



Frihamnen Etapp 1, Göteborgs Kommun

Geotekniskt PM för detaljplan

2015-10-05

Frihamnen Etapp 1, Göteborgs Kommun

Geotekniskt PM för detaljplan

2015-10-05

Beställare: Thomas Nygren
Älvstranden Utveckling AB
Box 8003
402 77 Göteborg

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Daniel Svärd

Uppdragsnr: 104 05 35

Filnamn och sökväg: n:\104\05\1040535\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm,
detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Kvalitetsgranskad av: Daniel Strandberg

Innehållsförteckning

1. Förutsättningar	5
2. Styrande dokument	6
3. Underlag	6
3.1 Tidigare utförda utredningar	6
3.2 Nu utförda undersökningar	7
4 Historik	8
4.1 Hamnbasänger och pirar inom Frihamnen	8
4.2 Kajkonstruktioner inom Frihamnen	11
5. Geotekniska förhållanden	14
5.1 Topografi och markbeskaffenhet	14
5.2 Jordlager	15
5.3 Geohydrologi	17
5.4 Befintliga anläggningar	18
6. Stabilitetsförhållanden	18
6.1 Förutsättningar	18
6.2 Indata	20
6.3 Beräkningar	22
6.4 Känslighetsanalys	25
7. Bergras och blocknedfall	26
8. Radon	26
8.1 Gammastrålning	27
8.2 Markradon	27
8.3 Sammanfattning av radon	28
9. Marknivå och sättningar	29
10. Högvattenskydd	30
11. Slutsatser och rekommendationer	31
11.1 Stabilitetsförhållanden	32
11.2 Bergras och blocknedfall	32
11.3 Radon	32
11.4 Grundläggning och sättningar	32
11.5 Högvattenskydd	34
11.6 Kontrollprogram kompensationsåtgärder och övervakning	35

Bilagor

Valda värden odränerad skjuvhållfasthet	Bilaga 1
Klimatanpassningsstrategi, daterad 2015-06-16	Bilaga 2
Stabilitetsberäkningar, Befintliga förhållanden	Bilaga 3.1-3.10
Stabilitetsberäkningar, Framtida markhöjning	Bilaga 4.1-4.10
Stabilitetsberäkningar, framtida markhöjning och förstärkning	Bilaga 5.1-5.4
Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys portryck	Bilaga 6.1-6.6
Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys sänkt skjuvhållfasthet	Bilaga 7.1-7.6
Sättningsutveckling	Bilaga 8:1-8:5
Spänningsdiagram med förkonsolideringstryck	Bilaga 9:1-9:7
Rapport/Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen	Bilaga 10:1-10:324

Ritningar

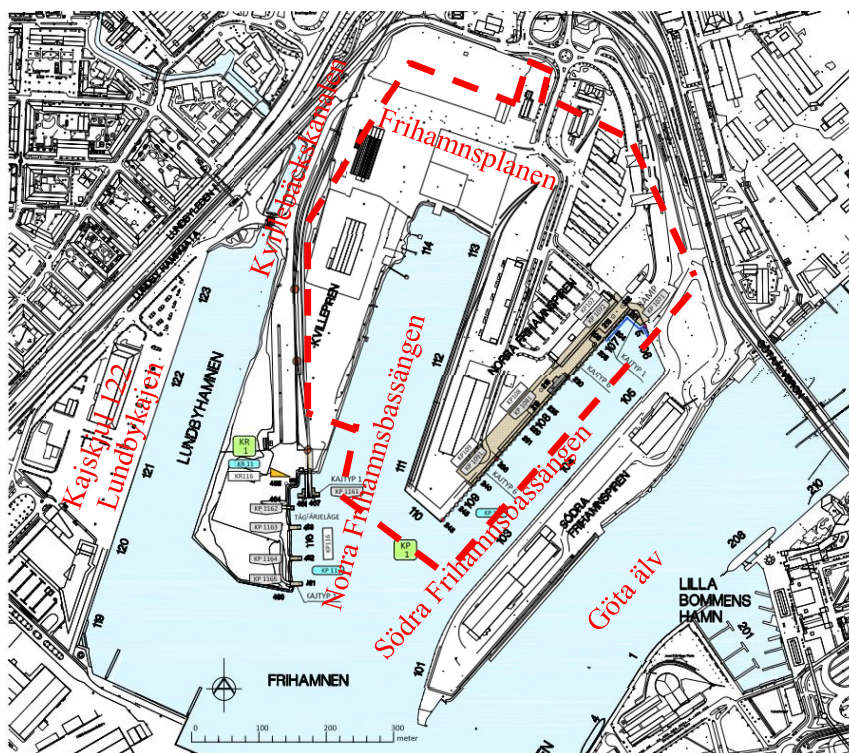
Beräkningssektioner och förslag på förstärkningsåtgärder	G601
--	------

1. Föresättningar

Norconsult har av Älvstranden Utveckling AB fått i uppdrag att upprätta geotekniskt underlag inför detaljplan Etapp 1 i Frihamnen. Etapp 1 bedöms omfatta ca 3 000 lägenheter och ca 2 000 arbetsplatser, varav 1000 bostäder och 1000 arbetsplatser skall vara klart till stadens 400års jubileum 2021.

Området ligger i centrala Göteborg på norra sidan av Göta älv. Frihamnen består av tre pirar (Kvillepiren, Norra och Södra Frihamnspiren) och ett flertal kajer samt hamnplaner norr om pirarna. Aktuellt utredningsområdet inom Frihamnen utgörs huvudsakligen av del av Kvillepiren samt hela Norra Frihamnspiren samt därtill Frihamnsplan nordöst om dessa pirar. Figur 1 visar översiktligt detaljplanens gräns och i ritning G601 framgår gräns mer detaljerat.

Syftet med utredningen är att inför detaljplan, beskriva jordlagerföljd och mäktighet, stabilitetsförhållandena samt allmänt ge de geotekniska förutsättningarna för grundläggning av planerade anläggningar och byggnader, infrastruktur och markplanering. Utredningen har utförts motsvarande en fördjupad nivå.



Figur 1: Översiktlig detaljplanegräns för Frihamnen - Etapp 1.

2. Styrande dokument

Denna PM ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Nedanstående dokument har använts:

IEG:s Rapport 6:2008, Rev 1. Tillämpningsdokument. EN 1997-1, Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar.

3. Underlag

3.1 Tidigare utförda utredningar

Underlagsmaterial har levererats och inhämtats från Älvstranden utvecklings AB, Göteborgs stad – Stadsbyggnadskontoret samt Göteborgs Hamn. Tidigare utredningar och underlag har använts som underlag för aktuellt PM:

- Norra och södra Frihamnspiren – H046 och H058. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H046 och H058*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Brantingsmotet, Leråkersmotet – H067, H069, H074, H079. ”*Översiktlig stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H067, H069, H074, H079*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Kvillepiren – H051 och H063. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H051 och H063*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Ringön – H068. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H068*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Sättningsdata, tillhandahållen av Göteborg Hamn.
- Lundbyhamnen – H044. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H044*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- ”*Utbyggnader i Göteborgs hamn under åren 1962-1987*”, av Lars Paulsson. Ej daterad.
- PM – *Delområdesbeskrivning Klimatrisker Frihamnen*. Upprättad av Göteborgs Stad, Niklas Blomquist. Arbetsmaterial, daterat 2015-04-29.
- Stadsbyggnadskontorets geotekniska arkiv: ”*4 kv Götaverken. Geoteknisk undersökning för AB Götaverken, Göteborg, E 315/56*. Daterad 1957-01-

26

- Etapp 1, Frihamnen, Översiktlig miljöteknisk markundersökning. Upprättad av SWECO, daterad 2015-06-18 med uppdragsnummer 1312055.000
- Lundbyhamnen, Göteborg. Planerad tryckbank och mudderyllning. PM geoteknik med utvärdering, beräkning och bedömningar. Utförd av Bohusgeo, daterad 2005-06-08 med arbetsnummer U05019.
- Digital primärkarta redovisad i plan med nivåangivelser per ca 0.1 m. AutoCad-format.
- Batymetrisk mätning redovisad i plan med nivåkurvor 1 m. Mätningen är levererad av Göteborgs Hamn (via mätkonsult Clinton AB). Redovisning i sektion ca 0.1 m. AutoCad-format. Mätningarna för Lundbyhamnen, Södra och Norra Frihamnsbassängen, Göta älv utanför Södra Frihamnspiren samt Göta älv kring Göta älvbron är utförda feb-april 2015. Mätningarna av älvbotten uppströms Göta älv bron samt nedströms Frihamnen är utförda våren 2014.
- SGU:s jordartskarta inom Göteborgs kommun
- SBK:s jordartskarta med jorddjup och historisk strandlinje.

3.2 Nu utförda undersökningar

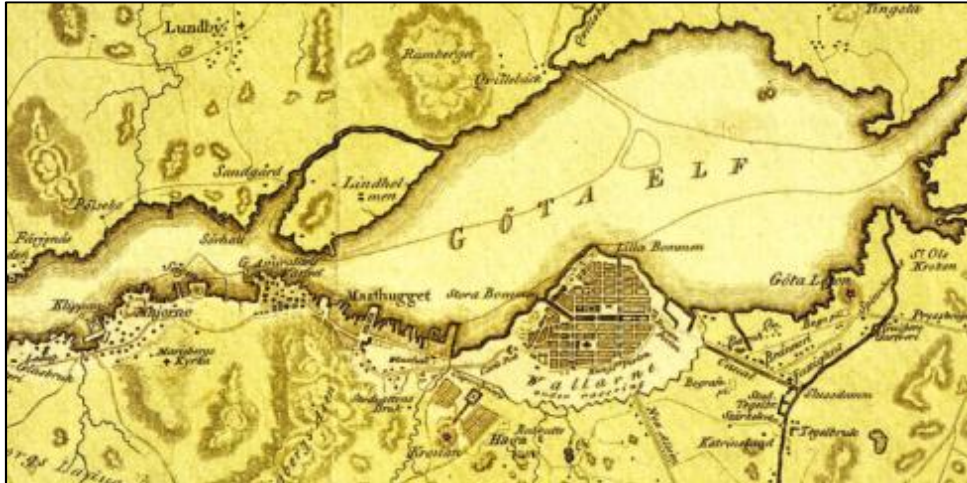
Norconsult Fältgeoteknik AB har utfört kompletterande geotekniska undersökningar i Frihamnen under juni – juli 2015. Laboratorieundersökningar har utförts av Ramböll. Resultatet finns redovisat i markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geo) ”Frihamnen, Göteborgs kommun”. Daterad 2015-10-05.

n:\1040510405355 arbetsmaterial\01 dokument\gpm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

4 Historik

4.1 Hamnbasänger och pirar inom Frihamnen

Området där Frihamnen idag är belägen bestod för ca 200 år sedan av sankavassområden intill Göta älv, se figur 2.



Figur 2: Bilden visar en karta över Göteborg år 1809.

Under 1800-talets mitt fylldes stora grunda vatten och sankområden ut med muddermassor från älven (bestående av lera) varvid nya strandlinjer längs Göta Älv skapades. Figur 3 visar hur Göteborg såg ut 1872 med älvens nya strandlinjer.



Göteborg/Gullbergsvass 1872

Figur 3: Bilden visar Göteborgs utseende år 1872 med utförda utfyllnader vid norra älvstranden samt även vid Gullbergsvass vid södra älvstranden.

Norra- och Södra Frihamnspiren skapades under 1910-talet genom muddring av de tidigare utfyllda områdena. Under 1920-1950 muddrades, i olika omgångar, hamnbassängen i Lundbyhamnen vilket medförde att Kvillepiren succesivt skapades, se figur 4.

Frihamnen togs i bruk 1922 efter ca 8 år utbyggnadsarbeten. Lundbyhamnen togs i bruk 1952 och hade då 9,0 m vattendjup. Kvillepiren blev i början av 1960-talet en del av Frihamnens hamnverksamhet och i samband med detta fylldes även Kvillebäckskanalen och Ringkanalen igen, se figur 5. Kvillebäckens mynning förlades istället till norra delen av Lundbyhamnens hamnbassäng, se figur 5 och 6.

Vattendjupet har på senare år reducerats i Lundbyhamnen. Med start år 2011 lades stödfyllning ut i Lundbyhamnens nordvästra sida och därefter har hamnbassängen även fyllts ut med muddermassor, huvudsakligen från Göteborgs hamnområde. Bottennivåer som redovisas i ritning G601 är representativa för dagens förhållanden (ca -5).



Figur 4: Bilden visar hur Frihamnsområdet såg ut 1890 och hur de olika pirerna växte fram. År 1921 var Norra- och Södra Frihamnspiren i bruk. Senare växte även Kvillepiren fram.



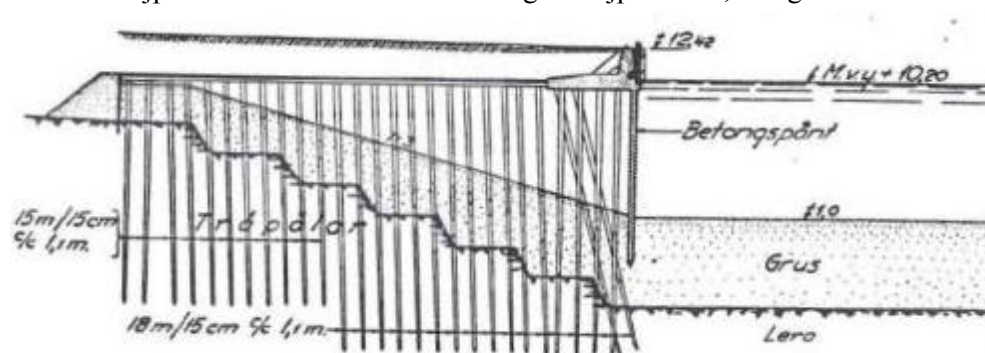
Figur 5: Bilden visar SBK:s jordartskarta över Frihamnsområdet med Kvillebäckskanalen, Ringkanalen och historisk strandlinje.



Figur 6: Flygfoto med nutida Göteborg och Frihamnen (tillhandahållen av SBK 2015-09-15) med Kvillepiren, Norra Frihamnspiren samt Södra Frihamnspiren.

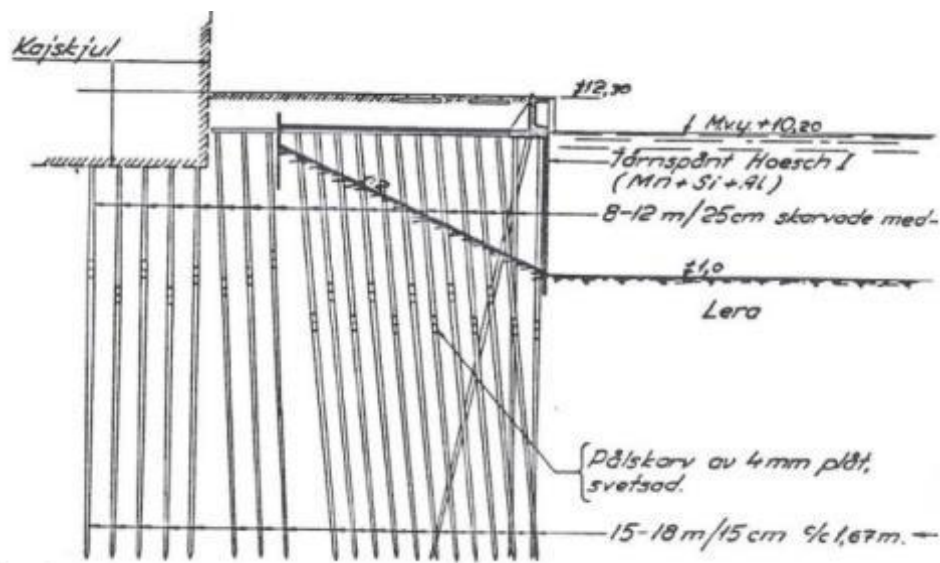
4.2 Kajkonstruktioner inom Frihamnen

Under 1910-talet utfördes de första större kajerna. Lermaterialet muddrades ur i de blivande kajerna till maximalt 15 meters vattendjup. Därefter utfördes en återfyllnad med friktionsmaterial till den blivande bottenivån och friktionsmaterial släntades upp mot piren mitt, se figur 7. Ovan dessa slänter byggdes kajdäcken upp av trä och grundlades på 15-18 m långa träpålar samt ytterst en betongspont vilken drevs ned längs kajkanten. Denna konstruktionstyp omfattar kajplatserna 101-110 samt den tidigare kajplats 111, se figur 1.



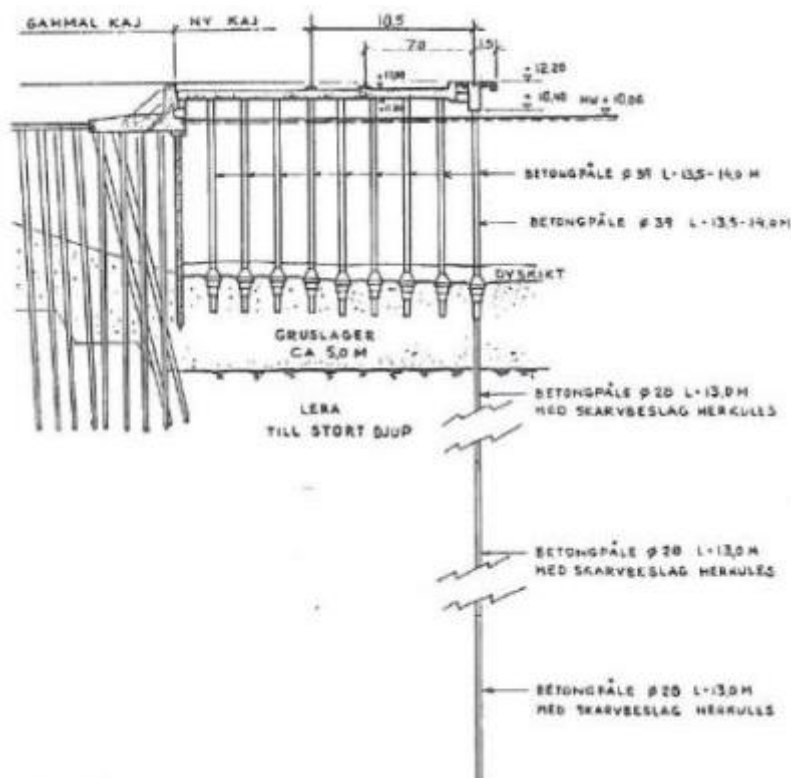
Figur 7: Tidig kajkonstruktion år 1921. (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

I början av 1940-talet utfördes en utbyggnad som innebar att den dåvarande Norra Frihamnsbassängen utvidgades åt nordost. Kajkonstruktionen var motsvarande de som uppfördes på 1910-talet med undantag att ingen återfyllnad med friktionsmaterial utfördes. Vidare installerades en stålspons istället för en betongspont, se figur 8. Denna konstruktionstyp berör kajplats 105 till 107.



Figur 8: Kajkonstruktion vid utvidgning av den tidigare Norra Frihamnsbassängen år 1942 (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

År 1964 togs kajplats 112 och 113 i bruk efter att en omfattande utbyggnad av Frihamnen. Denna utbyggnad innebar bl.a. att Kvillebäckskanalerna fylldes igen och därmed skapade den nuvarande inre delen hamnbassängen. Kajen konstruerades enligt figur 9, med ett 20 meters kajdäck grundlades på 40-50 meter långa träpålar för att kunna uppta lasten från hamnkran och tåg. Vidare byggdes även ett ca 20 meter brett påldäck innanför kajdäcket för lastupptagning inom de inre delarna av piren.



Figur 10: Kajkonstruktion vid den breddade kajplats 111 (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

5. Geotekniska förhållanden

5.1 Topografi och markbeskaffenhet

Topografiska uppgifter i föreliggande handling relaterar till höjdsystem RH2000 om inte annat anges. Topografin framgår i detalj av ritning G601. Större delen av ytan inom Frihamnen består av asfalt eller grus.

Inom Kvillepiren är markytan relativt plan med nivåer i huvudsak varierande mellan +2,0 och +2,5. Lokalt inom Kvillepiren är markytan något lägre än +2 (vid kajplats 114).

Frihamnsplanen nordost om Kvillepiren har marknivå varierande kring nivå +2,5.

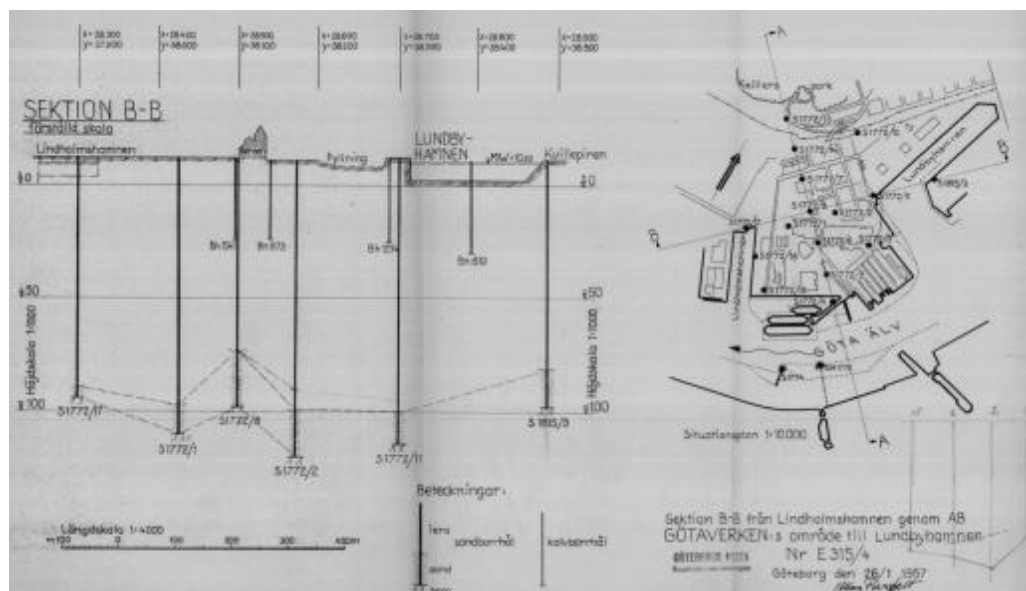
Norra Frihamnspiren har likartade marknivåer vilka varierar i huvudsak mellan +2,0 och +2,8.

