

PM/ Geoteknik

FÅLLINGE 26:17 M.FL.



Slutrapport

2023-03-10

Revidering

2024-05-06

Uppdrag: 329233 Översiktlig MTU och Geoteknik Fållinge
26:17 m.fl.

Titel på rapport: PM/Geoteknik – Fållinge 26:17 m.fl.

Status: Slutrapport

Datum: 2023-03-10

Medverkande

Beställare: Mjölby kommun

Kontaktperson: Anna Lennartsson

Konsult: Tyréns Sverige AB

Uppdragsansvarig: Julia Kristiansson

Handläggare: Julia Kristiansson

Kvalitetsgranskare: Andreas Alpkvist

Uppdragsansvarig:

Julia Kristiansson

2023-03-10

Handlingen granskad av:

Andreas Alpkvist

2023-03-10

Revidering

Datum: 2024-05-06

Avser: Kapitel 3, 7, 9.5 och 9,7 samt Bilaga 1-2

Handläggare: Julia Kristiansson

Kvalitetsgranskare: Emma Kruse

Uppdragsansvarig:

Julia Kristiansson

2024-03-22

Revidering granskad av:

Emma Kruse

2024-03-22

Innehållsförteckning

Inledning.....	5
1 Objekt och ändamål.....	5
2 Underlag för projekterings PM.....	6
3 Styrande dokument.....	7
4 Utförda undersökningar	7
5 Markförhållanden	7
5.1 Topografi, ytbeskaffenhet och befintliga konstruktioner.....	7
5.2 Geotekniska förhållanden	8
5.3 Hydrogeologiska förhållanden.....	10
6 Härledda värden.....	11
7 Stabilitet.....	14
7.1 Bakgrund	14
7.2 Metod.....	15
7.2.1 Laster.....	18
7.2.2 Siltjord.....	18
7.3 Resultat	20
7.3.1 Resultat södra sidan	20
7.3.2 Naturmark, utökad last.....	21
7.3.3 Förändring vattennivå	21
7.3.4 Resultat norra sidan.....	21
7.3.5 Siltjord.....	21
8 Erosion.....	22
9 Rekommendationer.....	28
9.1 Grundläggning och sättningar	28
9.2 Schaktarbeten.....	29
9.3 Anläggning av hårdgjorda ytor	29
9.4 Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD).....	29

9.5 Stabilitet och erosion.....	29
9.6 Markradon.....	30
9.7 Sammanfattning.....	30
9.7.1 Restriktioner.....	31

Bilagor

Beteckning	Datum
Bilaga 1 – Beräkningsresultat stabilitet	2024-03-19
Bilaga 2 – Beräkningsresultat stabilitet, kompletterande kontroll	2024-03-20

Tillhörande dokument/hänvisningar

Beteckning	Datum
MUR/Geoteknik – Fällinge 26:17 m.fl.	2023-03-10

Inledning

Föreliggande PM skall ej utgöra del av förfrågningsunderlag eller bygghandling. Föreliggande PM behandlar översiktligt de geotekniska förutsättningarna för vidare upprättande av detaljplan för rubricerat objekt.

Sammanställning av nu utförda undersökningar redovisas i en separat rapport MUR (Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik. Samtliga höjder i detta PM är angivna i RH 2000.

1 Objekt och ändamål

Tyréns har på uppdrag av Mjölby kommun utfört en översiktlig geoteknisk utredning i Fållinge i centrala Skänninge för fastigheterna Fållinge 25:2, Fållinge 26:17 samt del av fastigheterna Fållinge 26:18 och Trojenborg 11. På den södra sidan av Skenån ned mot vattnet har även en stabilitetsutredning utförts motsvarande detaljerad nivå.

I samband med den geotekniska utredningen har även en miljöteknisk markundersökning utförts för samma undersökningsområde. De två utredningarna ska utgöra underlag för vidare planering av detaljplan för fastigheterna.

Anna Lennartsson har varit beställarens kontaktperson. Malin Bergman har varit uppdragsansvarig för Tyréns (sedan 3 mars Julia Kristiansson) och Julia Kristiansson har varit geoteknisk handläggare för rubricerad rapport. Intern granskning har utförts av Andreas Alpkvist.

Ungefärlig utbredning av utredningsområdet tyds i **Figur 1**.



Figur 1. Ungefärlig utbredning av undersökningsområdet markerat med rött (Google maps, hämtad 2022-01-25).

2 Underlag för projekterings PM

- 1) MUR(Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik – Fållinge 26:17 m.fl., Tyréns daterad 2022-02-13.
- 2) Jordarts- och jorddjupskarta över området med tillhörande beskrivning från SGU.
- 3) Tidigare skrivbordsstudie: *Geotekniska förutsättningar vid Fållinge 26:17 m.fl.*, Tyréns daterad 2022-06-03.
- 4) Primärkarta och höjdkurvor i DWG-format, erhållet i samband med skrivbordsstudie (uppdragsnummer 323918).

3 Styrande dokument

Tabell 1. Styrande dokument.

Dokument
TK Geo 13
AMA Anläggning 20
IEG Rapport 4:2010 – Tillståndbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar
IEG Rapport 6:2008 - Tillämpningsdokument

Hänvisade dokument:

- SGI Vägledning 8 – *Utredning av slänstabilitet*

4 Utförda undersökningar

De geotekniska undersökningarna utfördes 29 november till 1 december 2022. Utförda undersökningar för rubricerad utredning redovisas i separat handling (underlag 1).

Tidigare undersökning förekommer strax utanför området som delvis ligger till grund för tidigare utförd skrivbordsstudie. Eftersom tidigare undersökning inte ligger inom aktuellt undersökningsområdet har dessa dock ej använts i rubricerad rapport.

5 Markförhållanden

5.1 Topografi, ytbeskaffenhet och befintliga konstruktioner

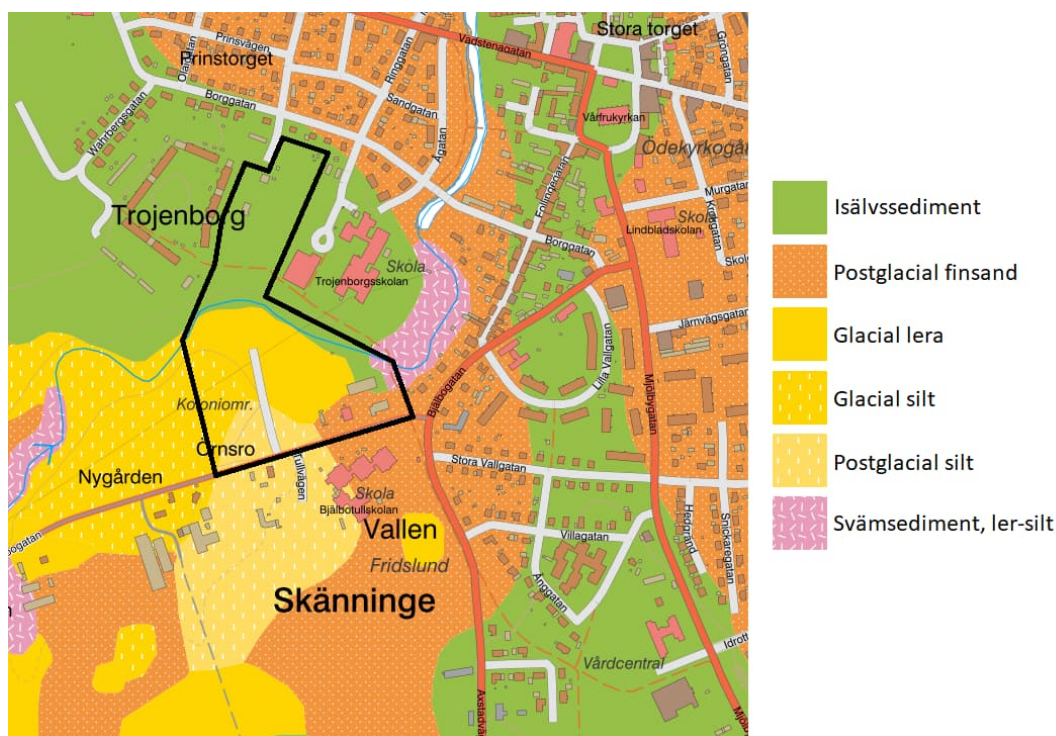
Skenaån rinner genom området i ungefärligt öst-västlig riktning. Undersökningsområdet är relativt flackt med en viss lutning från norr ned mot söder. Inmätta marknivåer vid utförda undersökningspunkter avseende miljö och geoteknik norr om Skenaån varierar mellan ca +96 och +98 (RH 2000). Inmätta marknivåer för undersökningspunkter avseende miljö och geoteknik söder om Skenaån varierar mellan ca +91 och +96. Skenaån är belägen lägre än marknivå på den norra och södra sidan där vattennivån blivit inmätt i samband med utförd undersökning till +90,1.

