



Göteborgs Stad, Fastighetskontoret

Gamlestads torg och Gamlestadens fabriker, Göteborg

Geoteknisk utredning för detaljplan
PM Geoteknik



Göteborg 2011-10-28
Sweco Infrastructure AB
Geoteknik, Göteborg

Uppdragsnummer 2305 440-001

SWECO
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203, 403 14 Göteborg
Telefon 031-62 75 00
Telefax 031-62 77 22
www.sweco.se

Uppdrag 2305 440-001; olac

p:\2321\2305440_dp gamlestaden\000\16 text\pm_geoteknik-dp_gamlestaden.docx



INNEHÅLL	1 Allmänt	2
	2 Tidigare utförda undersökningar och utredningar	3
	3 Geologisk/historisk utveckling i området	3
	4 Geoteknisk översikt	4
	4.1 Topografi och områdesbeskrivning	4
	4.2 Geotekniska förhållanden	4
	4.2.1 Jordlagerföljd	4
	4.2.2 Skrymdensitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet	5
	4.2.3 Odränerad skjuvhållfasthet	6
	4.2.4 Konsolideringsförhållanden	8
	4.3 Geohydrologiska förhållanden	8
	4.4 Erosionsförhållanden i Säveån	9
	5 Stabilitet	10
	5.1 Allmänt	10
	5.2 Erforderlig säkerhetsfaktor	10
	5.3 Beräkningsförutsättningar	11
	5.3.1 Utformning och geometri	11
	5.3.2 Marklaster	11
	5.3.3 Grundvatten, porttryck och vattennivå	11
	5.3.4 Materialparametrar	12
	5.4 Stabilitetsanalyser, befintliga förhållanden	13
	5.5 Stabilitetsanalyser, detaljplan	15
	5.6 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser	15
	5.7 Känslighetsanalys	16
	6 Sammanfattning och rekommendationer	17
	6.1 Stabilitet	17
	6.2 Erosion	17
	6.3 Grundläggning och sättningar	17
	6.4 Ledningar och pumpstationer	18
	6.5 Schakt- och fyllnadsarbeten	18
	6.6 Omhändertagande av dagvatten	18
BILAGOR	1 Utvärderad skjuvhållfasthet	
	2 Stabilitetsberäkningar	
	3 Historiska kartor	

Gamlestads torg & Gamlestadens fabriker, Göteborg

Geoteknisk utredning för detaljplan

PM Geoteknik

1 Allmänt

På uppdrag av Fastighetskontoret, Göteborgs Stad, har Sweco Infrastructure AB utfört en geoteknisk utredning i samband med framtagandet av detaljplaner för Gamlestads torg och Gamlestadens fabriker inom stadsdel Gamlestaden i Göteborg. Området är beläget i anslutning till Säveån enligt nedanstående flygfoto.

Området planeras för bostäder, kontor, kultur- och fritidsverksamheter, samt att utveckla Gamlestads torg som lokal och regional knutpunkt med bland annat en ny pendeltågstation. För området söder om Säveån skall huvudsakligen befintlig industrimiljö kompletteras. Norr om Säveån skall bland annat två befintliga spårvägsbroar rivas och ersättas av nya och den befintliga viadukten för biltrafik över Säveån (Gamlestadsvägen) skall rivas och ersättas av en ny bro. Vidare skall en ny vägtunnel anläggas för att binda samman Artillerigatan med Slakthusgatan.



Figur 1 Flygfoto över detaljplaneområdet.

Syftet med den geotekniska utredningen har varit att bestämma de geotekniska förhållandena och förutsättningarna för grundläggning av nya byggnader och anläggningar inom området, samt klarlägga stabilitetsförhållandena för detaljplaneområdet.

2 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

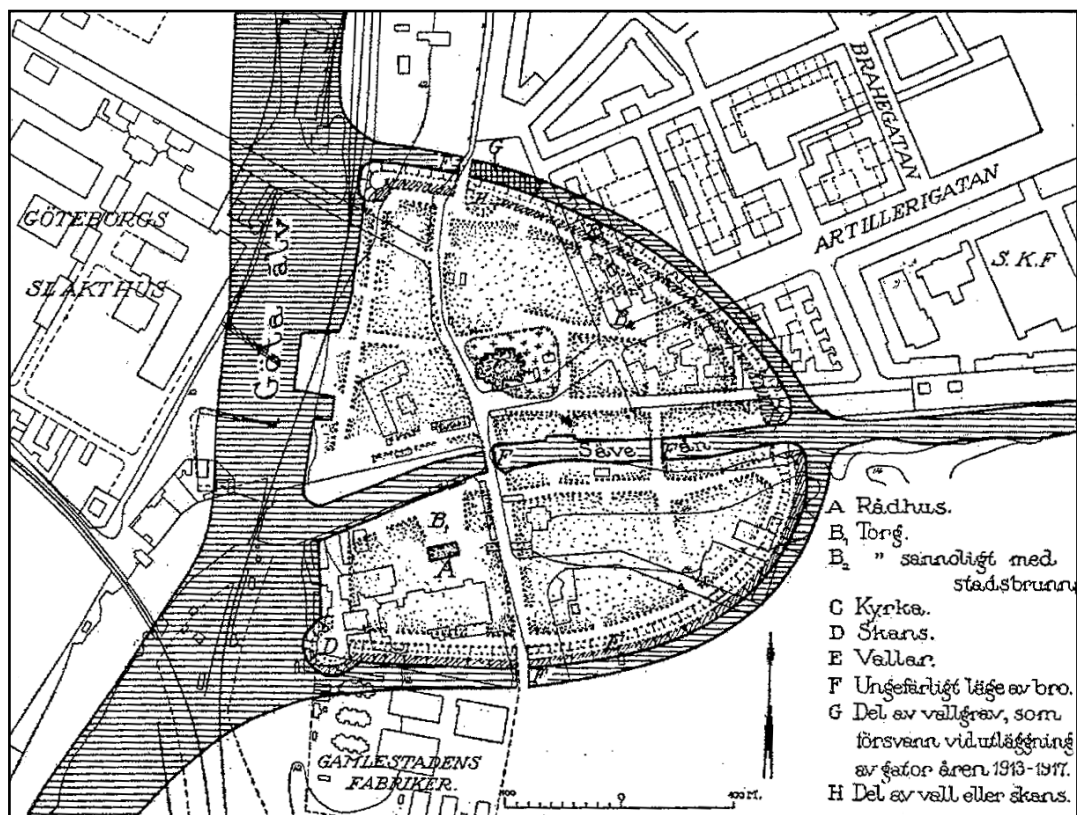
I anslutning till det aktuella undersökningsområdet har en stor mängd geotekniska undersökningar utförts under årens lopp såväl i anslutning till utbyggnad av järnväg (Norge-/Vänerbanan, delen Marieholm-Olskroken) och spårväg som för markområden i anslutning till Gamlestads torg och Gamlestadens fabriker. Tidigare utförda undersökningar har tillsammans med kompletterande utförda geotekniska undersökningar utgjort underlag för denna utredning.

Tidigare utförda undersökningar finns sammanställda och redovisade i en tillhörande Rapport Geoteknisk undersökning (RGeo) till detaljplanerna för Gamlestads torg och Gamlestadens fabriker med följande benämning:

- ”DP Gamlestads torg och Gamlestadens fabriker. Rapport geoteknisk undersökning (RGeo). Sweco Infrastructure AB, daterad 2011-10-28 (uppgiftsnummer 2305440).

3 Geologisk/historisk utveckling i området

Markområden och älv-/åfåror kring Gamlestads torg har förändrats under årens lopp. Området för den befintliga järnvägen utgjordes ursprungligen av ett biflöde till Göta älv, se karta (Figur 2) över Nya Lödöse från senare delen av 1600-talet. På kartan kan bland annat noteras att det förekommer något som synes vara gamla kajplatser i läget för broarna över Sävån.



Figur 2 Gamla älvfåran "Ur den vandrande stadens tid, Nya Lödöse Älvsborgs stad"

På stadskartan från år 1809 benämns området för Gamlestadsholmen och Marieholm utgör vad som synes vara en förbindelse mellan holmen och fastlandet precis norr om Sävåns utflöde, se Bilaga 3.

På generalstabskartan från år 1863 har området döpts om till Marieholm och den fasta förbindelsen norr om Sävåns är tydligt markerad med en väg och någon form av fastighet. Vattenflödet var således stoppat vid kartans framställande och det forna biflödet utgjorde en vik i vilken stor sedimentation av finare material från Göta älv utbildades, se Bilaga 3.

På generalstabskartan från år 1930 har fåran blivit helt igenfylld. Hur stor del av de utfyllda massorna som utgörs av naturligt avsatta material och igenfyllda material är svårt att bedöma.

4 Geoteknisk översikt

4.1 Topografi och områdesbeskrivning

Markytan inom planområdet ligger idag på nivån ca +10,0 till +14,0 (Göteborgs lokala höjdsystem¹). Området utgörs generellt av gatumark och naturmark närmast invid Sävåns.

Den omgivande markytan ligger ca 2-3 m över Sävåns lågvattenyta (LLW +8,9). Området är generellt flackt och närmast Sävåns är släntlutningen ner mot ån ca 1:2-1:4. Enligt ekolodningar av Sävåns bottenografi, utförda av Sweco år 2011, ligger Sävåns botten som lägst på nivån ca +5,5 till +6.

Sävåns stränder är inom huvuddelen av planområdet försett med erosionsskydd av varierande typ (stödmurar i betong och sprängsten).

4.2 Geotekniska förhållanden

4.2.1 Jordlagerföljd

Jordlagren inom planområdet utgörs överst av ett ytligt lager med fyllnadsmassor som huvudsakligen består av sand, grus, sten, lera. Fyllnadsmassornas mäktighet varierar generellt mellan ca 1-4 m med de största mäktigheterna i området mellan Gamlestadsvägen och järnvägen. I dessa delar av området förekommer även byggregester i fyllnadsmassorna. De naturligt avlagrade jordlagren under fyllnadsmassorna utgörs huvudsakligen av ett lager med en lös siltig lera, av varierande mäktighet, som vilar på ett lager med friktionsjord av okänd mäktighet innan berget tar vid.

Lermäktigheten inom området varierar mellan ca 5 till 70 m med en ungefärlig variation i lerdjup enligt Figur 3 nedan. Djupet till fast botten ökar generellt mot väster och utförda undersökningar vid spårvägsbroar för Angeredsbanan över Sävåns har stoppat på djup kring ca 70 m under markytan.

Utförda CPT-sonderingar inom området indikerar på att leran är relativt homogen utan några genomgående vattenförande skikt.

¹ Göteborgs lokala höjdsystem motsvarar rikets höjdsystem RH70 +10,07 m.



Figur 3 Ungefärliga lerdjup

4.2.2 Skrymdensitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet

Skrymdensiteten (ρ) i leran t har vid utförda laboratorieundersökningar bestämts till ca 1,6-1,8 t/m³ med en ökande tendens mot djupet. I fyllnadsmaterialet bedöms skrymdensiteten till ca 1,8 t/m³.

Konflytgränsen (w_L) i leran, ner till djupet 15 m, varierar generellt mellan ca 60-80 % för att därunder minska till ca 40 %. Den naturliga vattenkvoten följer samma mönster men är generellt ca 10 % lägre än konflytgränsen.

Utförda laboratorieundersökningar visar inte på någon förekomst av högsensitiv lera eller kvicklera² då sensitiviteten, S_t , i upptagna jordprover varierar mellan ca 8-25.

² Som kvicklera brukar i Sverige betecknas leror med en skjuvhållfasthet $\leq 0,4$ kPa i omrört tillstånd och med en sensitivitet ≥ 50 . Kvickleror kännetecknas av att de vid omrörning förlorar näst intill all sin hållfasthet.

