

PM GEOTEKNIK FÖR DETALJPLAN SKENE 72:1, KUNGSFORS FABRIKER



UPPDRAG 288428, Detaljplan Skene

Titel på rapport: PM GEOTEKNIK FÖR DETALJPLAN
SKENE 72:1, KUNGSFORS FABRIKER

Status: Slutrapport

Datum: 2019-03-22

MEDVERKANDE

Beställare: Kungsfors Köpcenter AB

Kontaktperson: Hans-Erling Andersson

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Daniel Hägerstrand

Handläggare: Johanna Ljungdahl

Kvalitetsgranskare: Marius Tremblay, Mats Engdahl

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2021-01-28

Version Rev C

Initialer DH, Tyréns AB

SAMMANFATTNING

Föreliggande PM Geoteknik behandlar förutsättningar avseende geoteknik och grundvatten för rubricerat objekt. Sammanställning av utförda undersökningar redovisas i en separat rapport MUR (Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik. Detaljplan Skene 72:1, Kungsfors Fabriker, daterad 2019-03-22, Revidering A 2020-06-26.

För exploatering i området är stabiliteten mot Viskan och angränsande raviner helt avgörande. Totalstabiliteten är tillfredsställande inom stora delar av området, bortsett från områden närmast släntkrön i den östra delen. Kravet på säkerhetsfaktor $F_{komb}=1,5$ uppnås generellt vid släntkrön, enligt utförda stabilitetsberäkningar mot Viskan i söder samt ca 30 m in från släntkrön mot ravinen i öster. Även om totalstabiliteten generellt är tillfredsställande så föreslås en zon närmast släntkrön där marken inte får belastas med tillkommande last. Detta på grund av att de lokala slänterna i ravinbildningarna bitvis är branta.

Längre från släntkrön gäller allmänt att tillkommande belastning inom planområdet inte nämnvärt påverkar stabilitetssituationen mot Viskan, men lastrestriktioner föreslås inom hela området för detaljplanen.

Planområdet bör inte klassas som ett område med kvicklera. Däremot är det en högsensitiv lera i området.

Ravinbildningen i området kan förknippas med den karakteristiska typen av förgrenad ravinbildning som sker i jordar som består av silt och finsand.

Vid jämförelse med äldre ortofoton så pågår idag ingen större aktivitet eller förändring av befintliga raviners utbredning. De mindre raviner som gränsar till planområdet i söder har en relativt liten vattentillförsel vid jämförelse med den större ravin som går längs planområdets östra kant.

All tillförsel av vatten i raviner kan orsaka ytterligare erosion och vid framtida exploatering rekommenderas att allt tillkommande vatten tas om hand utanför skyddsområdet, dvs att inget tillkommande vatten leds ner i de befintliga raviner jämfört dagens situation.

Med anledning av totalstabiliteten mot Viskan samt befintliga raviner öster och söder om planområdet är förslaget att området närmast släntkrön ej exploateras.

PM Geoteknik beskriver generellt geotekniska förhållanden med fokus på stabilitet mot Viskan. Efter det att byggnaders och anläggningars utformning är bestämd ska geotekniska uppgifter och rekommendationer, som överensstämmer med planerat grundläggningsarbete, inarbetas i den byggnadstekniska beskrivningen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	6
1.1	SYFTE.....	7
1.2	METOD	7
2	UNDERLAG.....	7
2.1	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	7
3	DOKUMENT	9
4	BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR OCH KONSTRUKTIONER.....	9
4.1	GRUNDLÄGGNING AV BEFINTLIGA BYGGNADER	9
4.2	BEFINTLIG SPILLVATTENLEDNING.....	9
4.3	SKENE VATTENVERK.....	10
5	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	13
5.1	TOPOGRAFI OCH OMRÅDESBESKRIVNING	13
5.2	GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.....	13
5.2.1	HÅLLFASTHETS- OCH DEFORMATIONSEGENSKAPER	15
5.2.2	FÖREKOMST AV KVIKCLERA.....	16
5.3	HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	19
5.3.1	VATTENSTÅNDSNIVÅER I VISKAN	19
5.3.2	GRUNDTVATTEN	20
5.3.3	PORTRYCK	20
6	SLÄNTSTABILITET.....	21
6.1	ALLMÄNT	21
6.2	ERFORDERLIG SÄKERHETSFAKTOR	22
6.3	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR.....	23
6.3.1	GEOMETRI OCH VATTENNIVÅER	23
6.3.1.1.	SEKTION A	24
6.3.1.2.	SEKTION B.....	24
6.3.1.3.	SEKTION C	24
6.3.1.4.	SEKTION D	24
6.3.1.5.	SEKTION E	24
6.3.1.6.	SEKTION F	24
6.3.2	MATERIALEGENSKAPER FÖR STABILITETSBERÄKNINGAR	25
6.4	LASTER.....	26
6.5	BERÄKNINGSRESULTAT	28
6.5.1	SEKTION A-A TILL F-F	28
6.5.2	DISKUSSION UTFÖRDA STABILITETSBERÄKNINGAR, SEKTION A-A TILL D-D 32	

6.5.3 KÄNSLIGHETSANALYS, SEKTION B-B.....	32
6.5.4 STABILITET NORRA DELEN AV PLANOMRÅDET, SEKTION E-E OCH F-F	33
7 SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN	34
8 EROSION	34
8.1 ALLMÄNT	34
8.2 JÄMFÖRELSE MELLAN HISTORISKA KARTUNDERLAG.....	35
8.3 INVENTERING.....	37
8.3.1 RAVIN 1	38
8.3.2 RAVIN 2	38
8.3.3 RAVIN 3	39
8.3.4 RAVIN 4	39
8.3.5 RAVIN 5A OCH 5B	39
8.3.6 RAVIN 6	39
8.3.7 RAVIN 7	39
8.4 SAMMANFATTNING.....	40
9 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	41
9.1 ALLMÄNT	41
9.2 GRUNDLÄGGNING	41
9.3 STABILITET	41
9.4 EROSION	42
9.5 FÖRSLAG TILL RESTRIKTIONER.....	42
9.6 KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR OCH UTREDNINGAR.....	44

Bilaga

- Bilaga 1 – Utvärderade materialegenskaper
- Bilaga 2 – Totalstabilitetsberäkningar
- Bilaga 3 – Tidigare utredningar
- Bilaga 4 – Utdrag ur Räddningsverkets översiktliga stabilitetskartering
- Bilaga 5 – Skyddsområde, planritning
- Bilaga 6 – Vattenskyddsområde
- Bilaga 7 – Vattendom Länsstyrelsen
- Bilaga 8 – inventering och dokumentering av erosionsförhållandena

Tillhörande dokument och ritningar

- MUR (Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik. Detaljplan Skene 72:1, Kungsfors Fabriker, daterad 2019-03-22, Rev A 2020-06-26.
- Plan, Geoteknik, Ritning G01, Skala 1:1500, (A1)
- Enstaka borrhål, Geoteknik, Ritning G11 - G19, Skala 1:100, (A1)
- Sektion A-A till D-D, Ritning G21-G24, Skala 1:200, H 1:200, L 1:500 (A1)

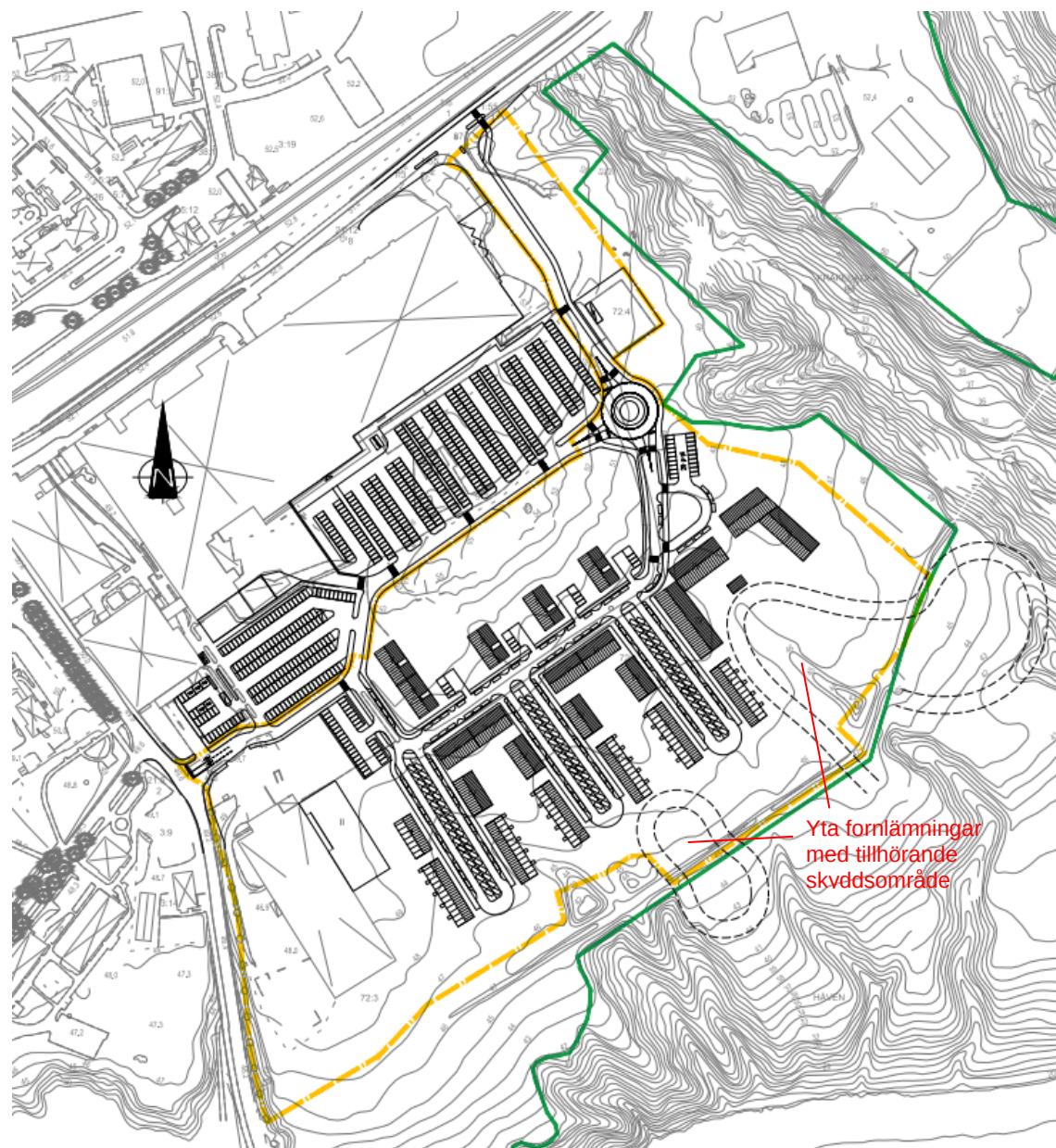
Hänvisningar

- Riskbedömning Mark och Grundvatten. DP SKENE 72:1 och 72:3, daterad 2020-09-22, med tillhörande bilagor

1 INLEDNING

På uppdrag av Kungsfors Köpcenter AB har Tyréns AB utfört en geoteknisk undersökning och geoteknisk utredning för detaljplan Skene 72:1. Den geotekniska undersökningen utfördes under 2018 och kompletterades under våren 2020. Den geotekniska utredningen för detaljplanen är daterad 2019-03-22 med tidigare rev A 2020-06-26 och rev B 2020-11-27. Rev C avser utökat planområde i norra delen.

Kungsfors Köpcenter AB planerar att bygga ca 200 bostäder i blandad bebyggelse samt en förskola på fastigheten Skene 72:1 och del av Skene 72:3 i Skene, Marks kommun. Detaljplaneområdet framgår av Figur 1 nedan. Reviderat förslag till detaljplan 2020 innebär bla tillkommande planområde i norr, mellan planerade bostäder och Industrigatan.



Figur 1 - Översiktskarta. Planområdets preliminära gräns (gul linje) samt gräns för skyddsområde (grön linje). Förslag till husplacering enligt Abako Arkitekter, daterat 2020-11-06.

1.1 SYFTE

Syftet med den geotekniska utredningen är att ge underlag avseende de geotekniska förhållandena i detaljplaneprocessen. Utredningen syftar även till att utreda byggbarheten för aktuellt område, innefattande bedömning av säkerhet mot skred samt ge översiktliga grundläggningsrekommendationer.

1.2 METOD

Geotekniska undersökningar har utförts i 13 st punkter inom området och jordprover har analyserats på laboratorium. Därigenom har jordens beskaffenhet, mäktighet samt jordlagerföljd inom området bedömts. Vid analys och utvärdering har underlag enligt kap. 2 beaktats.

2 UNDERLAG

Följande underlag har använts inom uppdraget:

Material erhållet från beställare:

- Grundkarta med ekvidistans: 1 m
- Preliminär gräns för planområdet
- Tidigare geotekniska utredningar
 - Geoteknisk undersökning. Kungsfors Fabriker AB, Skene Marks kommun, Nytt spinneri. Utförd av JGB, daterad 1988-02-08
 - Kompletterande geoteknisk undersökning. Kungsfors fabriker AB, Skene Marks kommun, nytt spinneri. Utförd av JGB, daterad 1988-09-22
 - Stabilitetsförhållanden. Detaljplan för Kungsfors, del Skene 72:2 m fl i Skene, Marks kommun, Utförd av JGB, daterad 1991-08-21
 - Utlåtande över geoteknisk undersökning. Kungsfors center, Skene, Ny plats för gasoltank. Utför av GF-Konsult AB, daterad 1996-10-14
- Översiktlig stabilitetskartering utförd av Räddningsverket 2000-10-27.

Material inhämtat av Tyréns:

- SGU:s jordartskarta (källa: www.sgu.se)
- Topografisk karta (källa: www.lantmateriet.se)
- Historiska kartor och historiska ortofoton (Källa: www.lantmateriet.se)
- Tidigare geotekniska utredningar:
 - Bygghandling, Byggnadsteknisk beskrivning, Geoteknik (BGEO). Väg 41 Varberg – Borås, delen Hede- Gullberg. Utförd av SGI, daterad 1991-09-30.
 - Teknisk PM, Geoteknik. LV 156 vid Skene, delen Varbergsvägen-RV 41. Utförd av Scandiaconsult Väst AB, daterad 1996-05-23.
 - Geologisk beskrivning av Viskans och Häggåns dalgångar. SGU-rapport 2019:11 utförd av Mats Engdahl och Otto Pile, SGU daterad maj 2019.
- Vattendom Länsstyrelsen
 - Domslut, Tillstånd att för väg 156 utföra ny bro över Viskan vid Skene, Marks kommun, Älvsborg län, m.m. Vänersborgs tingsrätt, dom daterad 1993-09-23.

2.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Tyréns AB har utfört geoteknisk fältundersökning under vecka 40 och 41 (fältomgång 1), under vecka 49 (fältomgång 2) år 2018 samt under vecka 17 (fältomgång 3) år 2020. Vid fältomgång 2 utfördes undersökningar bland annat i det intilliggande skyddsområdet Assbergs ravin, som

sträcker sig längs Viskans dalgång. Vid fältomgång 3 utfördes tre kompletterande CPT-sonderingar och kolvprovtagningar. Samtliga utförda undersökningar dokumenteras i tillhörande MUR. Antalet utförda undersökningar redovisas i Tabell 1 nedan.

I samband med den geotekniska undersökningen har även en miljöteknisk undersökning utförts. Utförda miljötekniska undersökningar redovisas i plan och som enstaka borrhål på ritning G01 och G19. De miljötekniska undersökningarna redovisas i sin helhet i Riskbedömning Mark och Grundvatten. DP SKENE 72:1 och 72:3, daterad 2020-09-22, med tillhörande bilagor.

Inmätning av marknivåer har utförts i Sektion A, B och C samt så har marknivån vid respektive undersökningspunkt mätts in. Inmätning av bottennivå samt vattenytan i Viskan har utförts i sektion A och B, se planritning G01 tillhörande MUR.

Dokumentation av erosionsförhållandena i Viskan har utförts i anslutning till Sektion A och B genom platsbesök, fotografering samt inmätning av skredärr. Kompletterande dokumentering av erosionsförhållandena i anslutning till hela detaljplaneområdet har utförts under vecka 17 år 2020.

Grundvatten- och portrycksmätningar utfördes under veckorna 42, 50 och 51 2018 samt under vecka 17 år 2020.

Tabell 1. Utförda geotekniska fältundersökningar, Skene.

Undersökningsmetod	Antal undersökningspunkter
Skruvprovtagning	13 st (Ytterligare 32 st utfördes i samband med den miljötekniska undersökningen)
CPT- sondering	13 st
JB-sondering	5 st
Kolvprovtagning	3 st (19 nivåer)
Vingborrning	4 st (3 nivåer)
Portrycksstation	1 st (3 nivåer)
Grundvattenrör	12 st (varav 11 st i samband med den miljötekniska undersökningen)
Provgrop	4 st (utfördes i samband med den miljötekniska undersökningen)

3 DOKUMENT

För PM Geoteknik har dokument presenterade i Tabell 2 varit styrande och Tabell 3 varit vägledande.