Bottennivån i Lundbyhamnen varierar kring -3 och -5 (är dock utanför Etapp 1). Norra Frihamnsbassängens bottennivå varierar längs nordvästra sidan invid kajkant kring -3 och -6 och för sydöstra- samt centrala delarna av hamnbassängen, kring nivå -8 till -10. Södra Frihamnsbassängens bottennivå varierar kring -8 till -10. Södra Frihamnspirens undervattensslänt mot Göta älv varierar från nivå ± 0 i strandlinjen och ner till ca -6 mitt i farleden (är dock utanför Etapp 1).

5.2 Jordlager

Jordlagerföljden inom Etapp 1 är följande (se även figur 5 och 11):

- Fyllningsmaterial
- Lera
- Friktionsjord ovan berg

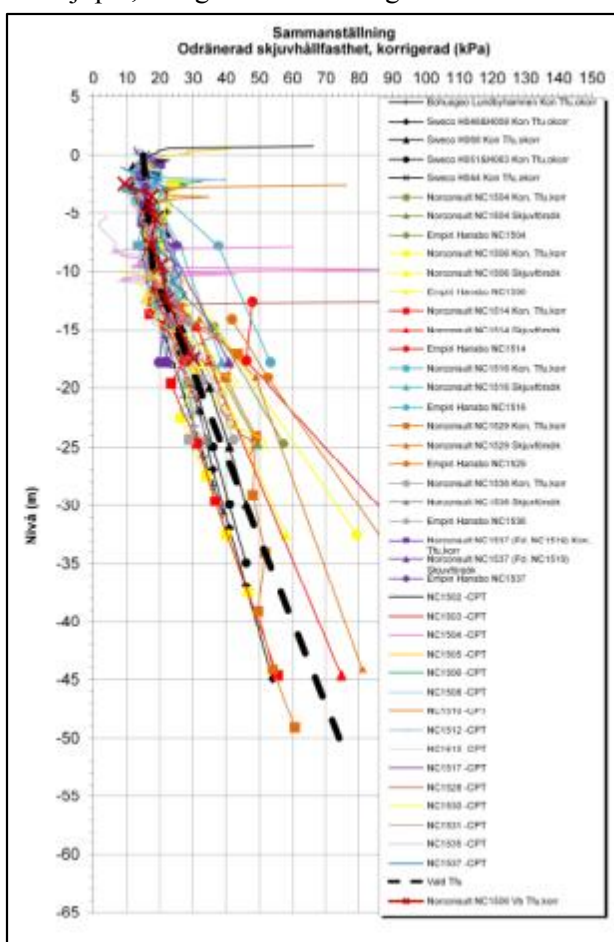


Figur 11: Plan och sektion med jordmaktighet för bla del av Lundbyhamnen och Kvillepiren. (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

Fyllningsmaterialet har en tjocklek av upp till ca 5 m. Fyllningsmaterialet består överst av asfalt och därunder ca 1-2 m av krossmaterial (sten/grus/sand) och tegel. Fyllningsmassorna är generellt att betrakta som förorenade. Under dessa fyllningsmaterial återfinns ett ca 2-5 m mäktigt lager av muddermassor (lera) som fyllts ut i omgångar på 1800-talet. Norra- och Södra Frihamnshamnassängerna utgörs botten överst av fyllningsmassor till ca 2-5 m (i huvudsak grus och sand) och därunder av lera.

Leran under fyllningsjordarna utgörs av en homogen ”klassisk göteborgslera” med mäktighet kring ca 100 m eller mer. Lerans densitet varierar generellt mellan ca 1,55-1,65 t/m³. Den naturliga vattenkvoten varierar i huvudsak mellan 65-80%. Konflytgränsen är relativt konstant mot djupet och ligger generellt på ca 70-80%. Lerans klassas som mellansensitiv.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats med ledning av tidigare samt nu utförda undersökningar. Det råder inte någon avvikelse i odränerad skjuvhållfasthet mellan den utfyllda leran (muddermassorna) och den homogena orörda leran. Den odränerade korregerade skjuvhållfastheten är ca 15 kPa vid nivå ±0 och ökar med 0,3 kPa/m till ca 18 kPa på nivå -10. Därunder ökar hållfastheten med 1,4 kPa/m mot djupet, se figur 12 samt bilaga 1.



Figur 12: Diagram med odränerad skjuvhållfasthet (korregerad). Svart sträckad linje markerar vald hållfasthet.

Enligt utförda belastningsförsök (CRS) är leran i hamnbassängerna överkonsoliderad (OCR, ca 2-3). Belastningsförsök (CRS) utförda för leran på land

visar att leran är normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad, bitvis även ”underkonsoliderad” vilket indikerar pågående sättningar. Se bilaga 9.

Friktionsjorden ovan berg har en mäktighet varierande mellan ca 0-30 m enligt tidigare undersökningar och har bedömts bestå av sand och grus.

5.3 Geohydrologi

De *nuvarande* karakteristiska vattenstånden för Göta älv inom centrala Göteborg kan med ledning av uppmätta vattenstånd i Torshamnen antas vara följande:

Högsta högvattenstånd:	HHW (50 år)	+ 1,6
Normalt högvattenstånd:	MHW	+1,0
Normalt medelvattenstånd:	MW	+0,1
Normalt lågvattenstånd:	MLW	-0,6
Lägst lågvattenstånd:	LLW (50 år)	-1,1

Ovanstående vattennivåer har nyttjats i föreliggande rapport.

Göteborgs Stad har för uppskattning av framtida högvattenförhållanden låtit upprätta ett underlag för Göteborg, se tabell 1. Medelhögvatten (MW) och högsta högvatten redovisas i tabellen. Högsta högvatten redovisas med olika återkomsttider.

Tabell 1: Uppskattning av framtida högvatten med olika återkomsttid för centrala staden.

År	MW	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år
2014	0,15	1,5	1,5	1,7	1,9	2,0
2070	0,45	1,8	1,8	2,0	2,2	2,3
2100	0,87	2,1	2,2	2,4	2,6	2,65

Grundvattenytan i de övre jordlagren (mätt i skruvprovtagningshåll) har generellt för området uppmäts kring 1-3 m under markytan. Nivåerna närmast kajkanterna fluktuerar kring medelvattenståndet i Göta älv. Portrycksfördelningen ner till ca 15-20 m djup är i huvudsakligen hydrostatisk utgående från medelvattennivån i älven. Breddnivån på bägge sidor om älven (utmed Ramberget respektive Kvarnberget) har nivå ca +2. Inga specifika skikt i leran bedöms vara vattenförande med förhöjda portryck.

5.4 Befintliga anläggningar

På Kvillepiren finns två kajkonstruktioner i form av Ro/Ro lägen vid kajplats 114 och 116, se figur 1. Det äldre Ro/Ro-läget togs i bruk 1969 och återfinns i inre delen av Kvillepiren (kajplats 114), men är numera taget ur bruk. Vid denna kajplats finns dock i dykdalber och ramp fortfarande kvar. Ro/Ro-läget längst ut på Kvillepiren (kajplats 116) används fortfarande för Stenas färjetrafik. Intill och under färjeläget är ett erosionsskydd utlagt. Kajanläggningen är uppförd 1986. Ett tågspår och en väg leder trafiken tvärs över Kvillepiren ut till det yttre färjeläget.

På sydöstra sidan av Kvillepiren finns en befintlig undervattenstryckbank (se ritning G601) med en överyta på nivå ca -3 till -4. Tryckbanken sträcker sig ca 30 m ut från Kvillepiren.

Kring hela Norra Frihamnspiren finns kajkonstruktioner, vilka är närmare beskrivna i kapitel 4. Ett kajdäck av betong bärs upp av träpålar, vilka generellt är ca 15-18 m installerade med c/c ca 1,1-1,7 m. Under den pålade kajkonstruktionen finns en undervattensslänt. Ett flertal tågspår och kranspår finns utmed piren. Norra Frihamnspirens sydöstra kaj sida används i dagsläget som förtöjningsplats för större kryssningsfartyg. Tre större byggnader återfinns på Norra Frihamnspiren, vilka är pålgrundlagda.

Sydvästra delen av Norra Frihamnspiren är avstängd pga rasrisk och nyttjas därför inte i dagsläget.

En mer ingående beskrivning och inspektion har utförts för befintliga kajer erosionsskydd inom Frihamnen. Anläggningarnas status redovisas i separat handling (Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen), se bilaga 10.

6. Stabilitetsförhållanden

6.1 Förutsättningar

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Beräkningar har utförts för geoteknisk kategori 3 (GK3), motsvarande en fördjupad stabilitetsutredning. Säkerhetsklass 2 (SK2) har valts. Anläggningen och förstärkningarnas komplexitet anses dock motsvara geoteknisk kategori 2 (GK2) med avseende att vedertagna förstärkningsmetoder samt att kvicklera inte förekommer inom området.

Vid dimensionering har geokonstruktionens dimensionerande värde för respektive materialegenskap beräknas utifrån medelvärdet ($\bar{X}$). När ett lågt värde är dimensionerande används ekvation enligt nedan:

$$Xd = \frac{1}{\gamma_M} \times \eta \times \bar{X}$$

där:

X_d = Geokonstruktionens dimensionerande värde (F_c samt F_{komb})

γ_M = Fast partialkoefficient enligt nationellt annex och är beroende av "Design approach", DA (i aktuell utredning DA3). För materialparametrarna finns en uppsättning partialkoefficienter (γ_M) angivna. Vid beräkning av dimensionerande parametrar har partialkoefficienten γ_M satts till:

- $\gamma_{M,cu} = 1,5$ (odränerad hållfasthet)
- $\gamma_{M,\phi'} = 1,3$ (friktionsvinkel, $\tan \phi'$)
- $\gamma_{M,c'} = 1,3$ (effektiv kohesion)
- $\gamma_{M,\gamma} = 1,0$ (tunghet)

η = Omräkningsfaktor som tar hänsyn till marken samt omfattningen och kvalitén av markundersökningen. Vidare tar η hänsyn till den aktuella geokonstruktionen och dess geometri, brottmekanismen och beräkningsmodell. Omräkningsfaktorn beräknas enligt $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8$

Val av η -faktorer har gjorts enligt Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik (EN-1997-1. Kapitel 11 och 12) – Slänter och Banker:

$\eta_{(1,2)} = 1,0$ för C_u ty fler än 5 oberoende sonderingar.

$\eta_{(1,2)} = 1,0$ för ϕ' ty fler än 3 oberoende sonderingar.

$\eta_{(3)} = 1,1$ för C_u ty direkta skjuvförsök eller triaxialförsök bekräftar resultat från andra undersökningar samt empiri.

$\eta_{(3)} = 1,0$ för ϕ' ty CPT-sondering har utförts i silt och sand.

$\eta_{(4,5,6,7)} = 1,0$ för C_u ty stor brottyta, medelvärde.

$\eta_{(4,5,6,7)} = 1,0$ för ϕ' ty stor brottyta, medelvärde.

Därmed:

$\eta_{(1,2,3,4,5,6,7)} = 1,0 \times 1,1 \times 1,0 = 1,1$ för C_u .

$\eta_{(1,2,3,4,5,6,7)} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 1,0$ för ϕ' .

$\eta_{(8)} = 1,0$ för dimensionering av slänter och bankar.

$\bar{X}$ = Egenskapens medelvärde baserat på härledda värden

Med utgångspunkt från de förutsättningar som råder inom det aktuella området har följande krav valts för aktuell stabilitetsutredning, se tabell 2.

Tabell 2: Säkerhetsrekommendationer enligt IEG tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Säkerhetsklass 2 (SK2).

$X_d \Rightarrow F_c \geq 1,0$
$X_d \Rightarrow F_{komb} \geq 1,0$

6.2 Indata

Materialparametrar

Valda materialparametrar redovisas i tabell 3 nedan samt i diagram, se bilaga 1.

Tabell 3: Valda värden och dimensionerandevärden till stabilitetsberäkningar.

Jordlager	Materialegenskap	Valt värde baserat på härledda värden ($\bar{X}$)	Dimensionerande värde (X_d)
Fyllning	Tunghet	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	
	Friktionsvinkel	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 28,3^\circ$
Erosionsskydd	Tunghet	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	
	Friktionsvinkel	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 28,3^\circ$
Lera ner till nivå -10	Tunghet	$\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 5,5 \text{ kN/m}^3$	
	Odränerad korregerad skjuvhållfasthet	$c_u = 15 \text{ kPa}$ $+ 0,3 \text{ kPa/m}$	$c_u = 11 \text{ kPa}$ $+ 0,22 \text{ kPa/m}$
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 23,95^\circ$
Lera från och med nivå -10	Tunghet	$\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 5,5 \text{ kN/m}^3$	
	Odränerad korregerad skjuvhållfasthet	$c_u = 18 \text{ kPa}$ $+ 1,4 \text{ kPa/m}$	$c_u = 13,2 \text{ kPa}$ $+ 1,027 \text{ kPa/m}$

	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 23,95^\circ$
Lättklinker	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 5,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = -5,0 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, $(\bar{X})$
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 35^\circ$	$\phi' = 28,3^\circ$

För beräkning i kombinerad analys har kohesionsjordens dränerade hållfasthetsparametrar bestämdes empiriskt enligt $\phi' = 30^\circ$ samt $c' = 0,1 \times c_u$

Laster och marknivå

Enligt givna förutsättningar för framtida förhållanden planeras utvalda gator (s.k. upphöjda stråk) genom området höjas till marknivå +2,8, se bilaga 2. Resterande markyta inom området planeras höjas till minst nivå +2,5. Delar av området har redan befintliga marknivåer kring +2,5.

Som underlag till stabilitetsberäkningarna har geometrier från digital primärkarta nyttjats samt batymetrisk inmätning av hamnbotten. Även historisk dokumentation av kajer och hamnanläggningar har nyttjats.

För stabilitetsberäkningarna har en last ansatts av 10 kPa (motsvarande ca 0,5 m fyllning) på markytan. Markyta med nivå +2,5 och 10 kPa motsvarar en markyta med nivå ca +3,0 (utan last). Lasten 10 kPa har ansatts i både de odränerade och de kombinerade stabilitetsanalyserna pga att lasten inte nödvändigtvis är att betrakta som en tillfällig variabel last. För de upphöjda stråken (nivå +2,8) har en last av 13 kPa ansatts. Lasten på de upphöjda stråken är tillfällig och variabel och är därför inte ansatt i de kombinerade stabilitetsanalyserna.

Ovan kajkonstruktioner och byggnader som är pålade har ingen marklast ansatts i beräkningarna eftersom kajkonstruktion och pålarna har antagits bära lasten. Där befintliga kajkonstruktioner bedömts vara icke tillfredställande kommer dessa konstruktioner att åtgärdas eller helt ersättas med nya kajkonstruktioner.

Grundvatten- och portrycksnivå

Grundvattenytan har baserats på utförda mätningar samt även med ledning av tidigare utredningar. Grundvattennivån bedöms ligga 1-2 m under markytan. Portrycket har i beräkningar beaktats hydrostatiskt för aktuella djup i

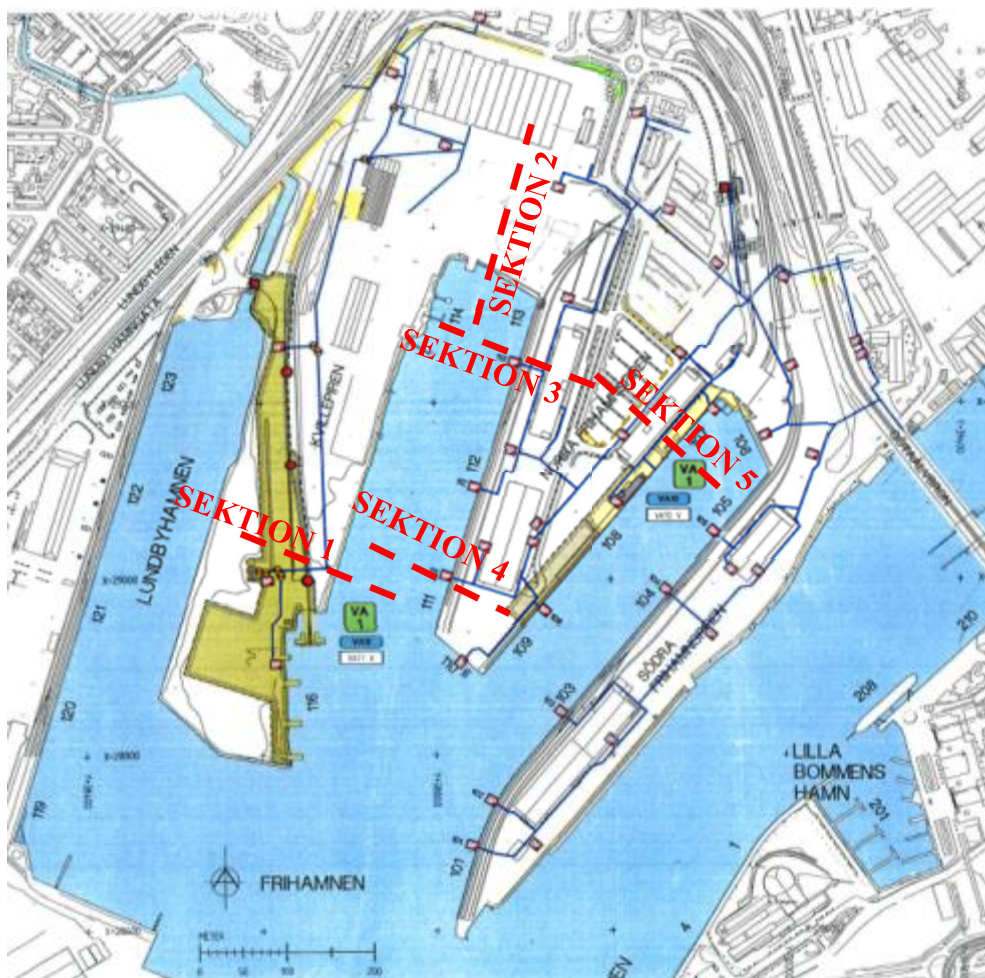
beräkningsmodellerna och för glidytor. Vattenståndet i Göta älv och hamnbassängerna har i beräkningarna valts enligt lägsta lågvatten, LLW (nivå -1,1)

6.3 Beräkningar

Stabilitetsberäkningarna har utförts med kombinerad- och odränerad analys med datorprogrammet Slope/W version 7.23 (Geostudio 2007). Redovisad säkerhetsfaktor avser Morgenstern-Price metod för cirkulär cylindriska glidytor.

5 stycken sektioner (sektion 1-5) har beräknats för aktuellt delområde, Etapp 1 i Frihamnen. Sektionerna har valts utifrån geometrier och befintliga anläggningar. Sektionerna redovisas i plan, se figur 13 samt i ritning G601.

Släntstabiliteten från Kvillepiren mot Lundbyhamnen är enligt tidigare stabilitetsutredning tillfredställande med befintlig uppfyllnad bestående av tryckbankar och muddermassor inom Lundbyhamnen (enligt *Lundbyhamnen, Göteborg. Planerad tryckbank och mudderyllning*). PM geoteknik med utvärdering, beräkning och bedömningar. Även stabiliteten från Södra Frihamnspiren mot Södra Frihamnsbassängen är tillfredställande enligt tidigare stabilitetsutredning (*Norra och södra Frihamnspiren – H046 och H058. Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad*). Ingen risk föreligger därmed för bakåtgripande- respektive framåtgripande glidytor från områden utanför Etapp 1 (glidytor mot Lundbyhamnen respektive Södra Frihamnspiren).



Figur 13: Bild visar valda beräkningssektioner inom Frihamnen, Etapp 1. Se även ritning G601

Beräkningar av befintliga förhållanden med nuvarande marknivåer visar att tillfredsställande stabilitet erhållits för sektion 1, 3, 4 och 5. Sektion 2 är stabilitetsmässigt icke tillfredsställande, se tabell 4.

Beräkningar av framtida förhållanden *med* markhöjning men *utan förstärkning* visar att sektion 3 och 5 är stabilitetsmässigt tillfredsställande. Sektion 1, 2 och 4 är stabilitetsmässigt icke tillfredsställande utan förstärkning. Generellt krävs att marknivån för framtida förhållanden höjas mindre än en halvmeter inom Norra Frihamnspiren medan nivåhöjningen av markytan inom Kvillepiren varierar mellan ca en halv till en meter. Bitvis inom detaljplanens område erfordras ingen marknivåhöjning (nivå är högre än +2,5). Huvudstråken kräver markhöjning för att erhålla nivå +2,8.

Beräkningar av framtida förhållanden *med* markhöjning och *med förstärkning* visar att samtliga sektioner har tillfredställande stabilitet. Sektion 1 och 2 kräver dock stabilitetshöjande åtgärder i form av lättfyllnad och undervattenstryckbank. Sektion 4 kräver stabilitetshöjande åtgärder i form av undervattenstryckbank. För beräkningsresultat och åtgärdsförslag i plan, se tabell 4, figur 14 samt ritning G601.