Den norra delen av området, det vill säga norr om Skenaån, består av en gräsyta med några planterade träd, gångvägar och en mindre anlagd kulle. Trojenborgsskolan angränsar till området nordöstra sida och flerbostadshus angränsar till området nordvästra sida. Inom gräsytan har det enligt skrivbordsstudien tidigare funnits huskroppar av flerbostadstyp under 1970- till 1990-talet som det finns misstanke kring att det lämnats kvar rivningsrester eller delar av byggnaderna i marken.

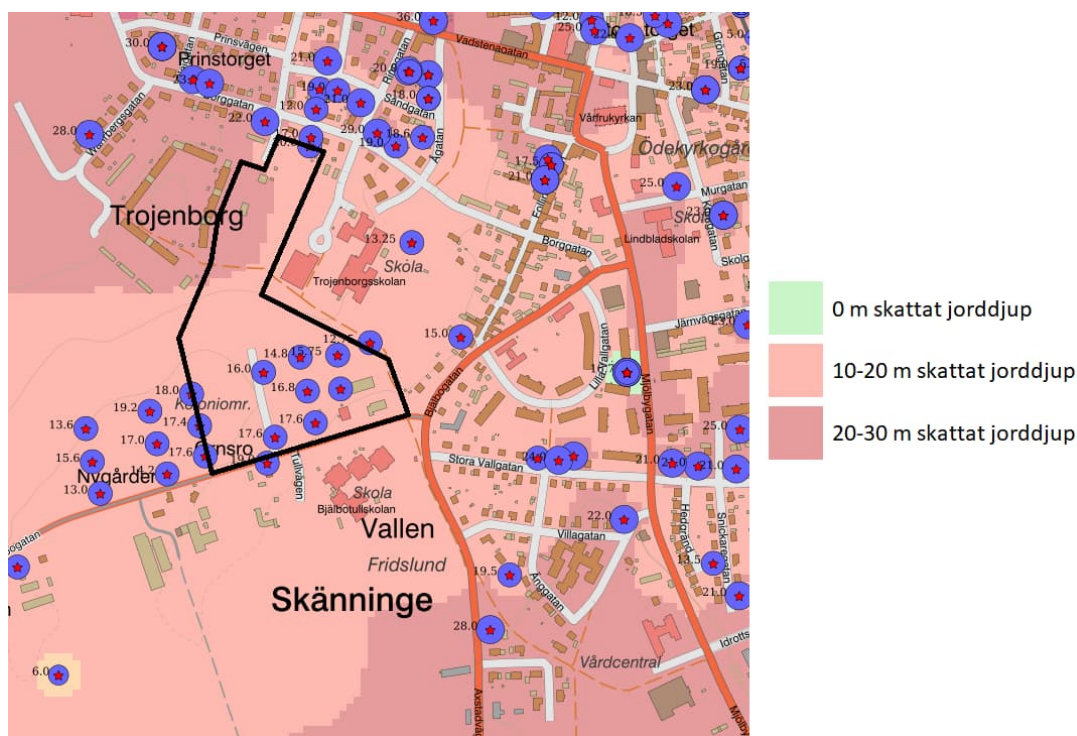
De västra delarna av undersökningsområdet, söder om Skenaån, består delvis av öppen åkermark. Centrerat i undersökningsområdet angränsar åkermarken till ett tidigare kolonilottsområde där det idag återfinns mindre stigar, vindskydd och en grillplats. Mellan det tidigare kolonilottsområdet och åkermarken finns det även en delvis igenväxt väg som lett till en bro över Skenaån, bron är numera riven.

5.2 Geotekniska förhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta består de ytliga jordlagren inom undersökningsområdet av isälvsediment, postglacial finsand, glacial lera samt glacial- och postglacial silt, se **Figur 2**. Jorddjupet uppskattas till ca 10 till 30 m enligt SGU:s jorddjupskarta, se **Figur 3**.



Figur 2. Ungefärlig utbredning av undersökningsområdet markerat med svart på SGU:s jordartskarta (www.sgu.se, hämtad 2022-01-25).



Figur 3. Ungefärlig utbredning av undersökningsområdet markerat med svarta på SGU:s jorddjupskarta (www.sgu.se, hämtad 2022-01-25).

Efter utförd undersökning har det konstaterats att jordlagerföljden skiljer sig framförallt mellan den norra sidan gentemot den södra sidan av Skenaån.

Jordlagerföljden för den norra sidan generaliseras enligt följande:

Överst i jordlagerföljden förekommer fyllning av mulljord, lera och sand som ställvis är grusig. Fyllning har påträffats ned till ca 0,5-1,5 m under markytan. Under fyllningen förekommer ställvis ett lager av grusig, sandig lera ned till ca 1-1,5 m under markytan. I undersökningspunkten närmast Skenaån har det under fyllningen påträffats ett lager av silt ned till ca 3 m under markytan. Vidare fortsätter grusig sand innan morän påträffas från ca 1,5-3 m djup.

I den tidigare förstudien identifierades misstankar om att rester av tidigare bebyggelse skulle kunna finnas kvar i marken inom gräsytan, väster om Trojenborgsskolan. Undersökningspunkt 22T102 är placerad för att ge mer uppgifter kring denna misstanke. Efter utförda undersökningar kan det konstaterats att det förekommer fyllning inom ytan som inte kan uteslutas att fyllningen är från tidigare bebyggelse. Dock har inga distinkta stopp tytt på att eventuella byggnadsrester, såsom delar av grund eller väggar, lämnats kvar.

Jordlagerföljden för den södra sidan av Skenaån generaliseras enligt följande:

Överst i jordlagerföljden förekommer en humushaltig lera ned till ca 0,5 m under markytan. Fyllning har påträffats överst i jordlagerföljden för samtliga undersökningspunkter utförda i områdets östra del (22T108 och 22T110 samt 22T05M-22T10M) ned till ett varierande djup mellan ca 0,5-3 m under markytan. Vidare fortsätter en skiktad jordlagerföljd av silt och lera ned till ca 1-6 m under markytan. Lerlagren är som mäktigast i undersökningspunkt 22T108 vilken ligger i områdets östra del där mäktigheten är 2 m. Under leran och silten fortsätter fastare lagrad friktionsjord.

5.3 Hydrogeologiska förhållanden

Enligt tidigare undersökning ska Skenaån ha en vattennivå vid ca +89,6 (RH 2000). I samband med nu utförd undersökning mättes vattennivån in till +90,1 i två punkter. Övrig data så som låg- och högvattennivå i Skenaån är för Tyréns okänt.

Vid utförd undersökning installerades tre stålrör avseende geoteknik samt ett grundare PEH-rör avseende miljö. De fyra grundvattenrören har blivit installerade under perioden 29 november till 6 december 2022, för detaljerad information se underlag 1 och **Tabell 2**. Grundvattenrör 22T101GV är beläget norr om Skenaån och resterande tre grundvattenrör är belägna på södra sidan om Skenaån.