Tabell 2 Styrande dokument

Dokument
Eurokod 7, SS-EN 1997-2:2007

Tabell 3 Vägledande dokument

Dokument
IEG Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)
SIG Info 3, Skjuvhållfasthet - utvärdering i kohesionsjord, Statens geotekniska institut, 2007
SIG Info 1, Jords egenskaper, Statens geotekniska institut, 2007
Rapport 49, Jordmaterialet silt, SIG 1995
Skredkommissionens Rapport 3:95
TK GEO 13 Version 2.0, 2016-02-29
TR GEO 13 Version 2.0, 2016-02-29
SIG Excel-program för utvärdering av kvickleraförekomst från sonderingsresultat av CPT- och (total)trycksondering med registrerat totalt nerdrivningsmotstånd
SIG Info 46, Metodik för kartläggning av kvicklera, 2018

4 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR OCH KONSTRUKTIONER

4.1 GRUNDLÄGGNING AV BEFINTLIGA BYGGNADER

Inom planområdet finns i norra delen ett garage, väster om garaget finns en större byggnad som idag används för tillverkning av pooler. Nordöstra delen av planområdet finns en transformatorstation. Strax norr om planområdet finns byggnader som tillhör Kungsfors köpcentrum. Enligt uppgift från Kungsfors är samtliga byggnader inom aktuellt område grundlagda med platta på mark.

I den norra delen av planområdet, strax norr om den befintliga grusvägen, finns ett flertal (4st) brunnar. Ingen ytterligare information om vad dessa brunnar används till eller vem som äger dem har framkommit under tiden för detta uppdrag.

4.2 BEFINTLIG SPILLVATTENLEDNING

I området vid släntrönn (angränsande till planområdets gräns mot Viskan) finns en befintlig spillvattenledning (dim Ø600 mm) av betong. Ledningen är mycket viktig då den leder en stor del av centralortens spillvatten till Skene Avloppsreningsverk (ARV). Ledningen är anlagd på marken med en täckande jordfyllning, vilket skapar en ca 1,5 m hög vall i landskapet, se figur 2.

Marks kommun har inga uppgifter om när den anlades, men troligtvis är det i samband med anläggandet av Skene ARV på 1960-talet. Vid anläggandet av ledningen så har bla de inre (nordligaste) delarna av ravinerna fyllts upp likt en brygga för ledningen. Det finns inga uppgifter i övrigt på hur uppfyllningen utfördes eller hur ledningen är grundlagd.



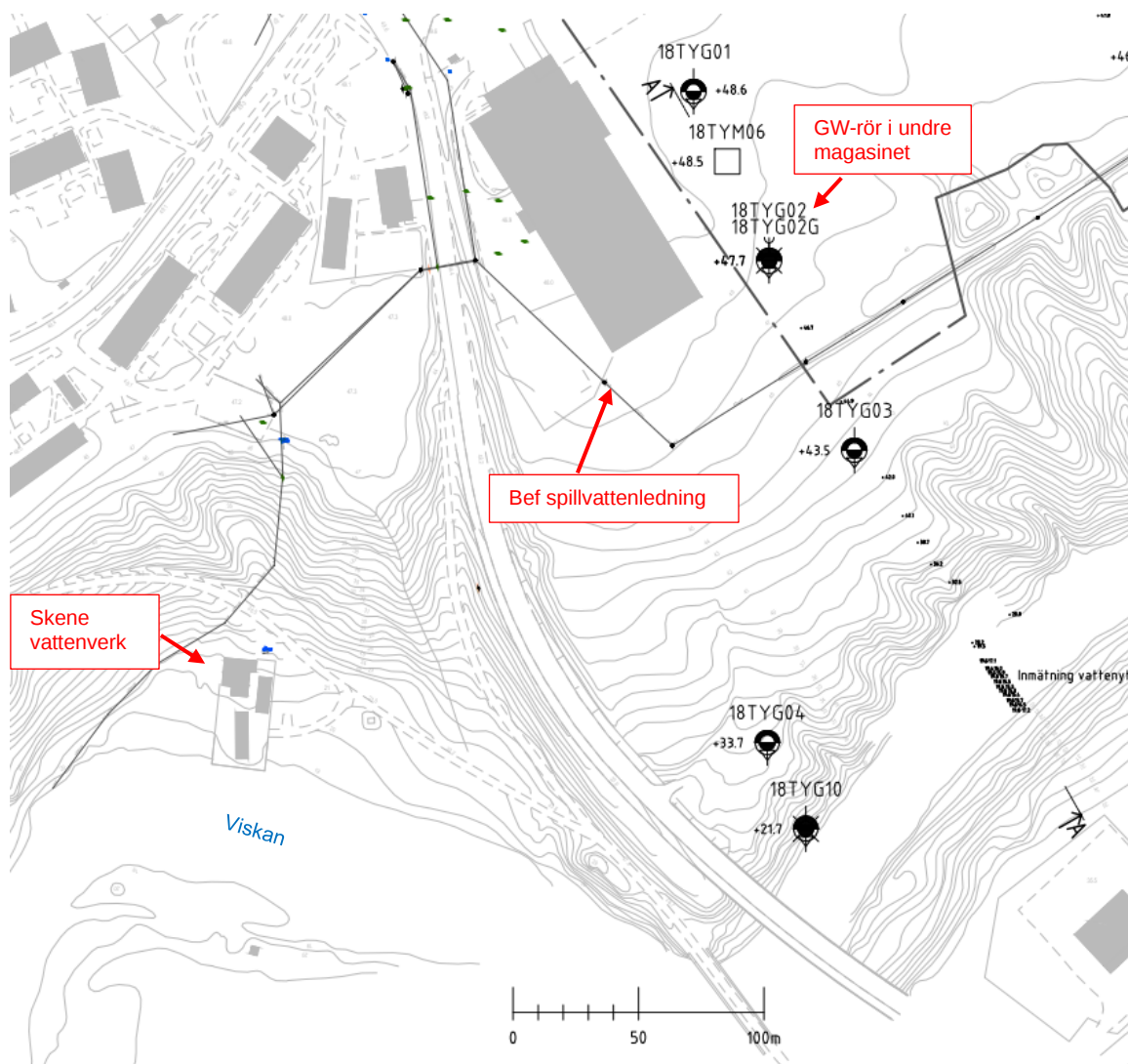
Figur 2 – Slänten ner mot Viskan med befintlig spillvattenledning i en vall vid släntkrön. Foto mot norr.

4.3 SKENE VATTENVERK

Delar av det planerade exploateringsområdet ligger inom sekundärt vattenskyddsområde för Skene vattentäkt. Vilket enligt kommunen kommer kräva viss beaktning vid projektering och anläggning. För vattenskyddsområdets utbredning, se Bilaga 6. Denna täkt används inte för tillfället men är tänkt att utnyttjas som centralortens nya reservvattentäkt (Länsstyrelsen, 2018). Idag gällande vattenskyddsområde för Skene vattentäkt är från 1959. Om Skene vattentäkt driftsätts igen så innebär det en uppdatering av vattenskyddsområdet.

Skene vattenverk ligger strax väster om väg 156, ca 150 m från planerat planområde, se Figur 3 och Figur 4. Skene vattenverk används inte i dagsläget men Marks kommun utför provpumpning för att utreda kapaciteten (SWECO 2018). Enligt Marks kommun är det mycket troligt att vattenverket kommer att börja användas.

Enligt miljöbalken är verksamhetsutövare skyldiga att beakta skyddet av vattentäkt även om de ligger utanför vattenskyddsområdet. Det behöver inte innebära begränsningar, men större krav på utförande och kontroll.



Figur 3. Utdrag ur ritning G01 som visar Skene vattenverk i närheten av planområdet.

Enligt Marks kommun kommer djupet på framtida uttagsbrunnar vara ca 20–25 m, vilket motsvarar nivån ca + 0 (höjdsystem: RH2000). Detta ska jämföras med Viskans medelhögvattenstånd (MHW) +19,4. I dagsläget planeras ingen återinfiltration i området.

Enligt Marks kommuns utredare så uppskattas influensradien från vattentäkten till i storleksordningen någon km, dvs långt uppströms det aktuella planområdet.

I samband med utförda undersökningar av Tyréns AB 2018 har ett grundvattenrör installerats i undre magasinet (underliggande friktionslager under leran), borrhypunkt 18TYG02. Detta rör kan med fördel mätas framöver och utnyttjas som observationsrör vid provpumpningar.



Figur 4. Lokalisering av brunnar och observationsrör vid Skene vattenverk, se vattenverkets läge i Figur 3. (Källa: Marks kommun. Sweco rapport "Skene Provpumpning" 2018-04-20).

5 FÖRUTSÄTTNINGAR

Nedan beskrivs förutsättningar för utförda analyser och beräkningar. Utvärderade materialegenskaper redovisas i Bilaga 1.

5.1 TOPOGRAFI OCH OMRÅDESBESKRIVNING

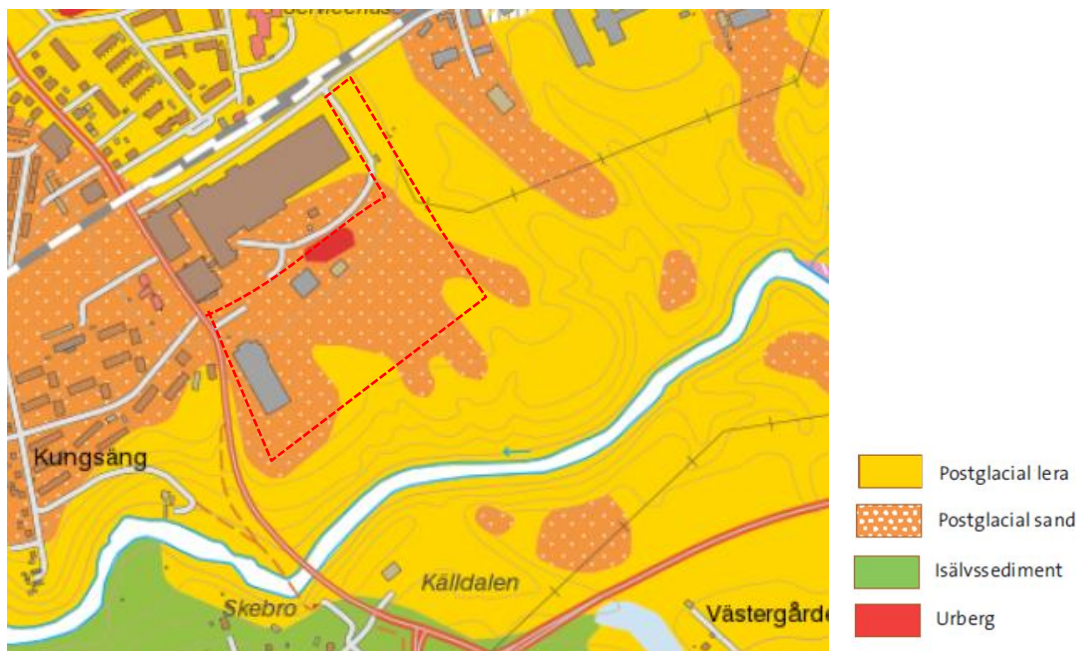
Marken inom planområdet är relativt plan med marknivåer runt +44 till + 50 enligt grundkartan och inmätta undersökningspunkter inom planområdet. I norra delen av planområdet återfinns ett mindre parti med berg i dagen och marknivåer kring +55 enligt grundkartan.

Planområdet gränsar i öster och söder till naturreservatet Assbergs raviner. I söder sluttar ravinerna ner mot Viskan där marknivåerna vid vattendragets kant ligger kring ca +20. Bottennivåer i Viskan är inmätta i sektion A och B, se planritning G01, med lägsta nivå om +15,2. Vattenströmningen i Viskan sker i öst-västlig riktning.

Assbergs raviner utgör riksintresseområde för naturvård enligt miljöbalken 3 kap. § 6 (Länsstyrelsen, 2018). Delar av planområdet klassas som nationellt värdefulla odlingslandskap och i fastighetens södra del, på gränsen till ravinerna, finns fornlämningar med beskrivningen "stenåldersboplats med obestämbär begränsning" (Länsstyrelsen, 2018).

5.2 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

Enligt SGU:s jordartskarta består den naturliga jordlagerföljden i området av postglacial sand som underlagras av glacial lera. I norra delen av området återfinns berg i dagen, se Figur 5 nedan.



Figur 5. Jordartskarta över planområdet, planområdets ungefärliga gräns är markerat med röd streckad linje (Källa: www.sgu.se).

Jordlagerföljden bekräftas av utförda geotekniska undersökningar, där siltig sand påträffas i den översta metern i flertalet av undersökningspunkterna. Under den siltiga sanden återfinns torrskorpeler ner till ca 2 m under markytan. Enligt utförda skruvprovtagningar underlagras torrskorpeleran av siltig lera ner till 3 m djup. Under den siltiga lera förekommer lera med inslag av sandkörtlar och siltsikt, som sedan övergår i siltig lera med inslag av siltsikt ovan friktionsjord.

Enligt utförd sedimentationsanalys på två jordprover, på 16 meters djup i undersökningspunkt 20TYG01 och 17 meters djup i undersökningspunkt 20TYG03, klassificeras proverna på dessa nivåer som lera, men precis på gränsen till siltig lera. I 20TYG01 (17 meters djup) består

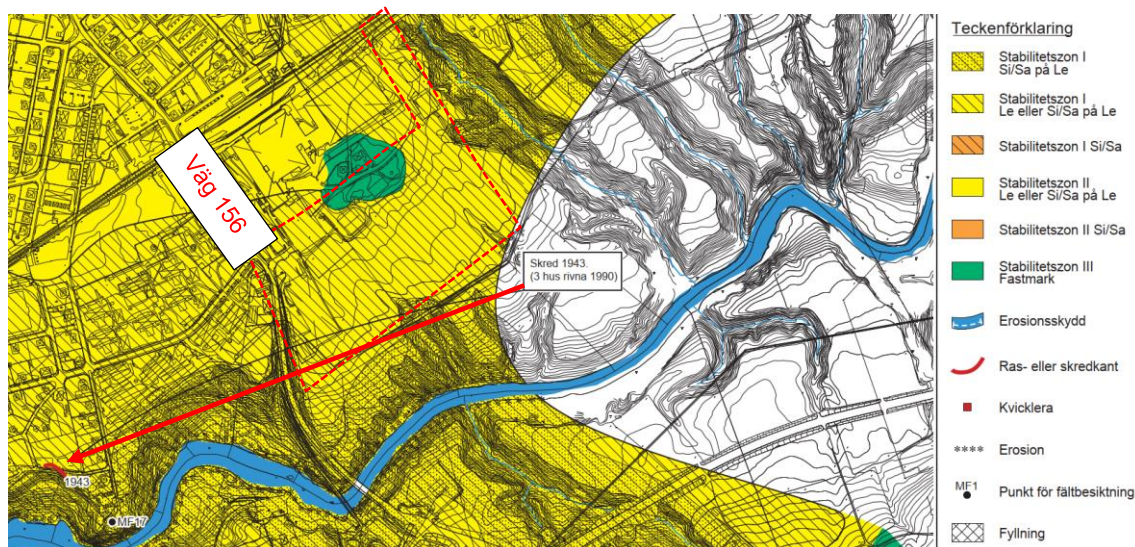
jordmaterialet till 42 vikts-% av lera, 57,6% av silt och 0,4 % finsand. Provet i 20TYG03 (16 meters djup) består till 45 vikts-% lera, 54,6% silt och 0,4 % finsand. Utförda sedimentationsanalyser redovisas i sin helhet i Markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geoteknik), Bilaga B.

De geotekniska undersökningarna har avslutats mellan ca 14-45 m under markytan. Sonderingen som utförts närmast Viskan har avslutats med stopp mot förmodat berg på 14 m under markytan, resterande sonderingar har avslutats utan att stopp mot berg erhållits.

Att leran innehåller siltskikt stärks ytterligare av de utförda CPT-sonderingar och dess registrerade portrycksvariation, se MUR/Geoteknik Bilaga D. CPT-utvärderingen visar även ett siltskikt vid ca 12 m djup i undersökningspunkt 18TYG04.

Enligt utförda laboratorieundersökningar i undersökningspunkt 18TYG01-18TYG08 varierar vattenkvoten mellan 14 - 44 % och konflytgränsen i leran varierar mellan 18-58%. I undersökningspunkt 18TYG06, 20TYG01 och 20TYG03 varierar densiteten mellan 1,75-2,12 t/m³. Den oreducerade skjuvhållfastheten enligt utförda konförsök varierar mellan 70-195 kPa och sensitiviteten mellan 4-109. En nivå på djupet 27 m i 20TYG03 visar sensitivitet på 403 och oreducerad skjuvhållfasthet på 39 kPa.