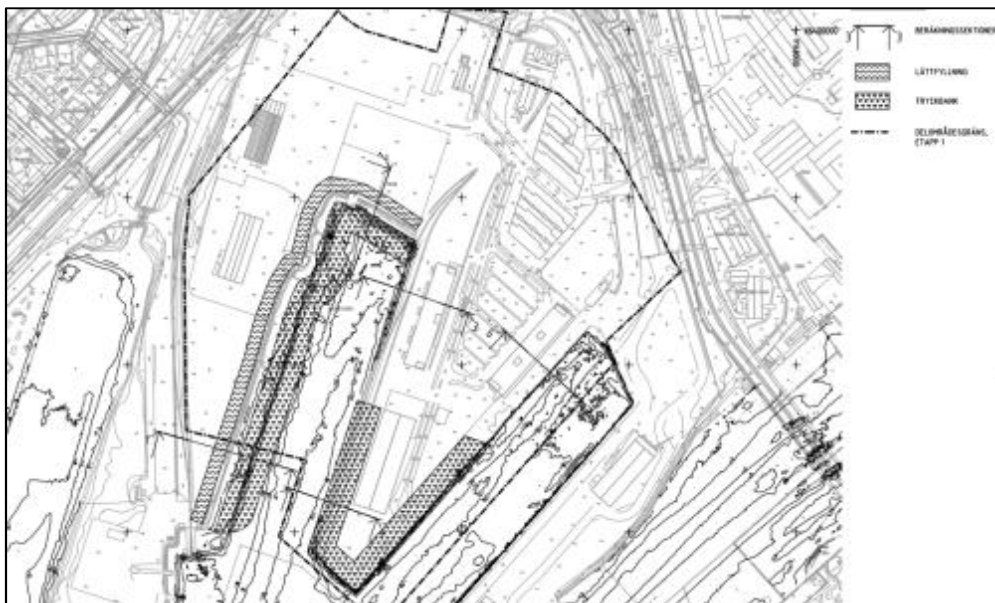
Även genomförbarheten med lättfyllnad som förstärkningsåtgärd har kontrollerats mot uppflytning vid höga vattenstånd. Slutsatsen är att utformning med lättfyllnad enligt handlingen är genomförbar.

Tabell 4: Säkerhetsfaktor F_c (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 1-5. Enligt partialkoefficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är $F \geq 1.0$ tillfredställande.

Sektion	Befintliga förhållanden		Framtida förhållanden (höjd markyta, <u>ej</u> förstärkt)		Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)	
	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys
1	1,08	1,01	0,72	0,67	1,03**	1,01**
2	0,78	0,81	0,70	0,67	1,01**	1,00**
3	1,09	1,04	1,09	1,03	--	--
4	1,16	1,16	0,94	0,94	1,01*	1,00*
5	1,14	1,12	1,12	1,11	--	--

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd

** Tryckbank och lättfyllning som förstärkningsåtgärd



Figur 14: Bild visar föreslagna förstärkningsåtgärder vid Kvillepiren och Norra Frihamnspiren. Se även ritning G601

6.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalyser har utförts för variation med hänsyn till förändrat portryck och grundvattennivå samt med hänsyn till förändrad skjuvhållfasthet i leran.

Känslighetsanalyserna är utförda i beräkningssektion 3.

Känslighetsanalys av förhöjt portryck

Vid känslighetsanalysen av ett förhöjt portryck i jorden analyserades ett hydrostatiskt tryck utgående ifrån en förhöjd grundvattennivå +1,0 (MHW) i kombination med lägsta lågvattennivå (LLW) i Göta älv -1,1. Resultatet visas i tabell 5 nedan:

Tabell 5: Säkerhetsfaktor F_c (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 3 – Känslighetsanalys med hänsyn till förändrat portryck. Enligt partialkoefficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är $F \geq 1.0$ tillfredställande.

Sektion	Befintliga förhållanden		Framtida förhållanden (höjd markyta, ej förstärkt)		Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)	
	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys
3	1,09	0,99	1,09	0,99	1,23*	1,12*

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd

** Tryckbank och lättfyllning som förstärkningsåtgärd

De kritiska glidytorerna är relativt djupa och för glidytorernas djup är det framförallt lerans odränerade skjuvhållfasthet som är dimensionerande i de kombinerade analyserna. Den odränerade skjuvhållfastheten påverkas ej av ett förändrat portryck och därmed har ett förhöjt portryck begränsad inverkan på säkerhetsfaktorn för de kombinerade stabilitetsanalyserna. Den odränerade analysen (F_c) påverkas inte alls. Den modellerade känslighetsanalysen ger maximalt ca 4 % reduktion av säkerhetsfaktorn i kombinerad analys, F_{komb} . Med en tryckbanksförstärkning enligt beräkningar (se bilaga 6) är planen geotekniskt genomförbar även vid dimensionering enligt aktuell känslighetsanalys.

Känslighetsanalys av reducerad skjuvhållfasthet

Vid känslighetsanalysen för en reducerad skjuvhållfasthet analyserades en minskning med 10% av lerans odränerade skjuvhållfasthet. Resultatet redovisas i tabell 6 nedan:

Tabell 6: Säkerhetsfaktor F_c (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 3 – Känslighetsanalys med hänsyn till reducerad odränerad skjuvhållfasthet för leran. Enligt partialkoefficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är $F \geq 1.0$ tillfredställande.

Sektion	Befintliga förhållanden		Framtida förhållanden (höjd markyta, <u>ej</u> förstärkt)		Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)	
	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys	Odr. analys	Komb. analys
3	0,98	0,94	0,98	0,93	1,16*	1,12*

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd

** Tryckbank och lättfylning som förstärkningsåtgärd

De kritiska glidytorernas säkerhetsfaktor är framförallt beroende på lerans odränerade skjuvhållfasthet. En reduktion av skjuvhållfastheten ger därmed en motsvarande reduktion av säkerhetsfaktorn (ca 10 %) för både odränerad och kombinerad analys. Med en tryckbanksförstärkning enligt beräkningar (se bilaga 7) är planen geotekniskt genomförbar även vid dimensionering enligt aktuell känslighetsanalys.

Sammanfattning av känslighetsanalyser

Känslighetsanalyserna ger beräkningsresultat som leder till i ytterligare förstärkningar jämfört med vad som krävs med hänsyn till ursprungligt vald portrycksfördelning och vald skjuvhållfasthet, se tabell 5 och 6. Dessa förstärkningar har i känslighetsanalysen visats vara geotekniskt genomförbara, men förstärkningarna enligt känslighetsanalyserna anses ej nödvändiga för detaljplanen.

7. Bergras och blocknedfall

Inget berg i dagen förekommer inom Frihamnen. Ingen risk för blocknedfall bedöms därför föreligga inom området.

8. Radon

Aktuellt område har undersökts avseende markradon i marken. Syftet med undersökningen har varit att översiktligt mäta radonhalter i markens porluft för radonklassificering.

Radonundersökning har genomförts med hjälp av en emanometer Markus 10 i den mån det har varit möjligt att ta prov på markluften. Eftersom planområdet i huvudsak utgörs av hårdgjorda ytor, har mätningarna kompletterats med gammastrålningsmätning, utförd med en gammascintillometer av typen RS-111 (med natriumjodidkristall). Markus 10 ger ett direkt värde på markens

radongasinnehåll, medan scintillometern ger en *indikation* på om det föreligger risk för förhöjda radonvärden (själva radongasen uppstår som en dotterprodukt ur gammastrålning). Mätvärdet för den totala gammastrålningen kan visa hög strålning pga högstrålande ytbeläggning trots att marken i sig är lågstrålande. Vid asfalterade ytor används ofta makadam vilken kan ge högre gammastrålning än befintlig underliggande jord.

8.1 Gammastrålning

Riskbedömning med avseende på gammastrålning från berg respektive fyllning redovisas i Tabell 7 nedan.

Tabell 7: Gränsvärden, gammastrålning

Markklass	Markyta	Gammastrålning [μSv/h]
Högradonmark	Berg	>0,2 á 0,3
	Sprängsten	>0,15 á 0,25
Normalradonmark	Berg	0,08 á 0,12 – 0,2 á 0,3
	Sprängsten	0,05 á 0,08 – 0,15 á 0,25
Lågradonmark	Berg	<0,08 á 0,12
	Sprängsten	<0,05 á 0,08

Gammastrålningsmätningen genomfördes under maj 2015. Värdena var mestadels inom intervallet lågradonmark, men uppnådde ställvis intervallet för normalradonmark. Norra och Södra Frihamnspiren var entydigt inom intervallet för normalradonmark, liksom ett område vid SVT:s byggnad ”Synvillan” (Pumpgatan 2) samt även längs med Lundby Hamngata.

8.2 Markradon

Mätning av markradon utfördes under maj 2015. Rekommenderade gränsvärden för klassning av markredovisas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8: Gränsvärden, markradon

Markklass	Jordtyp	Radonhalt i jordluften 1 m under markytan [kBq/m ³]
Högradonmark	Grus, grovkornig morän	>50
	Sand	>50

	Silt	>60
	Lera	>100
Normalradonmark	Grus, grovkornig morän	10-50
	Sand	10-50
	Silt	20-60
	Lera	60-100
Lågradonmark	Grus, grovkornig morän	<10
	Sand	<10
	Silt	<20
	Lera	<60

Mätpunkterna är markerade i ritning G101 tillhörande MUR. Resultat från mätningarna sammanställs i Tabell 9 nedan.

Tabell 9: Sammanställning av uppmätta värden samt klassning

Mätpunkt	Bedömd jordtyp	Uppmätt radonhalt [kBq/m ³]	Klassning
NC1560	Fyllnadsmassor	8	Lågradonmark
NC1561	Fyllnadsmassor	0	Lågradonmark
NC1562	Fyllnadsmassor	0	Lågradonmark
NC1563	Silt/Fyllnadsmassor	19	Normalradonmark
NC1564	Sand/grus	29	Normalradonmark
NC1565	Silt	0	Lågradonmark
NC1566	Silt	1	Lågradonmark
NC1567	Silt/Fyllnadsmassor	14	Normalradonmark
NC1568	Fyllnadsmassor	13	Normalradonmark
NC1569	Silt	0	Lågradonmark
NC1570	Silt	-	Jordluft ej tillgänglig

8.3 Sammanfattning av radon

Sammantaget görs bedömningen att planområdet inom Etapp 1 bör klassas som normalradonmark, eftersom mätvärdena är oregelbundna och inte kan kopplas till några karaktäristika hos marken. Möjligen kan en koppling göras mellan äldre asfaltsbeläggning och högre gammastrålning, men resultatet är inte entydigt. Strålningen påverkas av vilka fyllnadsmassor som har använts.

9. Marknivå och sättningar

Förutsättningen för marknivåer och byggnader är att samtliga planerade byggnader ska ha en evakueringsväg (med max 0,2 m översvämning) från planområdet under översvämning och att räddningstjänstens fordon garanteras framkomlighet (max 0,5 m översvämning). Grundprincipen är att alla byggnader och verksamheter ska kunna evakueras till högre liggande mark och bort från planområdet (Stadsbyggnadskontoret, 2014).

För nybyggnation inom centrala Göteborg har riktlinjer för marknivåer fastställt med anledning av höga vattenstånd (skyddsnivå, +2,8 och extremnivå, +3,8). Beroende på byggnadskategori är riktlinjerna följande, se Tabell 10 nedan (Stadsbyggnadskontoret, 2014).

Tabell 10: Lägsta tillåtna marknivå för nybyggnation enligt riktlinjer Göteborgs Stad.

Kategori	Planeringsnivåer översvämning		
	Utanför Älvsborgsbron	Centrala Göteborg	Norr Marieholm
Samhällsviktigt	+3,5	+3,8	+4,0
Byggnader - underkant bjälklag	+2,5	+2,8	+3,0

För Frihamnen – Etapp 1 gäller att nivån för de upphöjda stråken skall vara +2,8 och att markyta utmed kajer och parker kan vara +2,5. Se bilaga 2

Frihamnen består av lerjordar med mycket stor mäktighet. Stora sättningar har utbildats inom området pga de historiska fyllningarna. Sättningshistorik från Göteborg Hamns arkiv visar dock att sättningarna inom Etapp 1 har konsoliderat för den tillförda lasten (sättningarna har avstannat). Mätdata sträcker sig från 1910-talet fram till 1980-talet. Trenderna visar att merparten av sättningarna inträffade ca 30-50 år från och med att tillskottslasterna pålagts markytan.

Södra Frihamnspiren (vilket ligger utanför Etapp 1) är det område där störst sättningar har utbildats och även det område där trenden och mätdata visar att sättningarna fortfarande är pågående. Sättningarna varierar i storlek inom Frihamnen. Vid okulär platsbesiktning av området konstaterades en svacka vid Lundbyleden och Kvillebäckskanalen, se figur 1. Därtill konstaterades differenssättningar kring byggnader vid Lundby Hamngata nr. 20-40 (utanför Etapp 1).

I huvudsak kan sättningshistoriken beskrivas enligt följande, se tabell 11:

Tabell 11: Storleken på sättningar i olika områden vid Frihamnen från år ca 1914 till 1980

Område inom Frihamnen	Sättning
Kvillekanalens/bäckens utlopp, Utanför Etapp 1	Ca 0,2 – 0,4 m
Norra Frihamnspiren, Inom Etapp 1	Ca 0,1 – 0,4 m
Södra Frihamnspiren ("Bananpiren"), Utanför Etapp 1	Ca 0,6 – 1,2 m (pågående)

Marknivåerna inom Etapp 1 får inte tillåtas sjunka under +2,5 (kajer och parker) respektive +2,8 (upphöjda stråk/huvud gator). Sättningar måste därmed förhindras och all tillskottsspänning behöver kompenseras med lättfyllning eller med annan förstärkningsmetod. Den lättfyllnadsförstärkning som redovisas i ritning G601 omfattar inte behovet av lättfyllning pga sättningar, utan redovisar endast lättfyllning utifrån erforderliga stabilitetskrav.

Befintliga betongtrummor vid Kvillebäckskanalens utlopp till Lundbyhamnen (3 stycken med diameter 2,7 m, anlagda 1986) misstänks vara sättningsskadade och ligger lågt i vattnet. Ytterligare information om status om kulvertar framgår av bilaga 10.

10. Högvattenskydd

Marknivåerna inom delar av Frihamnen är lägre än riktlinjerna (nivå +2,8), se tabell 10. Tekniska skydd i form av högvattenskydd är därmed en förutsättning för att undvika eventuella översvämningar. Göteborgs Stad har bla studerat två alternativ av högvattenskydd för Frihamnen - Etapp 1:

1. Portar mellan Södra Frihamnspiren och Lundbyvass, se bilaga 2
2. Portar som skyddar större delen av Göteborg, placerade vid Älvsborgsbron samt vid förgreningen Göta älv/Nordre älv.

Med ovanstående tidshorisont (ca 50 år) har Göteborgs Stad ansett att marknivåerna +2,5 respektive +2,8 är rimliga. På längre sikt (ca 100 år eller mer) krävs dock att ytterligare åtgärder genomförs så som:

- Högvattenportar enligt alternativ 1 eller 2 ovan.
- Ytterligare nivåhöjning av marknivåer
- Hydrauliska barriärer längs med stadens kajer

Göteborgs Stad har ännu inte fastsällt vilket av skyddsalternativen som skall genomföras.

11. Slutsatser och rekommendationer

Resultaten från föreliggande PM visar att detaljplans Etapp 1 inom Frihamnen är geotekniskt genomförbar med föreslagna förstärkningar och åtgärder. Marknivån kan bitvis höjas till +2,5 respektive +2,8 utan att stabilitetshöjande åtgärd krävs. Inom delar av området krävs dock undervattenstryckbankar och lättfyllnad, se förstärkningsförslag i figur 14 samt i ritning G601.

Men föreslagen utformning bedöms att det *översiktligt* för planområdet krävs ca 30.000 m³ tryckbanksmassor samt att det krävs ca 20.000 m³ lättfyllningsmassor. Tryckbankar kan utföras med fyllningsmassor bestående av lera eller krossmaterial, men volymen på tryckbanksmassorna påverkas något beroende på val av fyllningsmaterial. Detaljprojektering av förstärkningsåtgärderna krävs inför bygghandling och förstärkning. Förstärkning med tryckbankar sker lämpligtvis efter att utdömda kajanläggningar rivits och innan nya kajanläggningar uppförs, eftersom detta minimerar deformationer på nya kajkonstruktioner och förenklar uppförandet av kajanläggningarna.

Utöver ovan uppskattad volym lättfyllnad krävs även lättfyllning pga lastkompensation.

Fyllningsmassor inom området är generellt att betrakta som förorenade vilket skall beaktas vid fortsatt planering av området. Eventuella föroreningar på hamn/älvbotten har inte beaktats vid åtgärdsförslaget med undervattenstryckbankar.

Vattendjupet kommer minska något pga de föreslagna undervattenstryckbankarna. Eventuellt erosionsskydd av dessa tryckbankar är främst beroende på huruvida större fartyg skall förekomma i hamnen i framtiden. Inom Etapp 1 har eventuell erosion av befintliga slänter under kajkonstruktionerna inte varit möjlig att besiktiga, men enligt bilaga 10 rekommenderas att slänterna utmed Kvillepiren erosionsskyddas. Vidare rekommenderas att Norra Frihamnspiren erosionsskyddas med en spontad kaj ut mot hamnbassängen, se bilaga 10.

11.1 Stabilitetsförhållanden

För planområdet har en last av 10 kPa ansatts på markyta med nivå +2,5 (lasten motsvarar ytterligare ca 0,5 m uppfyllning/permanent last alternativt enbart en trafiklast av 10 kPa). För de upphöjda stråken på nivå +2,8 har 13 kPa last ansatts (trafiklast).

På kajkonstruktionerna har ingen marklast ansatts på markytan eftersom kajkonstruktion och pålar har antagits bära all marklast. Vilken kapacitet befintliga kajer har att bära last framgår i detalj av *Utlåtandet avseende kajer inom Frihamnen*, se bilaga 10. För de befintliga kajkonstruktioner som bedömts vara icke tillfredställande erfordras att nya kajkonstruktioner uppförs. Utlåtandet över kajerna konstaterar generellt att flertalet av kajkonstruktionernas träpålar är angripna av skeppsmask, vilket har reducerat pålarnas bärförmåga. Därtill konstateras att även kajkonstruktioner av betong har skador. Slutsatsen är att merparten av Frihamnens kajer måste rivas och att anläggandet av nya konstruktioner krävs.

11.2 Bergras och blocknedfall

Då inget berg i dagen förekommer inom området är således risken för bergras och blocknedfall obefintlig. Ingen ytterligare utredning rekommenderas.

11.3 Radon

Så länge tillkommande ballastmaterial för byggnaderna har likvärdiga gammastrålningsvärden som i nuläget, skall marken klassas som normalradonmark. Tillfört ballastmaterialet i kabeldiken eller anslutning till byggnaderna skall vara högst låg- till normalstrålande. Utgående ifrån ovanstående skall byggnaderna konstrueras radonskyddande, vilket innebär att grundkonstruktionen inte ger uppenbara otätheter mot markluft. Rör genomföringar och kulvertintag i byggnadens bottenplatta och eventuella källaryttersväggar skall tätas. Åtgärder som förhindrar att sprickor i golv och källaryttersväggar p.g.a. sättningar skall vidtas.

11.4 Grundläggning och sättningar

Området är sättningskänsligt och är att beakta som normalkonsoliderat. Indikationer utgående från spänningssituationen i marken tyder på att sättningar bitvis även kan vara pågående. Ytterligare sättningsmätningar rekommenderas därmed. All tillskottslast skall lastkompenseras för att undvika långtidsbundna sättningar av marken. Alternativt till lastkompensation kan vara annan

grundförstärkning så som pålning eller likvärdigt vilken säkerställer att sättningar inte uppstår. Grundvattensänkning under områdets nuvarande nivåer kommer resultera i tillskottslaster och skall därför undvikas.

Grundläggning av byggnader och anläggningar får ej resultera i tillskottslast överstigande en markyta lastmässigt motsvarande marknivån +2,5.

Pålavskärningsplanet skall vara nivå +2,5 eller lägre. Eventuell lättfyllnad eller källarutrymme under byggnader och anläggningar ger dock avlastande effekt vilket är gynnsamt för både släntstabilitet och sättningar. Med eventuell lättfyllnad under byggnader kan pålavskärningsplan/marknivån trots allt höjas och ändå motsvarande en lastmässig marknivå på +2,5. Översvämningsrisken för källarutrymmen under skyddsnivåer skall beaktas.

Befintliga träpålar för kajkonstruktionerna är generellt slagna till ca 15-18 m djup och på ett avstånd av ca c/c 1,1 -1,7 m. Vid grundläggning med nya pålar inom dessa områden kan krävas att äldre pålar först tas bort. Avlägsnande av befintliga pålar (som ej skarvats) är vanligt förekommande i Göteborg vid anläggning av ny pålgrundläggning och skapar generellt inte några genomförbarhetsproblem. Vid avlägsnandet av äldre pålar bör beaktas att deformationer kan förekomma och att avlägsnad volym ur marken har likartad effekt som lerproppdragning. Pålning kan även genomföras med befintliga pålar kvar i marken, men större hänsyn krävs i så fall till flexibiliteten för byggnadens konstruktion/grundläggning. Skarvade pålar förekommer bitvis inom området (exempelvis vid kajplats 111, 112 och 113). Dessa skarvade pålar är mycket svåra att avlägsna och att endast avlägsna den övre pålen är inte att rekommendera pga att detta kan komma att skapa problem för ny pålslagning.