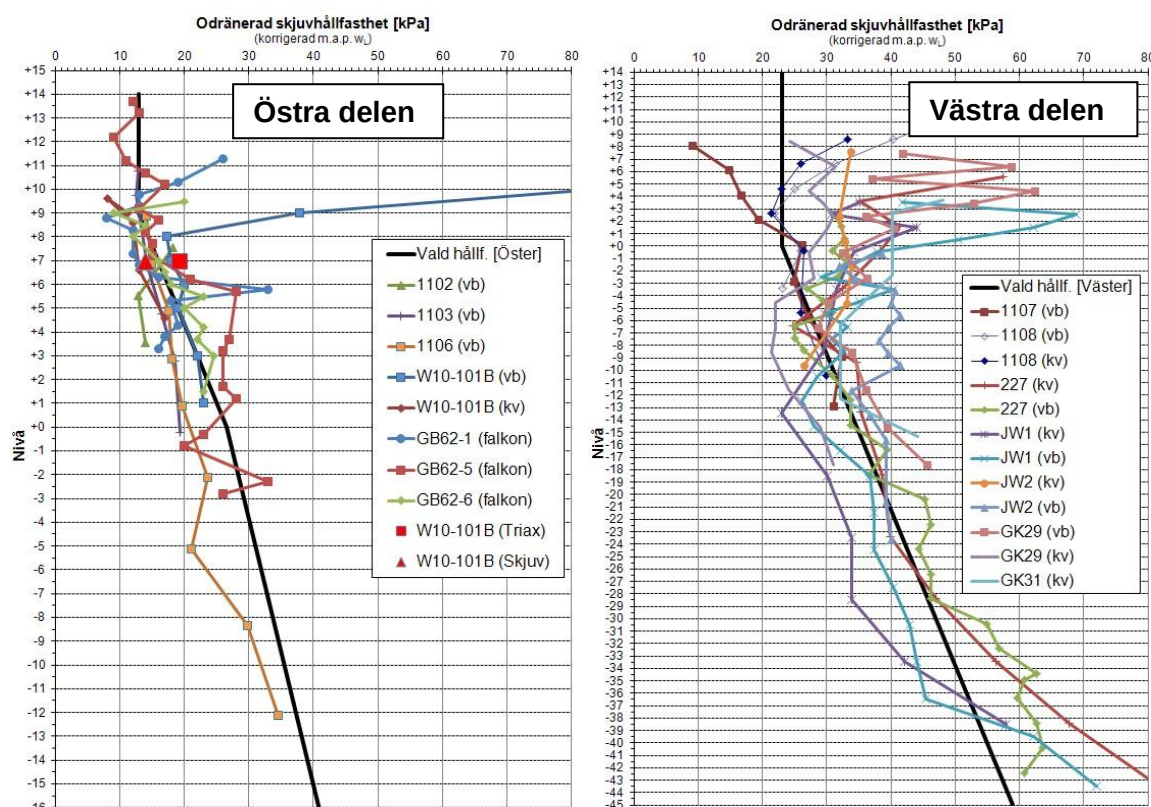
4.2.3 Odränerad skjuvhållfasthet

Den odränerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats ur ett antal hållfasthetsbestämningar som utförts på leran i området såväl i fält- och laboratorium. Generellt är skjuvhållfastheten betydligt högre i de västra delarna av området än i de östra delarna, dvs. där förekomsten av fyllnadsmassor är som störst.

Öster om Gamlestadsvägen har den odränerade skjuvhållfastheten (τ_{fu}), korrigerad med avseende på konflytgränsen, utvärderats till ca 13 kPa ner till nivån ca +9 (vilket motsvarar ca 5 m under befintlig markyta). Därunder ökar skjuvhållfastheten mot djupet med ca 1,5 kPa/m ner till nivån +0. Från nivån +0 är hållfasthetstillväxten mot djupet i leran ca +0,9 kPa/m.

Väster om Gamlestadsvägen har den odränerade skjuvhållfastheten (τ_{fu}), korrigerad med avseende på konflytgränsen, utvärderats till ca 23 kPa ner till nivån ca +0 (vilket motsvarar ca 12 m under befintlig markyta). Därunder ökar skjuvhållfastheten mot djupet med ca 0,8 kPa/m.

I nedanstående diagram (Figur 4 och 5) redovisas sammanställningar av utförda hållfasthetsbestämningar tillsammans med utvärderade hållfasthetsprofiler för området öster resp. väster om Gamlestadsvägen.



Figur 4 Sammanställning av hållfasthetsbestämningar i planområdets östra respektive västra delar.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats till:

Tabell 1 Vald odränerad skjuvhållfasthet i östra delarna av planområdet

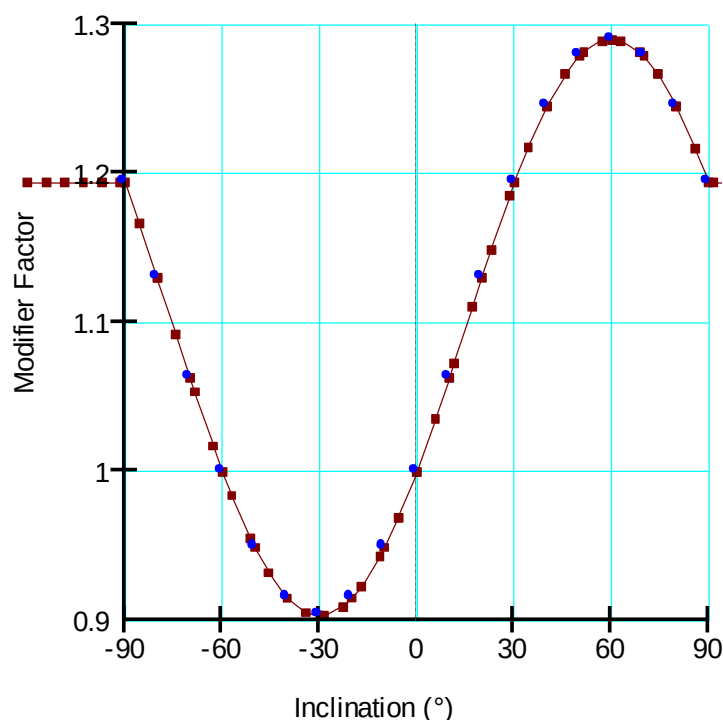
Nivå	Odränerad skjuvhållfasthet, τ_{fu}
+13 till +9	13 kPa
+9 till +0	13+1,5·z kPa (z räknad från +9)
+0 –	26,5+0,9·z kPa (z räknad från +0)

Tabell 2 Vald odränerad skjuvhållfasthet i västra delarna av planområdet

Nivå	Odränerad skjuvhållfasthet, τ_{fu}
+13 till +0	23 kPa
+0 –	23,5+0,8·z kPa (z räknad från +0)

I samband med tidigare utförda utredningar (SKF, Bellevue industriområde mfl.) i anslutning till planområdet har flertalet triaxialförsök utförts på upptagna ostörda lerprover med syfte att studera de anisotropa egenskaperna i lerna. Försöken har påvisat att hållfasthetsanisotropi kan tillgodoskrivas i leran.

Vid stabilitetsberäkningarna har hållfasthetsanisotropi använts med anisotropifunktionen som gäller för $K_0=0,7$ (enligt Skredkommissionens anvisningar 3:95) vilket normalt råder för västsvenska leror. Detta betyder i praktiken att i glidyternas aktivzon, beroende på skjuvytans lutning mot horisontalplanet, erhålls en förhöjning av den odränerade skjuvhållfastheten med ca 0-30 % (sinusformad funktion beroende på skjuvplanets lutning, Figur 5). I glidyternas passivzon erhålls däremot en reduktion av skjuvhållfastheten med ca 0-10 %. Effekten av anisotropi blir därmed större ju brantare slänten och glidyten är.



Figur 5 Anisotropifunktion, $K_0=0,7$.

Anisotropifunktion ($K_0=0,7$) kan anses vara försiktigt vald med hänsyn till att ett antal utförda triaxialförsök i närområdet visar att skjuvhållfastheten vid ett aktivt brott är normalt är mer än 40-50 % högre än vid direkt skjuvning. Underlaget för val av en högre anisotropifunktion än $K_0=0,7$ anses dock inte tillräckligt stort i detta skede.

Beaktande av hållfasthetsanisotropi i leran ger för slänterna mot Säveån ett positivt bidrag (ökning) till säkerhetsfaktorn mot brott med ca 5-6 %.

4.2.4 Konsolideringsförhållanden

I samband med tidigare utförda utredningar i området har det utförts ett stort antal CRS-försök i området. Leran i huvuddelen av området bedöms generellt vara överkonsoliderad med en överkonsolideringsgrad (OCR) mellan ca 1,2 till 1,4.

Inom de västra delarna av planområdet pågår krypsättningar då effektivspänningen i leran vid dagens förhållanden överskrider 80 % av förkonsolideringstrycket (d.v.s. $\sigma'_0 > 0,8 \cdot \sigma'_c$). Mot denna förutsättning bedöms krypsättningar pågå ner till stora djup i de delar av området där utfyllnader utförts.

4.3 Geohydrologiska förhållanden

Grundvattenytans läge återfinns generellt i överkant av den lösa leran, dvs. i allmänhet på mellan 1 till 2 m djup under markytan. Från den fria vattenytan är portrycksfördelningen i leran mestadels hydrostatisk ned till 3 à 6 m djup. Därifrån bedöms portrycksökningen öka konstant med djupet ned till rådande grundvattentryck i friktionsjorden under leran (dvs. den undre akvifären). Grundvattentrycken i denna akvifär varierar över tid och styrs bl.a. av nederbörd och tillrinning från omgivande bergspartier. Tidigare utförda mätningar av trycknivå i friktionsjorden visar generellt att ett svagt poröverttryck råder i den undre akvifären.

I de östra delarna av planområdet har artesiskt grundvattentryck uppmätts vid de lägre marknivåerna närmast Säveån.

I marken närmast Säveån finns idag flera VA-ledningar, brunnar och kulvertar. Flertalet av dessa har tagits ur bruk men kan lokalt utgöra en viss dränering i de ytliga jordlagren.

Vattenståndsnivåerna i Säveån redovisas i nedanstående tabell (Tabell 3).

Tabell 3 Vattenståndsnivåer i Säveån i läget för den nya spårvägsbron (enl. SMHI).

HHW	+11,85
MW	+10,10
LLW	+8,9

4.4 Erosionsförhållanden i Säveån

Längs Säveåns stränder inom planområdet finns erosionsskydd av varierande kvalitet.

Mellan Gamlestadsvägen och Norge-/Vänerbanan finns idag befintliga stödmurar och kajkonstruktioner på båda sidor av Säveån. Närmast Gamlestadsvägen finns erosionsskydd av god kvalitet i form av sprängsten, se Figur 6.



Figur 6 (a) Stödmurar och kajkonstruktioner (b) Erosionsskydd i form av sprängsten.

I öster mellan Gamlestadsvägen och SKF finns idag erosionsskydd i form av sprängsten på båda sidor om Säveån, se Figur 7 nedan. På den södra sidan av Säveån är erosionsskyddet av god kvalitet. På norra sidan vid SKF:s parkeringar finns tecken på tidigare utlagt erosionsskydd på botten av ån men som idag ej går upp i slänten ovan vattenytan. Måttlig erosion pågår i form av ursköljning längs strandlinjen.



Figur 7 (a) Norra sidan: Erosionsskydd av god kvalitet (b) Södra sidan vid SKF:s parkering: Spår av tidigare erosionsskydd och måttlig pågående erosion.

5 Stabilitet

5.1 Allmänt

Stabiliteten har analyserats i 5st sektioner inom området enligt nedanstående figur.

Stabilitetsanalyserna har utförts i kombinerad och odränerad analys med Slope/W version 7.17 (GeoStudio 2007). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod för cirkulärcylindriska och sammansatta glidytor. Utförda stabilitetsberäkningar redovisas i sin helhet i Bilaga 2.



Figur 8 Översiktskarta sektioner för stabilitetsanalys.

5.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts enligt Skredkommissionens anvisningar, rapport 3:95, där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för *Detaljerad stabilitetsutredning* för markområden med markanvändningen ”Nybyggnation”.

Enligt ovanstående gäller vid detta projekt därmed följande rekommendation på säkerhetsfaktorn utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 4 Rekommenderat säkerhetsrekommendation enligt Skredkommissionens anvisningar (Rapport 3:95, Tabell 8:1).

F_c	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,45-1,35$
F_ϕ	$\geq 1,3$ (sand)

Det rekommenderade säkerhetskravet utgörs således av ett ”spänn” mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Vilket krav på erforderlig säkerhetsfaktor som råder inom ett projekt bestäms av ett stort antal faktorer som betecknas som ”gynnsamma” eller ”ogynnsamma”. Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora

konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.

Längs med Sävåns stränder i Gamlestaden är de geotekniska förhållandena väl kända. Ingen kvicklera har påträffats i området. Vidare pågår heller ingen aktiv erosion. För det aktuella området bedöms därför att den lägre delen av ”spannet” är att betrakta som erforderlig säkerhetsnivå.

Tabell 5 Gällande säkerhetsrekommendation i samband med detta projekt.

F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,4$

5.3 Beräkningsförutsättningar

5.3.1 Utformning och geometri

Som underlag till geometrin vid stabilitetsberäkningen har befintligt kartmaterial för området (digital primärkarta med 0,5 m ekvidistans) använts. Sävåns bottenpografi har bestämts vid ekolodning (Sweco år 2011).