Enligt översiktlig stabilitetskartering utförd av Räddningsverket (nuvarande MSB) 2000-10-27 är aktuellt planområde och området ner mot Viskan definierat som stabilitetszon 1, se *Figur 6* nedan (utdrag ur Räddningsverkets karta 1A). Stabilitetszon 1 innebär att det "finns förutsättningar för initiala spontana eller provocerade skred och ras". I närområdet gick ett skred nära Viskan 1943, men observera att detta var i ett område strax väster om väg 156, ca 450 m väster om detaljplanområdet, och att det inte ligger inom aktuellt påverkansområde.



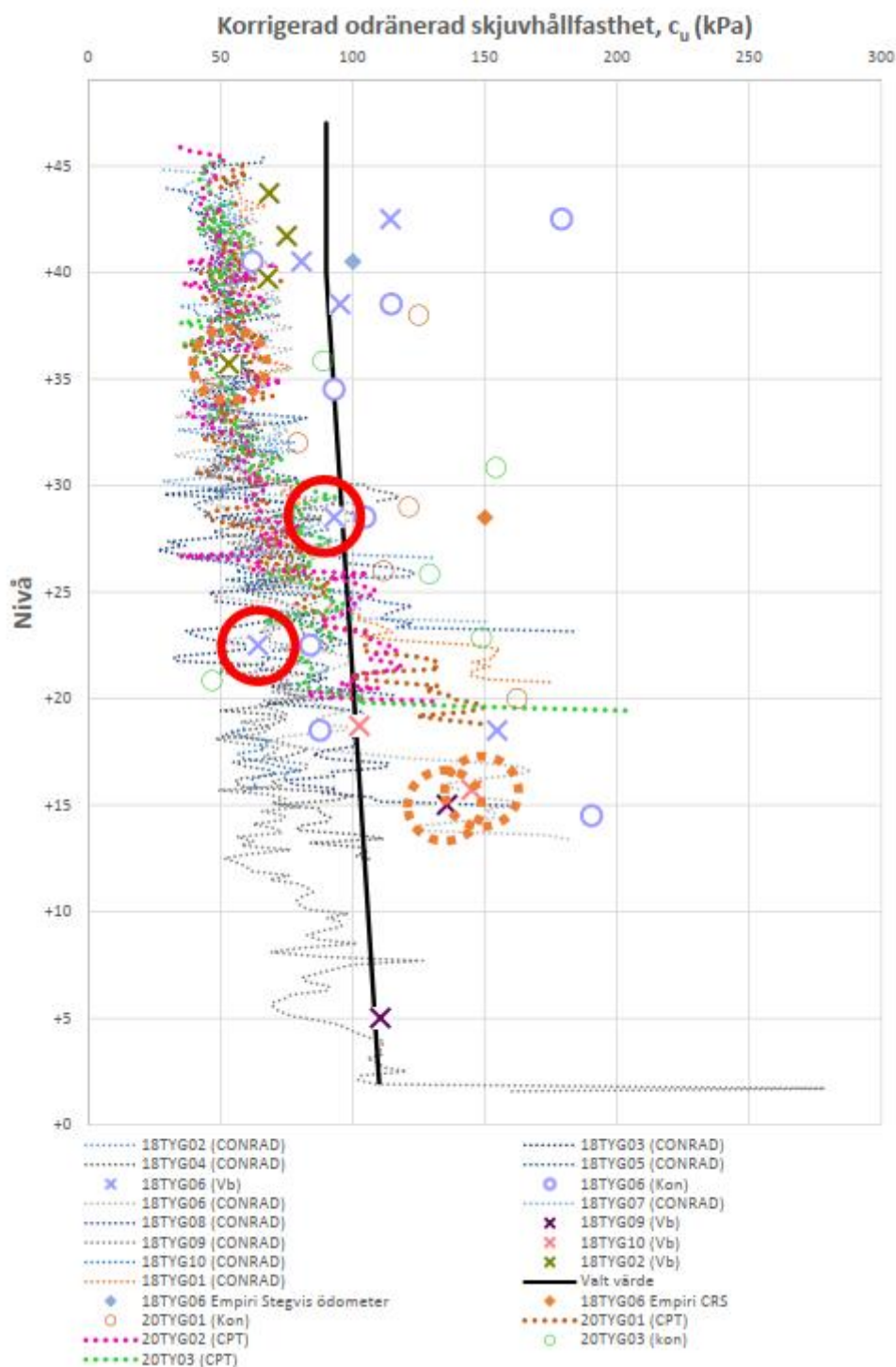
Figur 6. Utdrag ur Räddningsverkets översiktliga stabilitetskartering, karta 1A. OBS att texten om skred som nämns i mitten av figuren avser ett skred väster om väg 156. Planområdets ungefärliga gräns är markerat med röd streckad linje.

Att de aktuella geologiska förhållandena kan vara känsliga bekräftas av Byggnadsteknisk beskrivning, Geoteknik (BGEO) för Väg 41 Varberg - Borås, utförd av SGI. Utdrag ur beskrivning (SGI, 1991-09-30):

Viskan och Häggån har skurit ner i den fasta, skiktade och erosionskänsliga jorden. Slänterna närmast vattendragen är ofta branta med nivåskillnader på 10 - 20 m, ibland större. I omedelbar anslutning till de branta slänterna föreligger risk för skred eller ras, som kan utlösas av erosion i släntens nedre del eller av höga vattentryck i sand, eller siltskikt. Vid stora nivåskillnader, 20m eller mer, är stabiliteten i regel låg även för ett större område bakom slänten.

5.2.1 HÅLLFASTHETS- OCH DEFORMATIONSEGENSKAPER

Den korrigerade odränerade skjuvhållfastheten har valts till 90 kPa ner till nivån +40 och därefter ökande med 0,5 kPa mot djupet, se Figur 7 nedan.



Figur 7. Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet samt valt värde.

Ett antal utförda vingförsök har visat osäkra eller otydliga brottvärden. På grund av bland annat hög mantelfriktion har några vingförsök avslutats innan brott. I Figur 7 är vingförsök som avslutats innan brott redovisade med streckad orange ring och vingförsök som är påverkade och bedömts ge ett osäkert resultat är redovisade med röd ring.

Det första vingförsöket (fältomgång 1, 2018) utfördes med en Geotech mellanvinge. Eftersom mantelfriktionen var väldigt hög ändrades utförandet i fältomgång 2, 2018, vilket innebar "förborring" med Jb-sondering och därefter vingförsök med liten vinge. Av utförda vingförsök är 18TYG02 utförd med mellanvinge (fältomgång 1), medan 18TYG06, 18TYG09 och 18TYG10 är utförd med förborring och liten vinge (fältomgång 2). Vid fältundersökningar 2020 utfördes inga vingförsök.

Lerans deformationsegenskaper har utvärderats i geotekniskt laboratorium från kolvprovtagning i borrhypunkt 18TYG06, 20TYG01 och 20TYG03. Stegvisa ödometerförsök har utförts på 6 m djup, medan CRS-försök utfördes på 18 m djup i 18TYG06. Stegvisa ödometerförsök valdes på grund av lerans siltinnehåll. Utförda laboratorieundersökningar visar på mycket stora förkonsolideringstryck (σ'_c). Generellt visar deformationskurvorna otydliga eller inga brott inom aktuella spänningsförhållanden för undersökningarna. På 6 m djup visar undersökningar ca $\sigma'_c = 400$ kPa, medan laboratorieundersökningar på 18 m djup tyder på $\sigma'_c =$ minst 600 kPa. Det empiriska sambandet mellan skjuvhållfasthet (c_u) och förkonsolideringstryck (σ'_c), $c_u \approx 0,25 \times \sigma'_c$, tyder då på en odränerad skjuvhållfasthet (c_u) på 100 kPa och minst 150 kPa på 6 m respektive 18 m djup. De empiriskt framtagna hållfasthetsbestämningarna framgår av Figur 7.

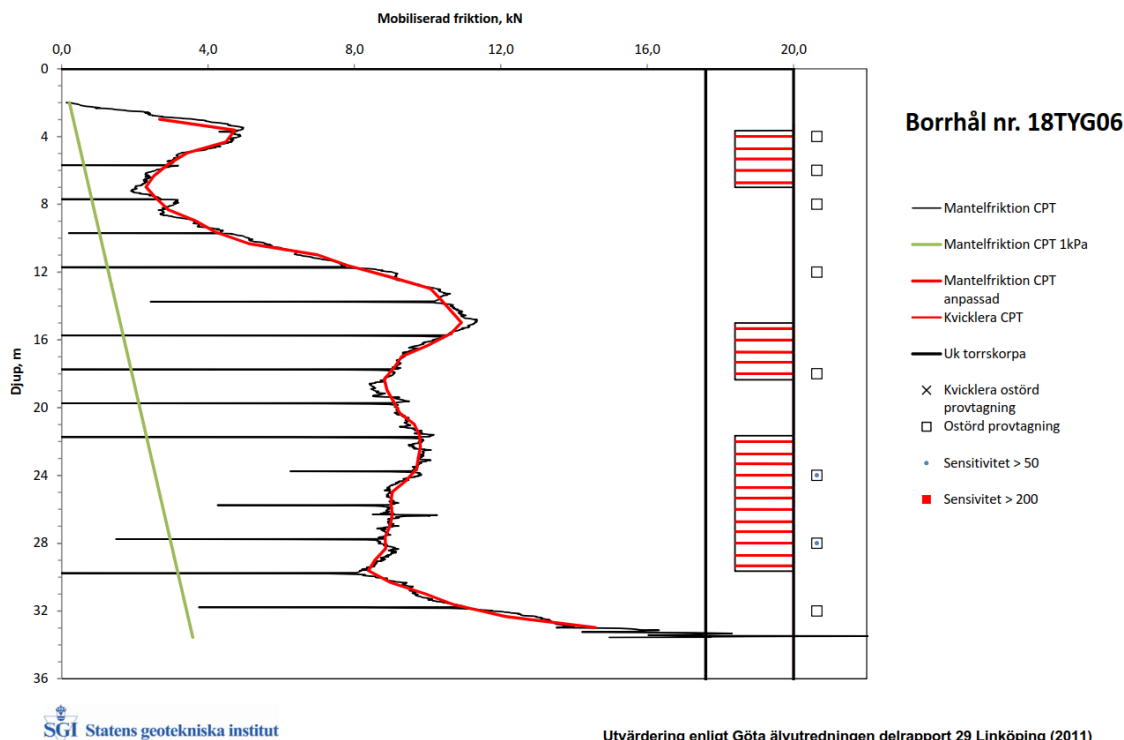
I den övre delen av jordprofilen, ner till nivån ca +30, är den valda korrigerade odränerade skjuvhållfastheten (90 kPa) en bit högre än ex utvärderad hållfasthet från utförda CPT-sonderingar (ca 50-70 kPa). Däremot är valt värde i den övre jordprofilen lägre än skjuvhållfastheten från utförda konförsök, några vingförsök samt empiriskt samband från stegvis ödometer. Valet av ett till synes relativt högt värde på skjuvhållfastheten grundar sig, utöver inom projektet utförda undersökningar, även på tidigare utredningar i området, där värden över 100 kPa uppmätts. Tidigare utredningar framgår av Bilaga 3.

5.2.2 FÖREKOMST AV KVICKLERA

Området aktuellt för detaljplan är beläget under högsta kustlinjen. Enligt SGIs kartvisningstjänst "Kartläggning av kvicklera" (källa: www.swedgeo.se) så förekommer "finkorniga jordarter med förutsättning för kvicklera" inom aktuellt område.

Förekomst av kvicklera har vidare utvärderats enligt SGI:s "Excel-program för utvärdering av kvickleraförekomst från sonderingsresultat av CPT- och (total)trycksondering med registrerat totalt nerdrivningsmotstånd", enligt Figur 8. Utvärderingen baseras på resultat från utförd CPT-sondering och kolvprovtagning (Kv) i borrhypunkt 18TYG06, 20TYG01 och 20TYG03. Utvärderingarna i dessa borrhypunkter visar på liknande resultat. I Figur 8 visas resultat från borrhypunkt 18TYG06.

Enligt SGI:s utvärderingsmetod förekommer kvicklera på olika djup längs jordprofilen (sondering ca 33 m djup). Det positiva resultatet (indikering av kvicklera) i området närmast markytan beror dock på övergången mellan torrskorpelera och underliggande lösare lera.



Figur 8 – Resultat från CPT-sondering med utvärderad kvicklara, samt utvärdering från kolvprovtagning.

Det ska noteras att sensitiviteten enligt utförda laboratorieundersökningar 2018 (konprov i borrhål 18TYG06) endast överstiger kriteriet sensitivitet > 50 i 2 st kolvprovtagningsnivåer (sensitivitet 71 på djup 24 m samt sensitivitet 109 på 28 m). Samtidigt understiger den omrörda skjuvhållfastheten inte kriteriet 0,4 kPa i någon av de analyserade nivåerna.

I samband med revidering 2020 har kompletterande fält- och labundersökningar utförts för att om möjligt klargöra förekomsten av kvicklara. Kompletterande fältundersökningar med CPT-sondering och kolvprovtagning har utförts i borrhål 20TYG01 och 20TYG03 i områdets centrala delar.

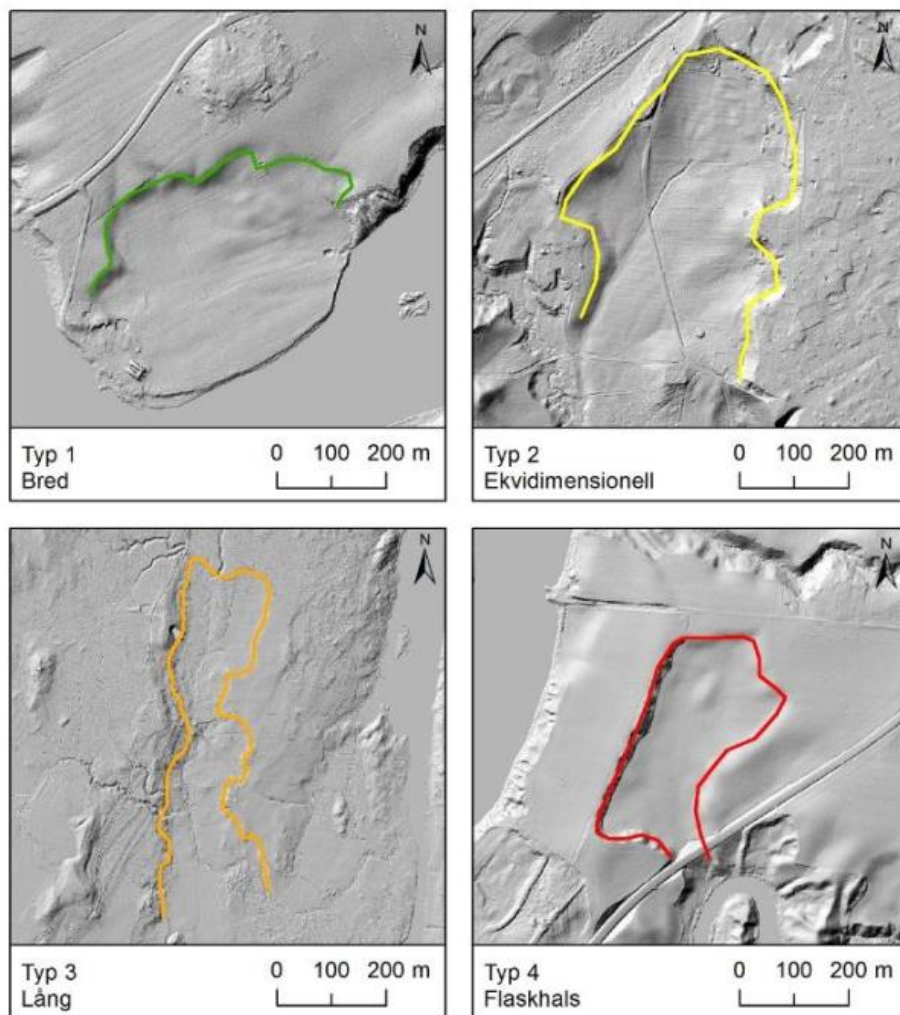
Enligt utförda laboratorieundersökningar 2020 (konprov i borrhålen 20TYG01 och 20TYG03) överstiger kriteriet sensitivitet > 50 i alla kolvprovtagningsnivåer utom en (sensitivitet 11 på 10 m djup). Den omrörda skjuvhållfastheten understiger inte kriteriet 0,4 kPa i någon av de analyserade nivåerna med ett undantag; i borrhål 20TYG03, djup 27 m, är sensitiviteten så hög som 403 samtidigt som den omrörda skjuvhållfastheten är 0,1 kPa.

Detta innebär att kriterierna för förekomsten av kvicklara inte uppfylls förutom på en nivå.

Enligt SGI:s Publikation 46 "Metodik för kartläggning av kvicklara" (2018) så ger användning av CPT för bedömning av om kvicklara förekommer inom ett område ett resultat något på säkra sidan. Vidare så anges i rapporten att "metoden är inte lämplig för bedömning av kvicklara i jordlager som är skiktade och består av omväxlande siltig lera, lerig silt och silt. Det är heller inte lämpligt att använda metoden när leran överlagras av mäktiga fasta friktionslager. I så fall behöver förborring göras genom de fasta friktionslagren." I det aktuella området förekommer siltskikt eller sandkörtlar i den siltiga leran (alternativt lera med stort siltinnehåll).

