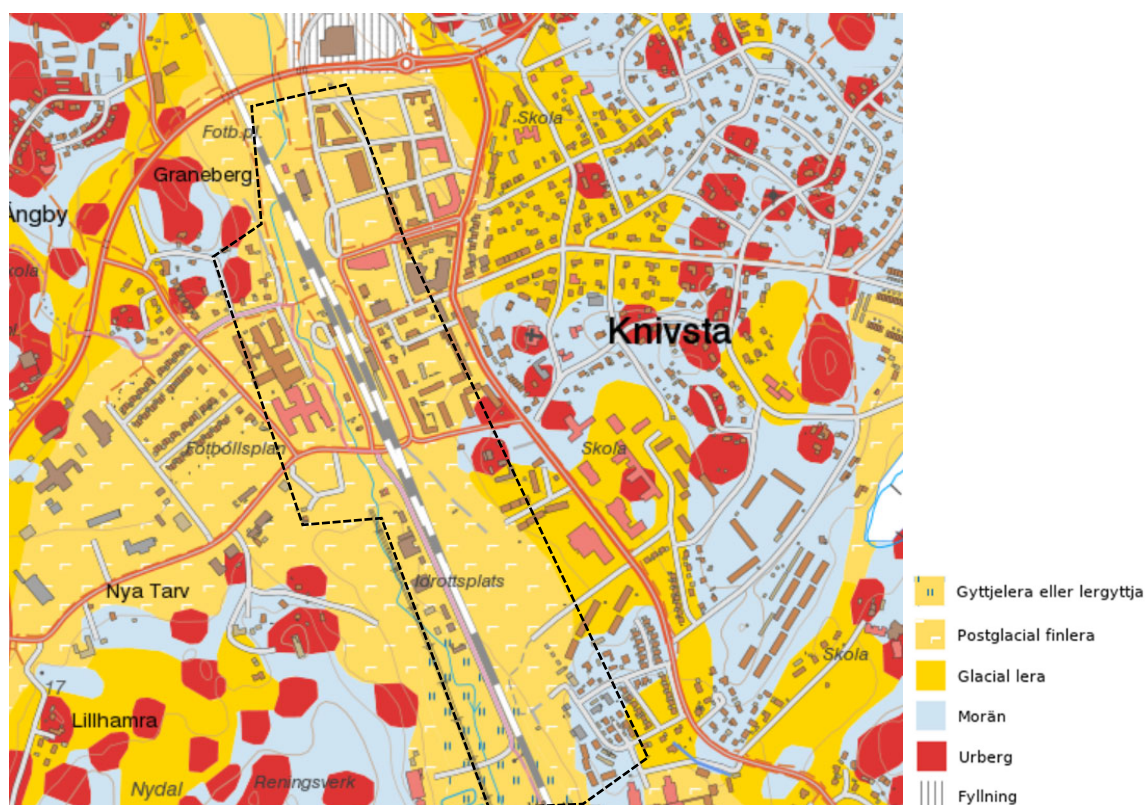
5.0 OMRÅDESBESKRIVNING

Aktuellt undersökningsområde är beläget i centrala Knivsta, ca 17 km sydost om Uppsala, och har en utbredning på ca 1,5 km längs med Knivstaån. Bebyggelsen i området utgörs främst av bostäder, en vårdcentral och servicebutiker. Knivsta station är beläget i norra delen av området och tvärs igenom hela området löper järnvägen.

Nivåskillnaden längs med slänten till Knivstaån är ca 1–3 m och har en släntlutning på ca 1:2–1:4. Erosionsindikatorer i form av bar jord och lutande träd har observerats längs med strandlinjen.

Enligt jordartskartan, se Figur 3, består jorden främst av postglacial finlera, i södra delen av området finns lergyttja närmast Knivstaån. Det finns även ett par områden med berg i dagen och morän i undersökningsområdet.