Pålgrundläggning är en genomförbar metod och lämplig för aktuellt område. Pålning genererar dock massundanträngning och deformation av jorden vilket skall beaktas inför/vid genomförandet. Deformationerna kommer att utbildas i den rörelseriktning som har minst mothållande jordtryck, vilket för aktuellt område i allmänt kommer vara i horisontalriktningen ut mot undervattenslänterna. På större avstånd från undervattenslänterna och kajerna kommer deformationerna i allt större utsträckning resultera i vertikalt uppåtriktad deformation, s.k. hävning.

Pålordningen behöver beaktas för att minimera omgivningspåverkan på befintliga/blivande byggnader och anläggningar. Proppdragning av lera skall förutsättas för att minimera skadliga deformationer på angränsande mark, byggnader och anläggningar. Pålning från eventuella källarnivåer är ytterligare en metodik att minimera omgivningspåverkan. Upprättandet av ett kontrollprogram

krävs för att beakta lämpligaste möjliga metodik att minimera omgivningspåverkan samt för att optimera utbyggnadsordning och minimera deformationerna på kajer och byggnader. De deformationsminimerande åtgärderna skall verifieras via mätningar som följer ett föreslaget kontrollprogram omfattande helheten för detaljplanen. Nollmätningar och kontinuerliga mätningar skall inledas i god tid innan byggnation inleds.

Med avseende på vibrationer rekommenderas att grundläggning av byggnader och anläggningar utreds pga de mäktiga jordlagrena av lös lera i kombinationen med vibrationsalstrande trafiklaster.

11.5 Högvattenskydd

Höjdsättningen med marknivåerna +2,5 respektive +2,8 bedöms vara tillfredställande med avseende på översvämningsrisken på medellång sikt (ca 50 år). Högvattenskydd krävs dock att på längre sikt för att skydda marknivåerna mot översvämnning. Alternativ för högvattenskydd är ännu inte fastställt av Göteborgs Stad, se kapitel 9. Med anledning av översvämningsrisken kan inte marknivån tillåtas sjunka under de fastställda marknivåerna. Översvämningsrisk för eventuella källarutrymmen under skyddsnivåer bör beaktas vid planering av hur källarutrymmen kan nyttjas.

Flödeskapaciteten för de befintliga trummorna vid Kvillebäckskanalens utlopp har inte bedömts i föreliggande utredning (trummorna ligger strax utanför detaljplanens gräns). Utöver vad som besiktigats och bedömts i bilaga 10 (Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen) rekommenderas ändå att flödeskapaciteten samt sättningsstatusen kontrolleras.

11.6 Kontrollprogram kompensationsåtgärder och övervakning

Ett kontrollprogram krävs för att optimera och minimera skadliga deformationer inom detaljplanens område. Kontrollprogrammet bör beakta planerade utbyggnadsönskemål och föreslå lämpligast möjliga utbyggnadsordning, beskriva omfattning av mätpunkter och typ av mätmetodik, mätintervall för mätpunkter, tydligt redovisa olika parter ansvar i de olika byggskedena. Speciellt behöver deformationen mot djupet beaktas med förväntad påslagning i kombination med undervattensslänter (horisontella deformationer kan förväntas och bör minimeras). Proppdragning i leran bedöms nödvändig vid byggnation och grundläggning inom detaljplanens område.

Översiktligt bedöms att kontrollprogrammet skall omfatta följande mätningar:

- Mätning av vertikaldeformation med dubbar på hårdgjorda markytor för att fastställa var sättningar kan vara pågående.
- Mätning av vertikaldeformation med markpegel (för ej hårdgjord mark) för att fastställa var sättningar kan vara pågående.
- Mätning av vertikaldeformation (bålslagsmätning) för fastställande av var i jordprofilen eventuella sättningar uppstår/sker.
- Mätning av horisontaldeformation med dubbar på hårdgjorda markytor och prismor/reflextejp på sponter och kajkonstruktioner.
- Mätning av horisontaldeformation med inklinometer för övervakning av horisontella deformationer i jordprofilen.

Norconsult AB
Väg och Bana
Geoteknik

Joakim Wallgren

Daniel Svärd

joakim.wallgren@norconsult.com

daniel.svard@norconsult.com



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se

ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJD SYSTEM: RH 2000

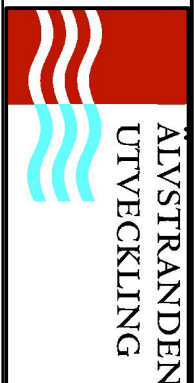
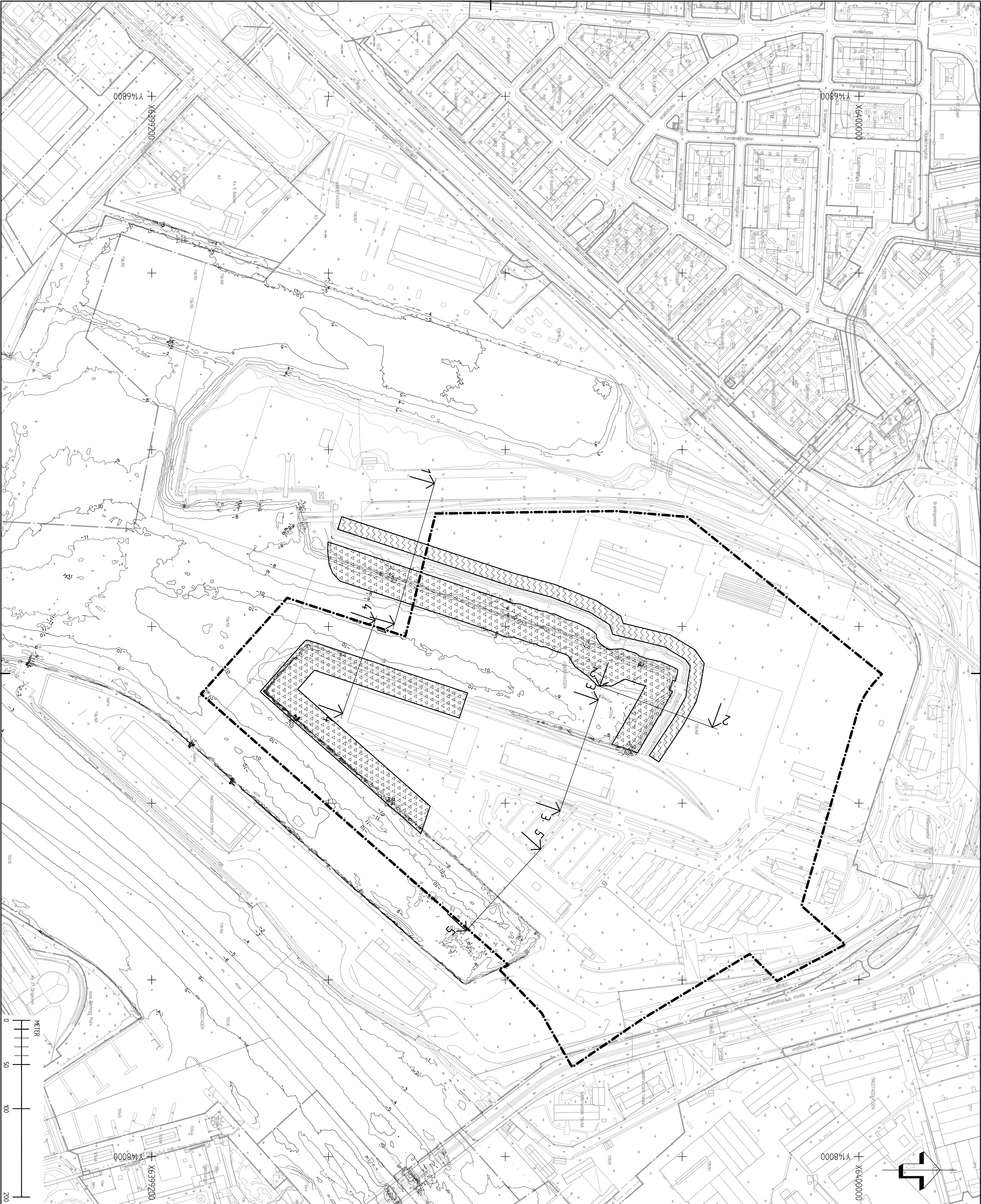
BETECKNINGAR

BERÄKNINGSSEKTIONER

LÄTTFYLNING

TRYCKBANK

DELONRÅDESGRÄNS,
ETAPP 1



Norconsult

Norconsult AB
Box 8774, 402 78 Göteborg
www.norconsult.se

UPDRAGSR: RITAD/KONSTR: AV
10.05.35 T: BACIKMAN D SVARD

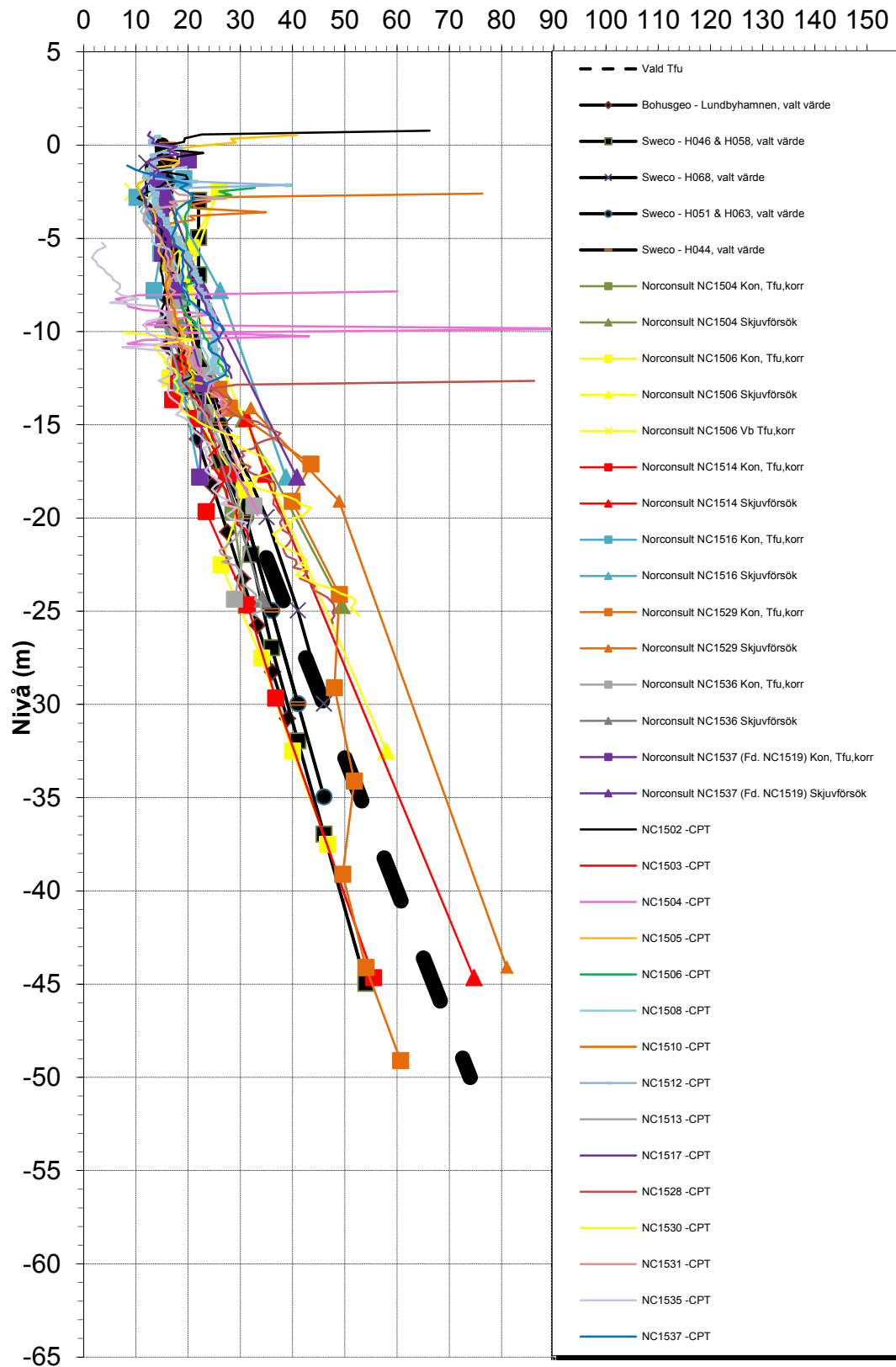
DATUM: 2015-09-23
BERNHARD G ECKEL

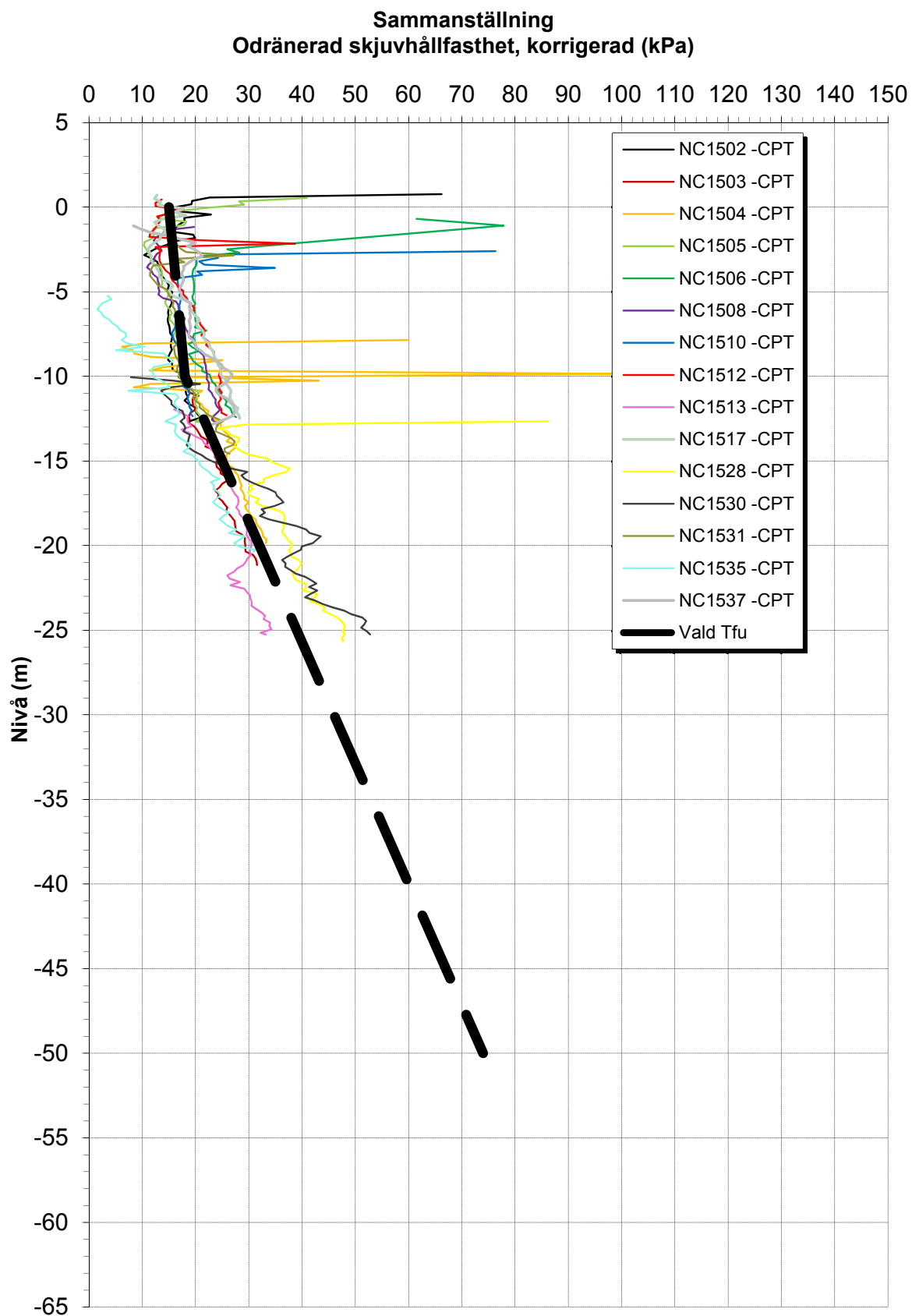
FRIHAMNEN, ETAPP 1

GÖTEBORGS
DETALJPLAN
FÖRSTÄDKINGSÅTGÄRDER
PLANFÖRSLAG

SKALA: 1:2000 (A3)
14.000 (A3) G 601

Sammanställning Odränerad skjuvhållfasthet, korrigerad (kPa)





STRATEGI FÖR HÖGT VATTEN

- upphöjda stråk (min +2,8)
- evt. älvs-kantskydd (min +3,8)

STRATEGI FÖR SKYFALL & DAGVATTEN

- lågstråk - öppen kanal
- lågstråk - fördröjningsstråk grönt/urbant
- lågstråk - Kvillebäcken
- dagvatten i gata - ytlig avledning/
fördröjning i växtbädd



PLANUNDERLAG
KLIMATANPASSNINGSTRATEGI

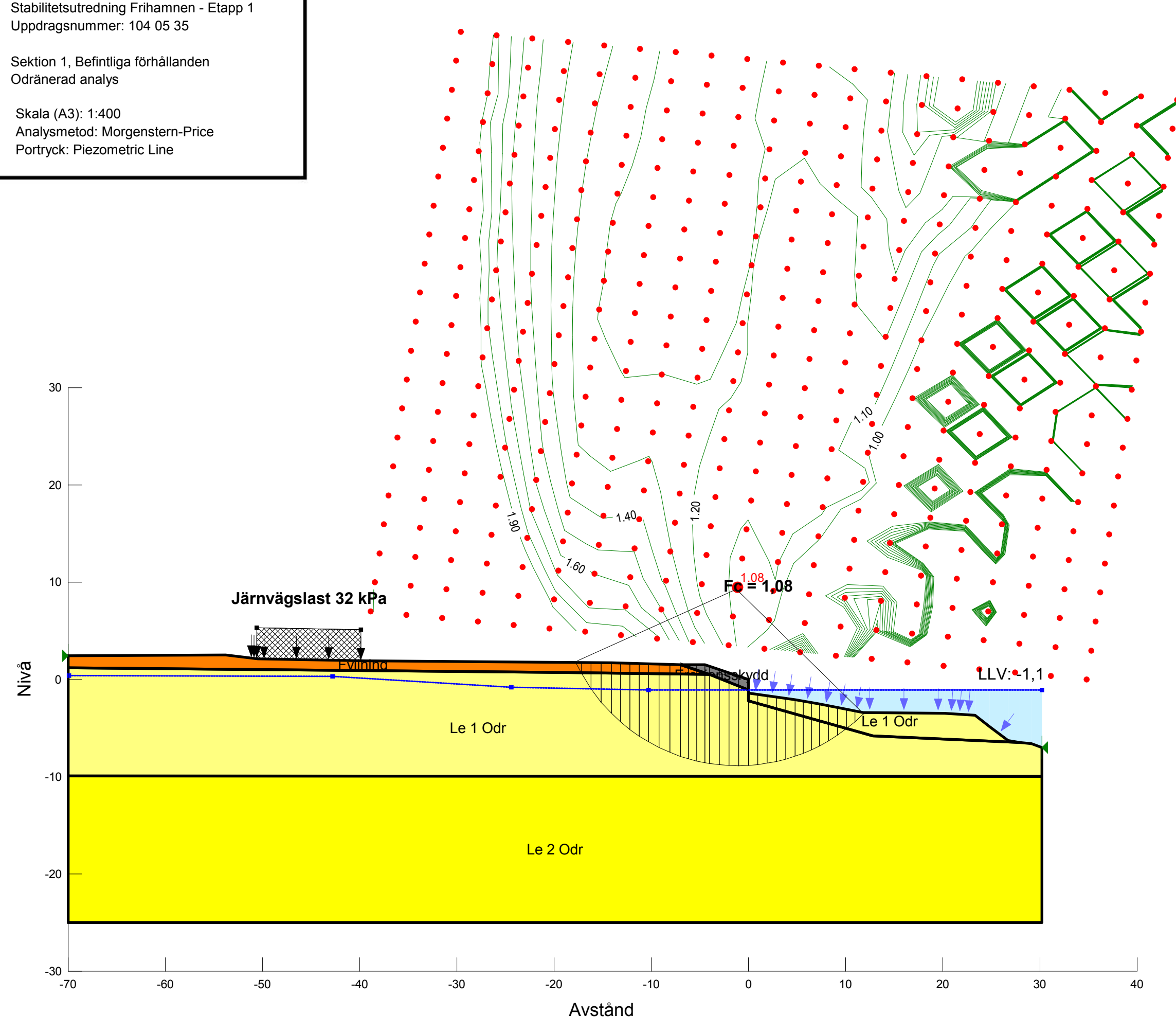


GÖTEBORGS
STADSBYGGNADSKONTOR
2015-06-16

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

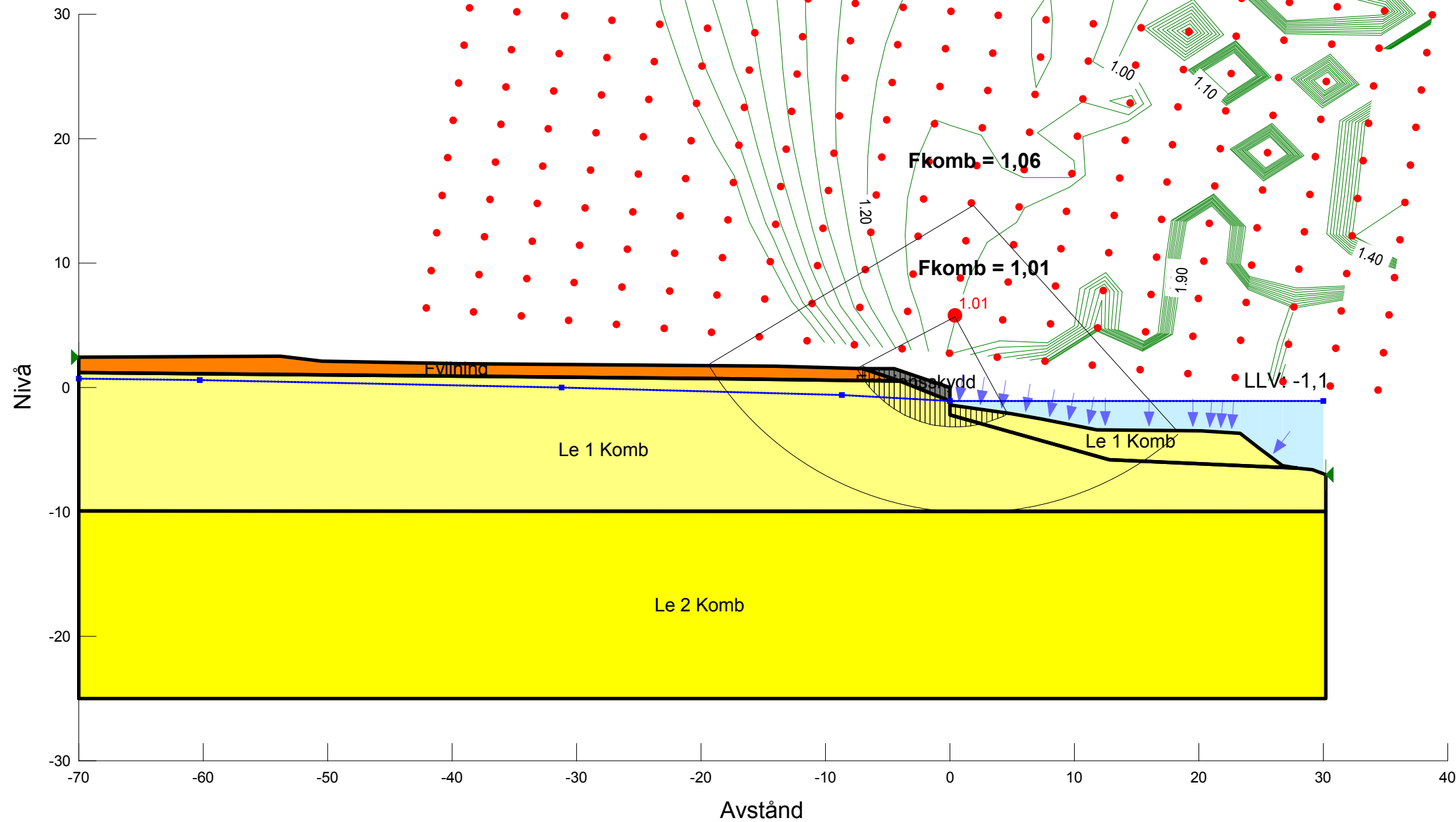
Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