Kolvprovtagning med laboratoriebestämning är vidare enligt SGI:s Publikation 46 den säkraste metoden att bestämma förekomst av kvicklara. Av tre kolvprovtagningar i de centrala delarna av planområdet så är det endast i en nivå (av totalt 18 st analyserade nivåer) som fullständiga kriterier för kvicklara förekommer.

En annan metod att klassificera förekomst av kvicklera är enligt SGIs Publikation 46 klassning av skredärr, där form och utbredning av tidigare inträffade skred kan utgöra ett underlag för bedömning av förekomst av kvicklera. Fyra olika typer av morfologiska klasser för indelning av skredärr förekommer; Typ 1 indikerar att skredet skett genom glidning. Typ 2 indikerar glidning eller flytning. Typ 3 indikerar flytning (högsensitiv lera, möjligen kvicklera). Typ 4 (flaskskred) indikerar kvicklera. De olika typerna av morfologiska klasser framgår av Figur 9.

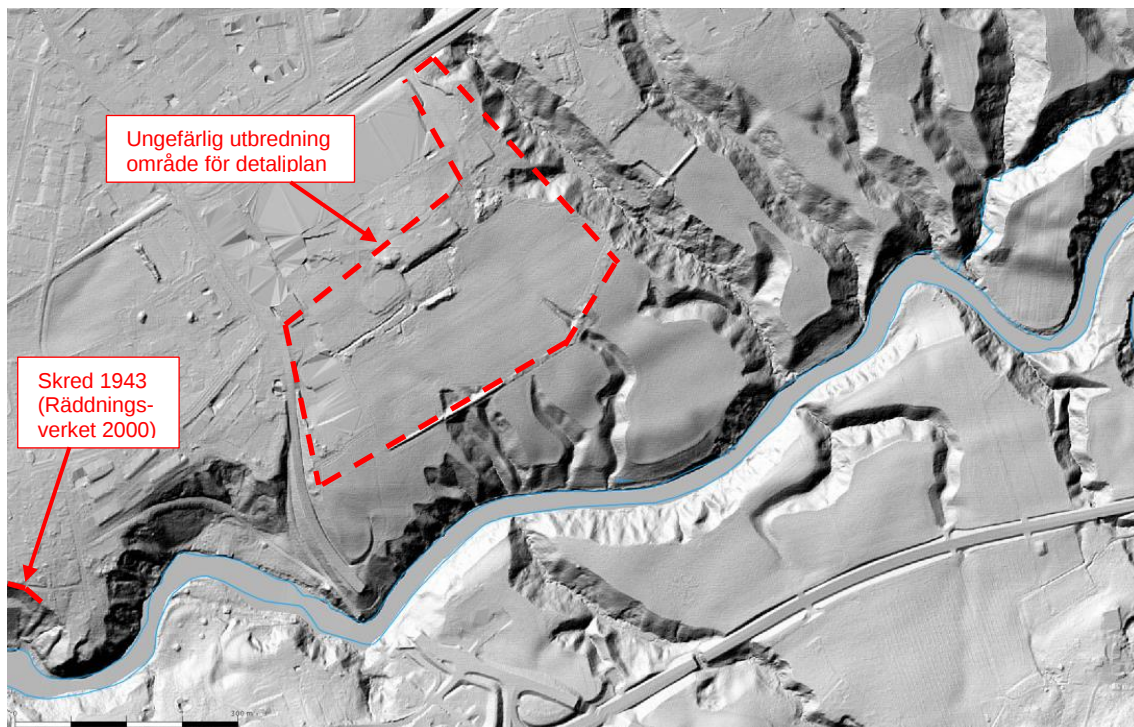


© Lantmäteriet, SGU, SGI, 2017

Figur 9 – Typer av morfologiska klasser för att klassificera kvicklera. Utdrag ur SGIs Publikation 46, Figur 3.2

Klassificeringen av ett skreds form kombineras tillsammans med markytans lutning och ger sammanlagt en bedömning av förekomsten av kvicklera. Enligt SGIs Publikation 46 ger ett område med en klass med form typ 4 (flaskskred) och marklutning <10 grader att det troligen är ett kvicklereskred. Lägre typ (1, 2 eller 3) samt större marklutning, minskar möjligheten för kvicklereskred.

I Figur 10 visas terrängskuggning över området aktuellt för detaljplan. Bedömningen är att aktuellt område morfologiskt kan klassas som typ 1, 2 eller 3. I närområdet finns ett känt skred som utbildades 1943, ca 450 m väster om detaljplaneområdet (se vidare Bilaga 4 "Utdrag ur räddningsverkets översiktliga stabilitetskartering"). Detta utbildades enligt tillgängligt kartmaterial som ett brett skred (typ 1). Vidare är marklutningen ner mot Viskan, där skredet inträffade, betydligt mer än 10 grader. Bedömningen är därför att enligt SGIs metod för klassning av skredärr så är sannolikheten för kvicklereskred små.



Figur 10 - Terrängskuggning över området aktuellt för detaljplan (Källa: www.lantmäteriet.se)

Sammanfattningsvis när de olika bedömningsgrunderna för förekomst och kartläggning av kvicklera vägs samman så är bedömningen att aktuellt område inte bör kallas för ett område med kvicklera. Däremot är det en högsensitiv lera i området.

5.3 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

De hydrogeologiska förhållandena inom området har undersökts genom observation av fri vattenyta i öppna skruvprovtagningshål, grundvattenmätning i 11 st grundvattenrör i övre magasinet samt 1 st grundvattenrör i undre magasinet (bottenfriktion under leran) i borrhål 18TYG02. Porttrycksmätning har utförts på tre nivåer i en undersökningspunkt (18TYG06), se planritning G01 och enstaka borrhål G01-G19.

5.3.1 VATTENSTÅNDSNIVÅER I VISKAN

Inmätning av vattenytan i Viskan utfördes i samband med inmätning av Viskans bottennivåer i Sektion A och Sektion B. Inmätta nivåer varierade mellan +19,4 till +19,7 vid måttillfället.

Högsta och lägsta lågvatten i Viskan finns framtaget för vattendom från 1993 gällande ny bro över Viskan, väg 156 och redovisas i Tabell 4 nedan.

Tabell 4 Vattenståndsnivåer i Viskan från vattendom 1993

Vattenstånd	Nivåer
Högsta vattenstånd (HW)	+20,9
Medelhögvattenstånd (MHW)	+19,4
Lägsta lågvattenstånd (LLW)	+18,6

5.3.2 GRUNDVATTEN

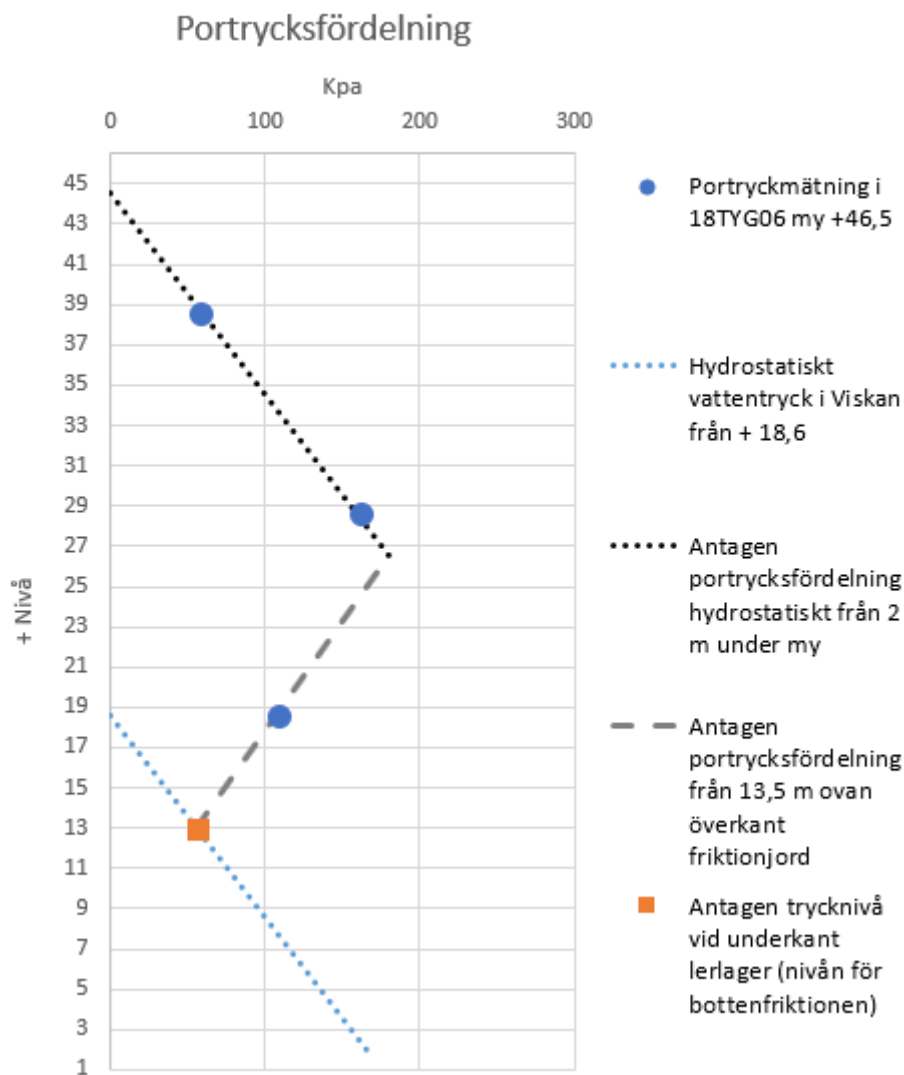
Vattennivån som observerats i öppna skruvprovtagningshål varierar mellan ca 0,5–2 m under markytan. Detta stämmer relativt väl överens med de vattennivåer som mätts i grundvattenrör placerade i övre magasinet som har mätts till ca 0,2–1,5 m under markytan.

Grundvattennivån i undre magasinet (underliggande friktionslager under leran) har mätts i ett öppet grundvattenrör (punkt 18TYG02) till nivå ca +19 (motsvarande mellan 28,4–29,2 m djup). Detta korrelerar väl med de inmätningarna som utförts av vattenytan i Viskan, mellan +19,4 till +19,7. Nivåer samstämmer även med de nivåer som fastställts i Vattendom från 1993 för ny bro över Viskan, väg 156, med MHW +19,4.

5.3.3 PORTRYCK

Portrycksförhållandena i leran har undersökts genom portrycksmätning på 3 nivåer (8,18 och 28 m under markytan) i undersökningspunkt 18TYG06. Portrycket tyder på en hydrostatisk fördelning från ca 2 m under markytan ner till ca 20 m under markytan (motsvarande 13,5 m ovan underkant friktionsjord). Portrycket i leran avtar sedan på grund av det underliggande dränerande friktionsjordslagret.

Antagen portrycksfördelning i jordprofilen illustrerats i Figur 11 nedan.

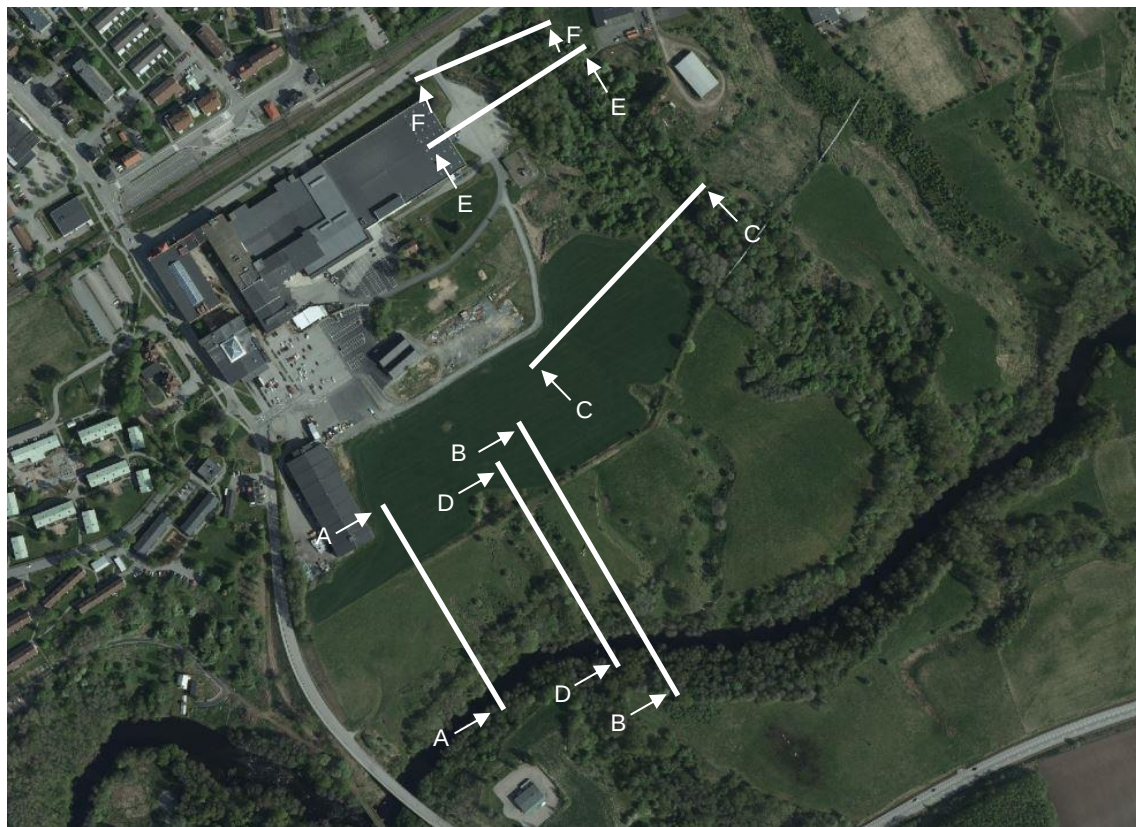


Figur 11. Uppmätta portrycksnivåer i leran samt antagen portrycksfördelning i jordprofilen.

6 SLÄNTSTABILITET

6.1 ALLMÄNT

Beräkning av totalstabilitet har utförts i 6 sektioner, i rapporten benämnda A, B, C, D, E och F, se Figur 12 nedan. Totalstabiliteten har beräknats med stabilitetsprogrammet Slope/W version 8.16.1 (Geostudio 2016), avseende cirkulär cylindriska glidytor.



Figur 12. Beräkningssektioner A-A, B-B, C-C, D-D, E-E och F-F för kontroll av totalstabilitet (ungefärligt läge).

I sektion A-A till C-C har geometrin bedömts som mest ogynnsam för planområdet avseende stabilitet mot Viskan och ravinen i öster. Sektion D-D avser botten av befintlig ravin, där geometrin är mer gynnsam avseende släntstabilitet, se kap 6.5. Sektion E-E och F-F avser stabilitet mot ravinen i planområdets norra del.

6.2 ERFORDERLIG SÄKERHETSAKTOR

För val av erforderlig säkerhetsfaktor görs motiveringen baserat på gynnsamma respektive ogynnsamma faktorer vilket beror på undersökningens omfattning och osäkerhet i beräkningsantagandena. Nedan i Tabell 5 följer de inom projektet beaktade faktorerna för val av säkerhetsfaktorer.

Tabell 5. Gynnsamma respektive ogynnsamma faktorer

Förutsättningar	Gynnsamma	Ogynnsamma
Konsekvenser av skred	Bedömningen är att det ej förekommer kvicklera, se kap 5.2.2.	Förekomst av högsensitiv lera.
Släntens beständighet	Ingen avverkning sker i slänten. Släntområdet är bevuxet av träd och sly och avverkning är förbjudet enligt naturreservatets föreskrifter.	Lutande träd nere vid Viskan, tyder på rörelse. Betande nötkreatur i slänt, upptrampade stigar i släntkrön.
Tidigare förändringar i slänten		Det pågår erosion i vattendraget, inmätning av befintligt skredärr har gjorts.
Jordens egenskaper		Kohesionsjord. Skiktad jord. Relativt stor spridning vid bestämning av hållfasthetsparametrar.
Analys och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Tvådimensionell analys (som regel något på säkra sidan).	
Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning	CPT-sonderingar. Vingförsök. Ödometer och CRS. Grundvatten och porttrycksmätning.	Relativt glest utförda undersökningar. Osäkert jorddjup, få sonderingar nere vid Viskan.
Släntens geometri	Sektion A och B välkänd geometri med utförda avvägningar som bekräftar grundkartan. Bottengeometrin i Viskan är känd i sektion A och B.	Sektion C ger inte tillförlitliga avvägningar pga tät vegetation. Brant slänt. Lokalt mycket branta partier i slänten. Bottengeometrin i Viskan är inte inmätt i Sektion D. Geometrin tolkad från grundkarta.
Grundvatten- och porttrycksförhållanden	Begränsade förväntade tryckvariationer (de översta 2 av 3 porttrycksstationerna visar trycknivå från 2 m undermarkytan).	Risk för stora tryckvariationer på djupet? Vilken nivå har närliggande vattentäkt i sina brunnar? Långtidsobservationer saknas. Siltlager som snabbt kan påverka porttryck.
Ytvattenförhållanden	Inmätning av vattenyta stämmer bra överens med LLW ansatt i vattendom från 1993.	