5.3.2 Marklaster

Vid utförandet av stabilitetsanalyserna har trafiklasten enligt nedanstående tabell använts, i enlighet med Skredkommissionens anvisningar

Tabell 6 Lastförutsättningar

Lasttyp	Last	Bredd
Spårvägstrafik	15 kPa	2,5 m
Vägrafik	10 kPa	vägbredd
Gång- och cykeltrafik	5 kPa	vägbredd

Vid stabilitetsanalyserna har markbelastningar från befintliga byggnader som inte är grundförstärkta ansatts med 10 kPa per våningsplan. Eventuella källarvåningar har reducerat markbelastningen och på grundläggning har förutsatts föra ner belastningen från byggnaden till stora djup och inverkar därmed inte i stabilitetsanalyserna.

5.3.3 Grundvatten, porttryck och vattennivå

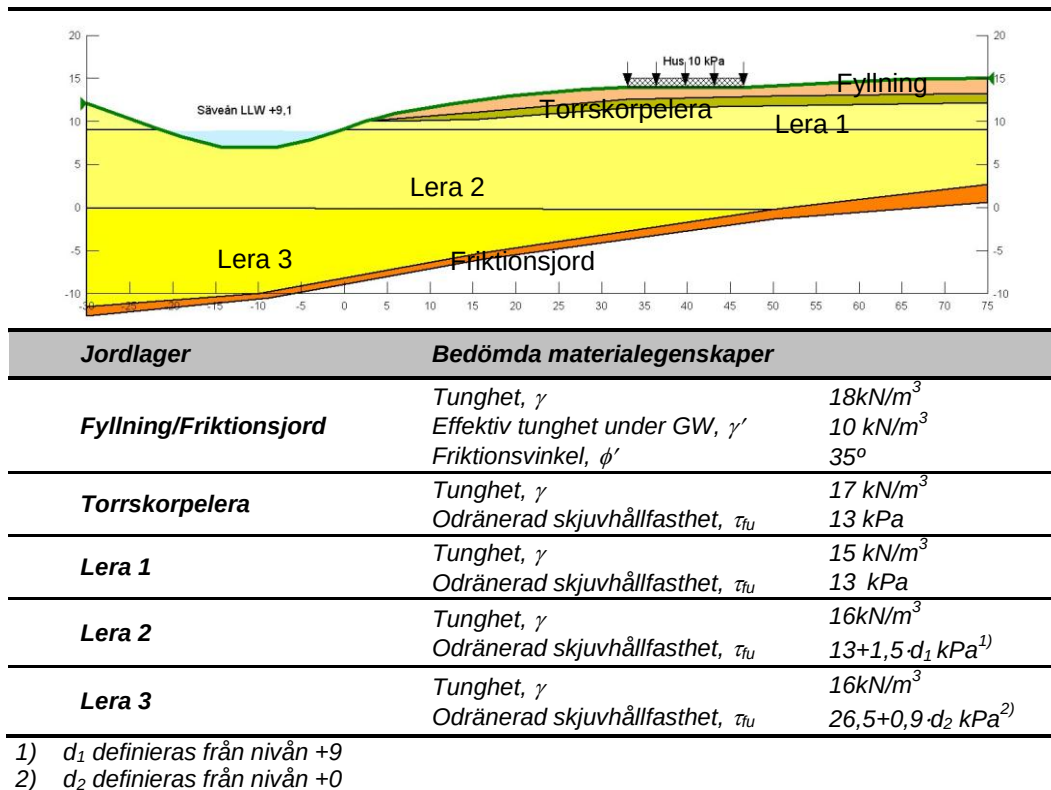
Grundvattenytans läge har vid stabilitetsanalyserna placerats på djupet ca 1-2 m under befintlig markyta och sammanfaller med Sävåns vattenyta i slänkfot.

I utförda stabilitetsberäkningar har vattennivån i Sävån satts till nivån för lägsta lågvattennivå (LLW +8,9) då vattnets mothållande effekt är som lägst. Då den odränerade skjuvhållfastheten är dimensionerande i området antas porttrycket i leran ha en hydrostatisk profil mot grundvattenytan. Porttryckets inverkan på stabilitetssituationen har analyserats, se vidare i kapitel 5.7 Känslighetsanalys.

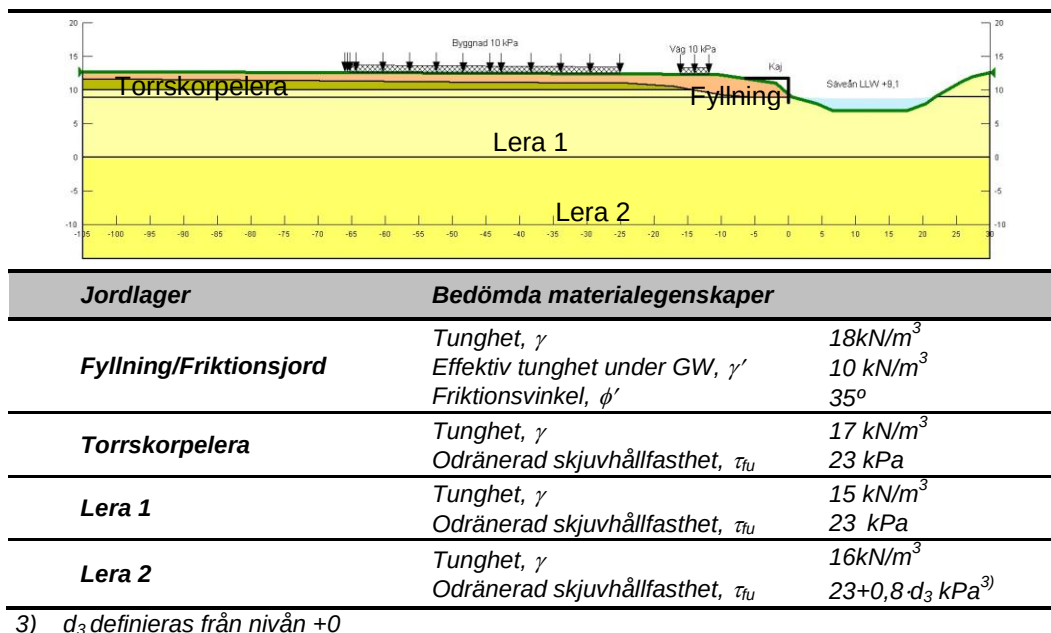
5.3.4 Materialparametrar

Materialegenskaper samt jordlagrens mäktighet har utvärderats från geotekniska undersökningar. I nedanstående tabell redovisas de materialegenskaper som använts vid stabilitetsanalyserna.

Tabell 7 Valda/utvärderade materialegenskaper för stabilitetsberäkningar i sektion A, B och D



Tabell 8 Valda/utvärderade materialegenskaper för stabilitetsberäkningar i sektion C och E.

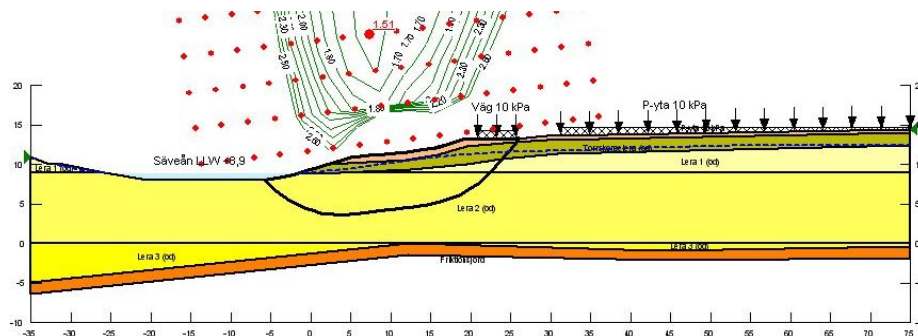


Lerans dränerade hållfasthetsegenskaper har vid stabilitetsberäkningarna antagits till $\phi'=30^\circ$ och $c'=0,1 \cdot \tau_{fu}$, vilket normalt gäller för leror i Västsverige.

5.4 Stabilitetsanalyser, befintliga förhållanden

Sektion A, östra delarna av parkeringsytorna vid SKF

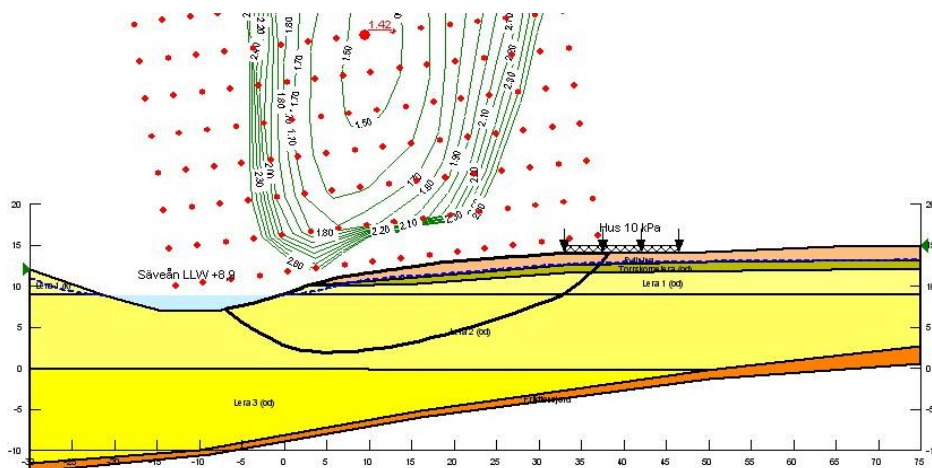
Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden visar på en säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott som är ca $F_c=1,5$ (se Figur 9) respektive ca $F_{komb}=1,4$ (Bilaga 4). Glidytor med lägst säkerhetsfaktor mot brott berör markområdet ca 25 m från ån. Stabiliteten uppfyller därmed de, enligt Skredkommissionens anvisningar, rekommenderade säkerhetsnivåerna för befintliga förhållanden.



Figur 9 Stabilitetsanalys, sektion A. Odränerad analys.

Sektion B, västra delarna av parkeringsytorna vid SKF

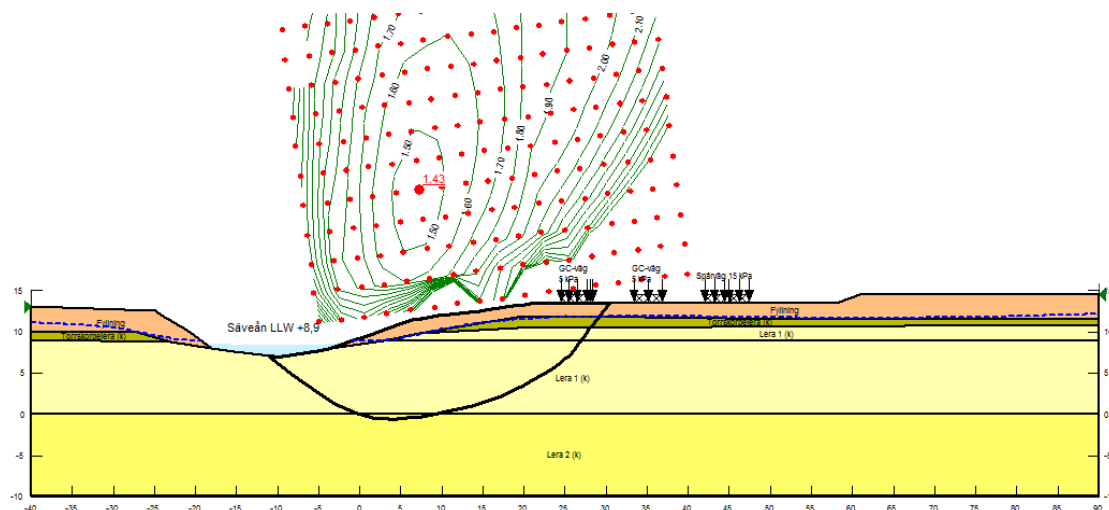
Befintlig byggnad är i tre våningsplan plus källare. Nettobelastningen från byggnaden har därmed ansatts till 10 kPa. Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden visar på en säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott som är ca $F_c=1,4$ (enligt Figur 10) respektive mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,4$ (Bilaga 2). Glidytor med lägst säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 45 m. Stabiliteten uppfyller därmed *inte* de, enligt Skredkommissionens anvisningar, rekommenderade säkerhetsnivåerna för en detaljerad utredning. Stabilitetsanalyserna visar vidare att den odränerade analysen är dimensionerande.



Figur 10 Stabilitetsanalys, sektion B. Odränerad analys.