Utförda underökningar i området visar på mer varierande förhållanden. I den norra delen av området utgörs det översta jordlagret av ett ca 6 m tjockt lerlager varav 3 m är av torrskorpekaraktär. Därefter följer ett ca 3 m mäktigt friktionslager innan bottenmorän av okänd mäktighet tar vid. Längre söderut, i områdets mer centrala delar utgörs det översta jordlagret av ett ca 2 m tjockt fyllnadslager, följt av ca 3 m mäktigt lerlager, därefter ca 2 m mäktigt friktionslager som vilar på bottenmorän av okänd mäktighet. I områdets södra delar har inget lerlager påträffats utan jordlagerföljden består av ett ca 0,5 m mäktigt fyllnadsmaterial följt av ett ca 2 m mäktigt friktionsmaterial som vilar på bottenmorän av okänd mäktighet.



Figur 3: Utdrag ur SGU:s jordartskarta över Knivsta.

Grundvattenytans läge har i nedre delen av slänten bedömts stå i förbindelse med vattenytan i älven och vid släntrön har grundvattenytans läge bedömts till ca 2 m under markytan.

6.0 STABILITETSBERÄKNINGAR

6.1 Allmänt – beräkningsförutsättningar

Stabilitetsberäkningar har utförts med mjukvaran Slope/W version 8.15.4.11512. Analyserna har utförts med odränerad och kombinerad analys där kohesionsmaterial (lera) förekommer. I övriga områden har dränerad analys utförts. Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod för cirkulär cylindriska glidytor.

Slänternas geometri har tolkats (i höjdsystemet RH2000) utifrån Lantmäteriets GSD-Höjddata i Grid 2+.

Lodning av bottenprofilen i Knivstaån har utförts inom den del som inverkar på stabilitetsförhållandena (vanligen åtminstone ca 10–15 m ut från strandkant). Mark- och bottengeometri i utförda beräkningssektioner presenteras i utförda stabilitetsanalyser.

6.1.1 Riktvärden för säkerhetsfaktorn

Stabilitetsutredningen har utförts enligt Skredkommissionens Rapport 3:95 och IEG Rapport 4:2010 där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för *Översiktlig stabilitetsutredning* för markområden med "Befintlig bebyggelse och anläggning". Enligt ovanstående gäller följande riktvärden på säkerhetsfaktorn utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 1: Riktvärden på säkerhetsfaktorn mot brott, enligt IEG Rapport 4:2010 (Tabell 4.2).

F_c	$\geq 2,0$
F_{komb}	$\geq 1,5$
F_φ	$\geq 1,5$

6.1.2 Trafik- och marklaster

Trafik- och marklaster har ansatts i de fall där de befunnits i aktivzonen av glidytor (d.v.s. i den pådrivande delen av glidytor). Då analyserade sektioner i denna översiktliga kartering är valda för att representera släntavsnitt med ganska stor utbredning har markbelastningar (såsom trafiklast och bebyggelse) ansatts med en "genomsnittlig"/representativ omfattning som förekommer inom det aktuella släntavsnittet.

Storleken på trafiklasten på gator och vägar har satts till 13 kPa över hela gatans/vägens bredd, enligt IEG rapport 4:2010. På GC-vägar har en trafiklast på 5 kPa ansatts.

Då grundläggningssättet generellt inte varit känt för byggnaderna inom området har en last på 10 kPa per våning ansatts för samtliga byggnader.

6.1.3 Grundvatten, portryck och vattennivå

Vattendjup och lägsta vattennivå i vattendragen är antagna utifrån okulära bedömningar vid fältbesök. Vid tidpunkten för fältkarteringarna bedömdes vattenståndet motsvara medelvattenstånd. Baserat på dessa observationer, uppgifter från tidigare utredningar samt uppgifter om utseendet på de lodade bottenprofilerna hos vattendragen har en bedömning av lågvattenstånd utförts.

I stabilitetsanalyserna har en bedömning av en sannolik dimensionerande grundvatten- och portrycksnivå i marken ansatts, vilket många gånger för att vara på säkra sidan, ett bedömt "värsta fall", motsvarar en relativt högt belägen grundvattenyta i slänterna och en låg vattenyta i vattendragen. Portrycket har antagits öka hydrostatiskt mot djupet.