Säkerhetsfaktor är vald utifrån rekommendationer från IEG:s tillämpningsdokument 4:2010 nyexploatering/planläggning, detaljerad utredning, se Tabell 6 nedan.

Tabell 6 Val av rekommenderad säkerhetsfaktor (enligt IEG Rapport 4:2010)

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	Ej tillämpligt för denna rapport	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning		$F_c \geq 1,5-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4-1,3 +$ $F_{komb} \geq 1,3-1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3-1,2 +$ $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD "Slänter och bankar" / TK Geo	

För detta uppdrag, med ledning av ogynnsamma och gynnsamma förutsättningar redovisat i Tabell 6 ovan, har kravet på säkerhetsfaktorn valts att uppgå till **lägst $F_c = 1,7$ resp. $F_{komb}=1,5$** . Helt dränerade förhållanden bedöms inte förekomma inom området.

6.3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

6.3.1 GEOMETRI OCH VATTENNIVÅER

För underlag till beräkningssektionernas geometri har en digital primärkarta med 1 m ekvidistans samt inmätningar använts.

Portryckfördelningen i jordprofilen enligt Figur 11, med ett avtagande portryck i leran på stora djup på grund av det underliggande dränerande friktionsjordslagret, har i beräkningarna antagits för sektion A-A och B-B.

I stabilitetsberäkningarna för sektion A-A och B-B har portrycksfördelningen antagits som hydrostatiskt mot djupet från 2 m under markytan ner till 13,5 m ovan bottenfriktionen, därefter ett sjunkande portryck ner till överkant bottenfriktion där vattentrycket motsvara nivån LLW i Viskan, enligt Figur 11. I Slope har detta portryck ansatts med funktionen "Pressure Head Spatial Function".

Stabilitetsberäkningar för sektion A-A och B-B har även, för jämförelse, utförts med hydrostatisk portrycksfördelning i hela jordprofilen från 2 m under markytan (i Slope ansatt med funktionen "Piezometric line").

Stabilitetsberäkningar för övriga sektioner C-C, E-E och F-F, som ligger längre från Viskan och planerad vattentäkt, samt sektion D-D har alla utförts med hydrostatisk portrycksfördelning i hela jordprofilen från 2 m under markytan.

Vattennivån i Viskan har ansatts till +18,6 vilket motsvarar LLW.

6.3.1.1. SEKTION A

Inmätningar har gjorts i sektion A vilket kompletterar geometrin hämtad från primärkartan. Inmätning av bottennivån i Viskan visar som lägst +15,2 i sektionen.

Portrycksfördelningen har ansatts enligt portrycksmodellen redovisad under kap 5. En beräkning har även gjorts med hydrostatiskt vattentryck från 2 m under markytan.

Nivån för bottenfriktionen vid Viskan har hämtats från undersökningspunkt 18TYG10. Då undersökningspunkt 18TYG10 ligger ca 95 m väster om sektionen har även beräkning gjorts med djupare lerlager.

6.3.1.2. SEKTION B

Inmätningar har gjorts i sektion B vilket kompletterar geometrin hämtad från primärkartan. Inmätning av bottennivån i Viskan visar som lägst +15,8 i sektionen.

Portrycksfördelningen har ansatts enligt portrycksmodellen redovisad under kap 5. En beräkning har även gjorts med hydrostatiskt vattentryck från 2 m under markytan.

Nivån för underkant lerlager (nivån för bottenfriktionen) vid Viskan har hämtats från undersökningspunkt 18TYG09.

6.3.1.3. SEKTION C

Inmätningar har gjorts i sektion C vilket kompletterar geometrin hämtad från primärkartan.

Portrycksfördelningen i beräkningssektionen har antagits hydrostatiskt från 2 m under markytan.

6.3.1.4. SEKTION D

Vid beräkning av stabilitet i sektion D har underlag till beräkningssektionens geometri hämtats från primärkartan i botten av ravinen. Vid beräkning har Spillvattenledningen/befintlig vall inte tagits med. Syftet med denna sektion är att kontrollera stabiliteten i befintlig ravin samt att bedöma risken för att ett eventuellt skred kommer att fortplanta sig in på planområdet.

Portrycksfördelningen i beräkningssektionen har antagits hydrostatiskt från 2 m under markytan.

Nivån för bottenfriktionen är hämtad från undersökningspunkt 18TYG05, 18TYG06 och 18TYG09. Bottennivån i Viskan har ansatts till +15,5, då sektionen ligger mellan inmätningarna som gjorts i Sektion A och Sektion B.

6.3.1.5. SEKTION E

Vid beräkning av stabilitet i sektion E har underlag till beräkningssektionens geometri hämtats från primärkartan. Syftet med sektion E är att kontrollera stabiliteten mot ravinen i öster. Sektion E motsvarar den brantaste slänten i norra delen.

Portrycksfördelningen i beräkningssektionen har antagits hydrostatiskt från 2 m under markytan.

6.3.1.6. SEKTION F

Vid beräkning av stabilitet i sektion F har underlag till beräkningssektionens geometri hämtats från primärkartan. Sektionen är belägen i botten av en svacka mot den östra ravinen. Syftet med sektion F är att kontrollera stabiliteten mot ravinen i öster samt att bedöma risken för att ett eventuellt skred kommer att fortplanta sig in på planområdet.

Portrycksfördelningen i beräkningssektionen har antagits hydrostatiskt från 2 m under markytan.

6.3.2 MATERIALEGENSKAPER FÖR STABILITETSBERÄKNINGAR

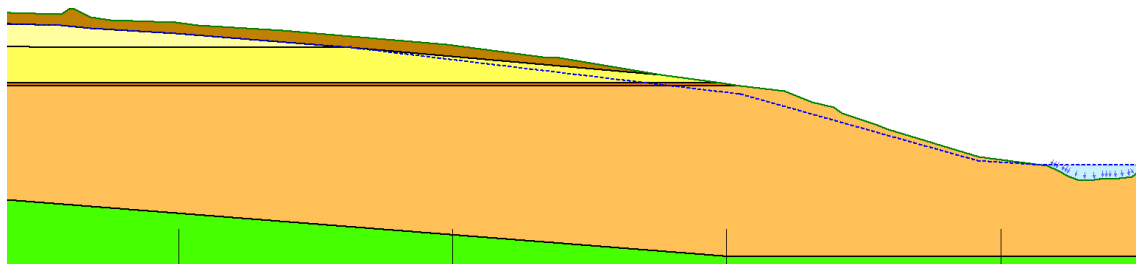
I Tabell 7 nedan redovisas de materialegenskaper som används för stabilitetsberäkningarna och Figur 13 nedan visar en schematisk bild över jordprofilen.

Jordlagermärktighet samt hållfasthetsparametrar för leran har utvärderats från geotekniska undersökningar och från laboratorieanalyser. Karakteristiska tungheter för friktionslagret (sand) och för siltskikt har erhållits från TK Geo 13.

Med anledning av jordmaterialets höga siltinnehåll har kombinerad analys beräknats med försiktigt valda värden på kohesionsinterceptet som därav ansatts till 5% av den odränerade skjuvhållfastheten ($c' = 0,05 * \tau_{fu}$ kPa), till skillnad från praxis $c' = 0,1 * \tau_{fu}$ kPa.

Tabell 7 Materialegenskaper för stabilitetsberäkningar

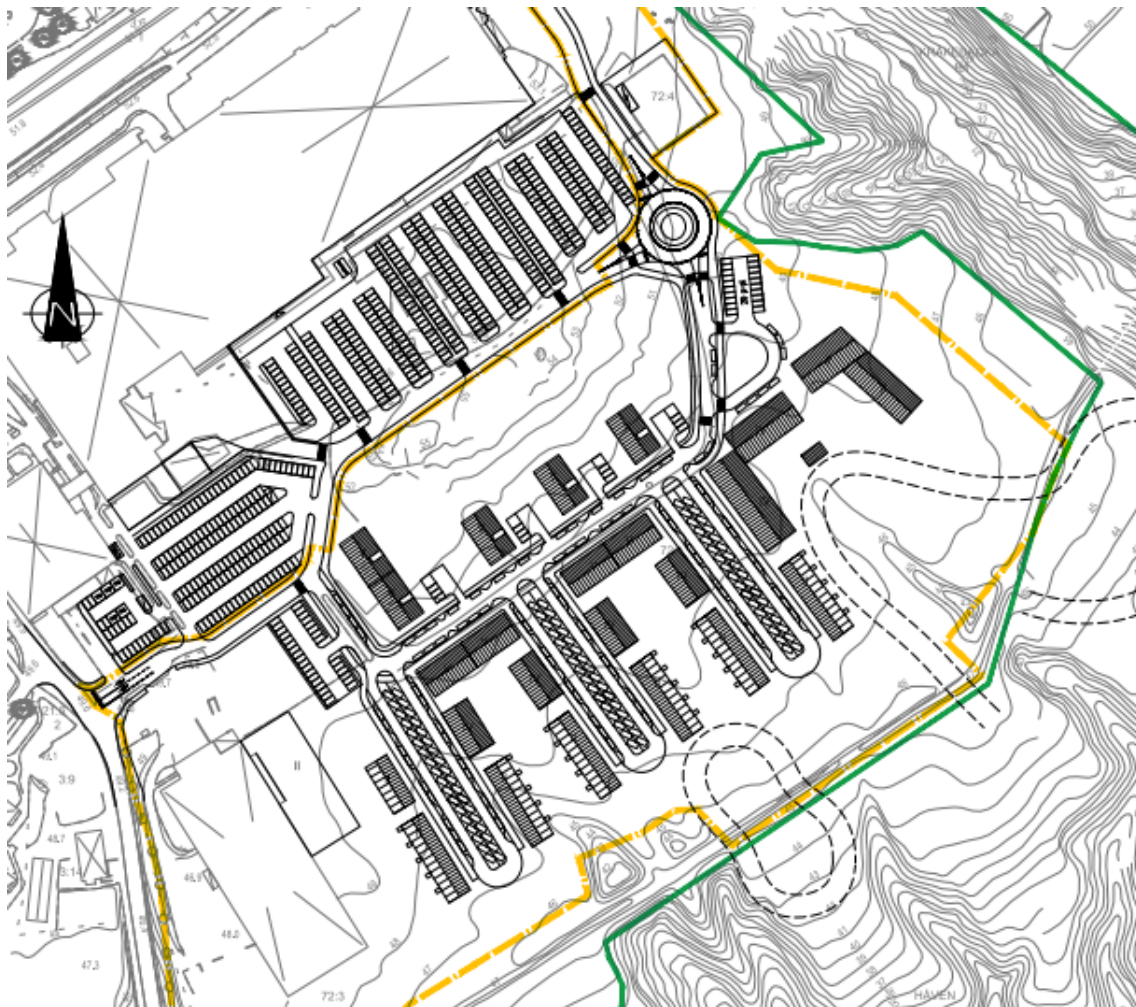
	MATERIAL	TUNGHET, ρ (ρ') (kN/M ³)	HÅLLFASTHETSEGENSKAPER Vid odränerad analys	HÅLLFASTHETSEGENSKAPER Vid dränerad analys
	Torrskorpelera Djup ca 0-2m	19 (9)	$\tau_{fu} = 90$ kPa	$c' = 0,05 * \tau_{fu}$ kPa $\phi' = 30^\circ$
	Lera 1 Nivå: uk torrskopa till +40	19 (9)	$\tau_{fu} = 90$ kPa	$c' = 0,05 * \tau_{fu}$ kPa $\phi' = 30^\circ$
	Lera 2 Nivå: +40 - +33,5	19 (9)	$\tau_{fu} = 90$ kPa + $0,5 * z$ kPa	$c' = 0,05 * \tau_{fu}$ kPa $\phi' = 30^\circ$
	Siltskikt Nivå: +33,5 till +33	17 (9)	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 30^\circ$
	Lera 3 Nivå: +33 till ök friktionsjord (ca +2)	20 (10)	$\tau_{fu} = 93,5$ kPa + $0,5 * z$ kPa	$c' = 0,05 * \tau_{fu}$ kPa $\phi' = 30^\circ$
	Friktionsjord (sand)	18 (10)	$\phi' = 33^\circ$	$\phi' = 33^\circ$



Figur 13. Schematisk sektion över jordprofil

6.4 LASTER

Flera idéskisser hur området ska utformas med bostäder och vägar har förekommit under utredningens gång. Flera placeringar av byggnader och förskola samt byggnadshöjder har varit aktuella. Därav har ett antal olika belastningsfall ansatts vid stabilitetsberäkningar. Figur 14 redovisar förslag till husplacering enligt Abako Arkitekter, daterat 2020-11-06. Det förekommer även områden med fornlämningar inom planområdet, vilka begränsar användandet och framtida belastningar. Områden med fornlämningar visas som streckade områden i Figur 14 (för utbredning av område för fornlämning, se Bilaga 5.)



Figur 14 – Förslag till husplacering (källa: Abako Arkitektkontor, daterad 2020-11-06). Planområdets preliminära gräns (gul linje) samt gräns för skyddsområde (grön linje).

Stabilitetsberäkningar har utförts med följande belastningsfall (sektionernas placering enligt Figur 12):

- Sektion A och B
 - Befintliga förhållanden, ingen ytterligare belastning (0 kPa)
 - Marklast: 5 kPa från invallad vattenledning in till 60 m på planområdet, därefter ansatt last om 50 kPa
 - Marklast: 10 kPa från invallad vattenledning in till 60 m på planområdet, därefter ansatt last om 50 kPa
 - Marklast: 20 kPa från invallad vattenledning in till 60 m på planområdet, därefter ansatt last om 50 kPa
 - Ingen ytterligare belastning (0 kPa) från invallad vattenledning in till ca 37 m på planområdet, därefter ansatt last om 20 kPa
- Sektion C
 - Befintliga förhållanden, ingen ytterligare belastning (0 kPa)
 - 5 kPa, 10 kPa respektive 50 kPa över hela planområdet
 - Ingen ytterligare belastning (0 kPa) ca 55 m in från befintligt slänkrön, därefter ansatt last om 20 kPa
- Sektion D
 - Befintliga förhållanden (befintlig spillvattenledning/vall inte medräknad), ingen ytterligare belastning (0 kPa)
 - Marklast: 10 kPa från invallad vattenledning in till 60 m på planområdet, därefter ansatt last om 50 kPa
- Sektion E
 - Marklast/trafiklast 10 kPa (planerad verksamhet, vilket i stort sett motsvarar befintliga förhållanden)
- Sektion F
 - Marklast/trafiklast 10 kPa (planerad verksamhet, vilket i stort sett motsvarar befintliga förhållanden)

6.5 BERÄKNINGSRESULTAT

Beräkningar har utförts med kombinerad analys. Bedömningen är att den kombinerade analysen är styrande, med krav på säkerhetsfaktor lägst $F_{\text{komb}}=1,5$.

6.5.1 SEKTION A-A TILL F-F

Erhållna säkerhetsfaktorer redovisas i Tabell 8 samt som en översikt i plan i Figur 15 nedan. Stabilitetsberäkningarna redovisas i sin helhet i Bilaga 2. Den befintliga spillvattenledningen utgör, till stora delar, gränsen för planområdet mot söder.