Sektion C, Gamlestads torg

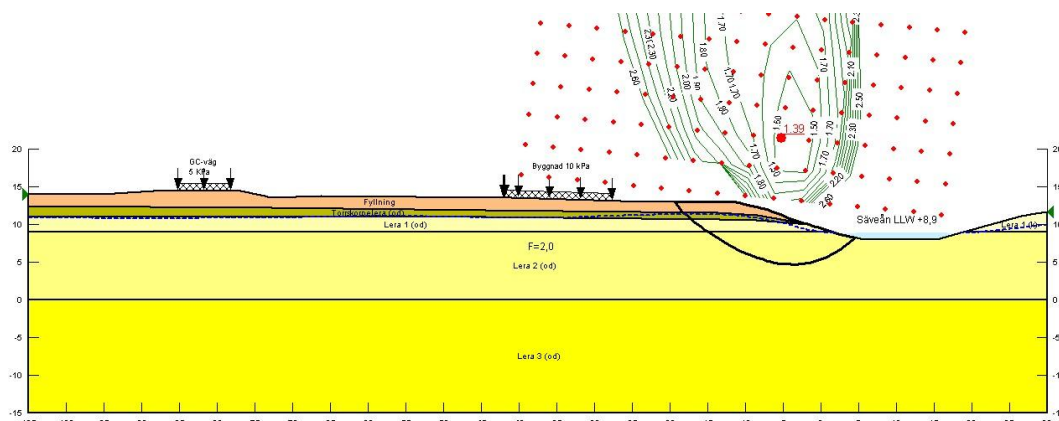
Sektion C är placerad för att representera stabilitetsförhållandena väster om Gamlestads-
vägen mot Gamlestads torg. För befintliga förhållanden är Säkerhetsfaktorn mot ett
odränerat brott ca $F_c=1,5$ (enligt Bilaga 2) respektive mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,4$
(Figur 11). Stabiliteten uppfyller därmed de, enligt Skredkommissionens anvisningar,
rekommenderade säkerhetsnivåerna för befintliga förhållanden.



Figur 11 Stabilitetsanalys, sektion C. Kombinerad analys.

Sektion D

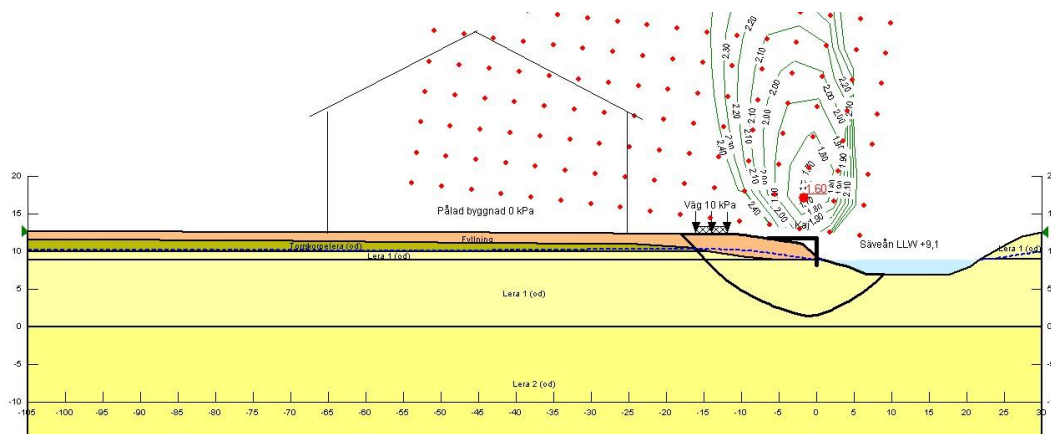
Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden visar på en säkerhetsfaktor mot stabilitets-
brott som är ca $F_c=1,4$ (enligt Figur 10) respektive mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,3$
(Bilaga 2). Glidytorna med lägst säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 20-25m.
Stabiliteten uppfyller därmed *inte* de, enligt Skredkommissionens anvisningar,
rekommenderade säkerhetsnivåerna.



Figur 12 Stabilitetsanalys, sektion D. Odränerad analys.

Sektion E, Gamlestadens fabriker

Befintlig byggnad är pålgrundlagd. Nettobelastningen från byggnaden har därmed ansatts till 0 kPa. Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden visar på en säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott som är ca $F_c=1,6$ (enligt Figur 13) respektive mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,4$ (Bilaga 2). Glidytor med lägst säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 20-25 m. Stabiliteten *uppfyller* därmed de, enligt Skredkommissionens anvisningar, rekommenderade säkerhetsnivåerna.



Figur 13 Stabilitetsanalys, sektion E. Odränerad analys.

5.5 Stabilitetsanalyser, detaljplan

Utredningsområdet i Gamlestaden är uppdelat i flera detaljplaneområden. Stabilitetsförhållandena för de olika detaljplanerna presenteras i separata PM för respektive planområde.

5.6 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

Utförda beräkningssektioner är placerade med syftet att täcka in och representera stabilitetsförhållandena för planområdet.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i beräkningssektionerna. Stabilitetsanalyserna redovisas i sin helhet i Bilaga 2.

Vissa släntavsnitt av de befintliga slänterna mot Säveån inom av planområdet uppfyller inte gällande rekommendationer enligt Skredkommissionen (detaljerad utredningsnivå). Väster om Gamlestadsvägen (sektion C och E) samt närmast Hornsgatan i östra delen av området är dock stabilitetsförhållandena tillfredsställande goda för dagens förhållanden.

Tabell 9 Säkerhetsfaktorer mot brott, befintliga förhållanden, i de analyserade beräkningssektionerna. Fet text innebär att rekommenderad säkerhetsnivå för stabiliteten, enligt Skredkommissionens anvisningar, inte är uppfyllda.

Sektion	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
Sektion A	1,51	1,42
Sektion B	1,42	1,37
Sektion C	1,54	1,43
Sektion D	1,39	1,27
Sektion E	1,60	1,45

5.7 Känslighetsanalys

I en geoteknisk stabilitetsberäkning finns det ett antal indata som påverkar säkerhetsfaktorn mot brott. Parametrar som t.ex. skjuvhållfasthet varierar med olika djup och olika undersökningsmetoder och markens geometri är inte alltid perfekt avbildad. Det finns därför alltid en viss osäkerhet i de resultat som erhålls vid en stabilitetsanalys vilket ska beaktas vid värdering och hantering av resultatet.

För att få en bild av hur olika parametrar inverkar på resultatet av stabilitetsanalyserna kan en känslighetsanalys utföras för de ingående parametrar i den geotekniska modellen. Känslighetsanalysen utgör ett stöd i bedömningen av olika parametrar. Det finns extra stor anledning att skaffa ett bra underlag för att bestämma en parameter som har stor inverkan på säkerhetsfaktorn mot brott. En känslighetsanalys kan t.ex. svara på om det finns anledning att vidare utreda parametrar som är något osäkra.

I denna detaljerade stabilitetsutredning har inledande känslighetsanalyser utförts med avseende på förhöjda portrycksnivåer där underlaget för att göra en exakt bedömning är begränsat. För övriga parametrar föreligger inget behov att utföra en känslighetsanalys i detta område.

Utförda analyser visar att säkerhetsfaktorn mot brott i de kombinerade analyserna inte är känslig för portryckshöjningar i leran då det är den odränerade skjuvhållfastheten som är dimensionerande gentemot den dränerade skjuvhållfastheten.

I sektion B har känslighetsanalyser utförts där portrycksprofilen modellerats att byggas upp linjärt från ca 5 m under grundvattenytan mot ett porövertryck på 30-50 kPa i underkant lera (motsvarar en trycknivå ca 1,5-3,5 meter över markytan). Analyser har även utförts där ett portryck har byggts linjärt från grundvattenytan med en portrycksökning på 1,2 kPa/m.

Dessa analyser med porövertryck visar att säkerhetsfaktorn inte påverkas i jämförelse med de beräkningar som utförs med ett hydrostatiskt portrycktryck. Känslighetsanalysen visar därmed att stabilitetssituationen i området ej är känslig för portrycksförändringar och att den odränerade skjuvhållfastheten är dimensionerande.

6 Sammanfattning och rekommendationer

6.1 Stabilitet

Flertalet släntavsnitt av de befintliga slänterna mot Sävån inom av planområdet uppfyller inte gällande rekommendationer enligt Skredkommissionen (detaljerad utredningsnivå). För detaljplanerna erfordras därmed stabilitetsförbättrande åtgärder (exempelvis genom lastkompensation av marken) och/eller lastbegränsningar såvida inte ytterligare utredning av stabilitetsförhållandena (fördjupad utredning) påvisar något annat. Förstärkningsåtgärder skall utformas så att erforderliga krav enligt Skredkommissionens anvisningar uppfylls.

6.2 Erosion

Öster om Gamlestadsvägen, på norra sidan av Sävån vid SKF:s parkeringar, finns tecken på tidigare utlagt erosionsskydd på botten av ån men som idag ej går upp i slänten ovan vattenytan. Måttlig erosion pågår i form av ursköljning längs strandlinjen. Komplettering av tidigare utlagt erosionsskydd, i form av t.ex. sprängsten, bör placeras upp i slänten längs den aktuella sträckan.

Övriga sträckor längs Sävån utgörs av stödmurar och kajkonstruktioner samt erosions-skydd av god kvalitet.

6.3 Grundläggning och sättningar

Marken inom planområdet är mycket sättningsbenägen. All form av ökade markbelastningar, till exempel genom uppfyllnader eller grundvattensänkning, medför långtidsbundna sättningar.

I området pågår idag sättningar (som idag till största delen utgörs av krypsättningar) i storleksordningen 0-0,5 cm/år. Sättningsdifferenser är speciellt påtagliga i anslutning till pålade konstruktioner. Belastningsökningar (för såväl permanenta och temporära skeden) inom området, till följd av uppfyllnader eller grundvattensänkning, skall undvikas med avseende på risken för att oönskade sättningar och sättningsdifferenser uppstår för planerade eller befintliga byggnader och anläggningar.

Nya byggnader och tyngre sättningskänsliga konstruktioner inom planområdet skall grundläggas på pålar. Källarvåningar skall utföras vattentäta för att undvika grundvattensänkning. Övergångar mellan pålade konstruktioner och omgivande mark, vid exempelvis entréer eller inom trafikerade ytor, föreslås utföras med länkplattor för att undvika för stora sättningsdifferenser. Ledningar som skall anslutas till byggnader måste utformas så att de klarar vissa rörelser.

Generellt gäller att schakter inom området bör utföras inom spont för att minimera omgivningspåverkan. Schaktslänter och sponter skall anpassas efter jordlagrens uppbyggnad och hållfasthet, samt med beaktande av förekommande belastningar och pågående trafik intill schakt.

Källarvåningar skall utföras vattentäta för att undvika grundvattensänkning. Med djupa källarvåningar och en grundvattenyta nära markytan blir byggnaden utsatt för lyftkrafter på

grund av vattentrycket. Vid detaljprojektering skall detta beaktas (detta gäller för såväl permanenta och temporära skeden). Åtgärder för att undvika upplyftning kan utgöras av en gravitationslösning (det vill säga en tyngre konstruktion) eller genom dragförankrade pålar.

Vid detaljprojektering av pålgrundläggning skall negativ mantelfriktion beaktas (till följd av pågående sättningar). Storleken på påhängslasterna skall bestämmas i kommande projekteringsskeden. Lerproppar skall dras, med anledning av massundanträngning, vid pålning i anslutning till intilliggande ledningar och byggnader. Pålning inom området försvåras av den mäktiga, fasta friktionsjorden under leran.

Vid kompensationsgrundläggning med lättfyllnadsmaterial skall risken för upplyftning, med anledning av höga grundvattennivåer, beaktas.

I samband med detaljprojektering och byggskede skall en byggnadsteknisk beskrivning upprättas där de geotekniska frågeställningarna noggrant beaktas. Vidare skall ett kontrollprogram med avseende på omgivningspåverkan upprättas som bl.a. beskriver krav och uppföljning av rörelser i intilliggande fastigheter.

6.4 Ledningar och pumpstationer

I samband med anläggande och nivåsättning av området skall hänsyn tas till befintliga ledningar inom det aktuella området så att dessa inte kommer till skada till följd av belastningar och sättningar från markuppfyllnader.

Nya ledningar kan i allmänhet utföras utan speciell grundläggning. För djupa (över 2 m) schakter erfordras spont (alternativt flacka slänter).

Pumpstationer (som inte medför en ökad last på undergrunden) kan grundläggas direkt i mark. Anslutning till pumpstationer skall utformas flexibla så att eventuella rörelser i ledning eller pumpstation kan tillåtas utan att problem uppstår.