6.2 Valda beräkningssektioner

Det studerade området är till ytan relativt stort. Beräkningssektionerna har fördelats för att täcka in så stora delar av utredningsområdet/kommunen som möjligt. Sektionsvalet baseras på lokaliserade stabilitetszoner i i karteringens inledande fas (del 1A) vilka presenteras på kartbladen 1A.

Beräkningssektionerna har delats upp i två typer kallade K respektive Ö. Sektioner som benämnts med "K" är att betrakta som huvudsektioner ("Kontrollsektioner") i vilka studier av de geotekniska parametrarna har genomförts. Studierna av de geotekniska parametrarna har baserats på fältundersökningar som har utförts i samband med denna utredning. Varje kontrollsektion (K-sektion) omges normalt av två översiktliga beräkningssektioner som är benämnda med "Ö" ("Översiktlig sektion") i vilka samma geotekniska beräkningsförutsättningar normalt använts som i den tillhörande kontrollsektion, dock med annan geometri hos markytan. I tabell "Förteckning över utförda stabilitetsberäkningar" (pärmflik 6) redovisas för samtliga beräknade sektioner använda beräkningsförutsättningar samt på vilken grund parametervälet utförts.

Beräkningssektionernas lägen redovisas på karta 1B.

6.3 Valda parametrar

Undersökningsmetoder

Utgångspunkt vid val av geoteknisk undersökningsmetod har dels varit att undersöka om det finns någon förekomst av jordlager bestående av lera, eller med förekomst av lerinslag, och dels för att ge ett underlag för tolkning av jordlagerindelning samt jordmäktighet. Vid förekomst av lerjord har även undersökningsmetod för bestämning av lerans hållfasthetsegenskaper utförts.

Jordlager och jordmäktighet

Olika geotekniska undersökningsmetoder har olika fördelar och begränsningar, exempelvis är neddrivningsförmågan normalt sämre i en undersökningsmetod som lämpar sig bättre för tolkning av jordlagrens egenskaper. Utförda sonderingar med syftet att tolka jordlagren (tryck- och CPT-sonderingar) har därmed normalt stoppat i den fastlagrade bottenmoränen innan stopp på berg har uppnåtts. Som underlag för att översiktligt analysera och värdera stabilitetsförhållandena vid detta uppdrag är det dock av mindre betydelse att veta om undersökningarna stoppat i den fasta bottenmoränen eller på berg. Glidyterna med lägsta säkerhetsfaktor mot brott är vanligen betydligt grundare än så i sin utbredning, men för att inte styra/begränsa glidyternas utbredning mot djupet så har det i stabilitetsanalyserna valts att modellera ett mäktigt jordlager med bottenmorän där sonderingarna stoppat. Den verkliga mäktigheten kan i verkligheten vara såväl mindre som större än detta.

För att undvika eventuella framtida missförstånd är det av största vikt att känna till att modellerad mäktighet på bottenmoränen i stabilitetsanalyserna är antagen/bedömd, dvs den är ej bestämd vid geoteknisk undersökning. Modellerad jordmäktighet i utförda stabilitetsanalyser/stabilitetssektioner bör därmed inte användas som underlag för andra frågeställningar som exempelvis grundläggnings-, brunnnsfrågor etc.

Egenskaper och jordparametrar

Geotekniska egenskaper och jordparametrar för påträffade/förekommande jordlager av lera har tolkats/utvärderats från resultatet av geotekniska undersökningar som är utförda vid denna stabilitetskartering eller från geotekniskt arkivmaterial. Exempel på underlag som nyttjats som underlag på parametertolkning för lera (skjuvhållfasthet och tunghet) är vingförsök, kolvprovtagningar samt CPT-undersökningar (utvärderade med datorprogrammet Conrad tillsammans med resultatet av utförda jordprovtagningar). Som underlag för bedömning av egenskaperna i lera nyttjas även vissa empiriska relationer och erfarenhetsvärden.