De tre grundvattenrören på södra sidan om Skenaån uppvisar nivåer för grundvattnets trycknivåer mellan +91,2 och +92,6, motsvarande ca 2-3 m under markytan. Trots att grundvattenrör 22T06MGV är installerat vid ett grundare djup stämmer uppmätt vattennivåer överens med de djupare installerade grundvattenrören 22T104GV och 22T109GV. Grundvattenröret på norra sidan om Skenaån uppvisar en något högre avläst trycknivå kring +95,5, dock är marknivån generellt högre på denna sida och motsvarar ändock ca 1,5 m under markytan.

Tabell 2. Grundvattenrör avläsning.

Grundvattenrör benämning	Datum avläsning	Grundvattnets trycknivå	Meter under markytan	Marknivå	Spetsnivå
22T101GV	2022-12-08	+95,5	1,7	+97,2	+89,3
22T104GV	2022-12-08	+91,2	3,0	+94,2	+82,8
22T109GV	2022-12-08	+92,6	1,8	+94,5	+80,0

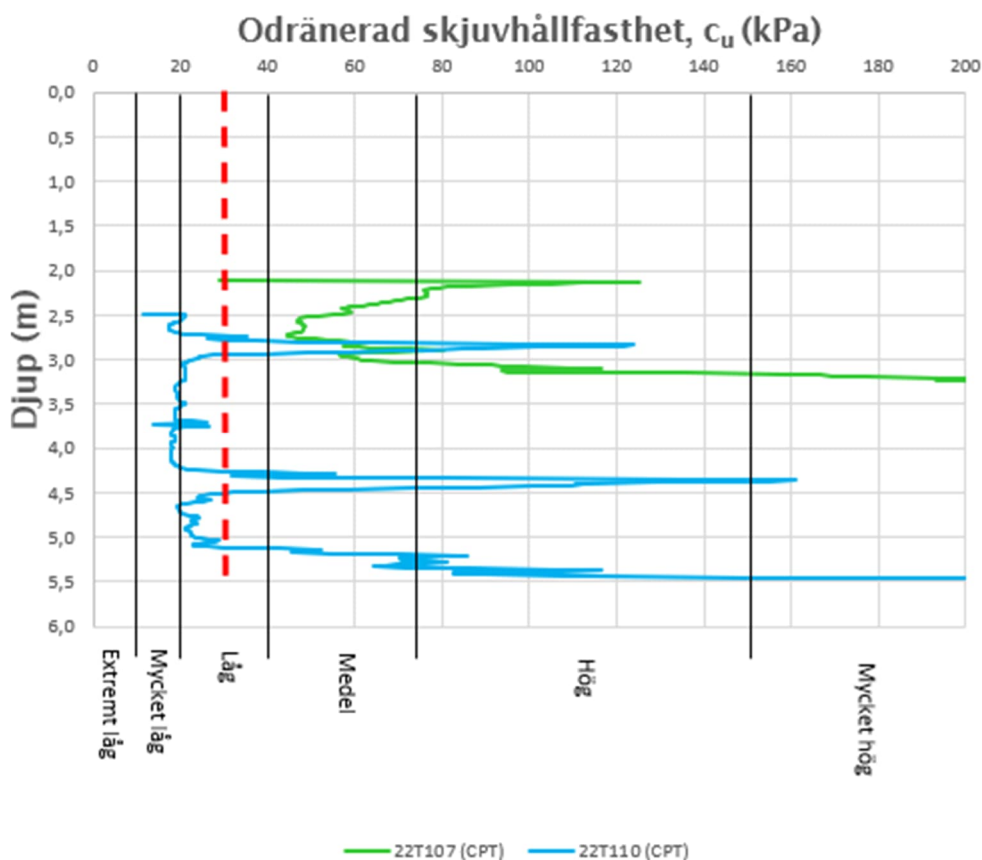
22T06MGV	2022-12-08	+91,9	2,1	+94,0	+91,1
	2022-12-15	+91,8	2,2		

6 Härledda värden

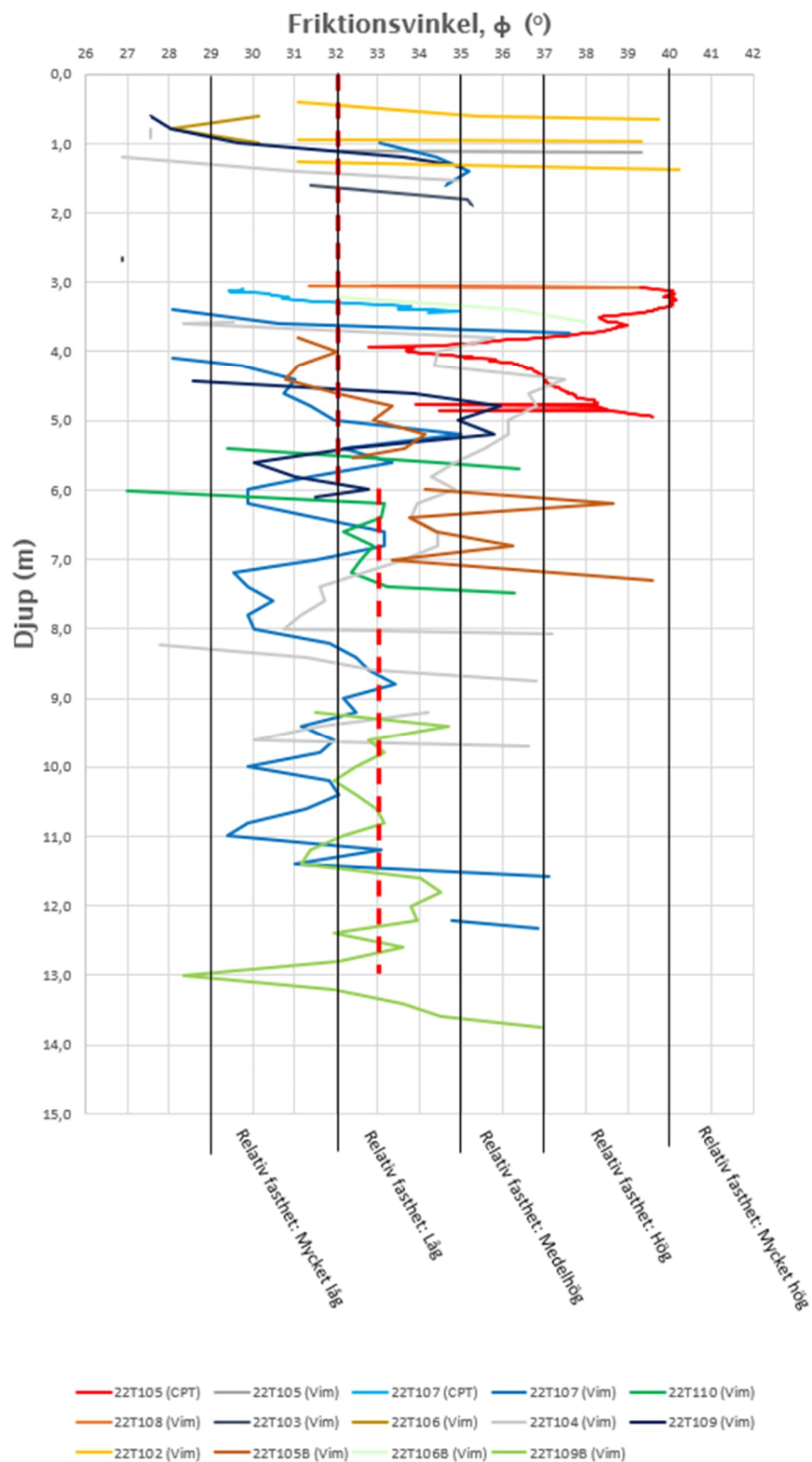
Odränerad skjuvhållfasthet är utvärderad från utförd CPT-sondering i två undersökningspunkter och tyds tillsammans med klassificering med avseende på odränerad skjuvhållfasthet samt markering för valt värde i utförda beräkningar, se **Figur 4**. Ostörd provtagning har ej varit möjligt att utföra på grund av jordens fasthet.