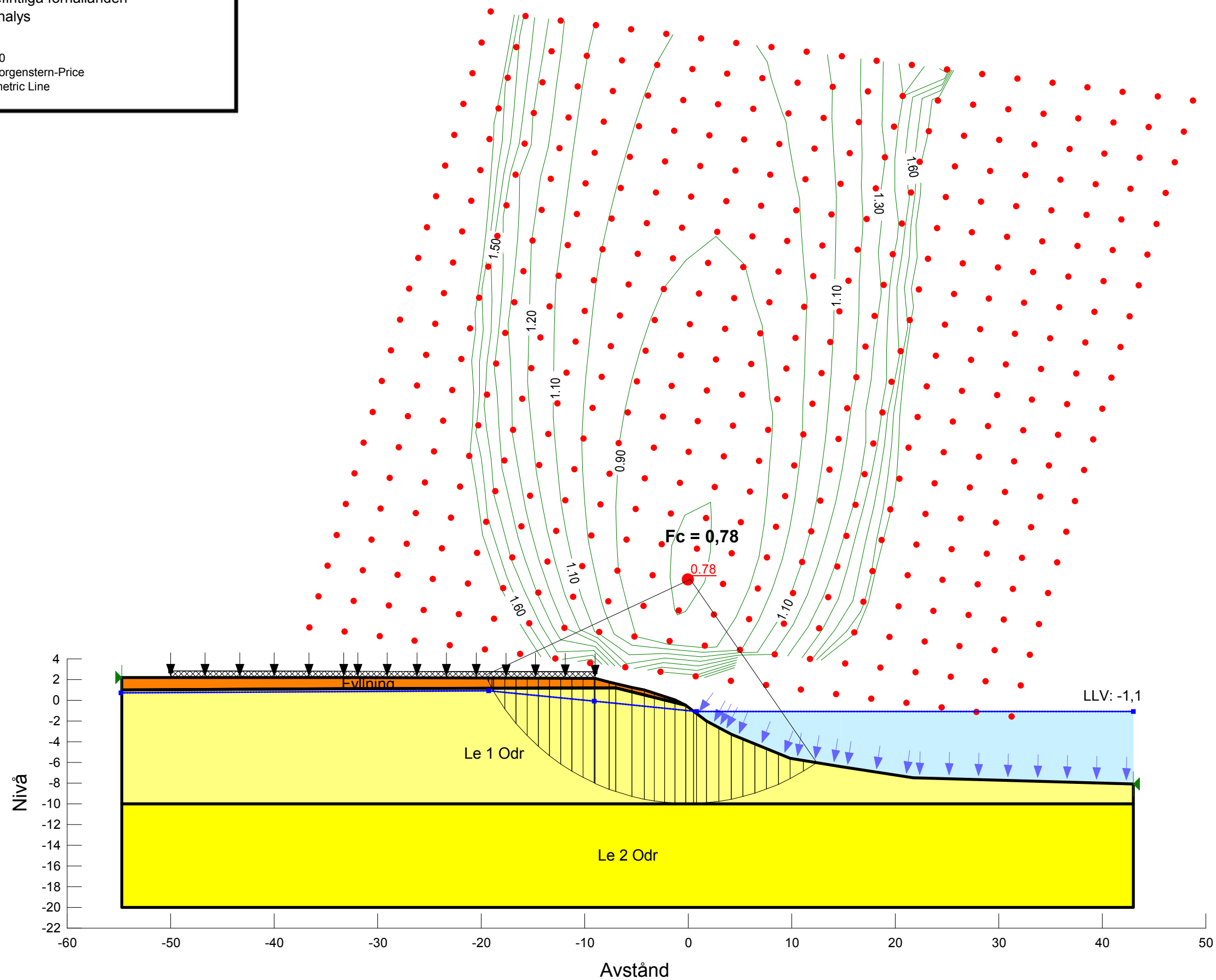
Sektion 2, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

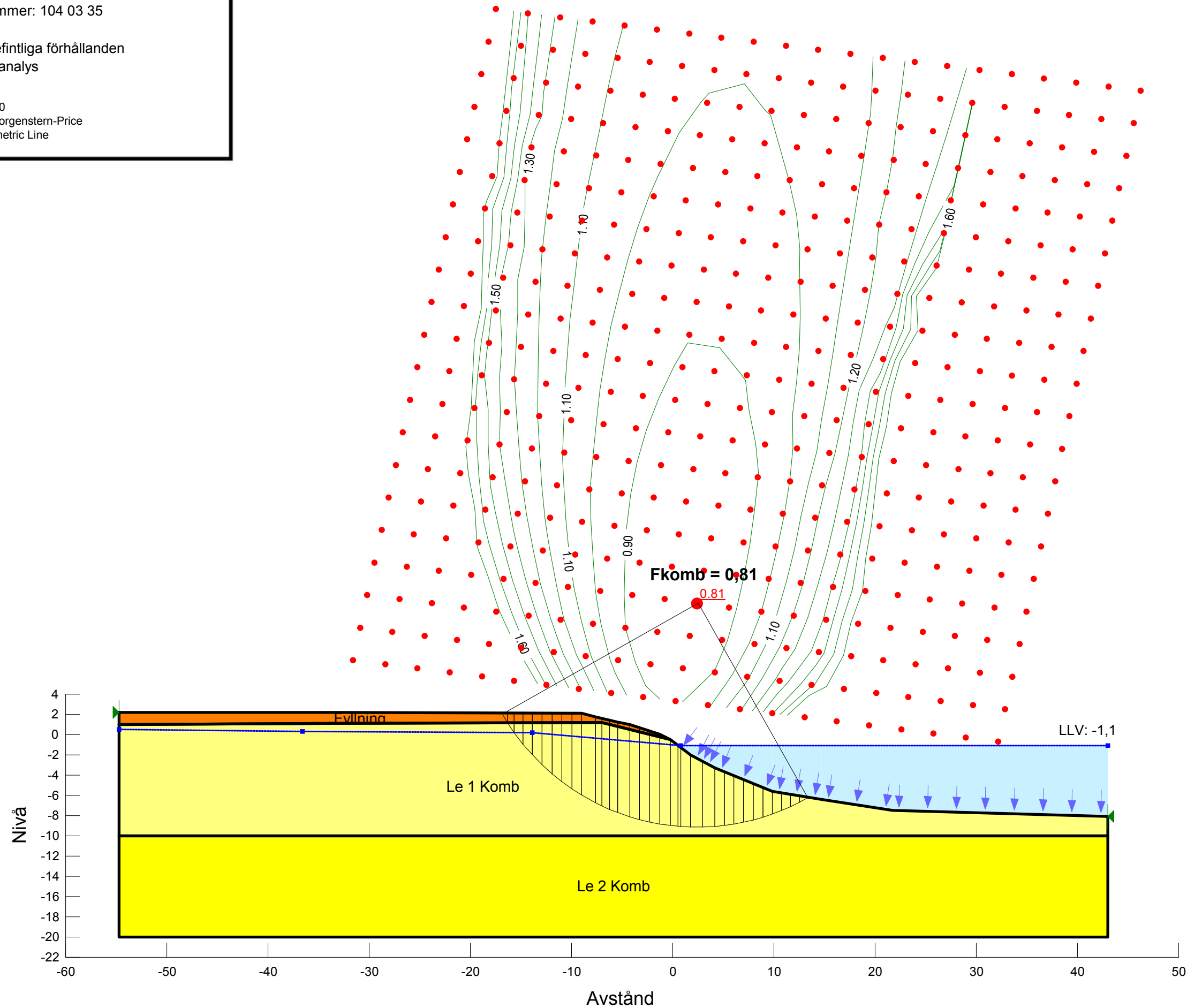
Sektion 2, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

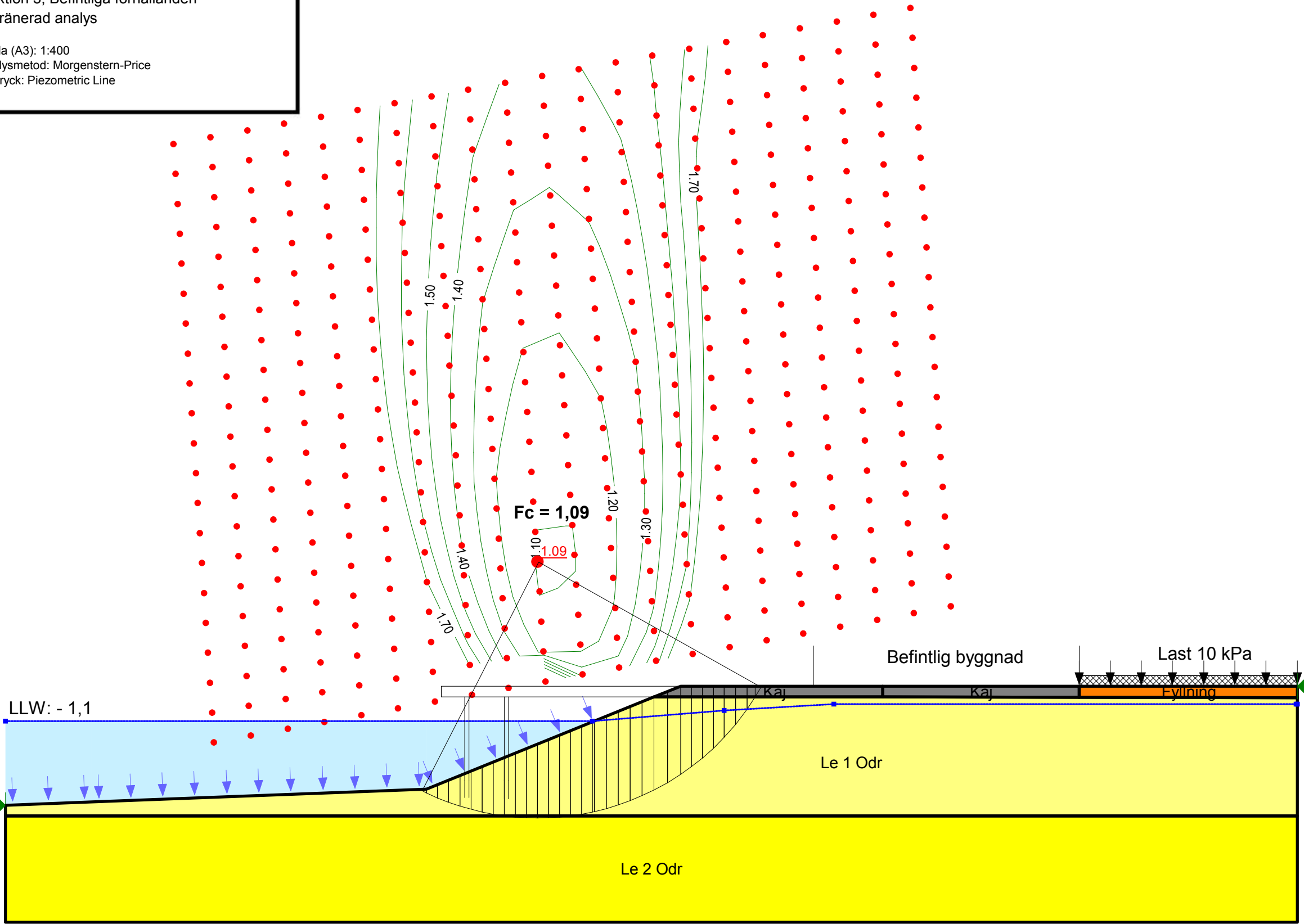
Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

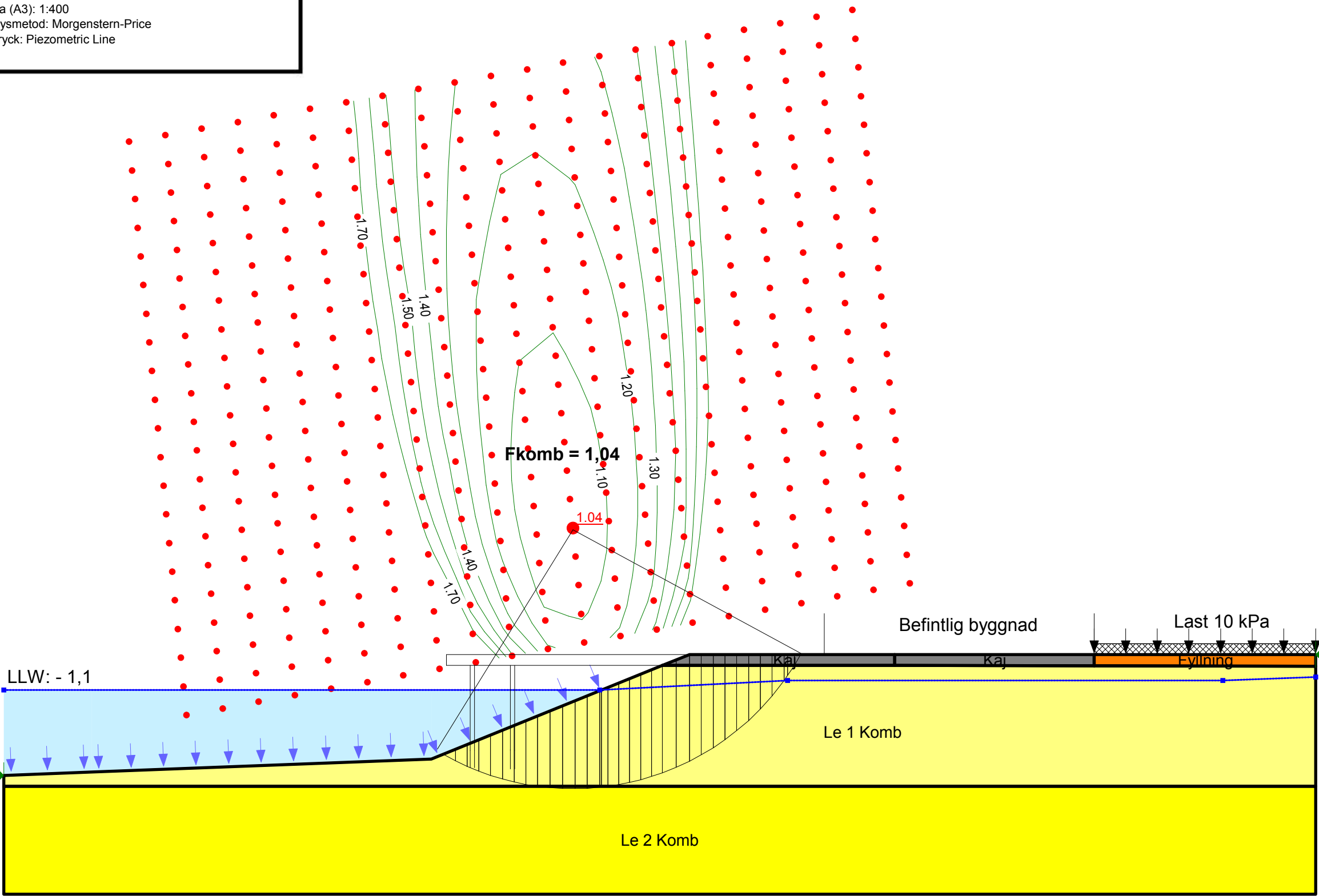
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

- Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

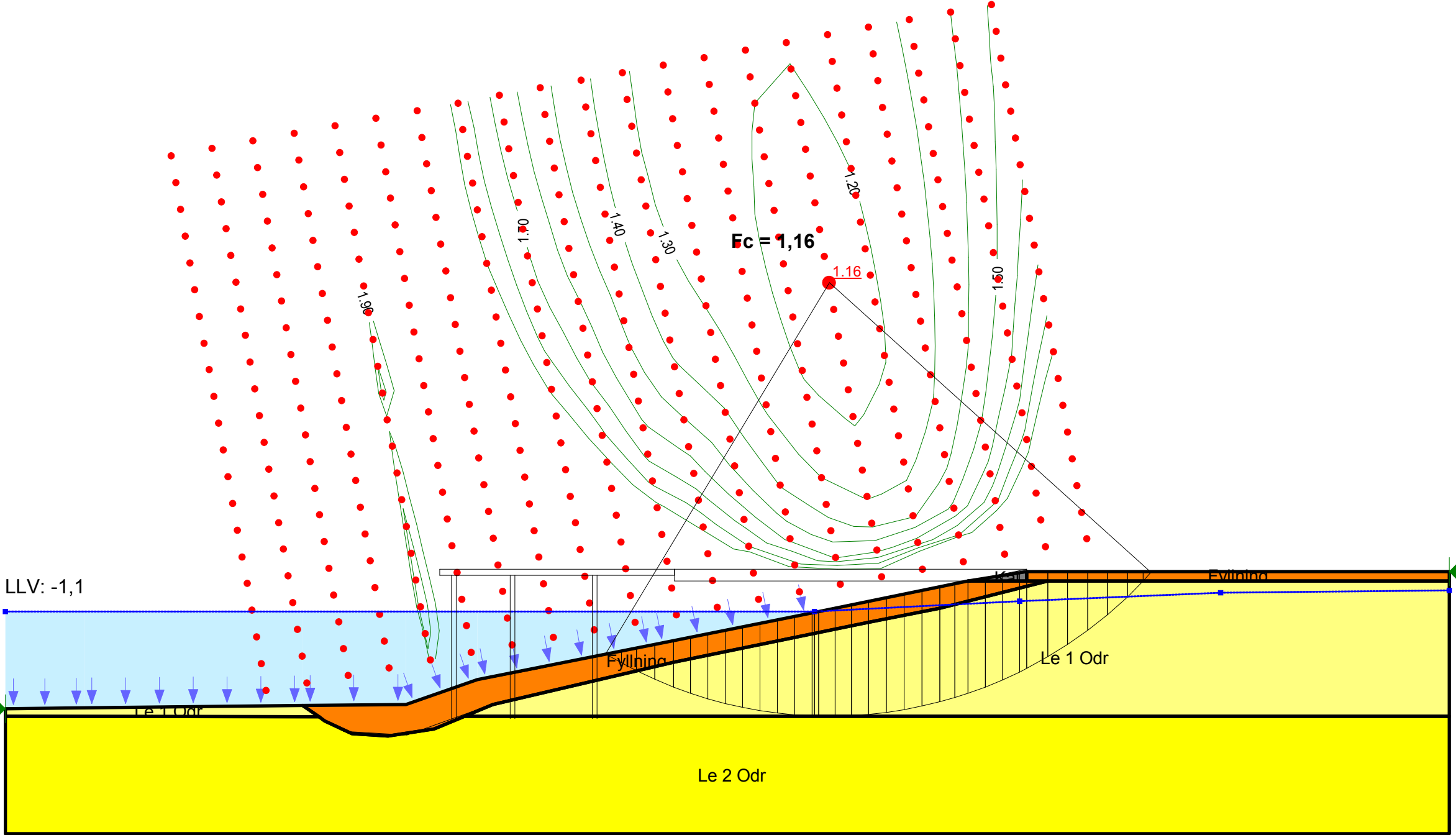
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

- Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

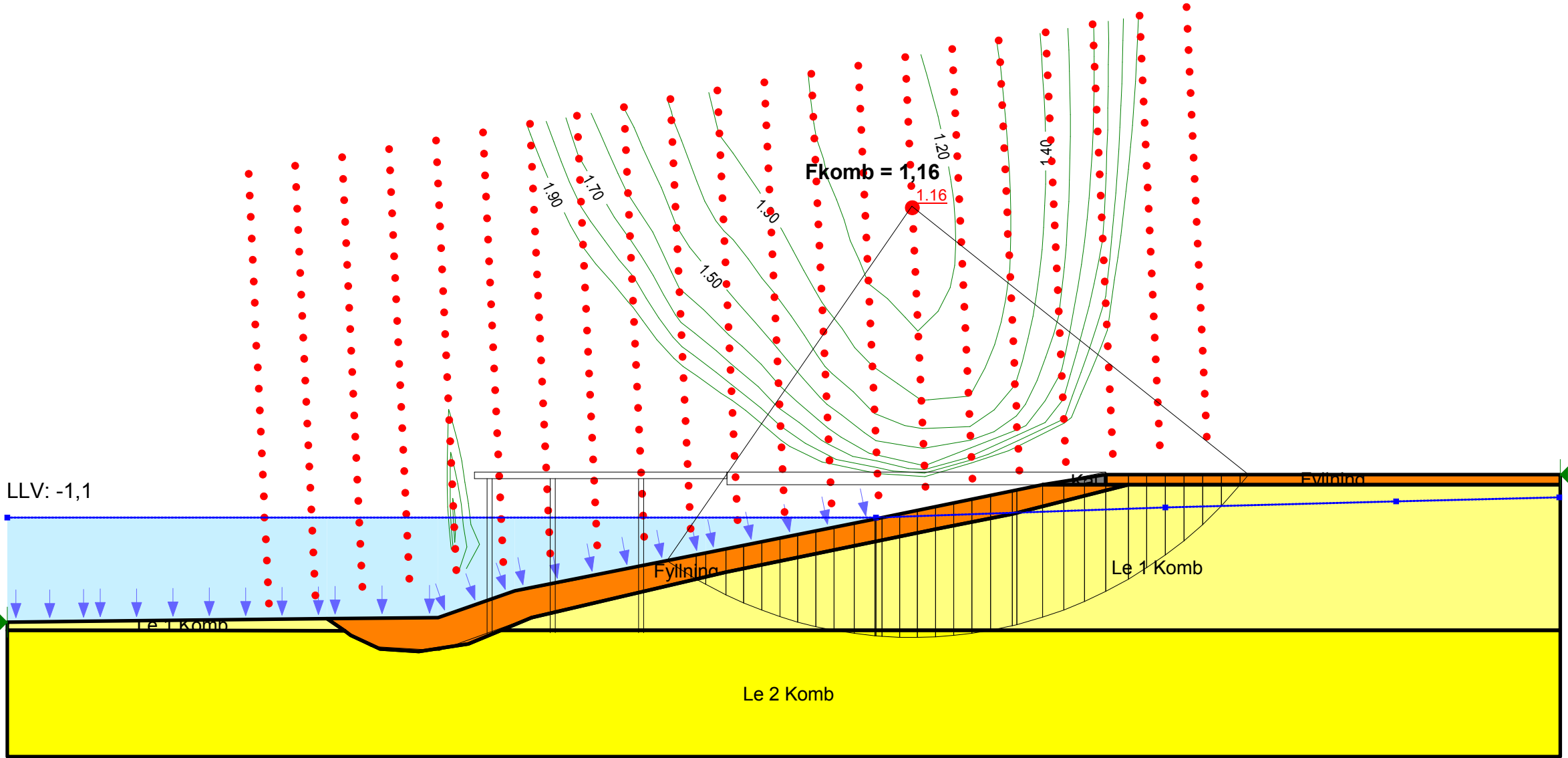
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

- Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

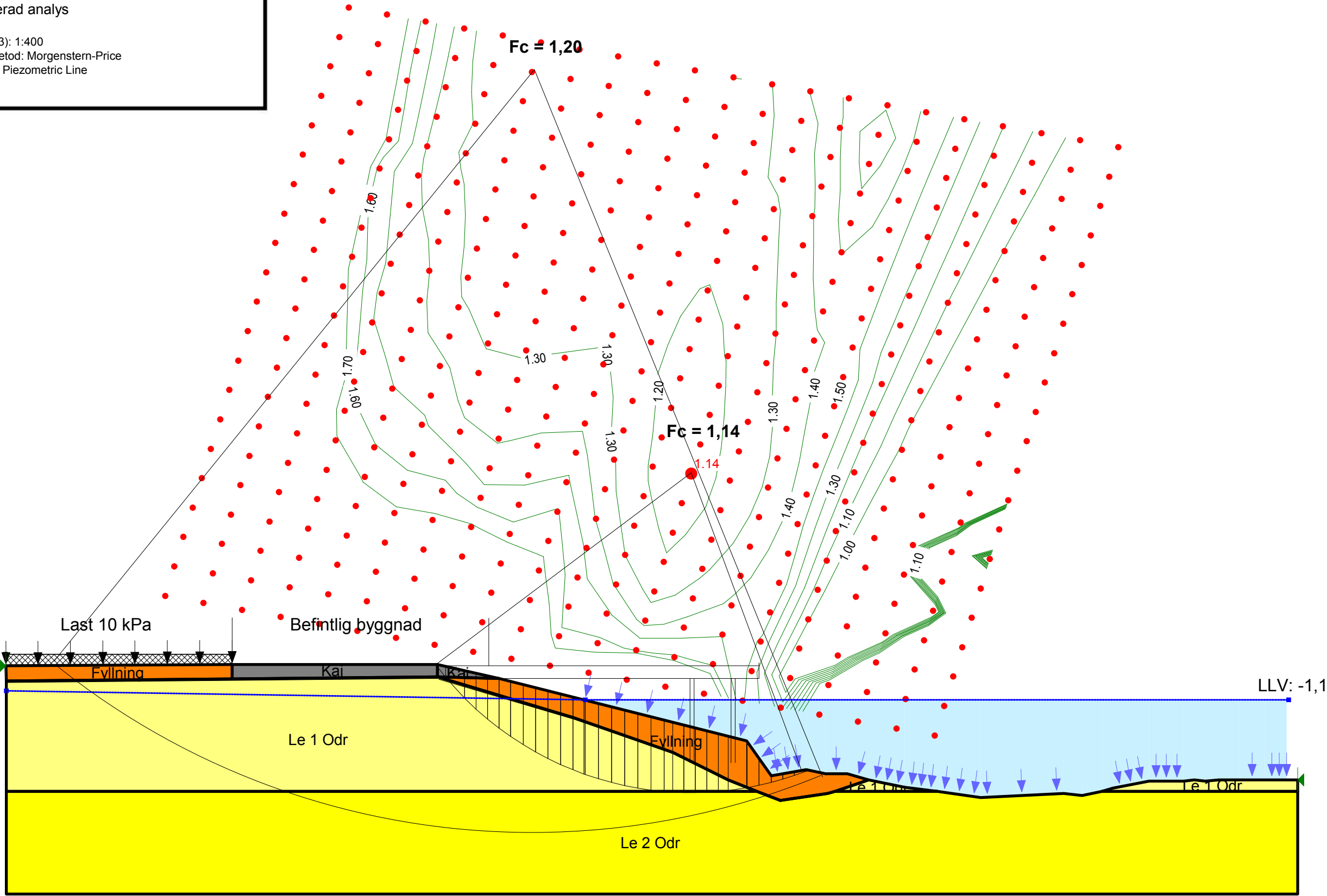
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

- Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

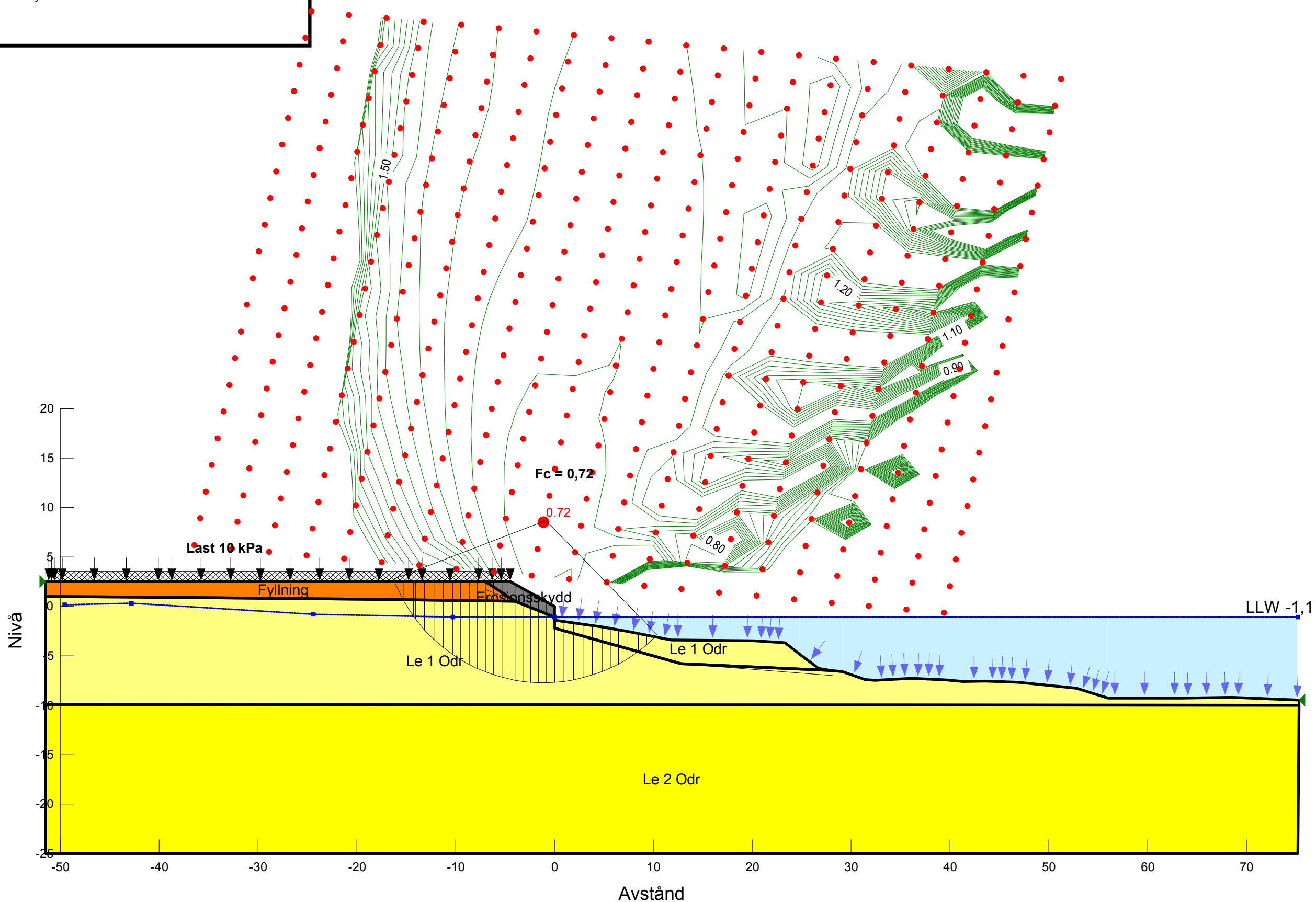
Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern - Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

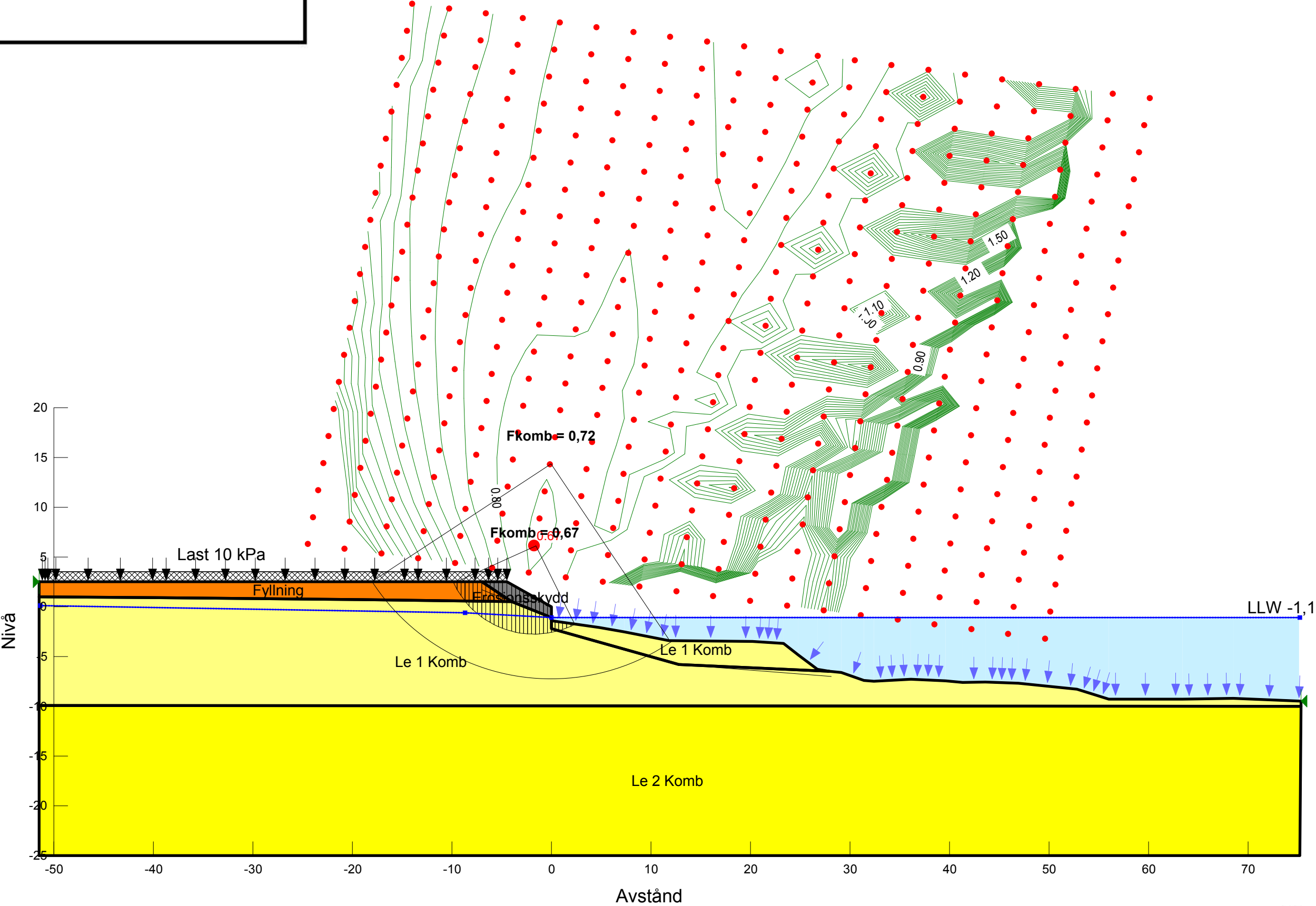
Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern - Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

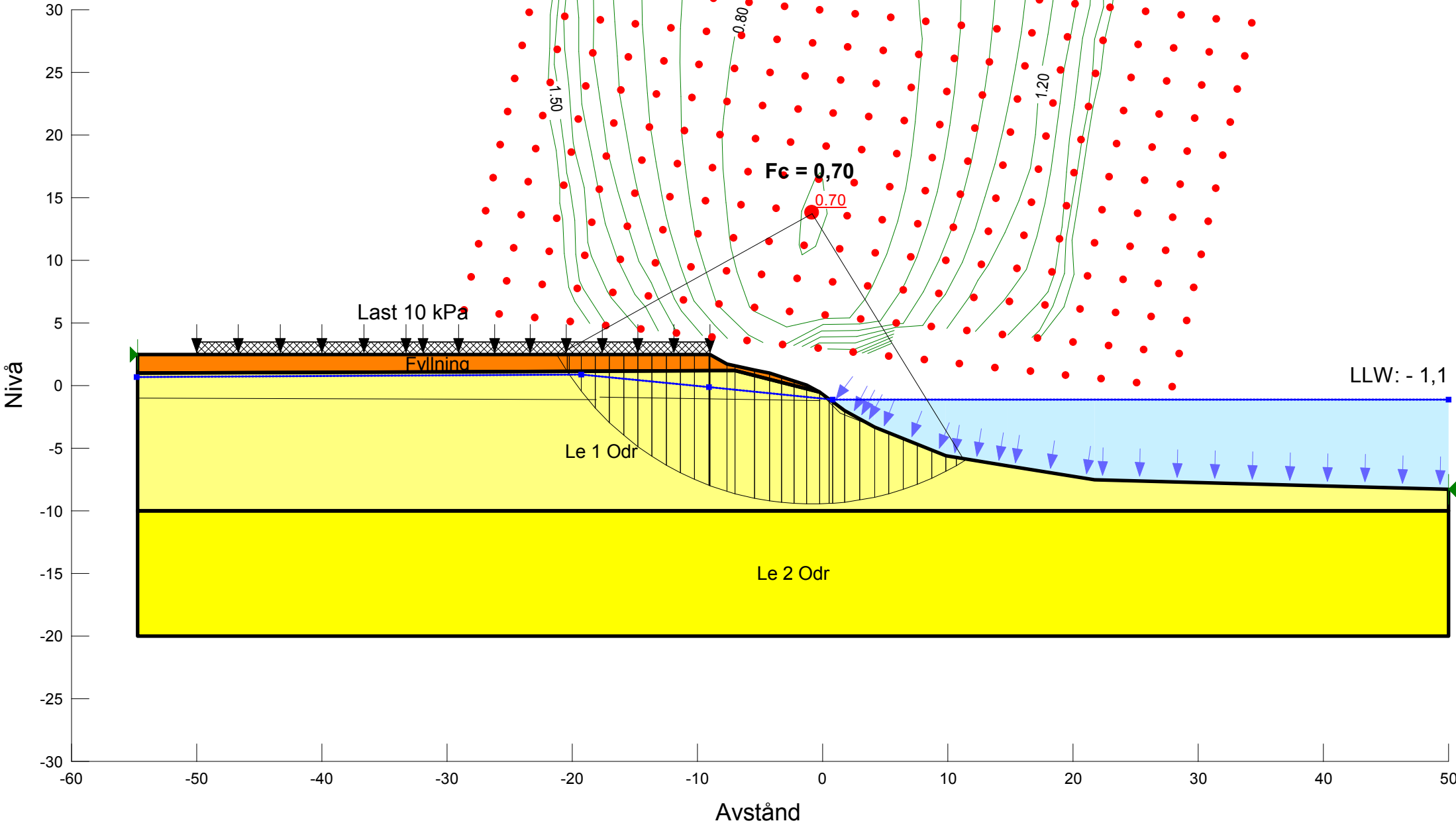
Sektion 2, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

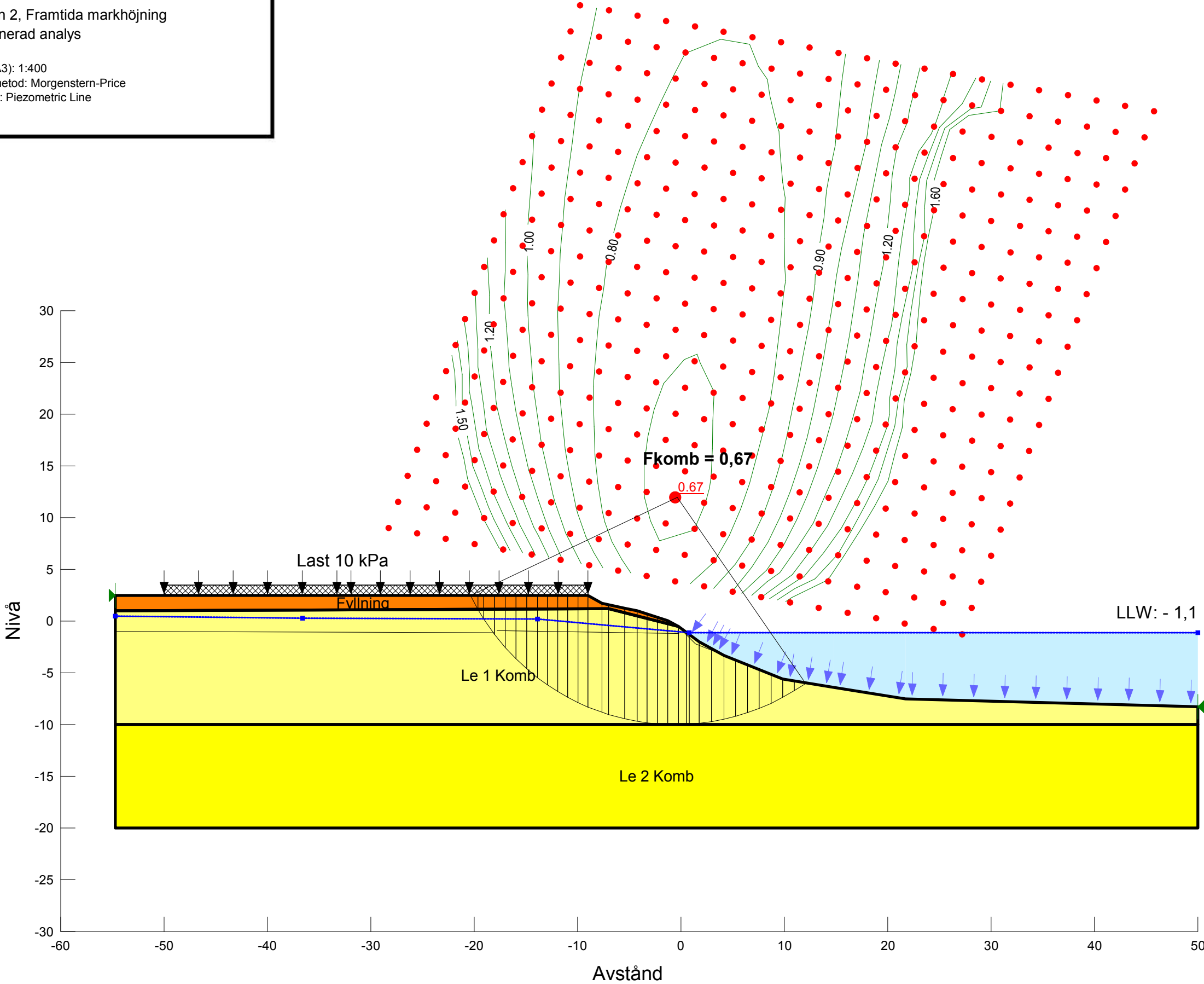
Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Odränerad analys