I samband med denna översiktliga kartläggning, med tillhörande geoteknisk undersökning, har det inte utförts någon egenskaps- eller hållfasthetsbestämning på förekommande jordlager bestående av friktionsjord (sand, silt, grus och morän). Aktuella parametrar, såsom friktionsvinkel (ϕ') och tunghet (γ), baseras på empiriska

relationer samt erfarenhetsvärden, enligt Trafikverkets publikation "TK Geo", tillsammans med resultatet av utförda sonderingar.

Parametervälet är utfört för att representera ett relativt stort område. Det kan därmed ej uteslutas att det finns lokala områden mellan sektionerna med såväl lägre som högre hållfasthet och andra mäktigheter/djup än vad som använts i beräkningarna. Valda parametrar för respektive beräknad sektion redovisas på respektive stabilitetsberäkning (pärmflik 8).

6.4 Geotekniska åtgärder

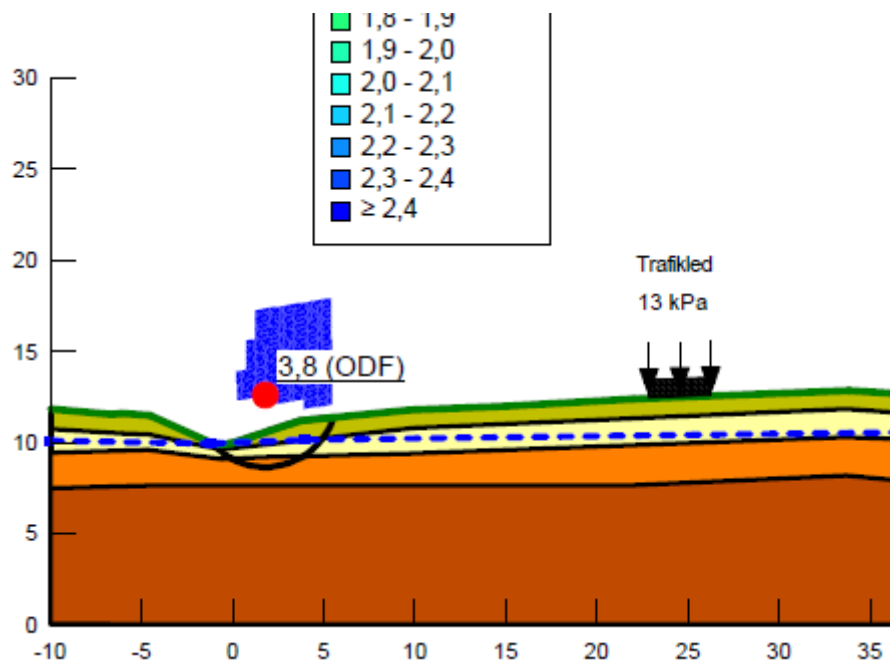
Vid fältbesiktning/kartering har det inte observerats/dokumenterats några åtgärder i form av erosionsskydd.

Vid genomgång av geotekniskt arkivmaterial har det inte heller påträffats några uppgifter om andra geotekniska förstärkningsåtgärder inom utredningsområdet för denna stabilitetskartering.

6.5 Stabilitetsanalyser

I utförda stabilitetsanalyser presenteras lägsta säkerhetsfaktor mot brott för olika typer av glidytor som påverkar slänten (exv. korta respektive långa glidytor), se exempel i Figur 4.

Lägsta säkerhetsfaktorer mot brott som bestämts vid utförda analyser, redovisas på karta 1B (pärmflik 4) samt i sammanställning (pärmflik 6). Samtliga beräknade sektioner redovisas dessutom i sin helhet under pärmflik 8.



Figur 4: Exempel på stabilitetsberäkning i Knivsta kommun (KNI-K1, odränerad analys).







I de fall där säkerhetsfaktorn mot brott ej uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för denna utredningsnivå (översiktlig utredning) redovisas även utbredningen av glidytor som motsvarar rekommenderad säkerhet. Detta som underlag och stöd för avgränsning av områden där eventuell vidare översyn rekommenderas i senare skeden.