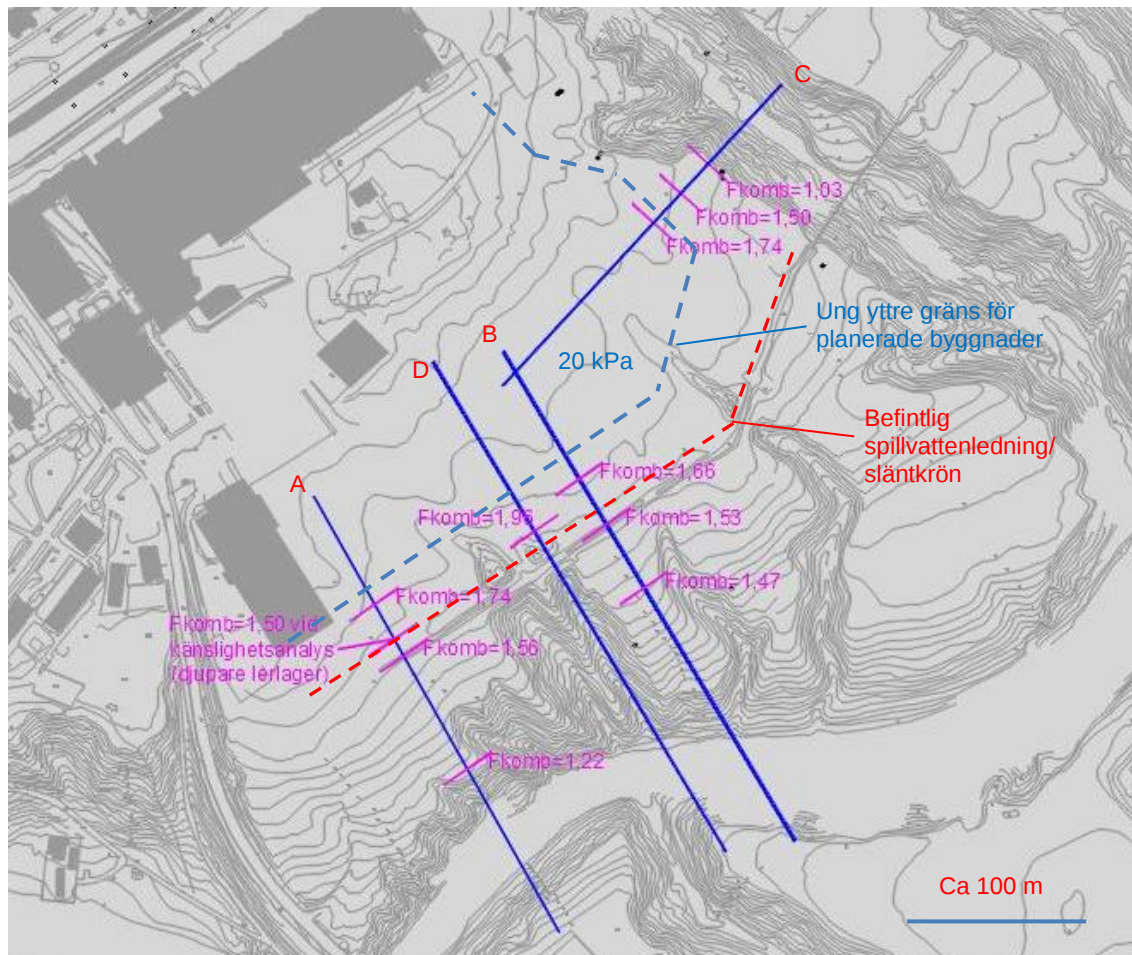
Tabell 8 Sammanställning av säkerhetsfaktorer för utförda stabilitetsberäkningar

Sektion	Förutsättningar	Portrycksprofil	Säkerhetsfaktor F_{komb} för: långa glidytor, som slår upp vid gränsen till planområdet/ lägsta beräknade säkerhetsfaktor	Hänvisning till Bilaga 2 Kommentar analyserade glidytor
A-A	Befintliga förhållanden	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,58/1,22	Bilaga 2 (1/28 och 21/28 (Rev B)) Glidyta med $F_{\text{komb}} = 1,22$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen F_{komb} ca 1,50 vid spillvattenledning
A-A	Planerad verksamhet - Marklast 5 kPa + 50 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,58/1,22	Bilaga 2 (2/28) Glidyta med $F_{\text{komb}} = 1,22$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen $F_{\text{komb}} = 1,50$ vid spillvattenledning
A-A	Planerad verksamhet - Marklast 10 kPa + 50 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,58/1,22	Bilaga 2 (3/28) Glidyta med $F_{\text{komb}} = 1,22$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen F_{komb} ca 1,50 vid spillvattenledning
A-A Rev B	Planerad verksamhet - Marklast 20 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,56/1,22	Bilaga 2 (22/28) Glidyta med $F_{\text{komb}} = 1,22$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen $F_{\text{komb}} = 1,74$ vid gräns planerat bostadsområde (20 kPa)
A-A	Befintliga förhållanden	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,53/0,95	Bilaga 2 (4/28) Glidyta med $F_{\text{komb}} = 0,95$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen $F_{\text{komb}} = 1,47$ vid spillvattenledning

A-A	Befintliga förhållanden + Djupare lerlager vid Viskan	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,50/0,95	Bilaga 2 (5/28) Glidyta med Fkomb = 0,95 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen Fkomb = 1,43 vid spillvattenledning Fkomb = 1,5 slår upp ca 10 m ovanför spillvattenledningen
A-A	Planerad verksamhet - Marklast 20 kPa + 50 kPa + Djupare lerlager vid Viskan	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,48/0,95	Bilaga 2 (6/28) Glidyta med Fkomb= 0,95 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan, ca 90 m nedanför spillvattenledningen Fkomb = 1,42 vid spillvattenledning Fkomb = 1,48 ca 10 m ovanför spillvattenledningen
B-B	Befintliga förhållanden	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,53/1,47	Bilaga 2 (7/28 och 23/28 (Rev B)) Glidyta med Fkomb = 1,47 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp ca 50 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen Fkomb = 1,5 slår upp ca 15 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen
B-B	Planerad verksamhet - Marklast 5 kPa + 50 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,53/1,47	Bilaga 2 (8/28) Glidyta med Fkomb = 1,47 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp ca 50 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen Fkomb = 1,5 slår upp ca 15 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen
B-B	Planerad verksamhet - Marklast 10 kPa + 50 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,53/1,47	Bilaga 2 (9/28) Glidyta med Fkomb = 1,47 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp ca 50 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen Fkomb = 1,5 slår upp ca 15 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen
B-B	Planerad verksamhet - Marklast 20 kPa + 50 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,53/1,47	Bilaga 2 (10/28) Glidyta med Fkomb = 1,47 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp ca 50 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen Fkomb = 1,5 slår upp ca 15 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen
B-B Rev B	Planerad verksamhet - Marklast 20 kPa	Enligt modell under kapitel 5.3.3	1,53/1,47	Bilaga 2 (24/28) Glidyta med Fkomb = 1,47 (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp ca 50 m nedanför planområdet/ spillvattenledningen Fkomb = 1,66 vid gräns planerat bostadsområde (20 kPa)

B-B	Befintliga förhållanden	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,53/1,48	Bilaga 2 (11/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,48$ slår upp ca 130 m nedanför planområdet/spillvattenledningen
C-C	Befintliga förhållanden	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,52/1,03	Bilaga 2 (12/28 och 25/28 (Rev B)) Glidyta med $F_{komb} = 1,03$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön $F_{komb} = 1,50$ slår upp ca 30 m från slänkrön
C-C	Planerad verksamhet - Marklast 5 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,50/1,03	Bilaga 2 (13/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,03$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön
C-C	Planerad verksamhet - Marklast 10 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,48/ 1,03	Bilaga 2 (14/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,03$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön $F_{komb} = 1,50$ slår upp ca 35 m från slänkrön
C-C	Planerad verksamhet - Marklast 50 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,36/1,00	Bilaga 2 (15/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,00$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön $F_{komb} = 1,50$ slår upp ca 46 m från slänkrön
C-C Rev B	Planerad verksamhet - Marklast 20 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,50/1,03	Bilaga 2 (26/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,03$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön $F_{komb} = 1,74$ vid gräns planerat bostadsområde (20 kPa)
D-D	Befintliga förhållanden	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,96/1,63	Bilaga 2 (16/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,63$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan
D-D	Planerad verksamhet - Marklast 10 kPa + 50 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	1,95/1,63	Bilaga 2 (17/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,63$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp nära Viskan
E-E	Planerad verksamhet - Marklast/ trafiklast 10 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	Ca 1,60/0,69	Bilaga 2 (27/28) Glidyta med $F_{komb} = 0,69$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) slår upp vid slänkrön (se kommentar kap. 6.5.4.)
F-F	Planerad verksamhet - Marklast/ trafiklast 10 kPa	Hydrostatiskt vattentryck från 2 m u my	2,22/1,62	Bilaga 2 (28/28) Glidyta med $F_{komb} = 1,62$ (lägsta beräknade säkerhetsfaktor) nära ravinens botten. Gynnsam geometri.

I Figur 15 redovisas resultat av erhållna säkerhetsfaktorer i plan. Redovisade säkerhetsfaktorer avser befintliga förhållanden, förutom säkerhetsfaktorer som tangerar den yttre gränsen för planerade byggnader. Dessa säkerhetsfaktorer motsvarar en tillkommande marklast 20 kPa mht planerat bostadsområde (Rev B).



Figur 15. Resultat av utförda stabilitetsberäkningar, erhållna säkerhetsfaktorer i plan.

Stabilitetsanalyser i **sektion A-A** visar att säkerheten är tillfredställande för befintliga förhållanden närmast slänkrön med ansatta jordlagerförhållanden. Analys har även utförts med en lägre nivå för bottenfriktion mht att utförd sondering i sektion B (TYG09) visar på djupare lerlager. TYG09 är utförd ca 95 m från sektion A. Eftersom antalet undersökningar i skyddsområdet närmast Viskan är mycket begränsat, så kan det inte uteslutas att det förekommer djupare lerlager i sektion A. Stabilitetsanalysen med djupare lerlager och med hydrostatiskt porttryck är därför utförd som en känslighetsanalys. Resultatet visar att djupare lerlager påverkar planområdet med ytterligare ca 10 m norrut (jämfört med ursprunglig ansatt geometri i sektion A).

Stabilitetsanalyser i **sektion B-B** visar att glidytor med tillfredställande säkerhet ($F_{komb} = 1,5$) slår upp strax söder om befintlig spillvattenledning, i befintliga förhållanden. Stabiliteten är därmed tillfredsställande inom planområdet i befintliga förhållanden.

Vid ansatt porttrycksfördelning, ej hydrostatiskt, erhålls lägre säkerhetsfaktorer än vid beräkning med hydrostatiskt vattentryck. Det bedöms osäkert om porttrycksfördelningen i sektionen är korrekt modellerad då högre säkerhetsfaktor bör erhållas vid ansatt porttrycksfördelning som är dränerande mot djupet. En orsak kan vara att för få porttryckspunkter är ansatta i modellen i den relativt långa beräkningssektionen. Vald interpolationsmetod, kriging, tar både hänsyn till avstånd och variation mellan ansatta värden/punkter.

Stabilitetsanalyser i **sektion C-C** visar att säkerheten inte är tillfredställande för befintliga förhållanden närmast släntrönn. Tillfredsställande säkerhetsfaktor, $F_{komb} = 1,5$, beräknas för glidytor som slår upp ca 27 m från släntrönn i befintliga förhållanden.

Stabilitetsanalyser i **sektion D-D** (geometri motsvarande botten av ravin) visar tillfredställande säkerhet ($F_{komb} > 1,9$) för långa glidytor upp till planområdet med antagandet om ett hydrostatiskt vattentryck.

6.5.2 DISKUSSION UTFÖRDA STABILITETSBERÄKNINGAR, SEKTION A-A TILL D-D

Geometrin i sektion D-D motsvarar en ravins dalgång. Slänlutningen är, enligt grundkartan, bedömd till ca 1:5,5. Sektionen är mycket flackare jämfört med intilliggande sektion A-A och B-B. Om erosion, rörelser eller rent av ett skred skulle inträffa i slänten närmast Viskan, så är det rimligt att anta att geometrin med tiden kommer att ställa in sig likt den flackare sektion D-D (med beräknad säkerhetsfaktor $F_{komb} > 1,9$). Säkerhetsfaktorn för långa glidytor som når planområdet bedöms därför vara tillfredsställande även om det skulle inträffa ett skred närmast Viskan.

Samma resonemang kan göras i ravinen närmast norr om sektion C-C på den östra sidan om planområdet. Slänlutningen i denna ravinbotten är, enligt grundkartan, bedömd till ca 1:5,3, varför säkerhetsfaktorn för en tänkt glidytta i denna sektion även bedöms som tillfredsställande.

Den brantaste slänlutningen i raviner förekommer närmast vattendraget och i angränsande fåror och uppgår till ca 1:1,5. För glidytor i branta slänter (motsvarande beräknad sektion A-A och C-C) uppgår säkerhetsfaktorn i kombinerad analys till $F_{komb} = 1,0-1,2$, vilket är mycket under tillfredsställande säkerhetsfaktor ($F_{komb} = 1,5$). Glidytor med den lägsta beräknade säkerhetsfaktorn mot Viskan (som lägst $F_{komb} = 1,22$ i sektion A med portrycksprofil enligt ansatt modell) har en utbredning på ca 35-40 m.

Nära Viskan har säkerhetsfaktorn för korta glidytor beräknats till $F_{komb} = 1,0$, eller till och med strax under 1,0. Analysen är dock utförd med hydrostatiskt portryck i slänten ner mot Viskan. Till följd av de uppmätta låga portrycken i området samt de konstaterade dränerande egenskaperna i ingående jordmaterial på djupet (befintligt vattenskyddsområde), så är det rimligt att anta att det inte råder hydrostatiskt portryck i området närmast Viskan. Redovisade beräkningar med antagen portrycksprofil visar som lägst $F_{komb} = 1,22$ i beräknade sektioner.

Vegetationen i raviner är tät och kraftig med ett rotsystem som generellt verkar armerande i slänterna. Denna armerande effekt verkar positivt på den lokala stabiliteten. Det är viktigt att vegetationen i raviner/skyddsområden bevaras.

Allmänt gäller att tillkommande belastning inom planområdet längre från släntrönn inte nämnvärt påverkar stabilitetssituationen mot Viskan. Avståndet från planområdet till Viskan är som närmast ca 120-130 m (i områdets västra delar motsvarande sektion A). Säkerhetsfaktorn för potentiella långa glidytor från planområdet till Viskan beror då till stor del av den ingående skjuvhållfastheten/effektivspänningen längs en lång sträcka i jordlagren. Säkerhetsfaktorn för kortare glidytor påverkas till större andel av tillkommande pådrivande belastning i slänten.

Av resultatet framgår det att beräknad säkerhetsfaktor uppgår till som lägst $F_{komb} = 1,66$ vid gränsen för planerade byggnader, presenterat i Figur 15, vilket innebär marginal till det satta säkerhetskravet för denna utredning, $F_{komb} = 1,5$.

En möjlig framtida klimatförändring är väldigt svårt att bedöma. Förhållande mellan tillrinning till Viskan och grundvattenbildning/ändring av portryck är mycket svårbedömt. Effekten av högre nederbörd är negativ på land och positiv i Viskan (högre vattenstånd). Effekten av lägre nederbörd är tvärtom, dvs positiv på land och negativ i Viskan.

6.5.3 KÄNSLIGHETSANALYS, SEKTION B-B

En känslighetsanalys har utförts i sektion B-B där skjuvhållfastheten ansatts lägre än värdet som använts i stabilitetsberäkningarna (90 kPa i de övre jordlagren). Skjuvhållfastheten har även ansatts till 50 kPa respektive 70 kPa till nivån +40 och därefter en ökning mot djupet med 1,58 kPa/m respektive 1,0 kPa/m ner till 110 kPa vid nivån ca +2.

Säkerhetsfaktorn är jämförd för den glidyta som slår upp strax norr om VA-ledningen (innanför planområdet) för respektive skjuvhållfasthet, se tabell 8.1 nedan. Beräkningarna finns redovisade i sin helhet i Bilaga 2 (18/26-20/26).

Tabell 8.1 Jämförelse av säkerhetsfaktorn för glidytor vid befintlig spillvattenledning

Hållfasthetsegenskaper	Säkerhetsfaktor F_{komb} (vid VA-ledning)
90 kPa	1,53
70 kPa	1,48
50 kPa	1,46

Resultatet visar att en lägre skjuvhållfasthet påverkar säkerhetsfaktorn till det lägre, men även vid ansatta 50 kPa i de övre jordlagren så håller sig säkerhetsfaktorn inom ramen för angett krav för denna utredning, $F_{komb}=1,5$.

6.5.4 STABILITET NORRA DELEN AV PLANOMRÅDET, SEKTION E-E OCH F-F

Reviderat förslag till detaljplan 2020 innebär bla tillkommande planområde i norr, mellan planerade bostäder och Industrigatan. I detta område har tidigare utredning (GF-Konsult AB, daterad 1996-10-14) med stabilitetskontroll mot ravinen utförts. Tidigare utredningar redovisas i sin helhet i Bilaga 3.

Tidigare undersökning syftade bla till att undersöka stabilitetsförhållandena ner mot bäckravinen i öster i samband med anläggning av en ny gasoltank på ytan mellan Håvengatan och ravinen (gasoltanken finns inte idag). Enligt tidigare utredning faller markytan relativt brant ner mot bäckravinen. Höjdskillnaden är ca 12 m och lutningen är ca 1:2,5. Trots ogynnsam topografi är slutsatsen från tidigare undersökningar att stabiliteten inom området är fullt tillfredsställande, tack vare en mycket hög skjuvhållfasthet, utvärderad till över 100 kPa. Med ansatt skjuvhållfasthet 100 kPa i jordlagren ger stabilitetsberäkningar minst 2-faldig säkerhet enligt tidigare undersökningar, även då belastning från tanken, totalt 16 ton, medräknades.