6.5 Schakt- och fyllnadsarbeten

Generellt gäller att schakter inom planområdet bör utföras inom spont. Vid schaktarbeten med och utan spont skall hänsyn tas till risken för stabilitetsbrott. Schaktslänter och sponter skall anpassas efter jordlagrens uppbyggnad och hållfasthet, samt med beaktande av förekommande belastningar och pågående trafik intill schakt.

Vid arbeten inom området skall stabiliteten beaktas vid utförande av lokala schakter och uppfyllnader. Med hänsyn till stabilitetsförhållandena mot Säveån får inga temporära upplag utföras utan föregående stabilitetskontroller.

Uppfyllnader kommer att medföra framtida marksättningar.

6.6 Omhändertagande av dagvatten

Till följd av att de topografiska och geotekniska förhållandena inom detaljplaneområdena bedöms det inte föreligga någon överhängande risk för skadlig omgivningspåverkan, till följd av förändrad grundvattenbalans i samband med omhändertagande av dagvatten.

Jordartsförhållandena är av sådan karaktär (lerjord) att återinfiltration av omhändertaget dagvatten inte bedöms vara möjligt att utföra. Geotekniskt sett anses det dock ej heller finnas något behov av att utföra återinfiltration.

Göteborg 2011-10-28
Sweco Infrastructure AB, Geoteknik

Peter Damgaard

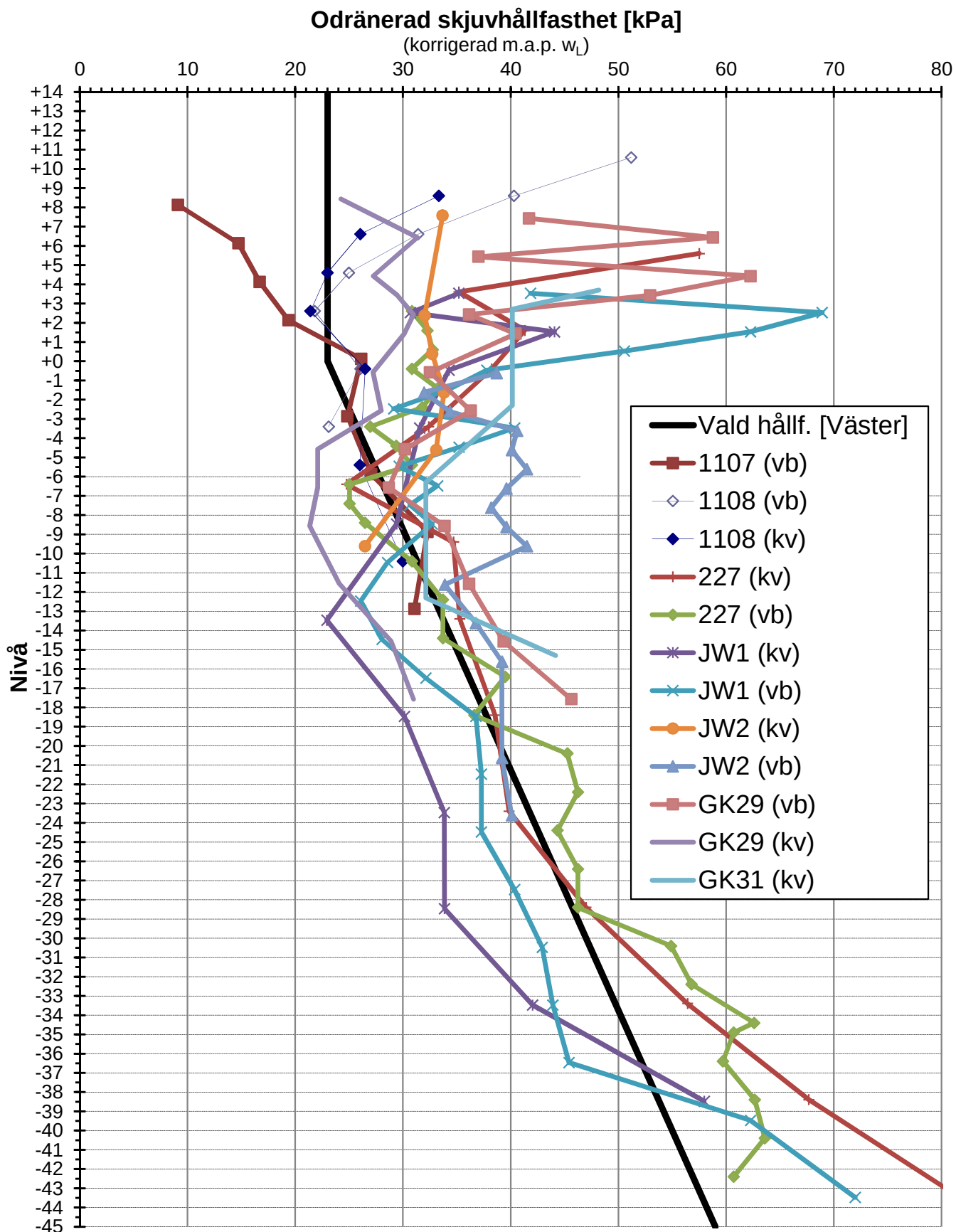
Ola Skepp

Bilaga 1

DP Gamlestaden - Väster (Sektion C & E) Göteborg



Sammanställning och utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet



Bilaga 2



DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detaljerad stabilitetsutredning

Sektion A
Odränerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning
Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gridtyor: Grid and Radius (optimization: Yes)
GW & porryck: Pressure Head Spatial Function
Filnamn: Sektion A.gsz
Senast sparad: 2011-10-21; 14:12:09
P:\2321\12305440_Dp Gamlestaden\00013 Beräkningar\Sektion A.gsz

Name: Torrskorpelera (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

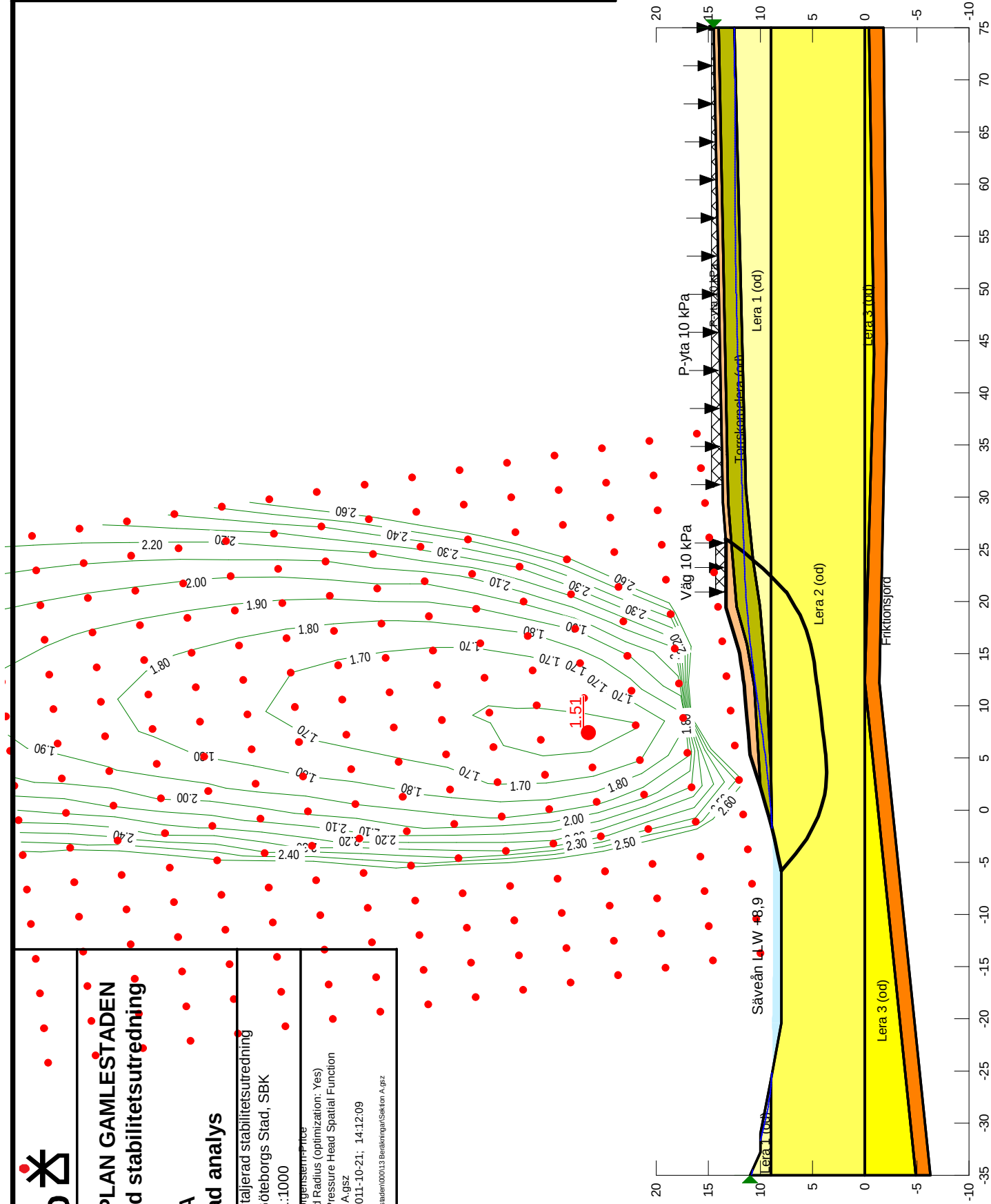
Name: Lera 1 (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

Name: Lera 2 (od)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 13 kPa
C-Rate of Change: 1.5 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 9 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Lera 3 (od)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 26.5 kPa
C-Rate of Change: 0.9 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 0 m





DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detaljerad stabilitetsutredning

Sektion A
Kombinerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning
Beställare: Göteborgs Stad, SBK
Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius (optimization: Yes)
GW & portryck: Pressure Head Spatial Function
Filnamn: Sektion A.gsz
Senast sparad: 2011-10-21, 14:12:09
P:\23212305440_Dp Gamlestaden\00013 Beräkningar\Sektion A.gsz

Name: Torrsorpelera (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

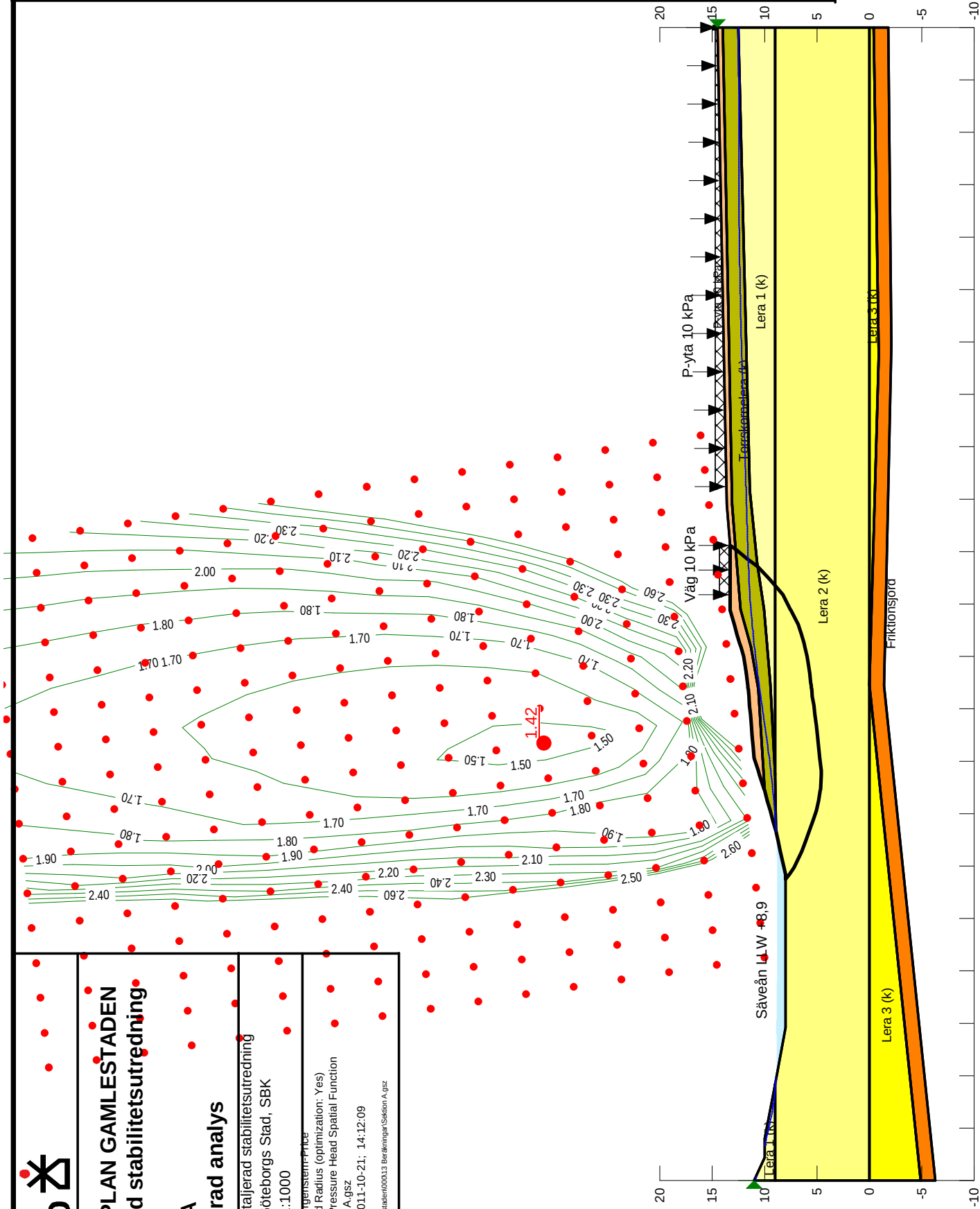
Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 2 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 9 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Lera 3 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 26.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 0 m





DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detaljerad stabilitetsutredning

Sektion B
Odränerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning

Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price

Gridtyck: Grid and Radius (optimization: Yes)

GW & porttyck: Pressure Head Spatial Function

Filnamn: Sektion B.gsz

Senast sparad: 2011-10-21; 15:19:18

P:\2321\235440_Drö Gamlestaden\00013 Beredning\Sektion B.gsz

Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Torrkorpelera (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

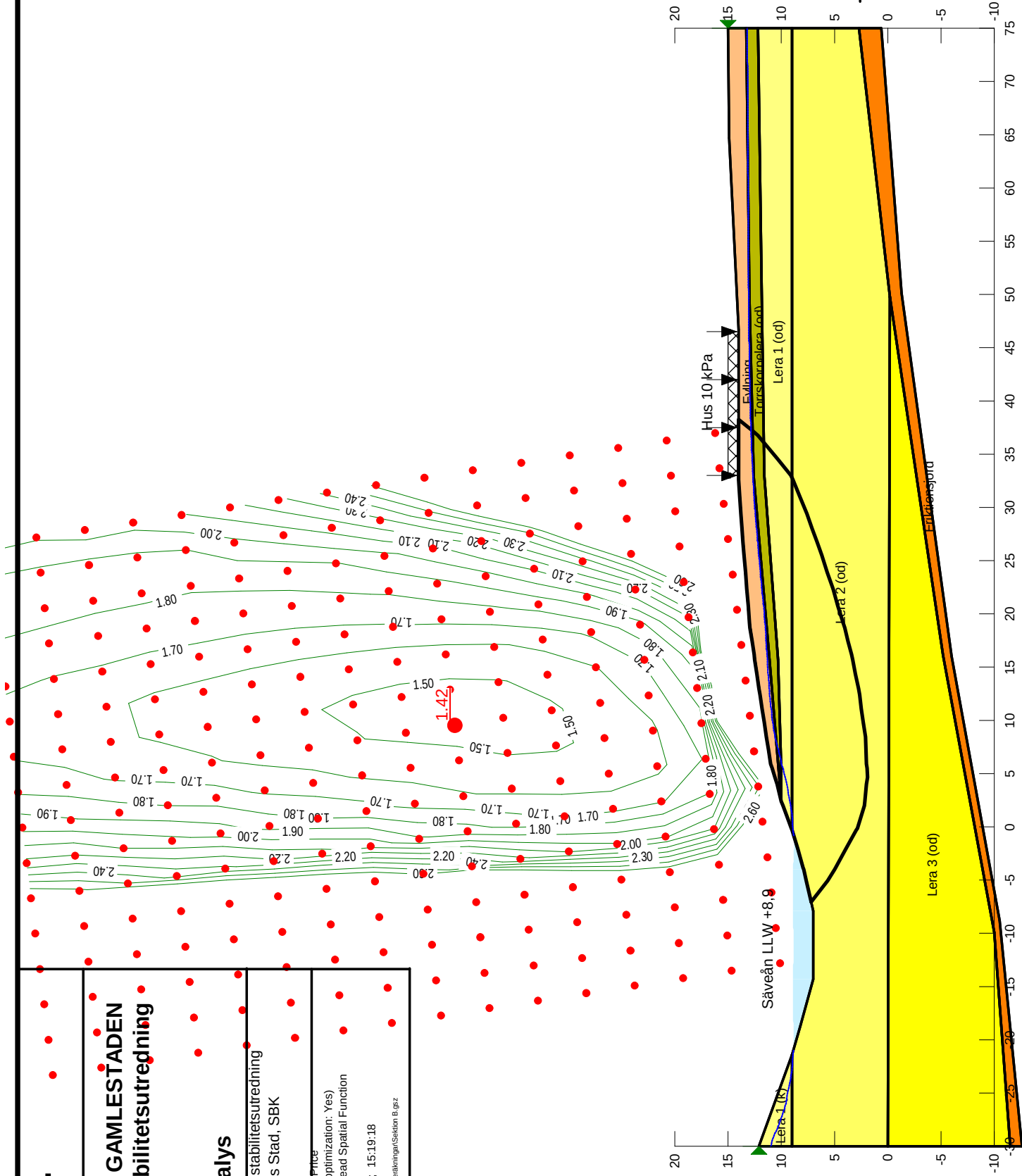
Name: Lera 1 (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

Name: Lera 2 (od)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 13 kPa
C-Rate of Change: 1.5 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 9 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Friktingsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Lera 3 (od)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 26.5 kPa
C-Rate of Change: 0.9 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 0 m





DETALJPLAN GAMLESTADEN

Detaljerad stabilitetsutredning

Sektion B

Kombinierter analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning

Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysemetode	Morgenstern-Price

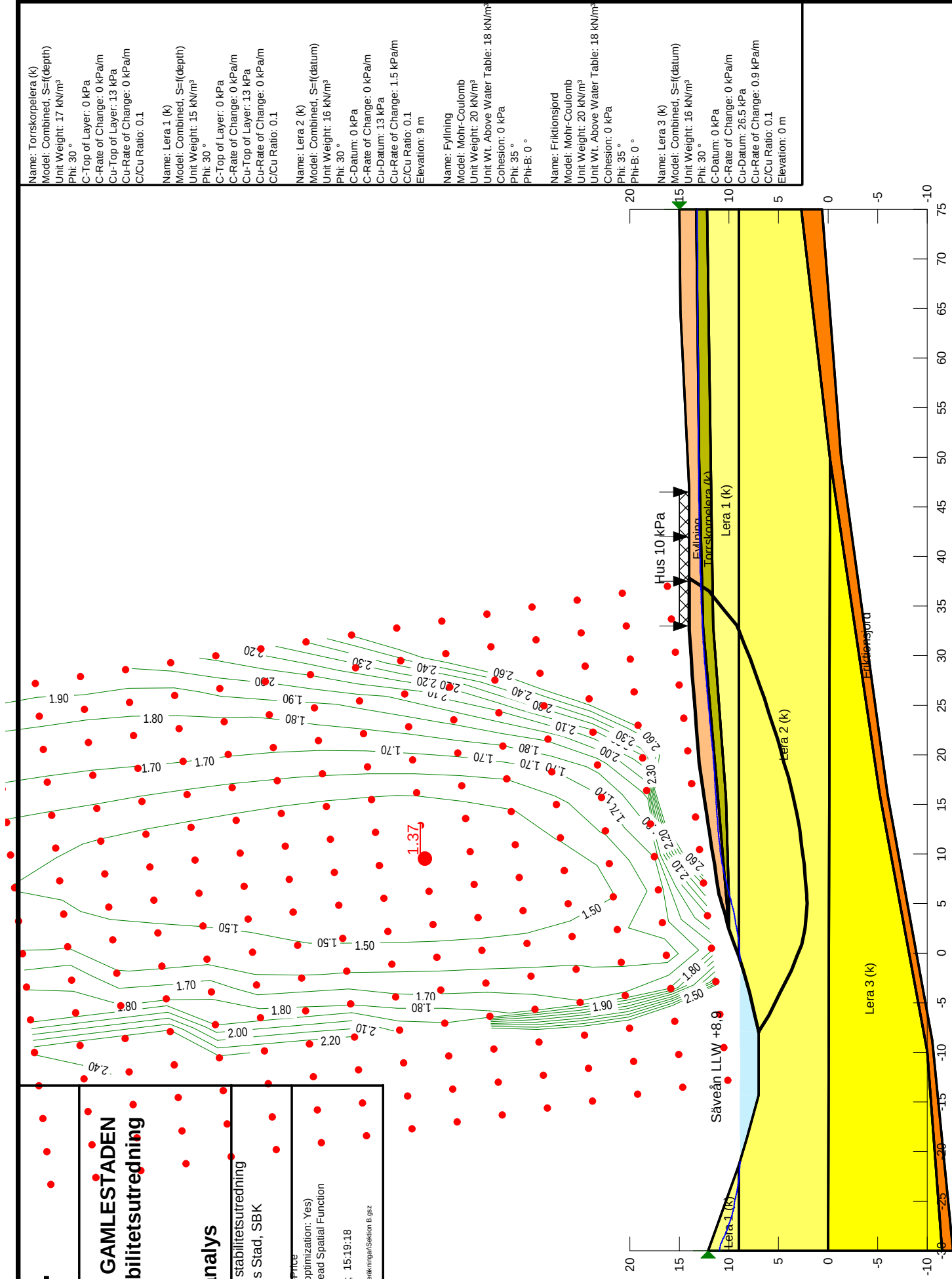
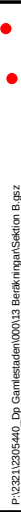
Grid and Radius (optimization: Yes)

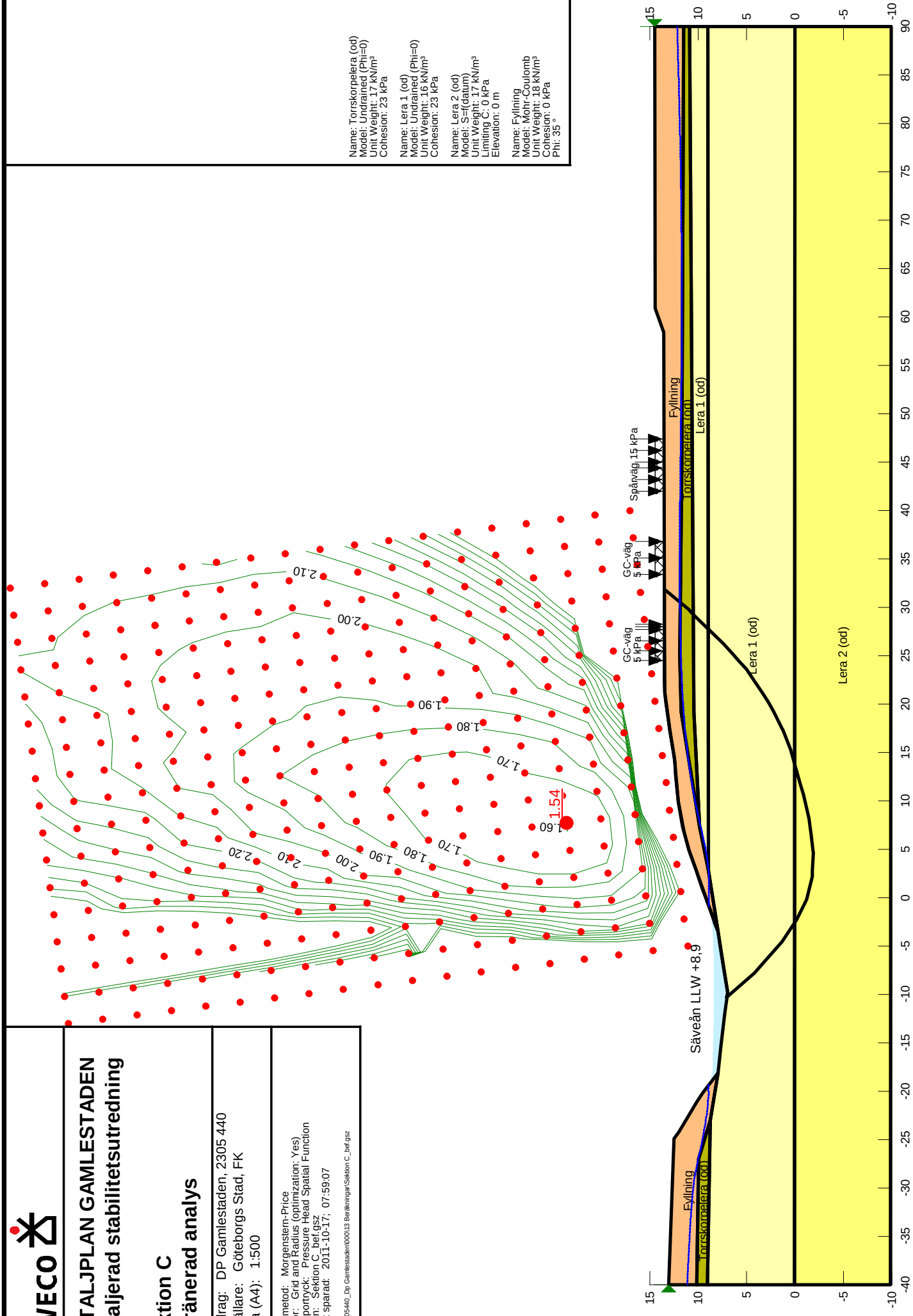
GW & portvck: Pressure Head Spatial Function