7.0 SLUTSATS

7.1 Områdesklassning (resultatet presenteras på karta 1B)

Syftet med denna utredning har främst varit att översiktligt kartlägga stabilitetsförhållandena inom bebyggda områden i kommunen. Kartläggningen kan sedan användas av kommunen för att se var/om behov av detaljerade eller kompletterande stabilitetsutredningar kan behövas. Huvuddelen av de resultat som framkommit i denna rapport redovisas på karta 1B (pärmflik 4).

På karta 1B redovisas färgade områden med följande syften:

	<u>Vit (omarkerat område)</u> – Område som vid <i>rådande förhållanden</i> bedöms ha en tillfredsställande stabilitet, d.v.s. uppfyller rekommendationerna på stabiliteten för en översiktlig utredning enligt IEG Rapport 4:2010.
	<u>Vit med orange skraffering</u> – Område som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller om tillräckligt med underlag för "friskrivning" saknas, d.v.s. området är otillräckligt utrett. För dessa områden lämnas dock normalt inte rekommendation om detaljerad utredning då det vanligen saknas bebyggelse i områdets <i>direkta</i> närhet.
	<u>Orange</u> – Område som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller område som är otillräckligt utrett. Detaljerad stabilitetsutredning (enligt Skredkommissionens anvisningar) rekommenderas. Som kriterier för att ett område skall påföras orange färg är antingen att den kombinerade/dränerade analysen ger ett värde på säkerhetsfaktorn som är lägre än 1,5 (d.v.s. $F_{komb} < 1,5$ alt. $F_{\phi} < 1,5$) eller att den odränerade analysen ger ett värde lägre än 2,0 (d.v.s. $F_c < 2,0$), värden motsvarande rekommendationer för en översiktlig stabilitetsutredning enligt IEG Rapport 4:2010.
	<u>Orange med svart skraffering</u> – Område som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller område som är otillräckligt utrett. Detaljerad stabilitetsutredning bedöms som speciellt angeläget då risken för skred/ras bedöms som påtaglig. Områdesmarkeringen gäller generellt för områden där säkerhetsfaktorn mot brott är $F_{komb} < 1,1$ alt. $F_{\phi} < 1,1$ och $F_c < 1,3$. Vid riskfyllda geotekniska förhållanden såsom förekomst av kvicklera eller stor pågående erosionsaktivitet kan vidare utredning anses vara speciellt angelägen även med en något högre säkerhetsfaktor än denna angivna gräns.
	<u>Gult</u> – Område som tidigare klassats som tillfredsställande stabilt eller område där stabiliserande åtgärder har vidtagits men där dagens gällande anvisningar enligt Skredkommissionen inte följts. Översyn av tidigare utredningar och åtgärder rekommenderas.
	<u>Gul med svart skraffering</u> – Område där översyn av tidigare utredningar och åtgärder bedöms som speciellt angeläget. Områdesmarkeringen gäller generellt för områden där säkerhetsfaktorn mot brott är $F_{komb} < 1,1$ alt. $F_{\phi} < 1,1$ och $F_c < 1,3$. Vid riskfyllda geotekniska förhållanden såsom förekomst av kvicklera eller stor pågående erosionsaktivitet kan vidare utredning anses vara speciellt angelägen även med en något högre säkerhetsfaktor än denna angivna gräns.

Denna kartering har koncentrerats på bebyggda områden vid dagens/rådande förhållanden. Denna utredning ska därmed ej användas för någon form av nybyggnation.

Utanför markerat utredningsområde har ingen kartering eller värdering av stabilitetsförhållandena utförts i samband med denna utredning. Det innebär att det där kan förekomma områden med otillfredsställande stabilitetsförhållanden.

7.2 Resultat av utförda stabilitetsberäkningar

Stabilitetsförhållandena längs med Knivstaån i centrala Knivsta uppfyller stabilitetsrekommendationerna för en översiktlig stabilitetsutredning, enligt IEG Rapport 4:2010.