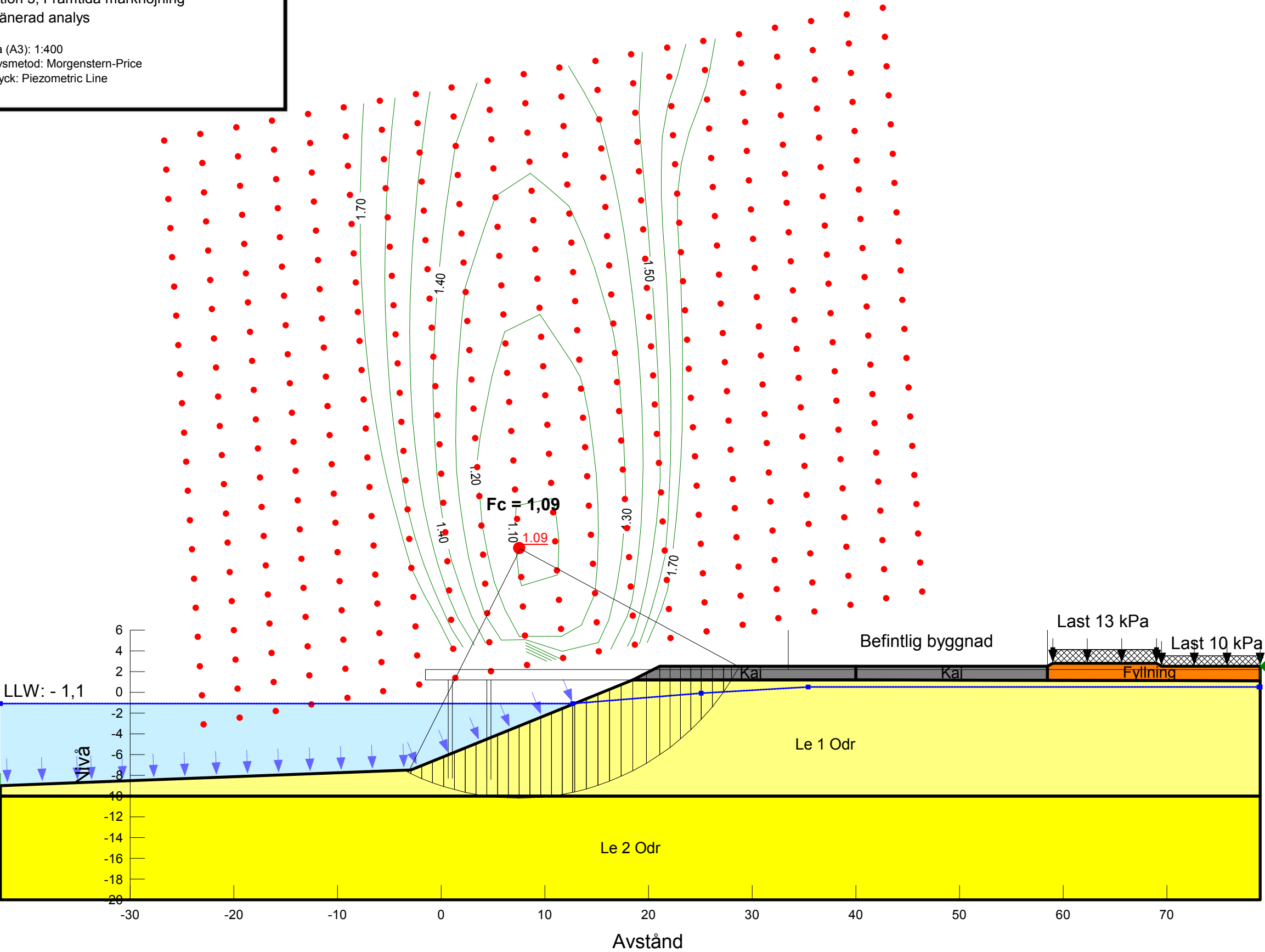
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning

Kombinerad analys

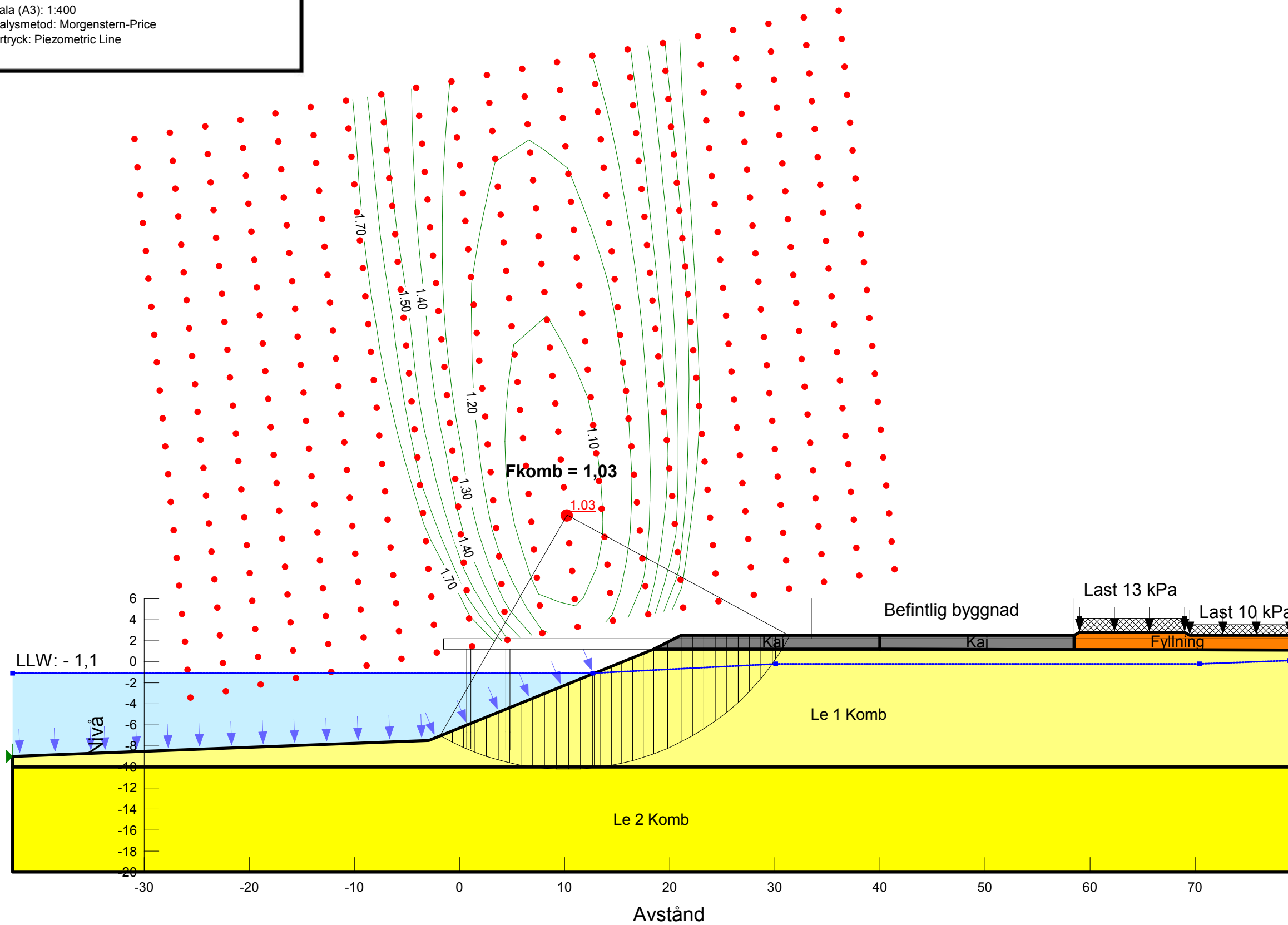
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

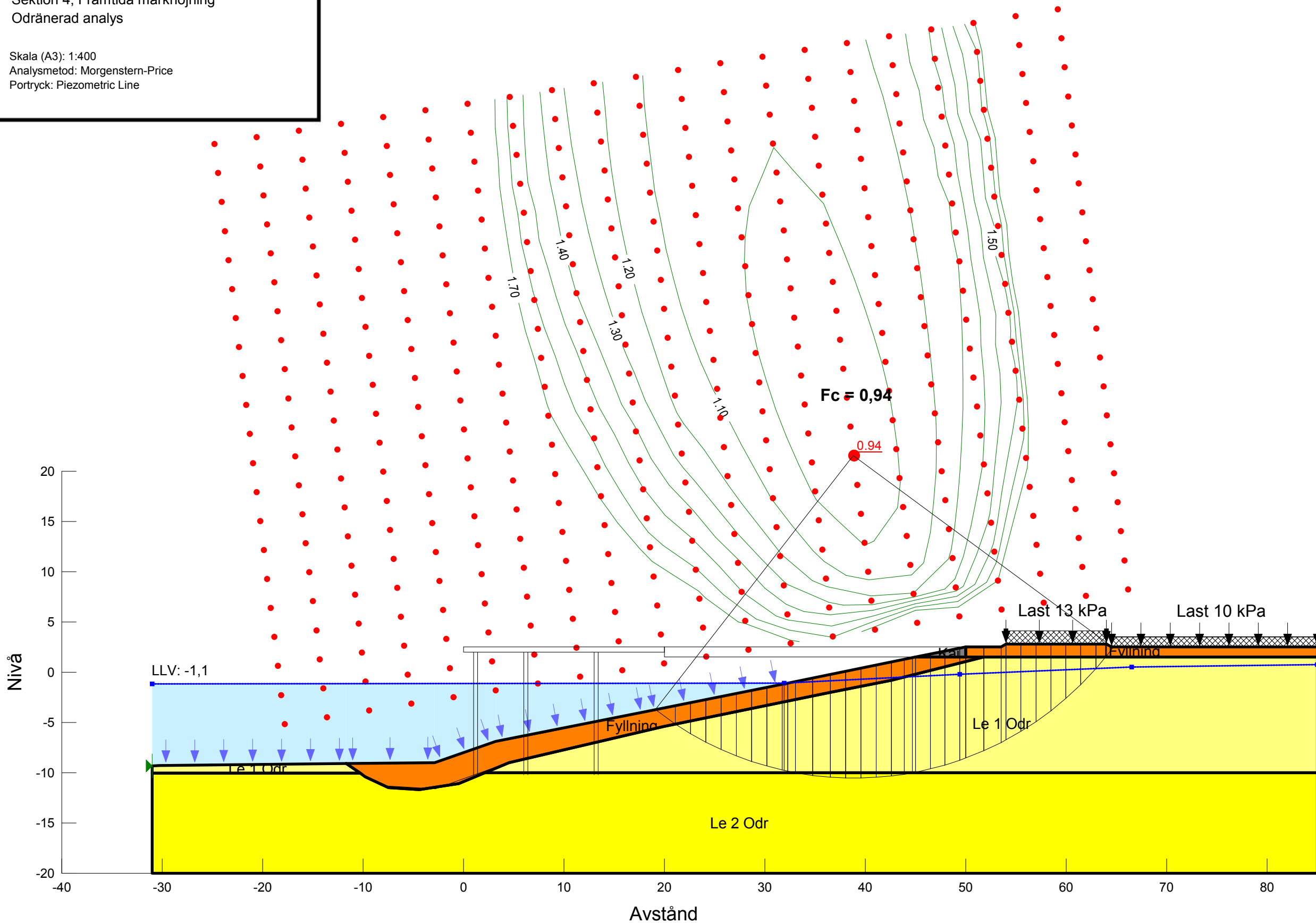
Name: Le 2 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

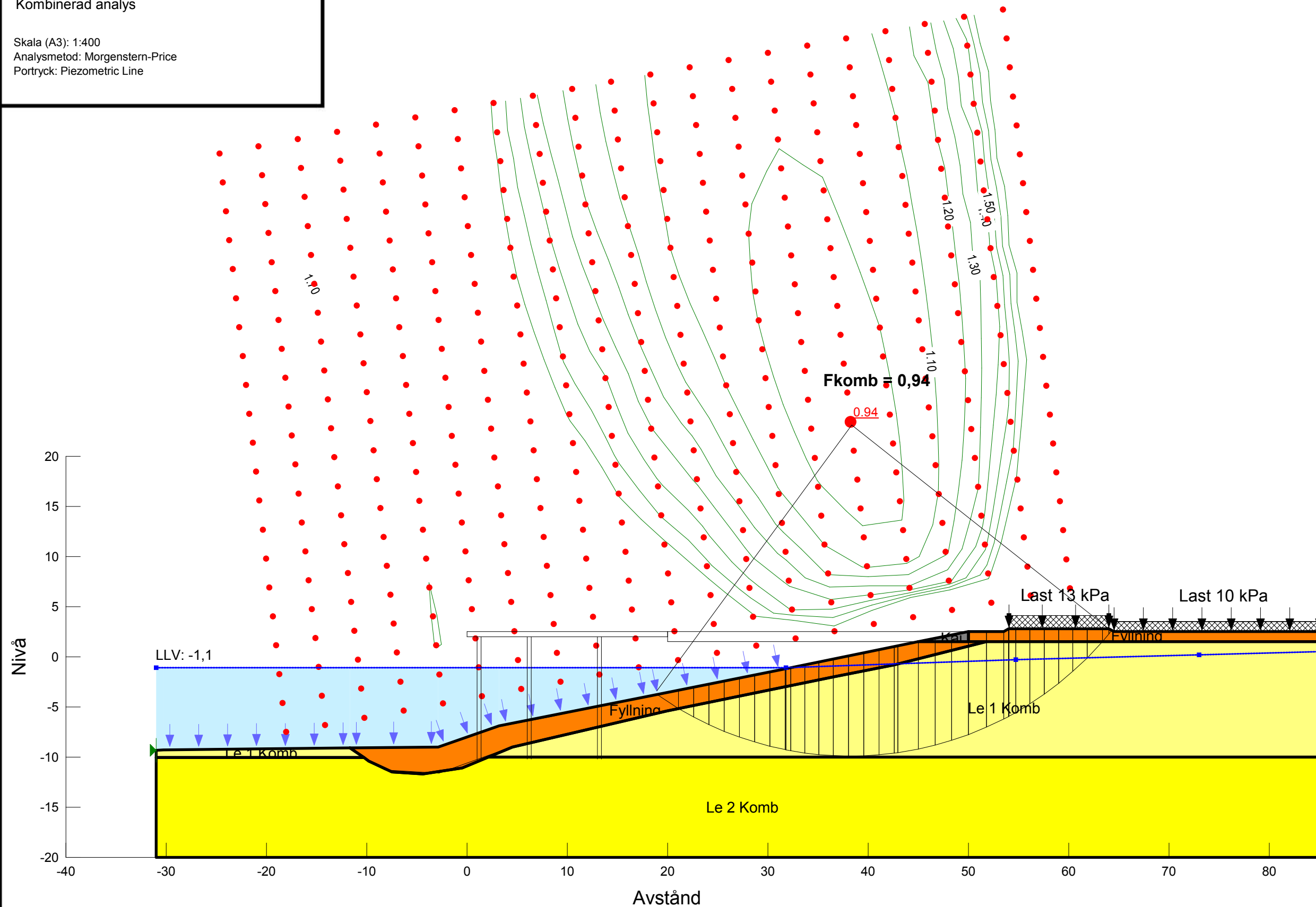
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1

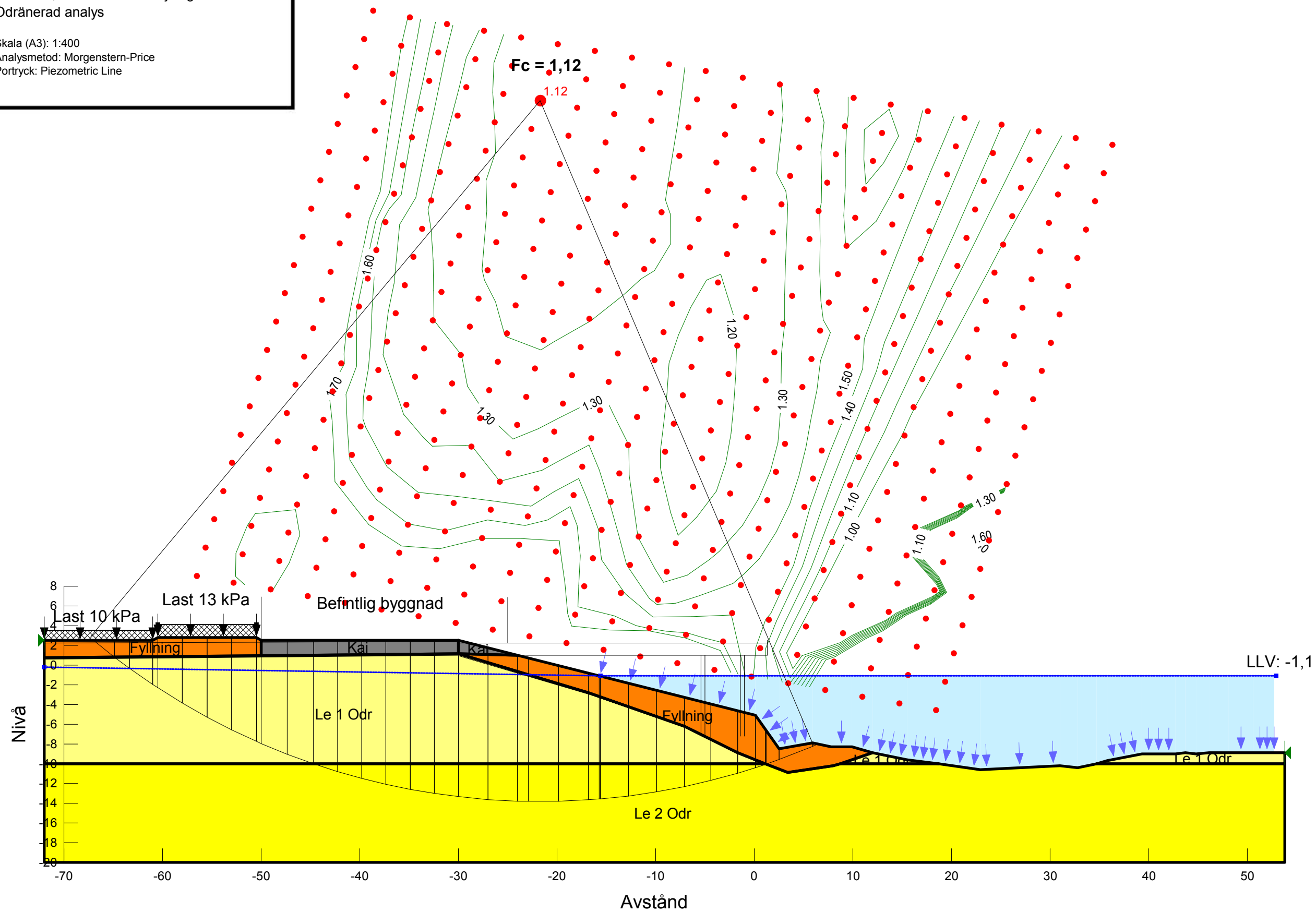
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400

Analysmetod: Morgenstern-Price

Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Phi: 28.3 °

Name: Kaj
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 1 kN/m³
 Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 15.5 kN/m³
 C-Top of Layer: 11 kPa
 C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 15.5 kN/m³
 C-Top of Layer: 13.2 kPa
 C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