Friktionsvinkel och E-modul för friktionsjord har utvärderats från viktsondering (Vim) och CPT-sondering (CPT) och tyds tillsammans med gräns för karakteristiska värden för relativ fasthet enligt plattgrundläggning, se **Figur 5** och **Figur 6**.

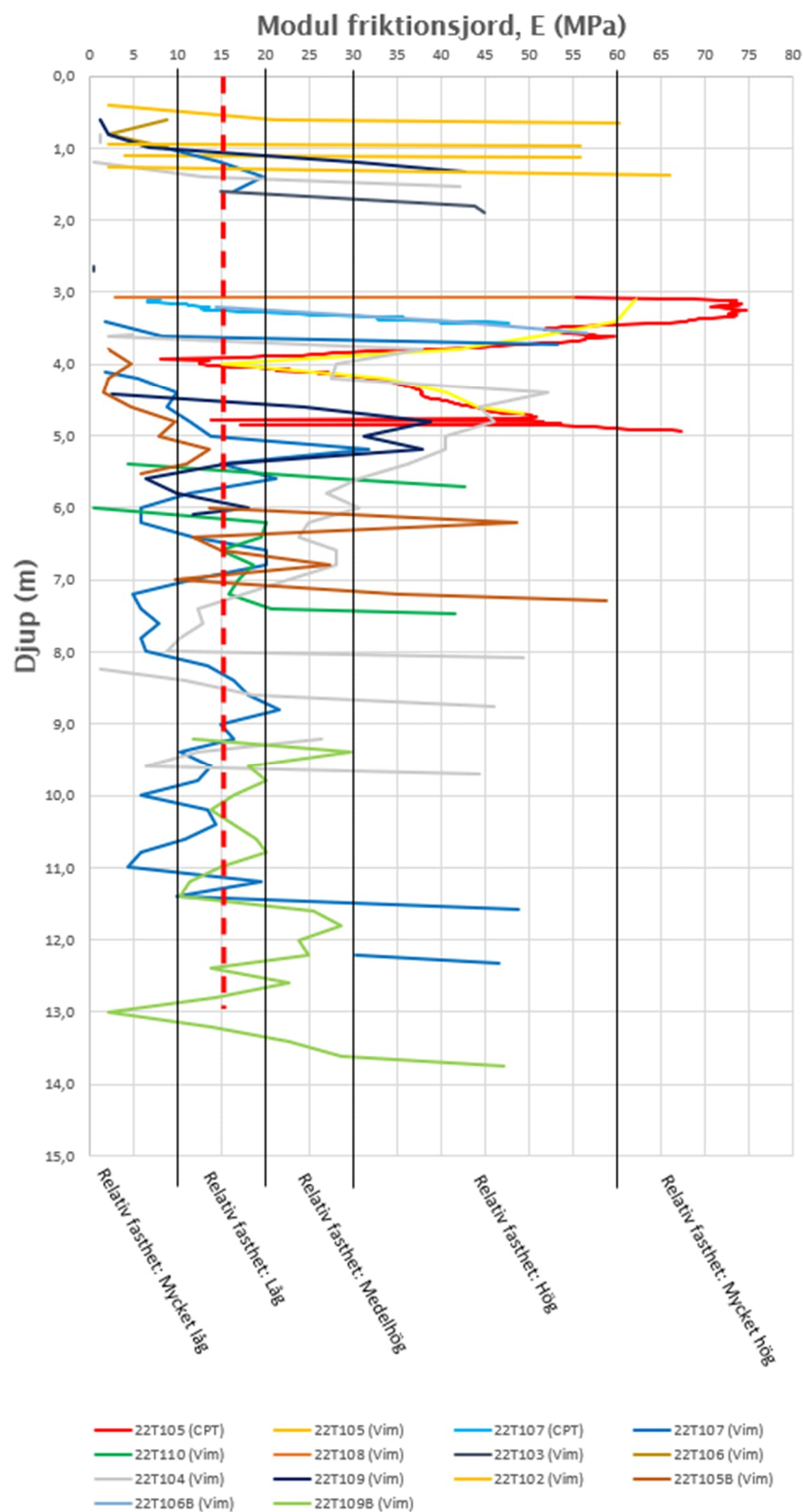
För detaljerad information kring härledda värden hänvisas till MUR (Markteknisk undersökningsrapport (underlag 1)).



Figur 4. Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet från utförd CPT-sondering med klassificering med avseende på odränerad skjuvhållfasthet enligt svarta linjer (IEG Rapport 13). Valt värde för utförda beräkningar tyds enligt rödstreckad linje.



Figur 5. Utvärderad friktionsvinkel från utförd viktsondering och CPT-sondering. Linjer i svart markerar gräns för karakteristiska värden för relativ fasthet enligt plattgrundläggning, Tabell 1:3, framtagen av SGI. Valt värde för utförda beräkningar tyds enligt röstreckad linje.



Figur 6. Utvärderad E-modul från utförd viktsondering och CPT-sondering. Linjer i svart markerar gräns för karakteristiska värden för relativ fasthet enligt plattgrundläggning, Tabell 1:3, framtagen av SGI. Valt värde för utförda beräkningar tyds enligt rödstreckad linje.