Säkerhetsfaktorn har beräknats till ca $F_c=2,2-4,0$ för odränerad analys, $F_{komb}=1,8-2,3$ för kombinerad analys och $F_\phi=1,6-3,5$ för dränerad analys vilket uppfyller gällande krav ($F_c \geq 2,0$, $F_{komb}/F_c \geq 1,5$).

Beräkningssektionernas läge och lägsta säkerhetsfaktor visas på karta 1B (karta KNI-P1b).

7.3 Förslag till fortsatt arbete

Det föreslås att karta 1B kontinuerligt uppdateras med nya pågående uppdrag som medför att kartbilden förändras. Kartan bör även uppdateras med eventuella uppdrag som är utförda och ej kommit till vår kännedom vid denna översiktliga kartläggning.

Golder Associates AB



Ola Skepp
Uppdragsledare



Urban Högsta
Kvalitetsgranskare

OS/UH

Org.nr 556326-2418
VAT.no SE556326241801
Styrelsens säte: Stockholm

g:\projekt\2017\1782251-msb, uppsala\08_kartering\4-knivsta (kni)\7-rapport\kni-pm_geoteknik.docx

BILAGA A

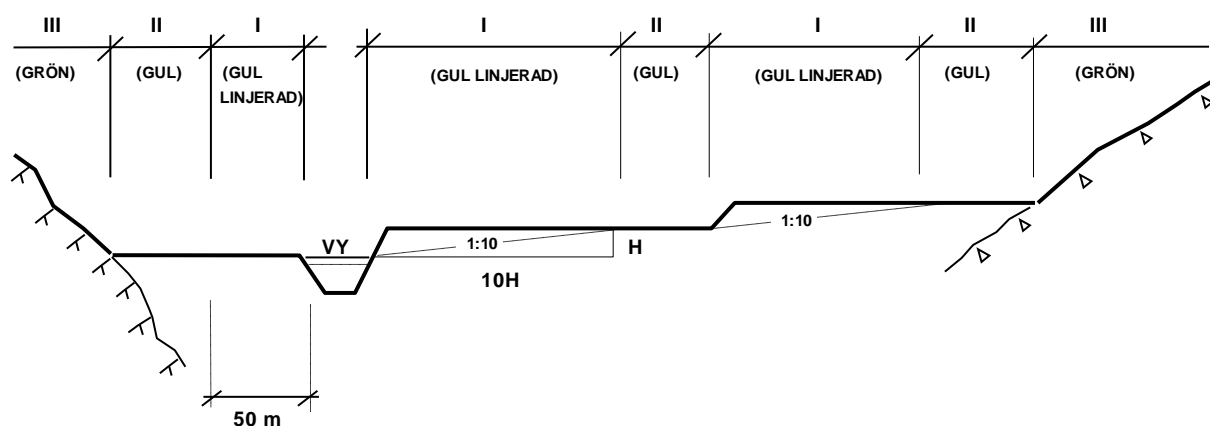
MSB:s Kriterier för indelning av stabilitetszoner

ÖVERSIKTLIG KARTERING AV STABILITETSFÖRHÅLLANDEN

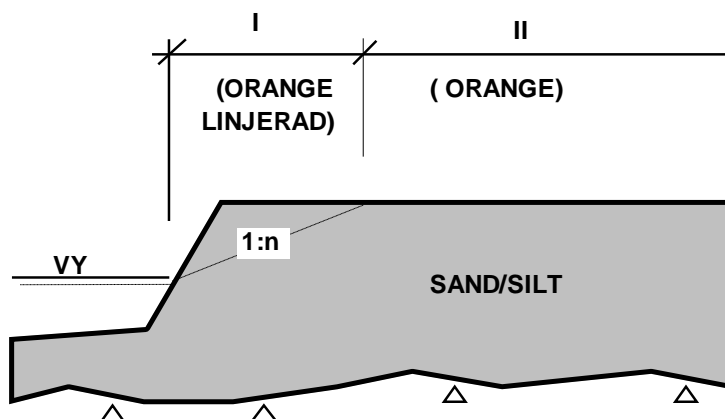
Kriterier för indelning av karteringsområden i stabilitetszoner och krav på stabilitetsutredningar