Filname: Sektion Basz

Prilomili: Sekretar B.ysz
Senast sparat: 2011-10-21: 15:19:18

SELLERS SPREAD: 2011-10-27, 13.19.10



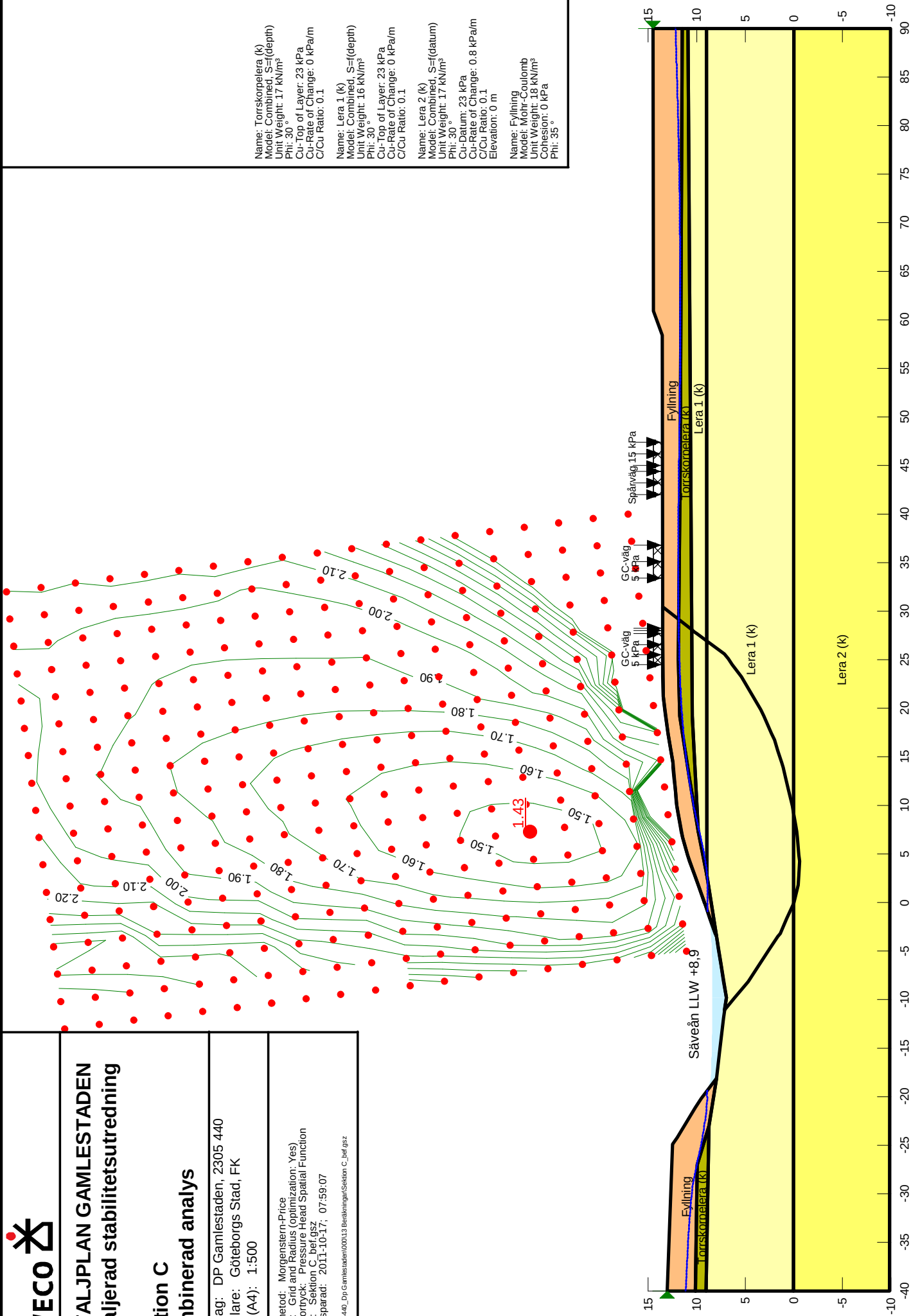


Name: Torrskorpelera (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 2 (k)
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0.8 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 0 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°





DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detailerad stabilitetsutredning

Sektion D
Odränerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning

Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price

Gridytor: Grid and Radius (optimization: Yes)

GW & portryck: Pressure Head Spatial Function

Filnamn: Sektion D.gsz

Senast sparad: 2011-10-21; 15:43:37

P:\2011\2365440_Dp Gamlestaden\000\3 Beräkningar\Sektion D.gsz

Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

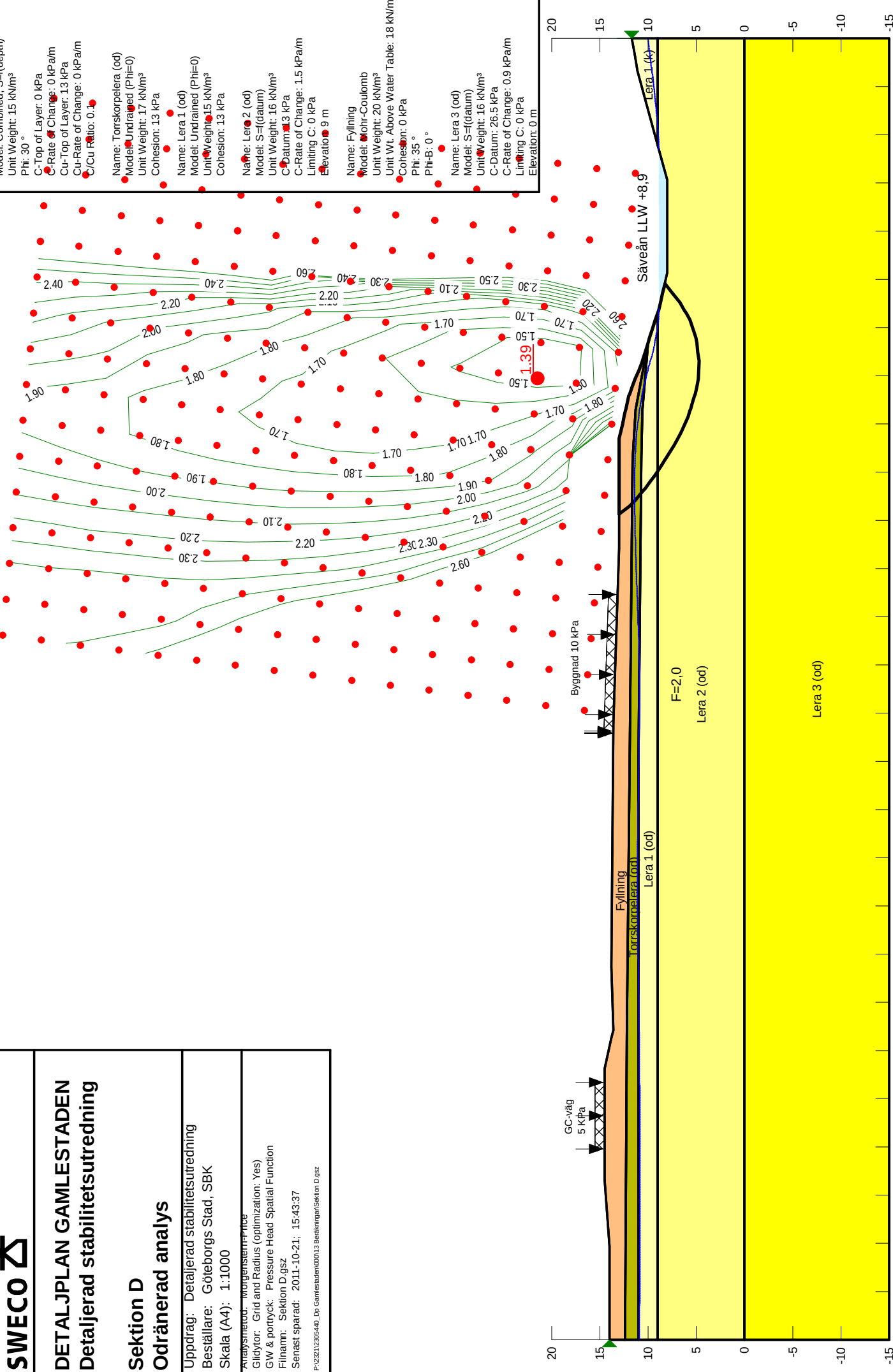
Name: Torrskorpelera (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

Name: Lera 1 (od)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 13 kPa

Name: Lera 2 (od)
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 13 kPa
C-Rate of Change: 1.5 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 9 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °

Name: Lera 3 (od)
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 26.5 kPa
C-Rate of Change: 0.9 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 0 m





DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detailerad stabilitetsutredning

Sektion D
Kombinerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning
Beställare: Göteborgs Stad, SBK
Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidytor: Grid and Radius (optimization: Yes)
GW & portryck: Pressure Head Spatial Function
Filnamn: Sektion D.gsz
Senast sparad: 2011-10-21; 15:43:37
P:\2321\2305440_Dp Gamlestaden\00013 Beräkningar\Sektion D.gsz

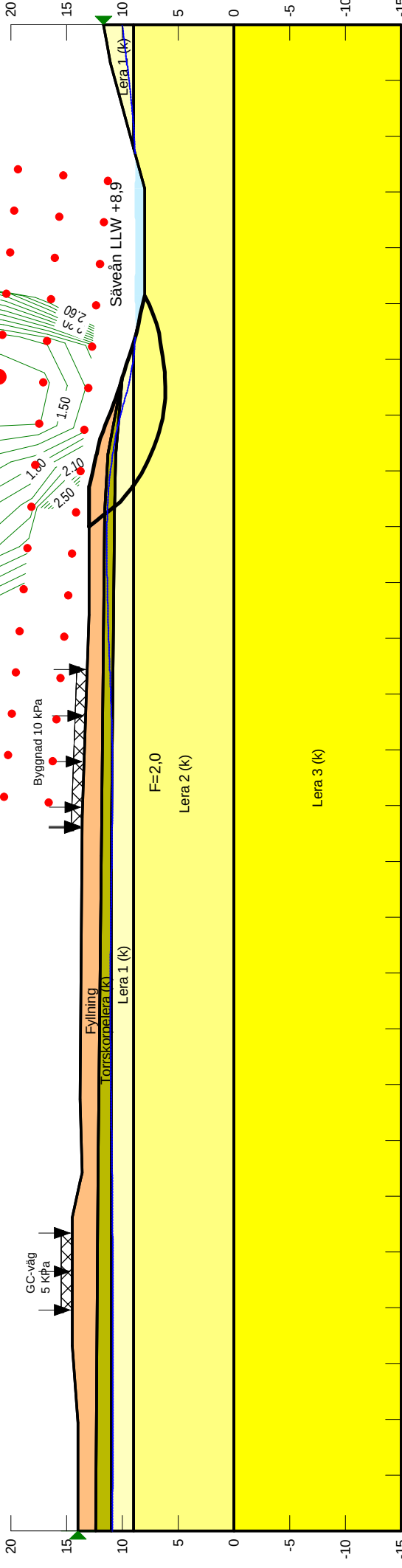
- Name: Torskomperlara (k)
Model: Combined, Ss(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