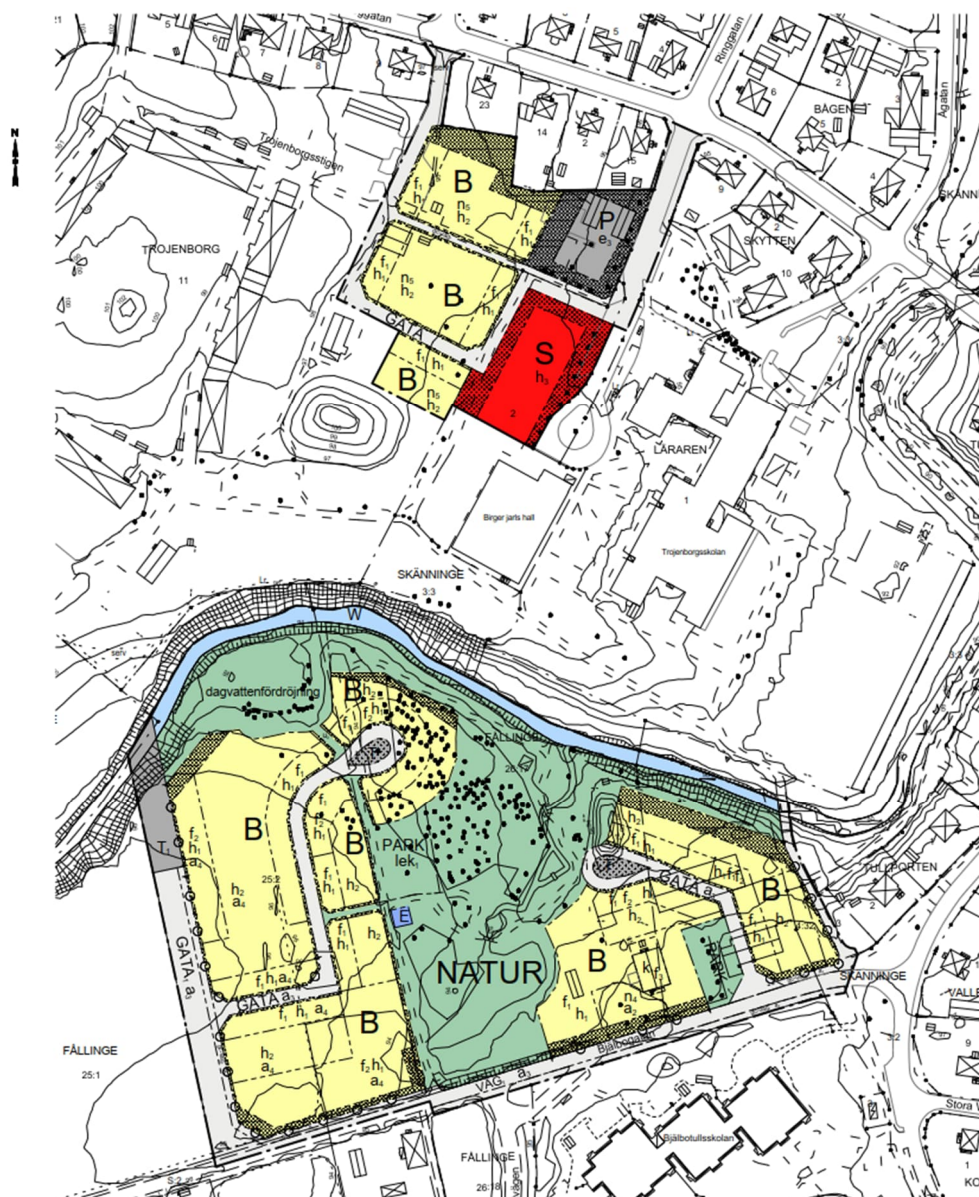
7 Stabilitet

7.1 Bakgrund

Rubricerad handling slutlevererades den 10 mars 2023. Den 6 november 2023 lämnade SGI yttrande avseende geotekniska säkerhetsfrågor i samrådshandling. Tyréns har nu utfört en revidering av handlingen för att förbättra handlingens innehåll samt säkerställa att samtliga geotekniska säkerhetsfrågor är besvarade med stöd av SGI:s yttrande.

SGI har efter avslutat rubricerat uppdrag publicerat i mars 2023 en ny vägledning gällande utredning av släntstabilitet, Vägledning 8. Handlingen ersätter Skredkommissionens rapport 3:95 *"Anvisningar för Släntstabilitetsutredningar"* som hänvisas till i IEG:s dokument som vid tillfället för denna utredning var styrande. Då SGI:s vägledning publicerats efter den utförda utredningen har Vägledning 8 inte varit styrande i denna rapport, även om tankesätt och metodik tagits till hänsyn vid den nu utförda revideringen.

Planförslaget som var gällande i samband med SGI:s yttrandet samt är vid tidpunkten för revideringen det senaste framtagna planförslaget tyds i **Figur 7**.



Figur 7. Planförslag daterad 2023-08-31. Tillhandahållet av beställare 2024-02-01.

7.2 Metod

Stabiliteten har beräknats i enlighet med IEG rapport 4:2010, motsvarande nivå för detaljerad utredning. Utförda beräkningar har utförts med totalsäkerhetsmetoden där ett sammanvägt härlett värde används för materialparametrar.

För att uppnå tillfredställande stabilitet vid tillståndsbedömning för nyexploatering samt planläggning krävs att F_c (odränerad analys) är större än 1,7-1,5 och $F_{\text{kombinerad}}$ (kombinerad analys) är större än 1,5-1,4 samt för

friktingsjord att F_ϕ (dränerad analys) är större än 1,3. I utförda beräkningar har antaganden gjorts konservativt för till exempel materialparametrar och därav har erforderliga säkerhetsfaktorer valts i den lägre delen av spannen, se **Tabell 3**.

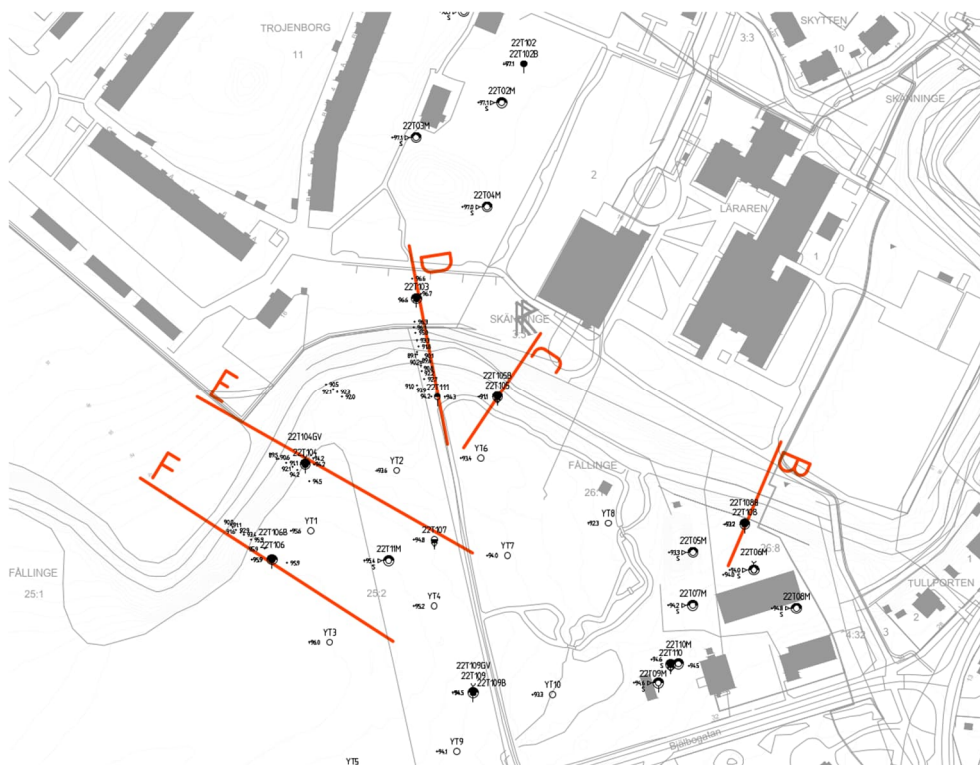
Beräkningar har utförts i programvaran Geostudio 2020 med Morgenstern Price metod. Beräkningar har utförts i fem sektioner ned mot Skenaån benämnda B till F, se **Figur 8**.

I utförda beräkningar har vattennivån i Skenaån antagits till ca +90 enligt utförd inmätning av vattennivån i samband med fältundersökning. Sektionerna har kontrollerats med en högre och lägre antagen vattennivå i Skenaån, 1 m lägre- och högre än uppmätt vattennivå +90. Vattennivån och vattenhastighet i Skenaån diskuteras vidare under kapitel 8.

Profil av befintlig mark och botten i Skenaån i utförda är resultat från framtagen markmodell vilken är baserat på tillhandahållna höjdkurvor (underlag 4). Befintlig slänt har även blivit inmätt med ett antal avvägningpunkter på södra sidan av Skenaån, där det antingen antagits vara brantare slänter alternativt oklarheter i höjdkurvor. Inmätningen har utförts för att skapa en säkrare markmodell och därmed profil i utförda beräkningar. Inmätning har utförts framförallt i sektion D, E och F och redovisas på planritning bilagd i MUR (underlag 1). Enbart ett fåtal avvägningpunkter har kunnat utföras under vattennivån i Skenaån vilket innebär att profilen kring Skenaåns botten är delvis tolkad utifrån erhållna höjdkurvor samt bedömning i fält och ska därför ses som något osäker.

Tabell 3. Erforderlig säkerhetsfaktor i orange markering, enligt IEG rapport 4:2010 (Tabell 4.2).

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	Ej tillämpligt för denna rapport	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{cp} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{cp} > 1,5$
	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	



Figur 8. Valda sektioner för stabilitetsberäkningar med programvaran SLOPE.

7.2.1 Laster

För att kontrollera känsligheten för tillskottslast i släntrön har en last om 60 kPa placerats vid släntrön i samtliga sektioner. Lasten har även placerats 10 m från släntrön för att kontrollera om den tillkommande lasten har någon inverkan 10 m från släntrön.