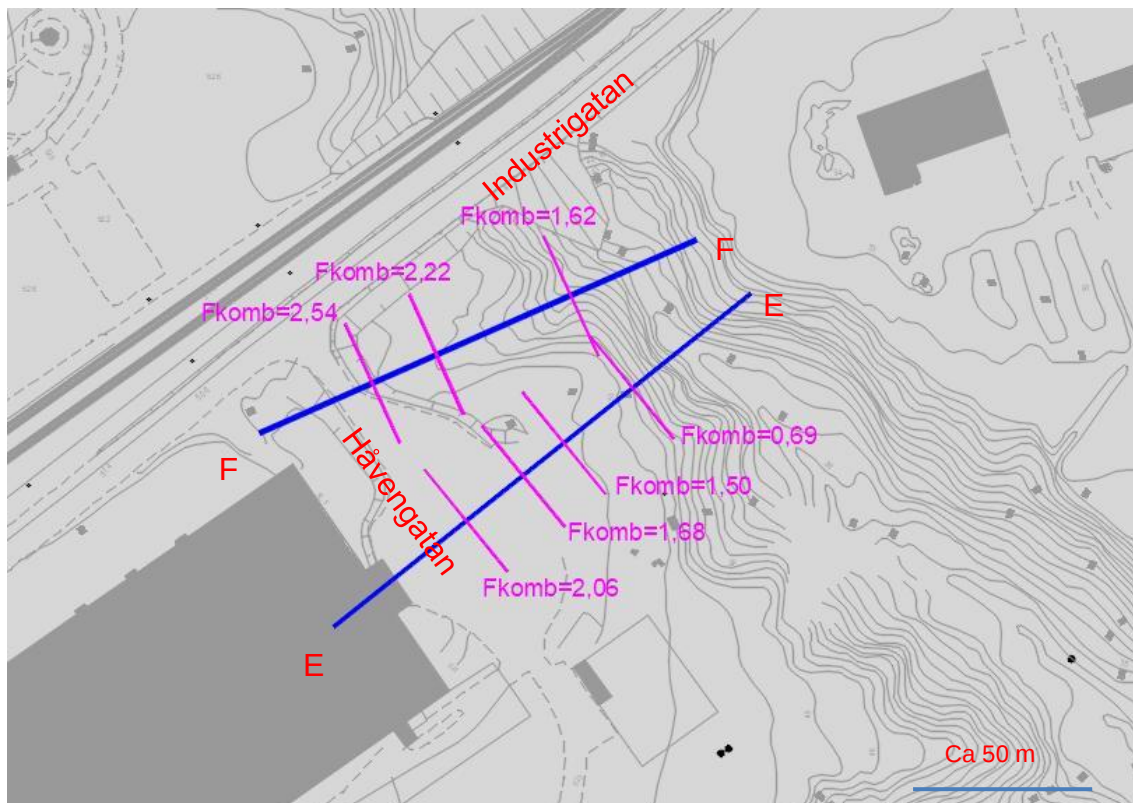
Det finns dock ett antal osäkerheter gällande de geotekniska förhållandena i området. Dels så anses den tidigare geotekniska utredningen (1996-10-14) vara översiktlig, dels så finns det frågetecken kring tidigare bestämning av skjuvhållfastheten.

Reviderat förslag till detaljplan innebär även att detaljplanen ska utökas mot ravinen i öster och yta för uppställning av transportfordon ska finnas mellan Håvengatan och ravinen. Inom ramen för denna geotekniska utredning, beslutades därför att utföra kompletterande stabilitetsberäkningar i området (Rev C), med samma materialegenskaper för stabilitetsberäkningar (enligt Tabell 7). Läget på beräkningssektion E-E och F-F och resultat av utförda stabilitetsberäkningar i plan redovisas i Figur 16.

Stabilitetsanalyser i **sektion E-E** och **sektion F-F** visar att säkerheten är tillfredsställande för planerad verksamhet med ansatta jordlagerförhållanden. Marklast/trafiklast 10 kPa för planerad verksamhet, motsvarar i stort sett befintliga förhållanden. Lägsta beräknade säkerhetsfaktor är mycket låg, $F_{komb} = 0,69$, och slår upp vid släntkrön. Denna säkerhetsfaktor bedöms dock i praktiken vara mycket högre ($>1,0$), då det finns en stor armerande effekt av tät och kraftig vegetation för lokala glidytor. Denna armerande effekt verkar positivt på den lokala stabiliteten.

Sektion F är belägen i botten av en svacka mot den östra ravinen. Säkerheten mot brott i denna sektion är mycket tillfredsställande, $F_{komb} > 2,0$ för glidytor som når planområdet. Likt resonemanget för sektion D-D, så bedöms säkerhetsfaktorn för glidytor som når planområdet därför vara tillfredsställande även om det skulle inträffa en rörelse närmast ravinen i öster.

Rekommendationen är dock att begränsa tillåten marklast/trafiklast till 10 kPa.



Figur 16. Resultat av utförda stabilitetsberäkningar, erhållna säkerhetsfaktorer i plan, norra delen av planområdet.

7 SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN

Grundläggning av befintliga byggnader som angränsar till planområdet är enligt uppgift från beställaren, samt tidigare undersökningar, grundlagda med platta på mark.

Enligt utförda stegvisa ödometerförsök samt CRS-försök i laboratorium (redovisade i text i kap. 5) så är leran att betrakta som mycket fast med mycket stora utvärderade förkonsolideringstryck (σ'_c). På 6 m djup visar undersökningar ca $\sigma'_c = 400$ kPa, medan laboratorieundersökningar på 18 m djup tyder på $\sigma'_c =$ minst 600 kPa. Resultaten tyder på en överkonsolideringsgrad (OCR) på 6 och 3 på 6 m respektive 18 m djup. Därmed så finns det förutsättningar att jordlagren ska kunna ta upp stora laster utan att stora deformationssättningar uppstår.

Kommande exploatering behöver däremot kontrolleras för bärighetsbrott i jorden.

8 EROSION

8.1 ALLMÄNT

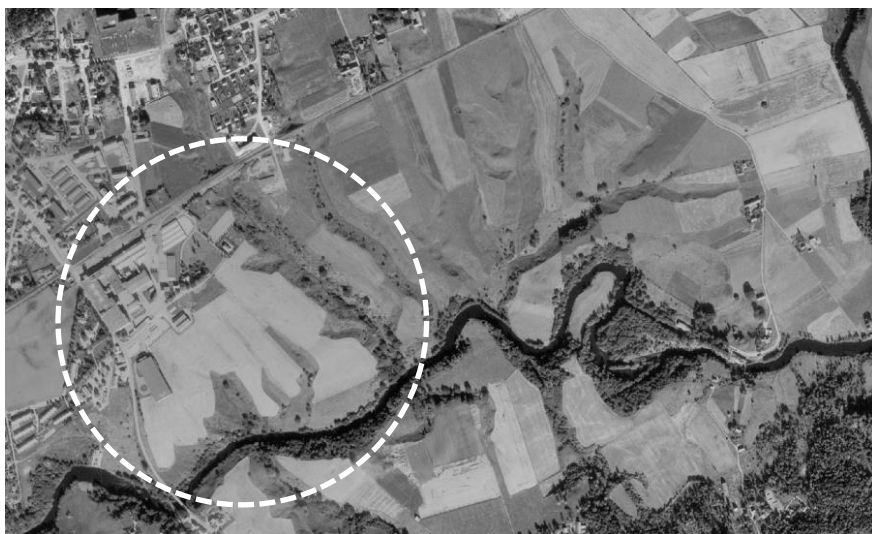
Slänterna ner mot Viskan är ställvis branta till mycket brant. Enligt utförd översiktlig stabilitetskartering (Räddningsverket 2000) så förekommer "betydande erosion" längs med Viskans strandkant. Utsnitt från SGU:s ravinkarta visar raviner eller sänkor inom detaljplaneområdet med möjliga transportvägar av lösa jordmaterial, se figur 14.

I rapport 2019:11 av SGU sammanfattas och definieras raviner med de karakteristiska och rikt förgrenade formerna som; små dalformer utbildade i de lätteroderade jordlagren så som silt och finsand samt att sidorna ska vara branta. Ravinen bildas på grund av grundvatten eller mindre tillfälliga vattenflöden eller erosion och slätskred längs vattendrag.

8.2 JÄMFÖRELSE MELLAN HISTORISKA KARTUNDERLAG

[illegible]

35(44)



Figur 19 Ortofoto 1960 ©Lantmäteriet.se



Figur 20 Ortofoto 1975 ©Lantmäteriet.se



Figur 21 Ortofoto ©Lantmäteriet.se (nerladdat 2020-04-28)

8.3 INVENTERING

Inventering har utförts vid två tillfällen dels under år 2018 samt kompletterande inventering och dokumentering år april 2020.

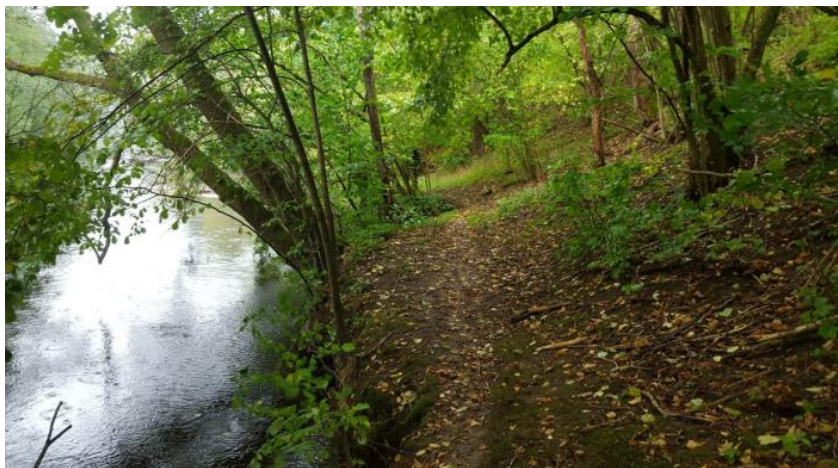
I samband med utförd lodning i vattendraget år 2018 så utfördes dokumentation av erosionsförhållanden vid Viskans strand. Strandkanterna står generellt mycket brant, delvis helt lodräta se Figur 22-24. I de fall där pågående erosionsaktivitet (skredärr) i strandkanten var synlig, så mättes detta in. Vid fältundersökning observerades 1 st skredärr i Viskans norra slänt (i närheten av analyserad sektion B). Inmätning av skredärr framgår av ritning G01, tillhörande MUR. Observation gjordes i december när det rådde medelvattennivå i Viskan.



Figur 22 – Viskans strandkant



Figur 23 – Pågående erosion vid Viskans strandkant.

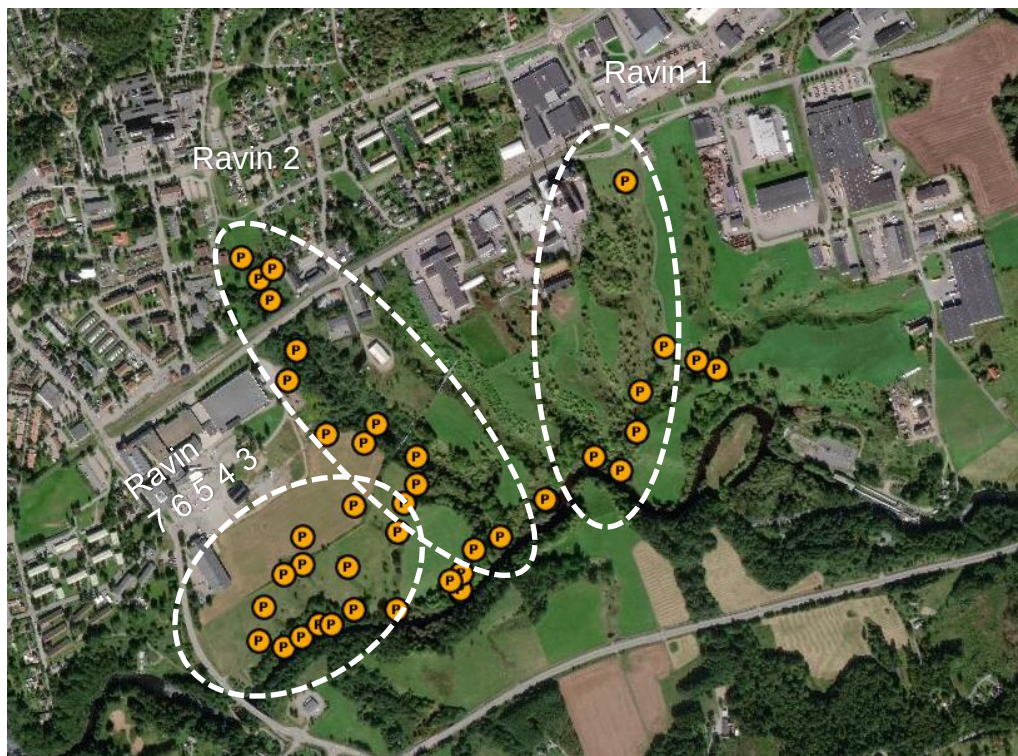


Figur 24 – Viskans strandkant.

Den kompletterande inventeringen och dokumenteringen år 2020 gjordes längs flera av ravinerna inom Assbergs raviners naturreservat (för utbredning av naturreservatet se Bilaga 5).

Ravinerna benämns 1-7 och redovisas i Figur 25 nedan. Ravin 1 inventerades då denna ravin sedan tidigare dokumenterats av SGU och anses som en karakteristisk ravin i denna typen av jordar. Ravin 1 ligger ca 0,5 kilometer öster om aktuellt område. Vidare dokumenterades den större ravin, Ravin 2, som går längs med detaljplanens östra kant samt de mindre raviner som börjar vid detaljplanens södra kant och mynnar ut i Viskan.

Inventeringen av respektive ravin sammanfattas i delkapitel nedan, tillhörande fotografier och kommentarer från fält redovisas i Bilaga 8.



Figur 25 - Ravin 1-7 är markerat med vit streckad linje. Kartan är ett utsnitt från Collector, ArcGis-online, vid varje gul punkt markerat med ett P finns insamlad information och fotografier vilket redovisas i bilaga 8.

8.3.1 RAVIN 1

Ravin inom Assbergs raviners naturreservat som ligger ca 0,5 km meter öster om planområdet

Förgrenad ravin. Tillförsel av vatten sker via ett vattendrag som kommer ut igenom en trumma i början på ravinen. Det finns flera mindre rör, med olika mängd tillförsel av vatten som mynnar ut vid toppen av ravinen. Vissa av ledningarna är erosionsskyddade med sten.

I mitten på ravinen rann vatten och vattenfåran var nerskuren i jordlagren. Nere längs vattendraget fanns lokala jordsläpp längs kanterna likaså lokala jordsläpp uppe vid släntkrön längs ravinerna. Ravinen mynnar ut i viskan.

8.3.2 RAVIN 2

Ravin 2 sträcker sig längs planområdets östra gräns

Vid toppen på ravinen är marken bevuxen med buskar och gräs som sluttar brant. Strax nedanför, i botten på ravinen, finns en äldre större trumma med relativt mycket rinnande vatten. Erosionsskydd vid trumman saknas, vattensamling och lokal erosion pågår där trumman mynnar ut. Vattnet rinner i stentrumma/valv under befintlig järnväg och ravinen fortsätter ner förbi planområdet och mynnar ut i Viskan.

- Stopp 1: Innan transformatorstation sluttar marken brant ner mot vattendraget, flera fallna träd och svårt att ta sig ner. Enstaka större block ligger nere vid vattendraget.
- Stopp 2: En förgrening till ravinen som sluttar brant nedåt. Mindre jordsläpp vid släntkrön. Uppfyllda jordmassor (inom planområdet) några meter från släntkrön.
- Stopp 3: Nere vid vattenfåran, vattendraget har skurit sig ner och erosions längs kanterna pågår. (ev berg på andra sidan av ravinen, där VA-ledningen går över ravinen på betongbro, dock svårt att se) se bild i bilaga 8.
- Stopp 4: (efter VA-ledning) fallna träd, brant, gick inte att ta sig ner till vattendraget (ev berg på andra sidan, men svårt att se)

- Stopp 5: Två förgreningar, rinnande vatten i förgreningen även ansamling av vatten. Gick inte att se om det var ett rör men troligen. I den andra förgreningen fanns sprängsten i slänten.

Vid slutet på ravinen, mycket buskar och sly, svårt att gå in. Relativt mycket rinnande vatten vid jämförelse med ravin 3-7

8.3.3 RAVIN 3

Ravin 3 ligger i sydöstra del av detaljplaneområde, ravinen går upp bakom VA-ledningen.

Vid toppen av ravin 3 som startar innan VA-ledning inom detaljplaneområdet, finns inget rinnande vatten vid inventeringstillfället. Det pågår lokala jordsläpp vid den övre kanten på ravinen.

Det finns en trumma/rör under VA-ledningen. Ravinen ser relativt torr ut, inget rinnande vatten vid de övre delarna. Få träd, något enstaka stort.

Vid slutet av ravinen, vid Viskan, rinner det relativt mycket vatten. Två rör/trummor finns under gångbo, erosion pågår vid sidan av rören.