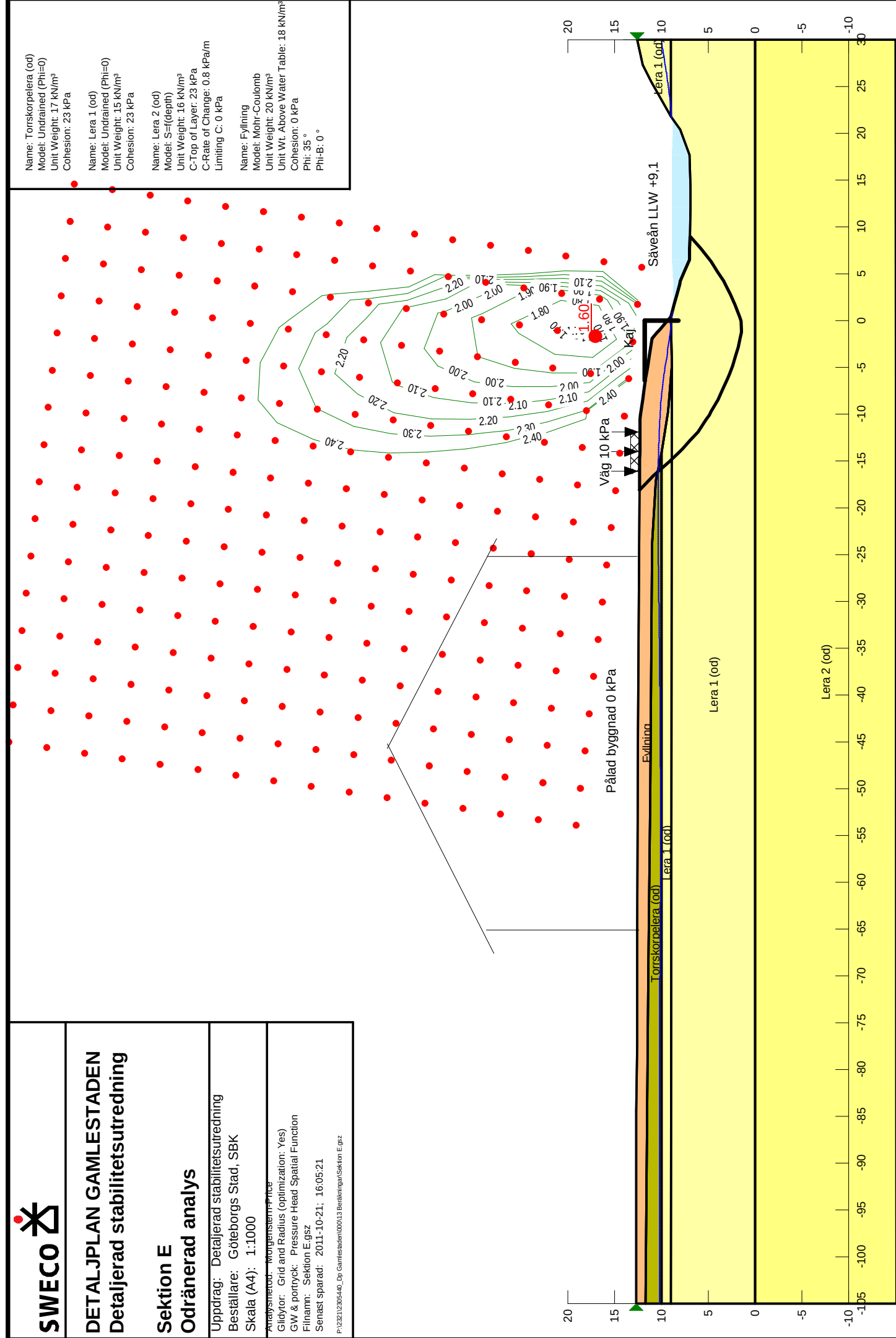
Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, Ss(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 2 (k)
Model: Combined, Ss(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 1.5 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 9 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Soil cohesion: 0 kPa
Phi: 35
Phi-B: 0°

Name: Lera 3 (k)
Model: Combined, Ss(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 26.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 0 m







DETALJPLAN GAMLESTADEN
Detailerad stabilitetsutredning

Sektion E
Kombinerad analys

Uppdrag: Detaljerad stabilitetsutredning
Beställare: Göteborgs Stad, SBK
Skala (A4): 1:1000

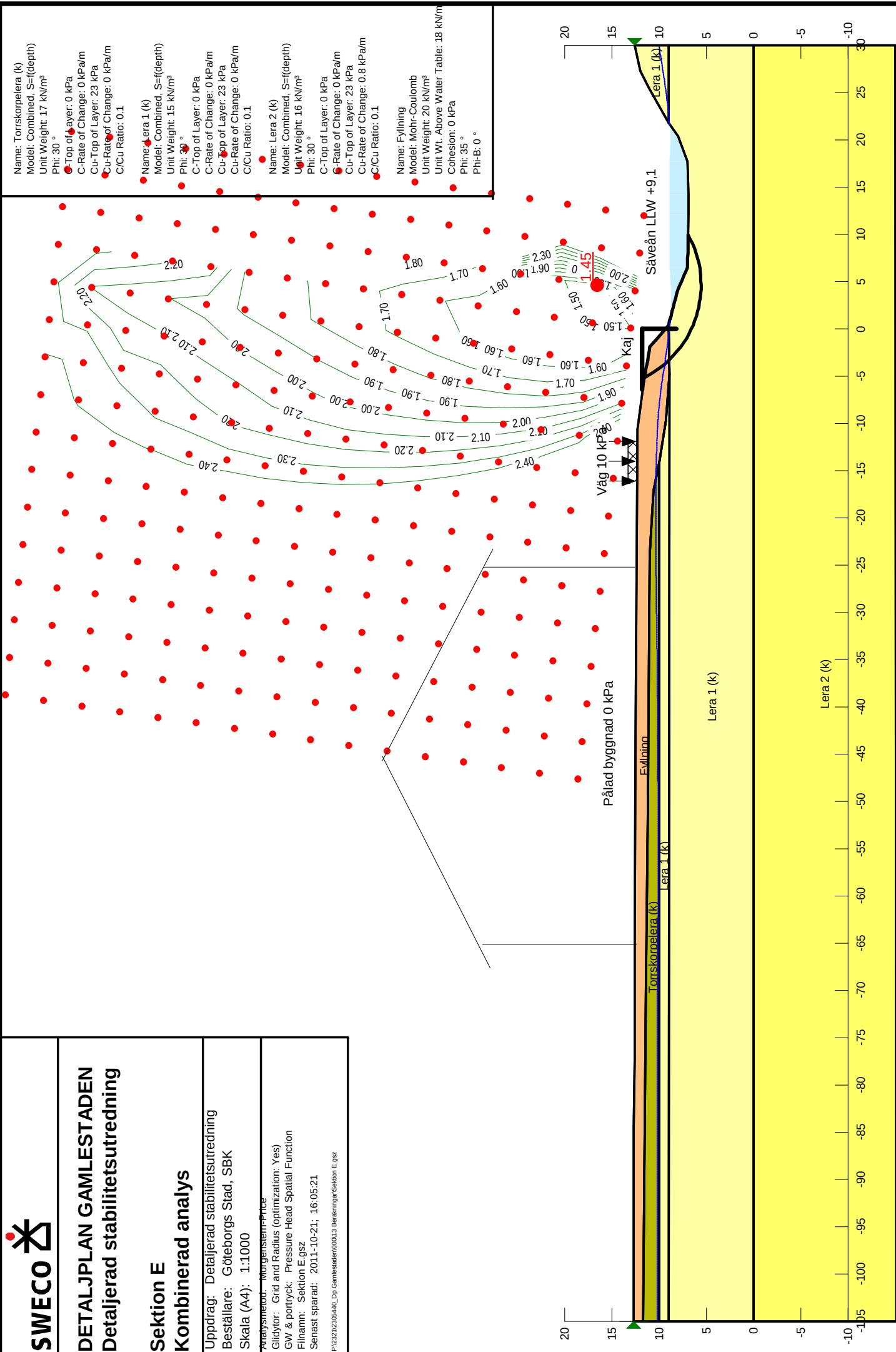
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidytor: Grid and Radius (optimization: Yes)
GW & portryck: Pressure Head Spatial Function
Filnamn: Sektion E.gsz
Senast sparad: 2011-10-21; 16:05:21
P:\23212365440_Dry Gamlestaden\00013 Beräkningar\Sektion E.gsz

Name: Torrskorpeleira (k)
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

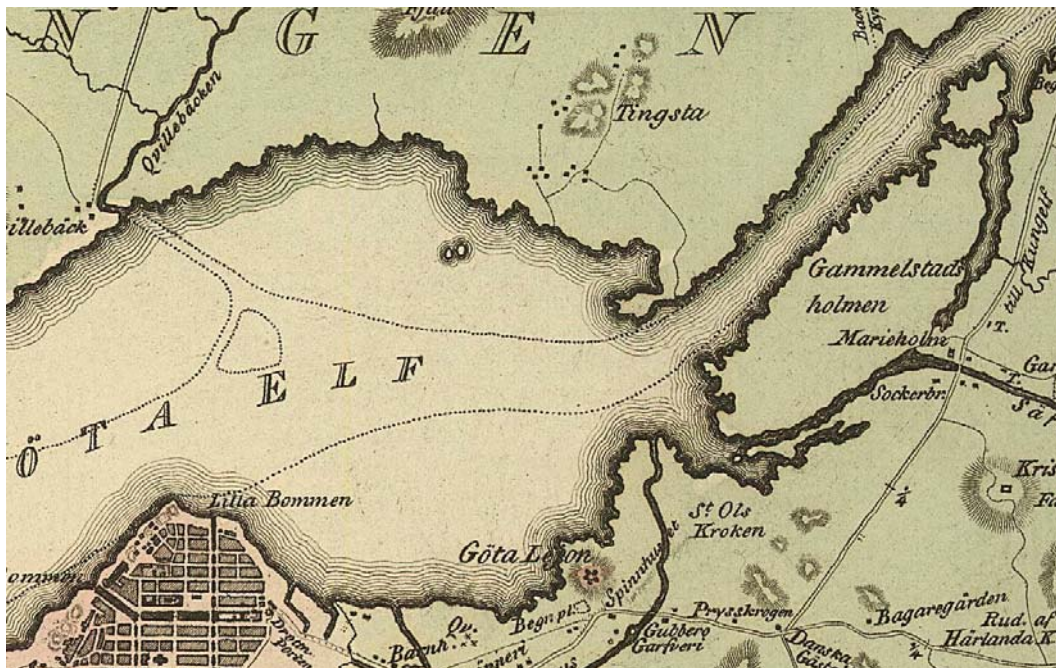
Name: Lera 2 (k)
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 23 kPa
Cu-Rate of Change: 0.8 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °



Bilaga 3

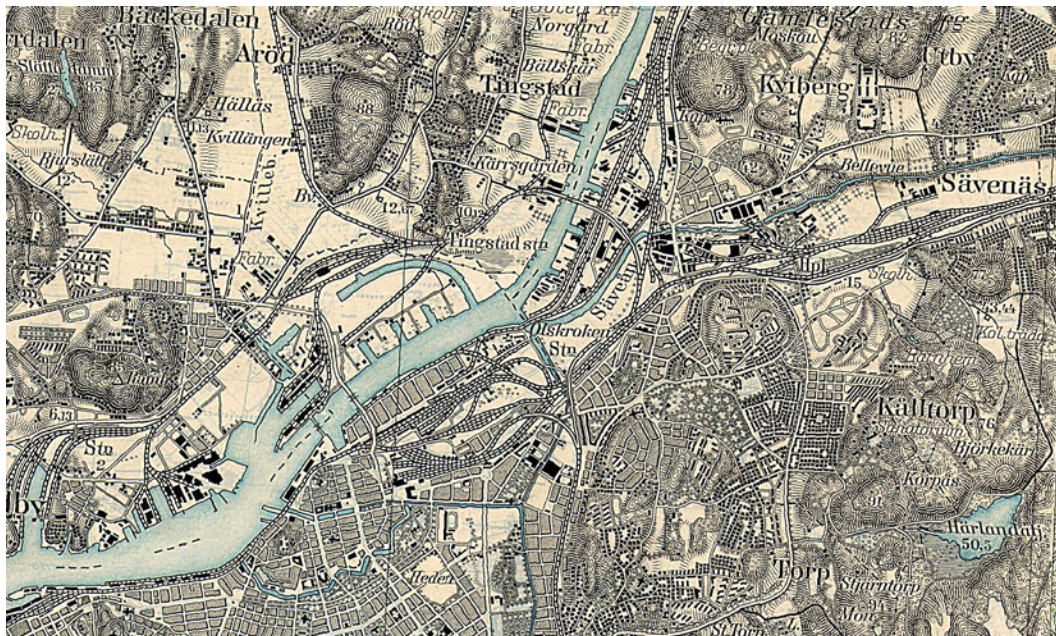
Geologisk/historisk utveckling i området



Figur 1 Stadskarta Göteborg år 1809 (Lantmäteriet).



Figur 2 Generalstabskarta år 1863 (Lantmäteriet).



Figur 3 Generalstabskarta år 1930 (Lantmäteriet).