När den tillkommande lasten om 60 kPa placerats 10 m från släntrön har beräkningar även kontrollerats med ytterligare en tillkommande last om 10 kPa placerad vid släntrön för den södra sidan av Skenaån (överensstämmande med planförslaget enligt **Figur 7**). Lasten om 10 kPa representerar kontroll för om ytan kan användas som naturmark/prickmark då det inom denna marktyp tillåter mindre justeringar av markytan (upp till 0,5 m) samt ej bygglovspliktig byggnation såsom till exempel Attefallshus.

7.2.2 Siltjord

Inom området förekommer det generellt en siltskiktad jord med enskilda lerlager på sina ställen. Avseende kornstorlek är silt en jord som befinner sig mellan lera och sand, lera vilket är en kohesionsjord och sand som är en friktionsjord. Silt utgör med andra ord en övergång mellan kohesionsjord och friktionsjord och kan ha egenskaper och beteende från de båda jordarna.

I hänsyn till stabilitetsberäkningar gäller för kohesionsjord att både odränerad och kombinerad analys utförs och för friktionsjord utförs dränerad analys. Enligt "SGI Vägledning 8" behöver man för siltjordar ta ställning till vilken analysmetod som är styrande (odränerad, kombinerad eller dränerad) och utifrån det bedöma erforderliga säkerhetsfaktorer utifrån analystyp. Generellt uppvisar den mer finkorniga siltjorden, tex lerig silt, ett mer odränerat beteende när ett skred utvecklas och att den mer grovkorniga siltjorden, tex sandig silt, uppvisar ett mer dränerat beteende.

För att avgöra om en siltjord beter sig med mer dränerande eller odränerande egenskaper kan dräneringsförhållandena baseras på B_q -värdet, porttrycksparameter som kan erhållas i samband med CPT-sondering. Tyvärr var CPT-sondering i samband med undersökningen 2023 enbart möjlig i begränsad utsträckning i förekommande lera där sonden inte kunnat neddrivas ytterligare enligt för metoden normalt förfarande när övergång till silt påträffats.

I samband med utredningen under 2023 bedömdes att förekommande siltjord, som redovisas som siltjord i utförda beräkningar, i huvudsak ska analyseras med dränerande egenskaper eftersom den enligt laboratorieanalys beskrivs som silt (mellansilt) och att den vid platsbesöket

noterades ofta förekommande som grovsilt/finsandig silt i blottade slänter. För de laboratorieprover som beskrivits som tex lerig silt eller siltig lera har det i utförda beräkningar redovisats som lera vilket innebär att dess kohesionsegenskaper tagits till hänsyn till i beräkningar.

I sitt yttrande vill SGI förtydliga att säkerhetsfaktorn för siltiga jordar ska vara densamma som för lerjordar, det vill säga att även siltjordar ska uppnå säkerhetsfaktorn för odränerad och kombinerad analys. Detta är framförallt avgörande för de sektioner som redovisats och beräknats för enbart dränerad analys, det vill säga sektion D och E. Tyréns står fast vid att förekommande siltlager i utförda beräkningar i huvudsak beter sig dränerat och att de därmed ska uppfylla säkerhetsfaktor för dränerad analys, som angivet och redovisat i **Tabell 4** och Bilaga 1. Eftersom det dock inte kunnat styrkas med tillexempel en jämförelse av B_q -värde eller kornstorleksverifiering vid tex en siktanalys har berörda sektioner D och E kontrollerats om farligare glidytor kan uppträda om silten istället bedöms ha kohesionsegenskaper.

I utförda kompletterande beräkningar har silt antagit ha en motsvarande odränerad skjuvhållfasthet som angiven friktionsvinkel.

7.3 Resultat

Resultat från utförda beräkningar redovisas i Bilaga 1 samt visas sammanställt i **Tabell 4**.

Tabell 4. Beräkningsresultat stabilitet, för mer information se vidare Bilaga 1. Grön markering representerar tillfredsställt resultat och orange markering representerar ej tillfredsställt resultat.

Sektion	Analys	Last	Säkerhetsfaktor		Bilaga 1
			F _{Beräknad}	F _{Erforderlig}	
B	Odrän.		1,5	1,5	Sida 1
	Odrän.	60 kPa ¹	1,4		Sida 2
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,5		Sida 3
	Komb.		1,5	1,4	Sida 4
	Komb.	60 kPa ¹	1,4		Sida 5
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,5		Sida 6
C	Odrän.		3,0	1,5	Sida 7
	Odrän.	60 kPa ¹	1,5		Sida 8
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	2,0		Sida 9
	Komb.		1,9	1,4	Sida 10
	Komb.	60 kPa ¹	1,4		Sida 11
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,9		Sida 12
D	Drän.		1,4	1,3	Sida 13
	Drän.	60 kPa ¹	1,4		Sida 14
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,4		Sida 15
D (norra)	Drän.		1,1	1,3	Sida 16
	Drän.	60 kPa ¹	1,1		Sida 17
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,1		Sida 18
E	Drän.		1,3	1,3	Sida 19
	Drän.	60 kPa ¹	1,0		Sida 20
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,2		Sida 21
F	Odrän.		1,5	1,5	Sida 22
	Odrän.	60 kPa ¹	1,2		Sida 23
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,5		Sida 24
	Komb.		1,4	1,4	Sida 25
	Komb.	60 kPa ¹	1,1		Sida 26
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,4		Sida 27

¹Last vid släntkrön

²Last 10 m från släntkrön

7.3.1 Resultat södra sidan

Samtliga sektioner på den södra sidan av Skenaån uppfyller kraven beräkningsmässigt med nuvarande förhållanden. Vid lastökning med 60 kPa, motsvarande ca 3 m uppfyllnad, vid släntkrön varierar resultaten framförallt för slänterna längst i väster, sektion E och F vilka även är de brantaste beräknade slänterna (ca 1:2 lutning) samt sektion B där den mäktigaste leran förekommer, som alla tre inte når upp till kraven. När lasten flyttas ca 10 m från släntkrön uppfylls kraven för samtliga sektioner

på den södra sidan av Skenaån då ingen lastökning (0 kPa) placeras inom de 10 m från släntkrön, se vidare kapitel 7.3.2.

7.3.2 Naturmark, utökad last

Samtliga sektioner på den södra sidan av Skenaån tillåter beräkningsmässigt en tillskottslast om 10 kPa i släntkrön med undantag för sektion E. Slänten står idag brant och även en relativt liten last såsom 10 kPa har en negativ inverkan direkt vid släntkrön.

7.3.3 Förändring vattennivå

Sektionerna har kontrollerats med en högre och lägre antagen vattennivå i Skenaån, 1 m lägre- och högre än uppmätt vattennivå +90. Glidyten vid den högre vattennivån går i silt och betraktas därmed som dränerad, även om analysen utförts odränerad med hänsyn till förekommande lera som konservativt antagits kunna förekomma även längre ner i slänten.

7.3.4 Resultat norra sidan

En kontrollsektion har utförts för den norra sidan av Skenaån. Vid jämförelse av utförda beräkningar tyder beräkningarna på att slänten är relativt oberoende av om en ytterligare markbelastning med valda laster, vare sig på släntkrön eller en bit från släntkrön. Däremot visar beräkningarna på att slänten idag står för brant (ca 1:2) och därmed beräkningsmässigt med gjorda konservativa antaganden inte når upp till kraven. Dessa glidytor är dock belägna i slänthöften och ett mindre ras där påverkar inte säkerheten för hela slänten initialt men kan försämra släntens geometriska förutsättningar som sekundärt kan påverka släntstabiliteten negativt.

Vid ett kompletterande platsbesök den 9 mars 2023 noterades block och friktionsjord i Skenaån och sticksondering kunde enbart utföras till ett ytligt stopp i å-kant i läge för aktuell sektion. Det bedöms därför som att det sannolikt är ett grovt konservativt antagande att siltjord förekommer i åbotten. Friktionsjord samt block agerar även som en mothållande effekt i stabilitetssynpunkt vilket är positivt.