8.3.4 RAVIN 4

Ravin 4 ligger i södra delen av planområdet, ravinen går ej upp bakom VA-ledningen.

Vid toppen av ravinen syns inget rinnande vatten vid inventeringstillfället. Vid slutet av ravinen, vid Viskan, är vattenfåran lite mer nerskuren än vid ravin 5-7. Det rinner en mindre mängd vatten och i ravinen finns en del medelstora träd.

8.3.5 RAVIN 5A OCH 5B

Ravin 5a och 5b ligger i södra samt sydvästra delen av planområdet, två nära parallella raviner som går upp bakom VA-ledningen.

5a: Det finns ingen trumma under VA-ledningen. Lite vatten rinner vid toppen av ravinen, eventuellt att det rinner under VA-ledningen. Ingen djup vattenfåra i ravinen. Vid slutet av ravinen syns vid tillfället inget rinnande vatten.

5b: Trumma/rör kommer ut vid toppen av ravinen, vatten rinner även vid sidan om trumman. Ytterligare en trumma går under VA-ledningen. Små lokala skred/jordsläpp vid toppen på ravinen (inom detaljplaneområdet). Trumman som kommer ut på andra sidan VA-ledningen är trasig och mindre mängd vatten rinner i ravinen. Väldigt brant sluttning efter VA-ledningen. (lokala jordsläpp i VA-ledningens uppfyllnad) Vid botten på ravinen nere vid Viskan rinner det vatten i ravinen och det finns medelstora träd.

8.3.6 RAVIN 6

Ravin 6 ligger i sydvästra delen av planområdet

Inget synligt vatten i ravinen. Början till jordsläpp uppe vid släntrön, troligen i kombination med upp trampade djurstigar, då det går kossor på området. I slutet av ravinen, mot Viskan, finns lite rinnande vatten

8.3.7 RAVIN 7

Ravin 7 ligger sydväst om planområdet

Inget synligt vatten vid toppen på ravinen. Liknar ravin 6 där det förekommer jordsläpp uppe vid släntrön, troligen i kombination med upp trampade djurstigar. Vid slutet av ravinen, mot Viskan förekommer buskar och sly, inget rinnande vatten vid denna ravin som upplevs som en "mindre" ravin i jämförelse.

8.4 SAMMANFATTNING

De två större ravinerna 1 och 2 har relativt stor tillförsel av rinnande vatten, vilket bedöms som en faktor till de djupa ravinerna.

Vid jämförelse med äldre ortofoto från 1960 finns i dag mer växlighet och skog i ravin 2-7 som angränsar till planområdet. Detta visar också på att pågående erosion i ravinerna är begränsad.

De mindre ravinerna 3 - 7 har varierande mängd rinnande vatten, i vissa syntes inget vatten alls. Vissa av ravinerna har tillrinning av vatten via trummor/rör med utlopp vid ravinens början (förgrening på ravin 2, ravin 5 och vid ravin 3 finns en trumma som går under befintlig VA-ledning). Gemensamt är avsaknad av erosionsskydd vid rörmyningarna.

All typ av tillrinning av vatten inom dessa områden kan öka risken för erosion. Eftersom det är skyddsområde längs stora delar av befintliga raviner längs Viskan, så innebär det begränsade möjligheter till att anlägga nya erosionsskydd inom dessa områden (förbud mot bland annat att gräva, schakta och fylla ut).

Därför rekommenderas att tillkommande dagvatten hanteras på ett sådant sätt så att vattenflödet inte ökar ner i ravinerna. Detta kan uppnås genom exempelvis översvämningssytor med ett kontrollerat (strykt) utlopp.

9 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

9.1 ALLMÄNT

Slutsatser är allmänt generella och inte kopplade till ett specifikt förslag för planerad verksamhet och bostäder.

Slutsatser och rekommendationer gällande geoteknik ska läsas tillsammans med rapport Riskbedömning Mark och Grundvatten. DP SKENE 72:1 och 72:3, daterad 2020-09-22, med tillhörande bilagor.

PM Geoteknik beskriver generellt geotekniska förhållanden med fokus på stabilitet mot Viskan. Efter det att byggnaders och anläggningars utformning är bestämd ska geotekniska uppgifter och rekommendationer, som överensstämmer med planerat grundläggningsarbete, inarbetas i den byggnadstekniska beskrivningen.

9.2 GRUNDLÄGGNING

De ingående jordlagren är erosionskänsliga och flytbenägna vid vattenmättnad, vilket speciellt måste beaktas vid schakt under grundvattenytan. Det kan finnas risk för grundvattenförande lager i de övre fyllnadsmassorna.

Vid grundläggning av översvämningsytor för att ta hand om skyfall i området behöver schaktdjupet anpassas till befintlig lokal grundvattennivå. Ligger översvämningsytornas planerade bottenivå över eller i nivå med rådande grundvattenyta, så bedöms att dessa ytor kan utföras utan tät botten.

Med hänsyn till befintligt vattenskyddsområde inom planområdet så rekommenderas att grundläggning av framtida hus inte utförs med pålar, eftersom denna grundläggningsmetod kan skapa oönskade dräneringsvägar från ytan till större djup. Grundläggning kan med fördel ske med platta på mark med hänsyn till gynnsamma sättningsförhållanden i området.

9.3 STABILITET

För exploatering i området är stabiliteten mot Viskan och angränsande raviner helt avgörande.

I befintliga förhållanden är säkerheten mot totalstabilitetsbrott inte tillfredställande för delar av området närmast släntröner. Stabiliteten för området skulle eventuellt kunna förbättras genom exempelvis avschaktning och utflackning av slänt. Dock ligger större delar av släntrönerområdet mot Viskan inom skyddsområde, med förbud mot bland annat att gräva, schakta och fylla ut. Åtgärdsalternativ för att förbättra stabiliteten genom ett ingrepp i naturen, såsom avschaktning vid släntröner eller tryckbank intill Viskan, bedöms således inte aktuellt. Alternativet är då att, med hänsyn till stabilitet, begränsa användningen av områden närmast släntröner i detaljplanen.

Det aktuella planområdet angränsar till befintliga raviner i söder (mot Viskan) och i öster. Geometrin för befintliga raviner varierar i området, vilket kan bero på faktorer såsom olikheter i jordlagerförhållanden, ingående skikt, grund- och ytvattenförhållanden etc. Man kan anta att förhållanden som observeras i fält är resultatet från en process som har pågått under flera tusen år, där naturen strävar efter någon slags jämvikt.

Som kan konstateras så sträcker sig de befintliga ravinerna, som under årens lopp bildats i slänten ner mot Viskan, långt upp från Viskans strandkant. I området för aktuellt planområde sträcker sig befintliga raviner ca 30 m norr om befintlig spillvattenledning vid släntröner, se Figur 26 nedan.

Säkerhetsfaktorn för glidytor i slänten ner mot Viskan med geometri motsvarande en ravins dalgång (sektion D-D) är $F_{komb} > 1,9$, vilket är tillfredsställande utifrån ställda krav. Slutsatsen är då att ravinen förmodligen inte kommer att spridas längre norrut av rena stabilitetsskäl. Ändrade förhållanden, såsom kraftigt ändrat ytvattenflöde, skulle emellertid kunna påskynda erosionen och försämra stabiliteten.

Enligt befintligt underlag och historiska ortfoton är ravinbildningen i området att förknippa med den karakteristiska typen av förgrenad ravinbildning som sker i jordar som består av silt och finsand. Denna typ av förgrenad ravin åter sig bakåt och bildas genom erosion eller släntrörelser längs vattendrag och/eller grundvatten/tillfälliga vattenflöden. Den analyserade högsensitiva

leran skulle kunna innebära att möjliga släntrörelser i branta slänter närmast Viskan utbildas. Risken för sekundära skred bedöms dock som liten. Bakgrunden är slutsatsen att området inte bör klassas som ett område med kvicklera. Däremot är det en högsensitiv lera i området.

Allmänt gäller att tillkommande belastning inom planområdet längre från släntrörelse inte nämnvärt påverkar stabilitetssituationen mot Viskan.

9.4 EROSION

Den pågående erosionen i Viskans strandkant men också i de branta ravinerna ner mot Viskan har historiskt varit stor. Vid jämförelse med äldre ortofoton (från 1960) så pågår dock idag ingen större aktivitet eller förändring av befintliga raviners utbredning. De mindre raviner som gränsar till planområdet i söder har en relativt liten vattentillförsel vid jämförelse med den större ravin som går längs planområdets östra kant.

All tillförsel av vatten i ravinerna kan orsaka ytterligare erosion och vid framtida exploatering rekommenderas att allt tillkommande vatten tas om hand utanför skyddsområdet, dvs att inget tillkommande vatten leds ner i de befintliga ravinerna jämfört dagens situation.

Erosionsskydd i ravinerna närmast Viskan är inte möjligt att lägga ut pga skyddsområde. I ravinerna kommer det fortsatt att ske mindre erosion, men bedömningen är att denna erosion, med liggande planförslag, inte ökar jämfört med nuläget. Detta bygger på att det vatten som tillförs (dagvatten och skyfall) hanteras i översvåmningsytor inom planområdet. Utanför skyddsområdet ska möjliga utlopp från översvåmningsytor utföras med nedgrävda ledningar för att minimera erosion. För mer beskrivning hänvisas till "Dagvatten- och Skyfallsutredning för detaljplan". Skene 72:1, Kungsfors Fabriker", daterad 2020-11-27.

9.5 FÖRSLAG TILL RESTRIKTIONER

Med anledning av totalstabiliteten mot Viskan samt befintliga raviners utbredning är förslaget att belastningsrestriktioner införs i planen. Förslaget till belastningsrestriktioner framgår av Figur 26.

Totalstabiliteten är tillfredsställande inom stora delar av området, bortsett från områden närmast släntrörelse i den östra och norra delen. Kravet på säkerhetsfaktor $F_{komb}=1,5$ uppnås generellt vid släntrörelse, enligt utförda stabilitetsberäkningar mot Viskan i söder samt ca 30 m in från släntrörelse mot ravinen i öster. Även om totalstabiliteten är tillfredsställande så föreslås en zon närmast släntrörelse där marken inte får belastas med tillkommande last. Detta på grund av att de lokala slänterna i ravinbildningarna bitvis är branta.

Förslaget till belastningsrestriktioner bedöms i områden närmast släntrörelse sammanfattningsvis vara på säkra sidan. Dels med tanke på att det ansatta kravet på säkerhetsfaktor för denna utredning, lägst $F_{komb}=1,5$, motsvarar det övre rekommenderade spannet enligt gällande normer, samt dels med tanke på att beräknad säkerhetsfaktor närmast släntrörelse generellt uppgår till F_{komb} ca 1,5-1,8.

I södra delen av området innebär förslaget till belastningsrestriktioner att marken inte får belastas med tillkommande last från befintlig ledningsrätt och ca 35 m norrut. I östra delen av området (mot stora ravinen i öster) behöver plangränsen anges längre in från släntrörelse, för att tillfredsställande stabilitet ska uppnås inom planområdet.

I norra delen föreslås på liknande sätt en zon närmast släntrörelse där marken inte får belastas med tillkommande last. Detta gäller ex. även området för ställverk. En sådan restriktion hindrar inte att tillfällig trafik förekommer i ställverksområdet.

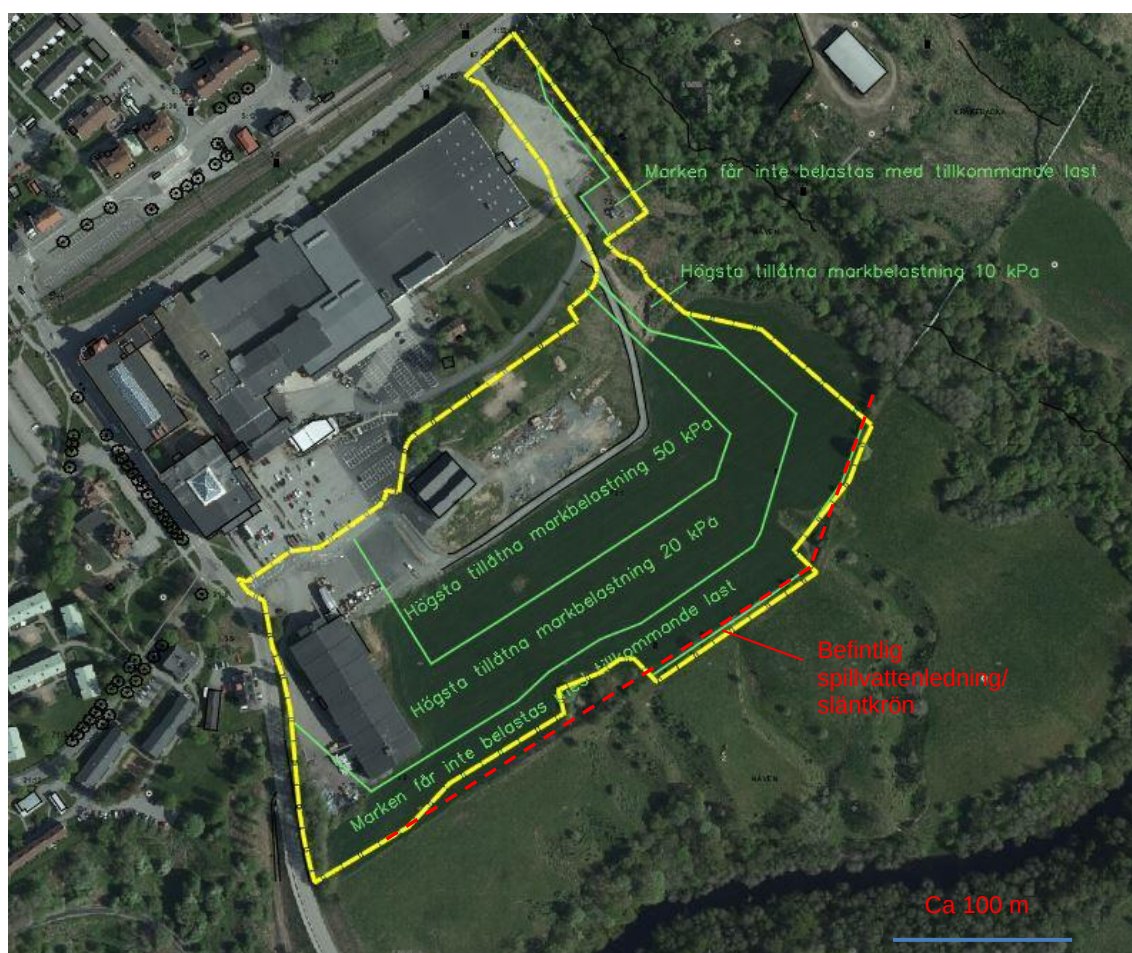
Stabilitetsberäkningar är utförda med en max markbelastning 50 kPa (vilket ungefär skulle motsvara ett 5-våningshus). För planområdets centrala delar föreslås belastningsrestriktion max 50 kPa motsvarande ett område ca 90 m från befintlig ledningsrätt. I zonen mellan max 50 kPa och ingen tillkommande last, föreslås belastningsrestriktion max 20 kPa.

Sammanfattningsvis är förslaget till restriktioner indelat i zoner (se Figur 26):

- Zon där marken inte får belastas med tillkommande last (närmast släntkrön)
- Zon med högsta tillåtna markbelastning 10 kPa (planerade vägområden inkl. yta för uppställning i norra delen)
- Zon med högsta tillåtna markbelastning 20 kPa
- Zon med högsta tillåtna markbelastning 50 kPa

I den västra delen av området är den rekommenderade plangränsen indragen ca 10 m från befintlig spillvattenledning/släntkrön till följd av den något lägre beräknade säkerhetsfaktorn med djupare lerlager i det området (sektion A-A). I områden närmast släntkrön, där ingen tillkommande belastning får förekomma, är det möjligt att utföra anläggningar med villkoret att all tillkommande last måste kompenseras. Översvämningsytor för att ta hand om skyfall i området kan generellt utföras närmast släntkrön så länge det inte innebär någon tillkommande belastning.

Det har inom utredningen diskuterats om övervakning av pågående erosion skulle kunna innebära en högre tillåten markbelastning närmast släntkrön. Men eftersom ett sådant villkor inte tydligt är mätbart och svårt att följa upp, så är det inte aktuellt.



Figur 26 – Föreslagna belastningsrestriktioner med hänsyn till geotekniska förhållanden. Ortofoto källa: www.lantmateriet.se.

9.6 KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR OCH UTREDNINGAR

Nedan följer rekommendationer för kommande arbeten som är viktiga att beakta vid detaljprojektering:

- Global såsom lokal stabilitet ska beräknas och utvärderas utifrån placering och typ av framtida bebyggelse och anläggningar (ex översvämningsytor)
- Mätning och uppföljning av portryck och grundvatten. Vid stabilitetsberäkningar är den kombinerade analysen dimensionerande, vilket innebär att portrycksutvecklingen är av stor betydelse. Vid projektering och byggande ska portrycksmätningarna kompletteras och följas upp noggrant.