STABI- LITETS- ZON	KRITERIER FÖR INDELNING AV RESPEKTIVE STABILITETSZON	KRAV PÅ STABILITETSUTREDNING VID BELASTNINGSÄNDRINGAR
I	<p>LERA (gul linjerad) (FIGUR 1)</p> <p>Mark inom avståndet 10 x slänthöjden räknat från släntfot/-strandlinje</p> <p>Mark inom 50 m från strandlinje för sjöar och för vattendrag ritade med dubbla streck på ekonomiska kartan (älvar/åar)</p> <p>Mark inom 25 m från strandlinje för vattendrag ritade med enkelt streck (bäckar/diken) på ekonomiska kartan</p> <p>SILT/SAND (orange linjerad) (FIGUR 2)</p> <p><u>Ingen grundvattenutströmning i slänten</u></p> <p>Mark inom avståndet 2,5 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje</p> <p><u>Grundvattenutströmning i slänten</u></p> <p>Mark inom avståndet 5 x slänthöjden räknat från släntfot/-strandlinje</p> <p>SILT/SAND PÅ LERA (gul linjerad) (FIGUR 3)</p> <p>Mark inom avståndet 10 x slänthöjden och n x slänthöjden, där n är lutningsfaktor för silt/sand och antar värdet 2,5 eller 5, se nedan</p> <p>SILT/SAND PÅ LERA (gul linjerad prickad) (FIGUR 3)</p> <p><u>Ingen grundvattenutströmning i slänten</u></p> <p>Mark inom avståndet 2,5 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje</p> <p><u>Grundvattenutströmning i slänten</u></p> <p>Mark inom avståndet 5 x slänthöjden räknat från släntfot/-strandlinje</p>	<p>Normalt krävs att stabiliteten bedöms med hjälp av undersökningar och beräkningar.</p>

<p>II</p>	<p>LERA (gul) (FIGUR 1)</p> <p>Mark på längre avstånd än 10 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje dock minst 50 m från vattenområden</p> <p>SILT/SAND (orange) (FIGUR 2)</p> <p>Mark på längre avstånd än 5 alt 2,5 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje</p> <p>SILT/SAND PÅ LERA (gul) (FIGUR 3)</p> <p>Mark på längre avstånd än 10 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje dock minst 50 eller 25 m från vattenområden/raviner/diken</p>	<p>Normalt tillräckligt med en erfarenhetsbaserad bedömning utförd av geotekniker. I vissa fall kan undersökningar och beräkningar behöva utföras.</p>
<p>III</p>	<p>FASTMARK (grön)</p> <p>Berg i dagen, morän, grövre isälvsavlagringar etc</p>	<p>Stabiliteten för omgivande markområden med lösare jordarter skall beaktas vid åtgärder inom fastmarksområden som påverkar omgivande mark; exempelvis sprängningsarbeten, vatteninfiltration etc. I övrigt finns inga särskilda restriktioner med hänsyn till stabiliteten.</p>



FIGUR 1. Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i lermark.

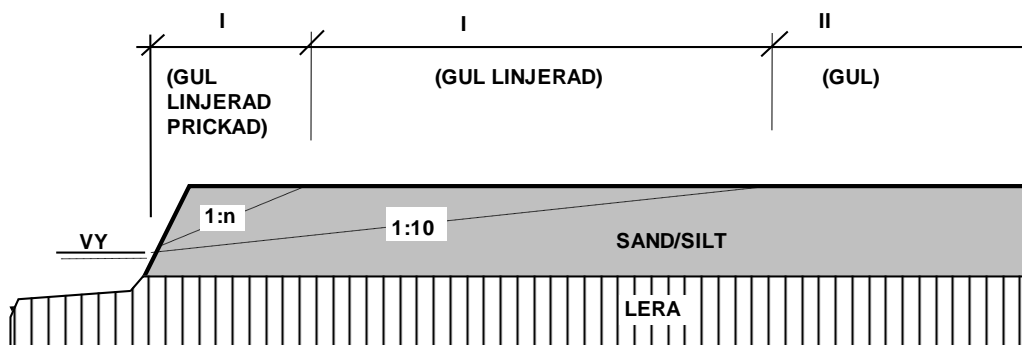


FIGUR 2. Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i områden med sand- och siltlager på fastare material (grus, morän eller berg).