7.3.5 Siltjord

Eftersom nedan sektioner enbart utförts som en kompletterande kontroll redovisas resultatet från kontrollen separat enligt Bilaga 2 samt sammanställt enligt nedan **Tabell 5**.

Resultatet tyder på att även då silten analyseras med kohesionsegenskaper uppstår inte farligare glidytor. Däremot är jorden känsligare för tillkommande last som placeras i direkt anslutning till släntkrön.

Sammanfattningsvis uppfyller sektion D och E beräkningsmässigt en tillfredsställd släntstabilitet även om de analyseras för odränerad- och kombinerad analys för nuvarande förhållanden, samt om en tillkommande last placeras minst 10 m från släntkrön.

Tabell 5. Beräkningsresultat stabilitet för kompletterande kontroll avseende dräneringsförutsättning. För mer information se vidare Bilaga 2. Grön markering representerar tillfredsställt resultat och orange markering representerar ej tillfredsställt resultat.

Sektion	Analys	Last	Säkerhetsfaktor		Bilaga 2	
			F _{Beräknad}	F _{Erforderlig}		
D	Drän.		1,4	1,3		Resultat från Tabell 4
	Drän.	60 kPa ¹	1,4			
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,4			
	Odrän.		3,3	1,7-1,5	Sida 1	
	Odrän.	60 kPa ¹	2,0		Sida 2	
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	3,0		Sida 3	
	Komb.		2,3	1,5-1,4	Sida 4	
	Komb.	60 kPa ¹	1,8		Sida 5	
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	2,3		Sida 6	
D (norra)	Drän.		1,1	1,3		Resultat från Tabell 4
	Drän.	60 kPa ¹	1,1			
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,1			
	Odrän.		2,3	1,7-1,5	Sida 7	
	Odrän.	60 kPa ¹	1,5		Sida 8	
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	2,3		Sida 9	
	Komb.		1,5	1,5-1,4	Sida 10	
	Komb.	60 kPa ¹	1,3		Sida 11	
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,5		Sida 12	
E	Drän.		1,3	1,3		Resultat från Tabell 4
	Drän.	60 kPa ¹	1,0			
	Drän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,2			
	Odrän.		2,5	1,7-1,5	Sida 13	
	Odrän.	60 kPa ¹	1,3		Sida 14	
	Odrän.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,6		Sida 15	
	Komb.		2,0	1,5-1,4	Sida 16	
	Komb.	60 kPa ¹	1,2		Sida 17	
	Komb.	10 kPa ¹ , 60 kPa ²	1,5		Sida 18	

8 Erosion

Slänterna ned mot Skenaån består i huvudsak av blandad naturlig växtlighet där generellt de brantare slänterna är lokaliserad i ytterkurvorna av Skenaån vilket kan vara tecken på pågående eller åtminstone historisk

erosion. För en del av den norra sidan av Skenaån är det högre belägna släntkrönet en bit in från Skenaån och bildar i dag en lägre platå innan ån, se **Figur 9**. För den södra sidan av Skenaån där huvudsakligen stabilitetsberäkningar utförts förekommer generellt de brantare och högre slänterna i områdets västra del (se **Figur 10**) medan flackare och lägre slänter förekommer inom områdets östra del (se **Figur 11**).

Vid utfört platsbesök kunde inga färskas erosionsskador identifieras däremot finns tecken på att viss erosion har skett i samband med ett högre vattenstånd, se **Figur 12**.



Figur 9. Fotografi från platsbesök på den norra sidan av Skenaån. Skenaån ligger till höger i bild.



Figur 10. Fotografi taget från den södra sidan av Skenaån från den västra delen av området.



Figur 11. Fotografi taget från den södra sidan av Skenaån från den mer östra delen av området.



Figur 12. Fotografi taget från den norra sidan där tecken på viss erosion kan skimras på den södra sidan av Skenaån.

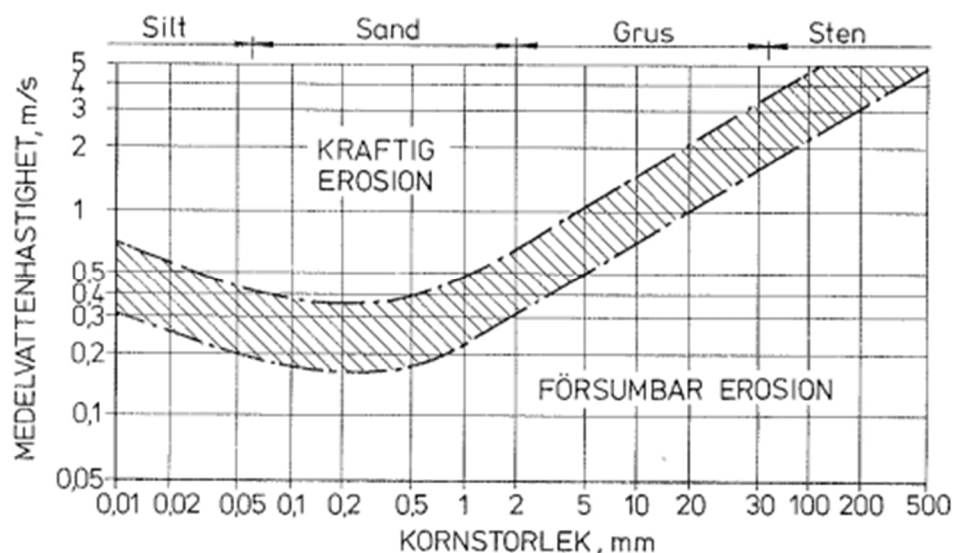
För att erhålla uppgifter kring ungefärlig vattenhastighet i Skenaån med hänsyn till risk för erosion har flödesuppgifter erhållits för delavrinningsområde 4143 på SMHI:s vattenwebb. Vattenhastighet och vattendjup har beräknats med Mannings formel för en antagen sektion om bottenbredd 1 m, släntlutning 1:2 och ett Mannings tal på 20. För beräknade värden se **Tabell 6**.

Baserad på nedan beräknade värden var vattennivån den 24 januari troligtvis nära 1 m, det vill säga att vid 1 m lägre vattennivå är ån sannolikt mer eller mindre torrlagd. Vid 1 meter över inmätt vattennivå motsvarar detta ett års högsta värde, vilket också är i storleksordningen som ett 2-5 årsflöde.

Vid jämförelse av de beräknade hastigheter och **Figur 13** finns det risk för erosion vid de högre flödena samt om det förekommer finjord i åslänterna. Vid platsbesöket kunde det dock konstateras att det snarare redan skett viss erosion av finjord och att det i dag är större andel av blandjord med stenar och block som i huvudsak förekommer i Skenaån. Risk för erosion kan därför helt inte uteslutas men har som helhetsbedömning ingen avgörande påverkan för framtida bebyggelse.

Tabell 6. Beräknad hastighet, vattendjup för delavrinningsområde 4143.

	Total vattenföring [m³/s]	Beräknad hastighet [m/s]	Beräknat vattendjup [m]	Antagen släntlutning 1:k (under vattenytan)
HQ50	10,7	1,4	2,63	2
HQ25	9,47	1,3	2,5	2
HQ10	7,76	1,1	2,31	2
HQ5	6,41	1,0	2,13	2
HQ2	4,37	0,8	1,82	2
HHQ	4,75	0,9	1,89	2
MQ	0,47	0,2	0,68	2
MLQ	0,04	0,1	0,2	2
Q (24 jan 2023)	0,943	0,3	0,94	2



Figur 13. Diagram för samband mellan medelvattenhastighet, kornstorlek och erosionsrisk (Skredkommissionen, Rapport 3:95).

9 Rekommendationer

9.1 Grundläggning och sättningar

För detaljplaneområdet norr om Skenån visar utförd undersökning på fast lagrade jordförhållanden med relativt små jordmäktigheter. Sättningar bedöms därför som små för bebyggelse där sättningar i huvudsak kommer uppkomma momentant med belastning. Grundläggning kommer sannolikt kunna utföras med plattgrundläggning för byggnadsstorlek upp till fyra våningsplan.

För detaljplaneområdet söder om Skenån förekommer lera och en något lösare lagrad friktionsjord med förekomst av siltjord. Det saknas underlag för att göra detaljerade sättningsberäkningar kring förekommande lera, detta på grund av att lerans sättningsegenskaper inte gått att undersöka i laboratorium (på grund av för hög fasthet för att ta ostörda prover). Efter utförda undersökningar bedöms sättningar dock bli små vid mindre bebyggelse där byggnader upp till tre våningar sannolikt kunna utföras med plattgrundläggning. För den östra delen av detaljplaneområdet, där mäktigare lera förekommer vilket ökar sättningsstorleken, kan dock pålgrundläggning vara aktuellt för motsvarande byggnadsstorlek.

Det ska observeras att en högre höjdsättning i området kan begränsa byggnadshöjder eftersom byggnad tillsammans med markuppfyllnad ger en total markbelastning på marken, till exempel för detaljplaneområdet söder om Skenån inom den västra delen där byggnation bedöms kunna utföras med plattgrundläggning för byggnader upp till tre våningsplan utan att skadliga sättningar uppstår. Detta bidrar med en ungefärlig markbelastning om ca 30 kPa där enbart normalt packningsarbete av dränerande fyllning under byggnad är inkluderat, det vill säga enbart några decimeter högre marknivå än befintliga marknivåer. Skulle marknivån höjas 0,5 m från befintliga markförhållande bidrar detta med en markbelastning om ca 10 kPa. Med 0,5 m uppfyllnad och gällande bedömning kring plattgrundläggning begränsas byggnadsstorleken till då till två våningsplan.

Planeras marken inom detaljplaneområdet att höjas eller större byggnation än ovan angivet kan kompensationsgrundläggning eller pålning vara aktuellt.

När placering, höjdsättning och typ av byggnation är fastställd rekommenderas att objektspecifik undersökning utföras för varje byggnadsverk för att avgöra kring slutlig grundläggning.

9.2 Schaktarbeten

Det förekommer fyllningsjord huvudsakligen inom området norr om Skenaån samt inom den östra delen av området söder om Skenaån. Eftersom fyllningens exakta innehåll och packningsinformation saknas klassas befintlig fyllning som okontrollerad där dess hållfasthetsegenskaper ej går att säkerställa. Under ny byggnation rekommenderas därför att befintlig fyllning schaktas ur och ersätts och packas med ny kontrollerad fyllning enligt AMA Anläggning.

9.3 Anläggning av hårdgjorda ytor

De ytliga jordlagren inom undersökningsområdet varierar något mellan utförda undersökningspunkter och exakt planerad byggnation och höjdsättning av området är för Tyréns okänt. Generellt består de ytliga jordlagren inom området av fyllning, tillhörande materialtyp 2 och tjälfarlighetsklass 1, samt lera eller silt, tillhörande materialtyp 5B och tjälfarlighetsklass 4.

9.4 Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)

Inom undersökningsområdet förekommer generellt relativt normala grundvattennivåer det vill säga ca 2-3 m under markytan. Dock består jordlagerföljden generellt av finjord vilket har en begränsad möjlighet för infiltration.

Det aktuella området är beläget över en reservgrundvattentäkt. Det finns en risk att infiltrera dagvatten då eventuell förorening i jord då kan spridas till grundvattentäkten. Omhändertagandet av dagvatten rekommenderas därför att i första hand ledas bort från skyddsområdet och i övrigt utföras med hjälp av tex dikning till fördröjningsmagasin för att klara av större flöden.

9.5 Stabilitet och erosion

Efter utförda beräkningar kan det konstaterats att med konservativt antagande kring delvis okända uppgifter (det vill säga bottenprofil och relativt få antal undersökningspunkter) är släntstabiliteten tillfredställande med dagens förhållanden. Dock vid en ökad markbelastning vid släntrön eller vid en högre vattennivå i Skenaån är släntstabiliteten inte längre tillfredställande längs hela sträckan. Därmed ska ett avstånd om 10 m från släntrön lämnas byggnadsfritt och att marknivån inom detta område ej

ändras då det kan bidra med en ökad markbelastning. Det har dock kontrollerats om ytan, inom 10 m från släntkrön, kan användas som naturmark/prickmark vilket beräkningsmässigt ytan tillåter med undantag för området kring sektion E.

De brantaste partierna längst med Skenaån, framförallt på den norra sidan av Skenaån, rekommenderas vidare att man bevarar den växtlighet som förekommer som har en naturligt skyddande funktion mot erosion. Ska området närmast Skenaån användas för tex gångbanor eller dylikt ska de brantaste slänterna flackas av. Det rekommenderas vidare på grund av den branta lutningen på den norra sidan att hålla ett avstånd om 10 m likt för den södra sidan byggnadsfritt, ytan kan dock om så önskas användas som naturmark/prickmark.

Önskas något av områden där stabiliteten ej är tillfredsställande att ändå exploateras eller belastas så krävs en fördjupad stabilitetsutredning samt kontroll för stabilitetshöjande åtgärder.

9.6 Markradon

Undersökning för markradon har inte utförts i rubricerad utredning eftersom mätperioden för mätning av markradon ej lämpar sig för tidpunkten av utförd undersökning då tjäle i marken kan riskera felaktiga resultat. Det rekommenderas att mätning av markradon kompletteras i ett senare skede då risk för tjäle i marken ej finns.

9.7 Sammanfattning

Detaljplaneområdets markförhållanden varierar framför allt mellan den norra och den södra sidan av Skenaån där det är generellt är fastare markförhållanden på den norra sidan.

För den södra sidan kan grundläggning och ytterligare höjning av mark behöva begränsas för att undvika skadliga sättningar. Med förutsättning att marknivån behålls med dagens nivå bedöms byggnader med våningsantal upp till tre kunna utföras med plattgrundläggning tex kantförstyvad platta på mark. För den östra delen av området är markförhållandena generellt något lösare där pålgrundläggning kan vara aktuellt för samma byggnadsstorlek.

Sammanfattningsvis kring stabilitet och erosion vill Tyréns skicka med rekommendationerna och krav till beställaren att:

- Justera rådande planförslag avseende naturmark/prickmark i närhet till sektion E för den södra sidan. Det krävs vid sektion E att inom 10 m från släntrönn lämnas ytan helt byggnadsfritt samt att ingen tillkommande last, inte ens mindre markjusteringar som 0,5 m, placeras inom 10 m från släntrönn utan att en fördjupad stabilitetsutredning utförs. Det är även av hög prioritering att släntgeometrier inte förändras på ett negativt sätt i stabilitetssynpunkt utan att ytterligare kontroller utförs. På grund av detta ska erosionsskydd inom området utföras i rimlig/önskad omfattning.
- När en dagvattenlösning finns framtagen ska denna kontrolleras för att inte ha en negativ påverkan på släntstabiliteten i området.
- Justera rådande planförslag så att en genomförbar lösning för att förhindra erosion framgår i planen.

9.7.1 Restriktioner

- Att ett område om 10 m från släntrönn vid Skenån, på den norra och södra sidan, lämnas byggnadsfritt och att marknivån bibehålls med dagens nivåer. Det tillåts dock mindre markjusteringar eller ej bygglovspliktig byggnation vilket innebär att området kan användas som naturmark/prickmark.
- Att ett område om 10 m från släntrönn vid Skenån i närhet till sektion E, lämnas helt från ny belastning (0 kPa tillåts). Området ska därför lämnas byggnadsfritt och att ingen ytterligare last eller ökning av marknivå tillåts inom ytan.
- Att befintlig växtlighet bevaras i branta slänter längs med Skenån, i annat fall flackas ut eller förses med erosionsskydd.