För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, där värdet på n beror på grundvattensituationen:

Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller $n = 2,5$.

Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller $n = 5$



FIGUR 3. Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i områden där lerlager kan förekomma under mäktiga sand- och siltlager.

I dessa fall kan det i etapp 1a vara svårt att avgöra om lera förekommer under sand/siltlagren. Om det t ex finns geologiska förutsättningar för leraförekomst skall detta markeras såsom i figuren, dvs båda linjerna 1:10 och 1:n.

För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, där värdet på n beror på grundvattensituationen:

Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller $n = 2,5$.

Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller $n = 5$

Zonindelningen i stabilitetszon I, II och III kan betraktas som "statisk", d v s påverkas inte av förändringar i t ex laster och hållfasthet. Kartan gäller så länge inga större förändringar i topografin görs.









Inom **zon I** finns förutsättningar för initiala spontana eller provocerade skred och ras.

Inom **zon II** finns inga förutsättningar för initiala skred och ras, men zonen kan komma att beröras av skred och ras som initieras inom angränsande zon I.

Inom **zon III** saknas förutsättningar för skred eller ras eftersom lös jord inte förekommer inom zonen. Aktiviteter inom zonen kan emellertid ha negativ inverkan på stabiliteten i angränsande zoner I och II.

Kartan över stabilitetsförutsättningarna (etapp 1a) visar inte risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten utan endast grundförutsättningarna - jordart och marklutning - för skred och ras.

Redovisning av stabilitetszoner, Karta 1a

lera > 1:10		Stabilitetszon I
silt/sand > 1:n		Stabilitetszon I
silt/sand på lera > 1:10		Stabilitetszon I
silt/sand på lera > 1:n		Stabilitetszon I
lera < 1:10		Stabilitetszon II
silt/sand < 1:n		Stabilitetszon II
silt/sand på lera < 1:10		Stabilitetszon II
fastmark		Stabilitetszon III

BILAGA B

Beteckning: Kartor, sektioner etc.

Kommun	Kommun-förkortning	Kartor / planer [P]	Tidigare utförda utredningar [T]	Utförd kontroll-sektion [K]	Utförd sidosektion [Ö]	Borrpunkter [-]	Borrhåls-ritningar [-]	Observationspunkt [OP]
Knivsta	KNI	KNI-P1a / KNI-P1b	KNI-T1	KNI-K1 ... KNI-K3	KNI-Ö1.1 KNI-Ö1.2 ... KNI-Ö3.1 KNI-Ö3.3	KNI011 KNI012 KNI013 ... KNI031 KNI032 KNI033	KNI011 KNI012 KNI013 ... KNI031 KNI032 KNI033	KNI-OP1.0 KNI-OP1.1 KNI-OP1.2 ... KNI-OP03.0 KNI-OP03.1 KNI-OP03.3

BILAGA C

Kartbilder från förstudie



Myndigheten för
sambands- och
beredskap



Statens geotekniska institut

UPPDRAG NR
15453

DATUM
2016-02-15

UPPDRAGSANSVARIG
Samir Ezziyani

RITAD AV
Godefroid Ndayikengurukiye

HANDLÄGGARE

Samir Ezziyani
Ann-Christin Hågeryd

Förstudie stabilitetskartering i
Knivsta kommun, Uppsala län

Knivsta

SKALA
1:50 000

REFERENSSYSTEM
SWEREF 99 TM

KARTA
4



golder.com