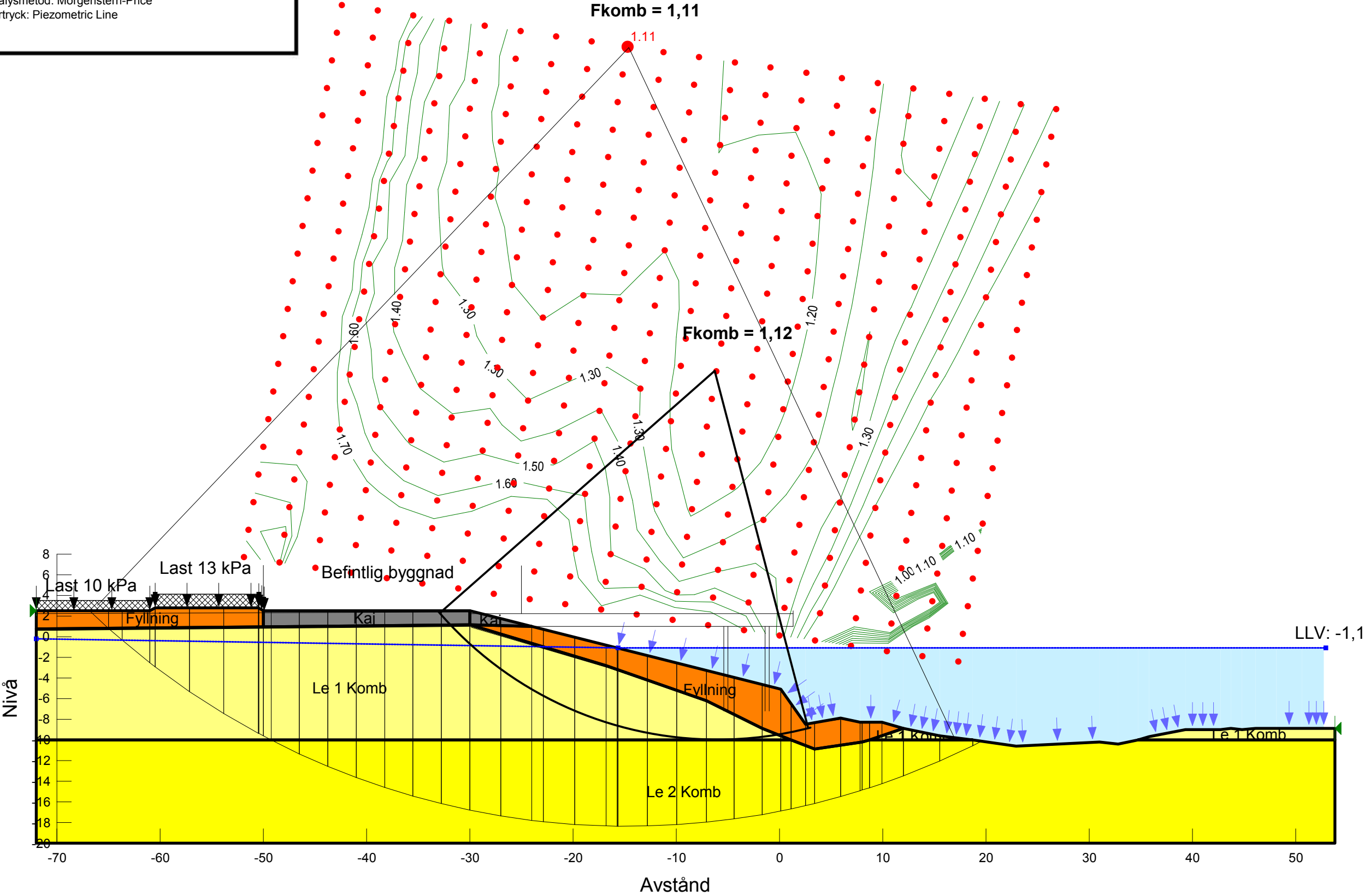
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

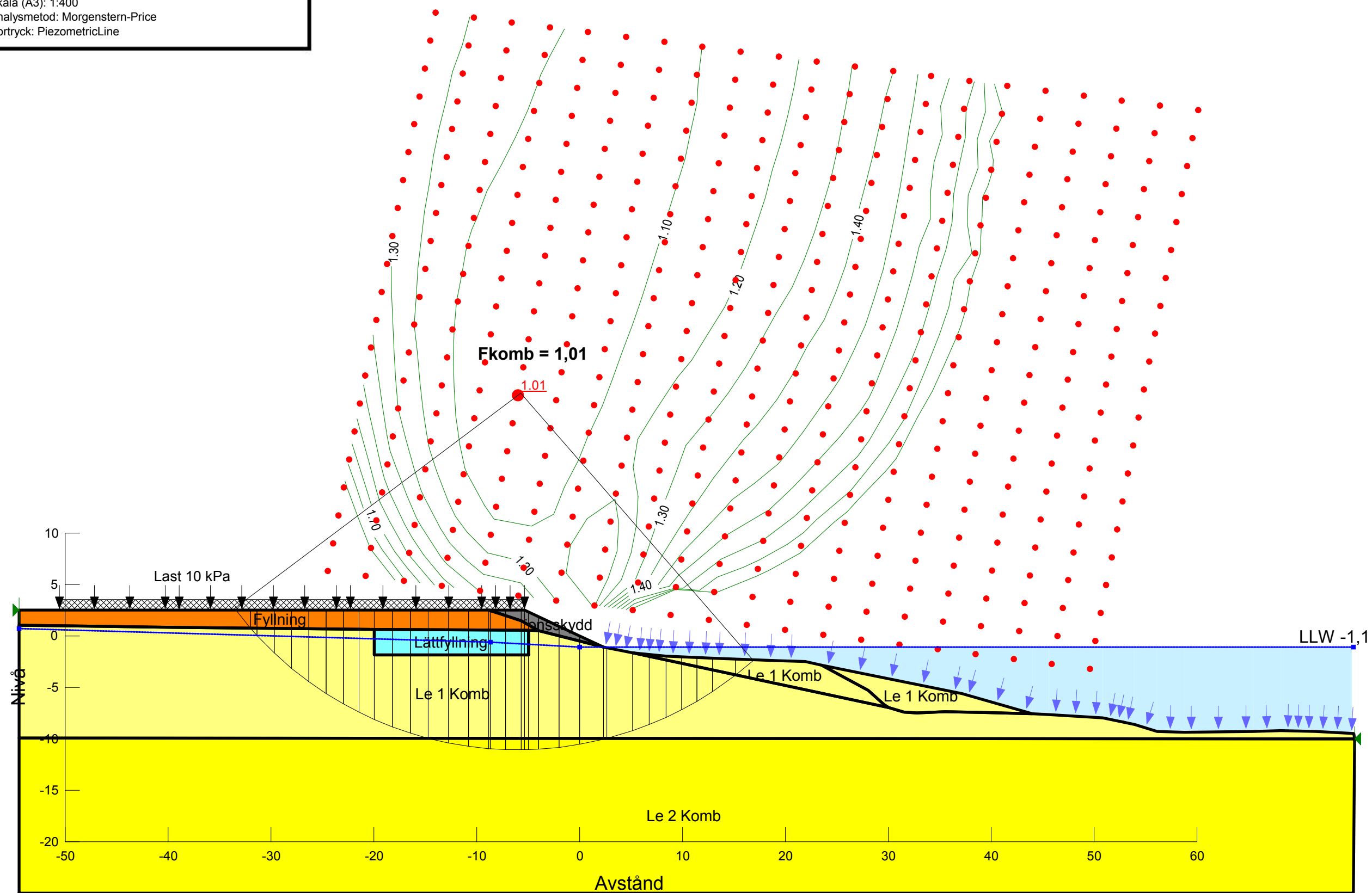
Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: PiezometricLine



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

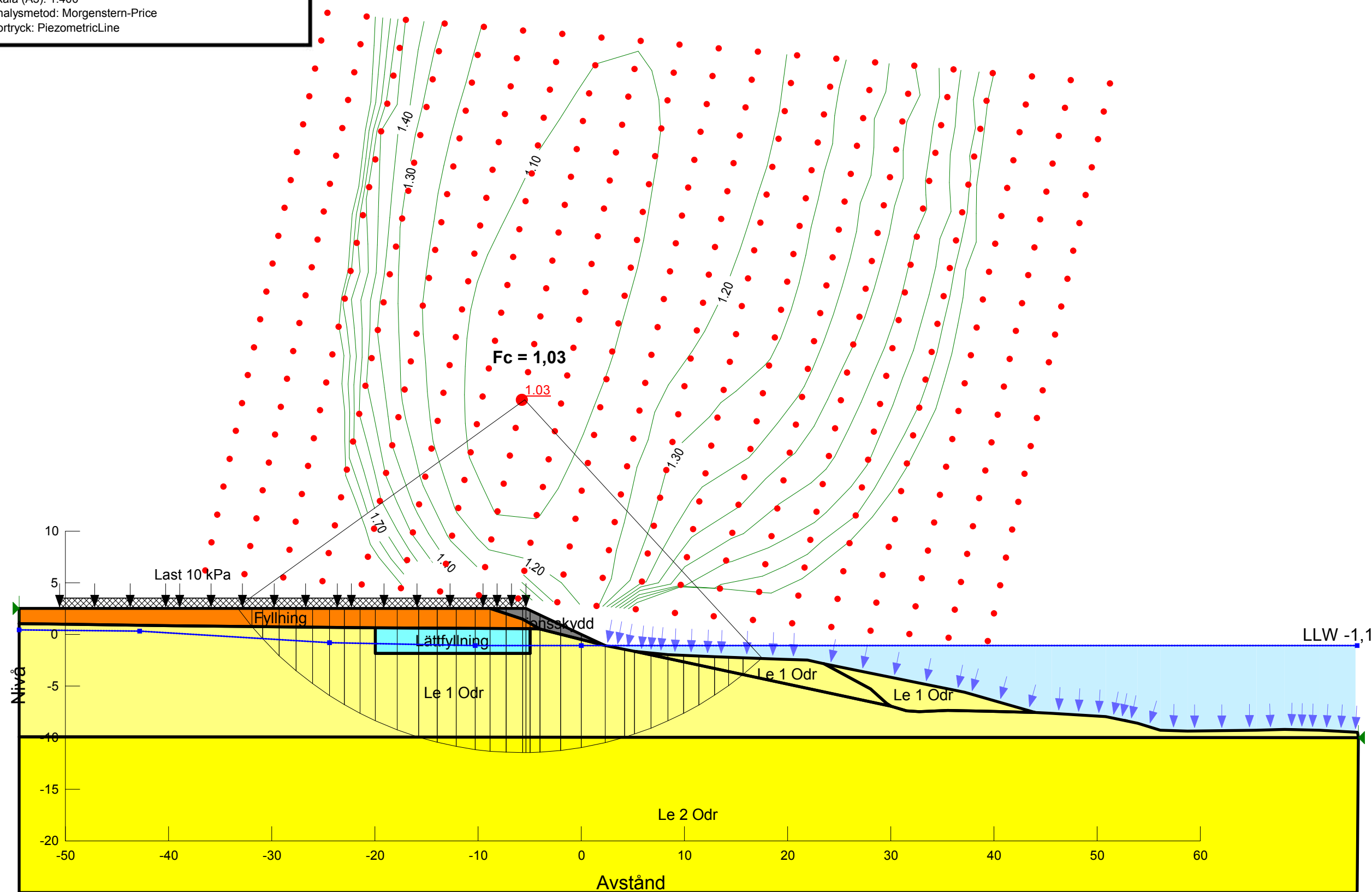
Name: Le 1 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: PiezometricLine



Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

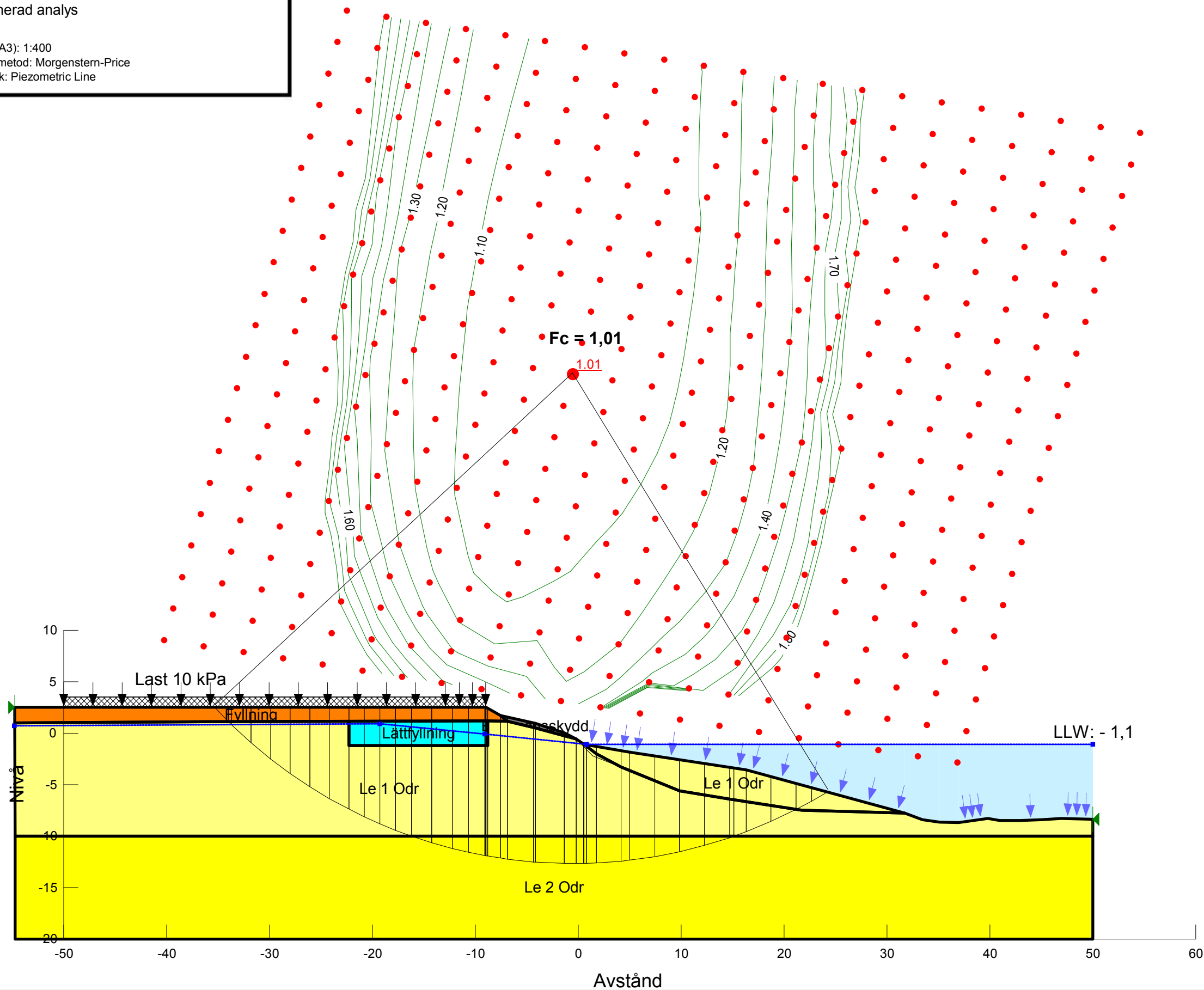
Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

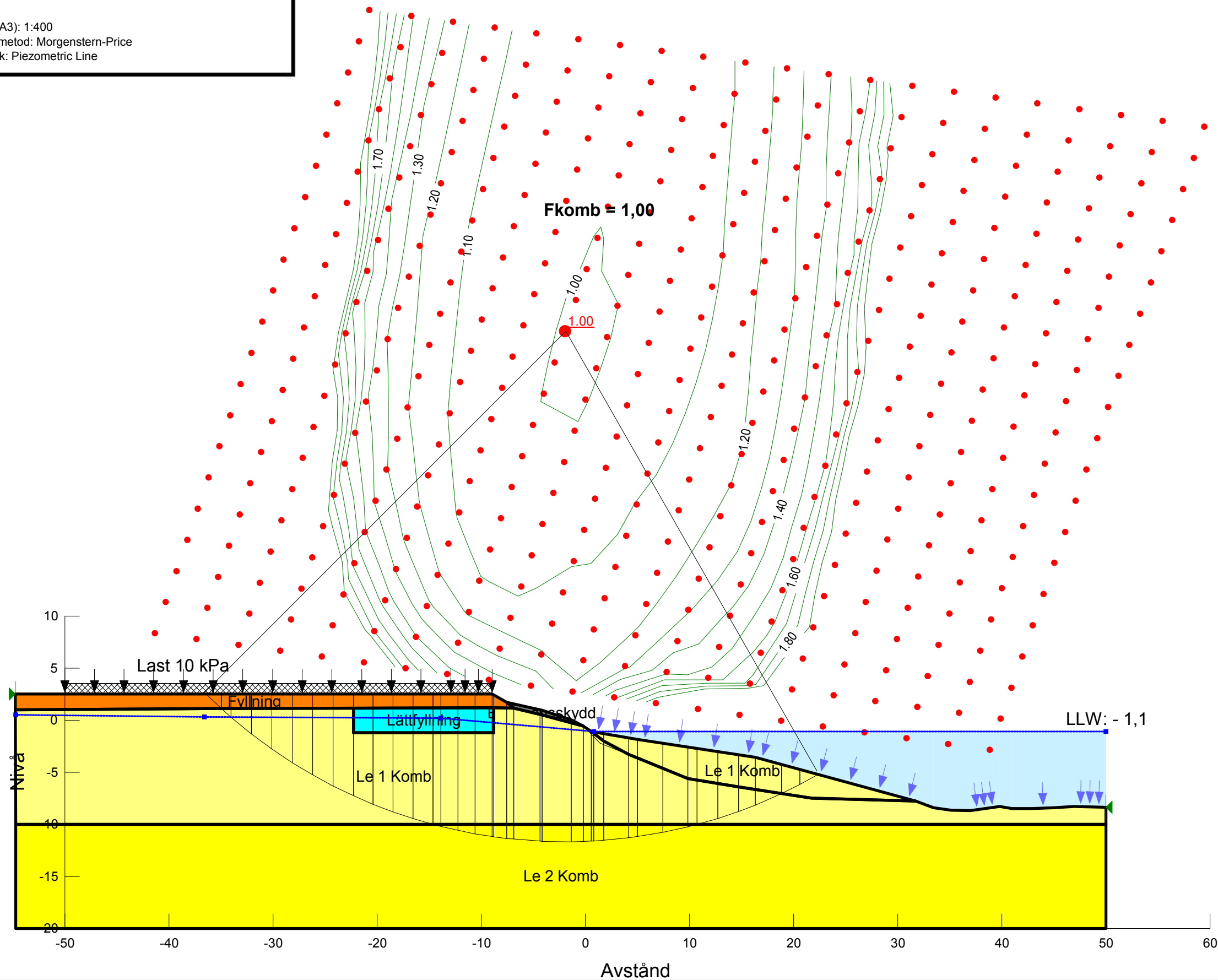
Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

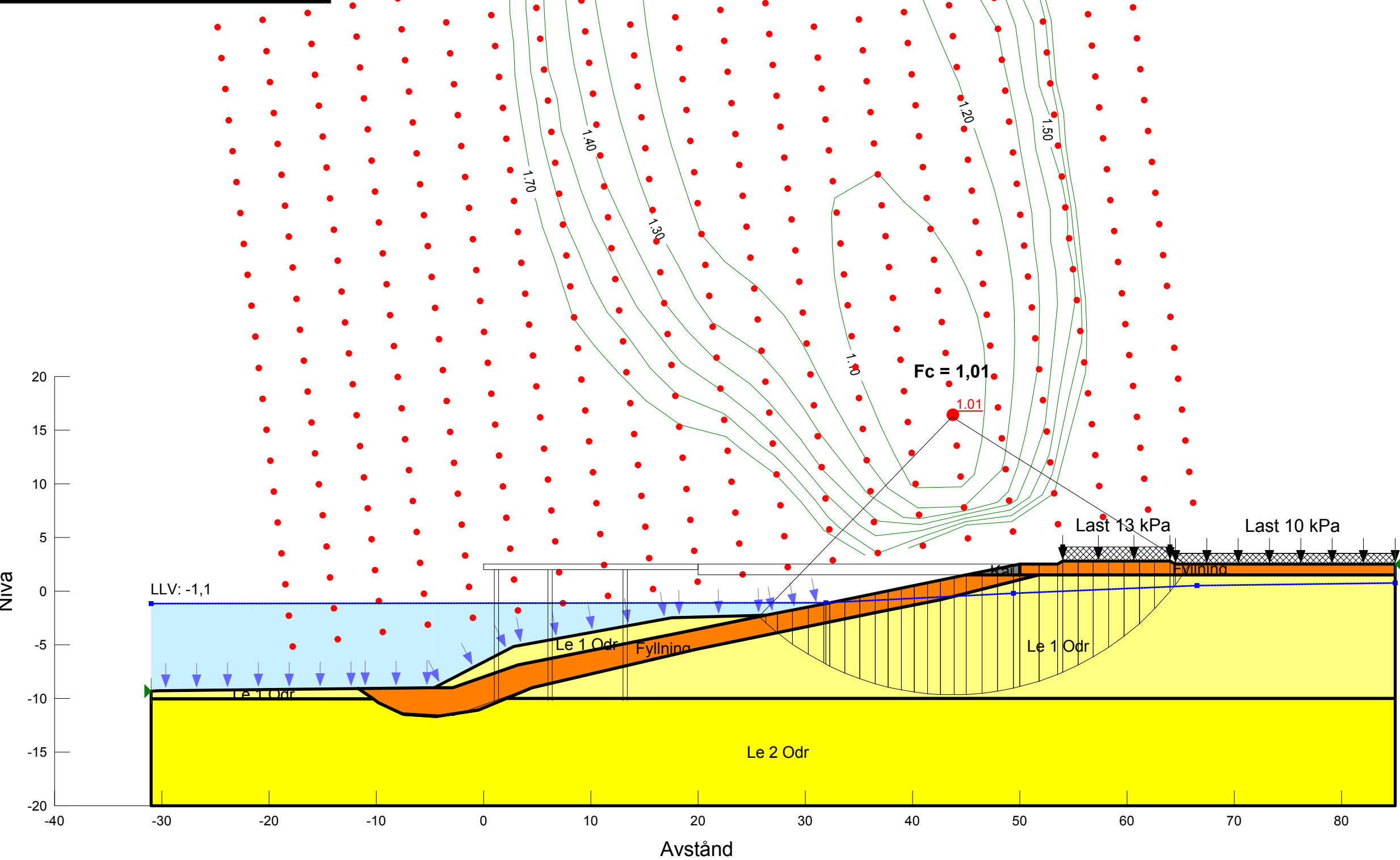
Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Förstärkning - tryckbank
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Förstärkning - tryckbank
Kombinerad analys

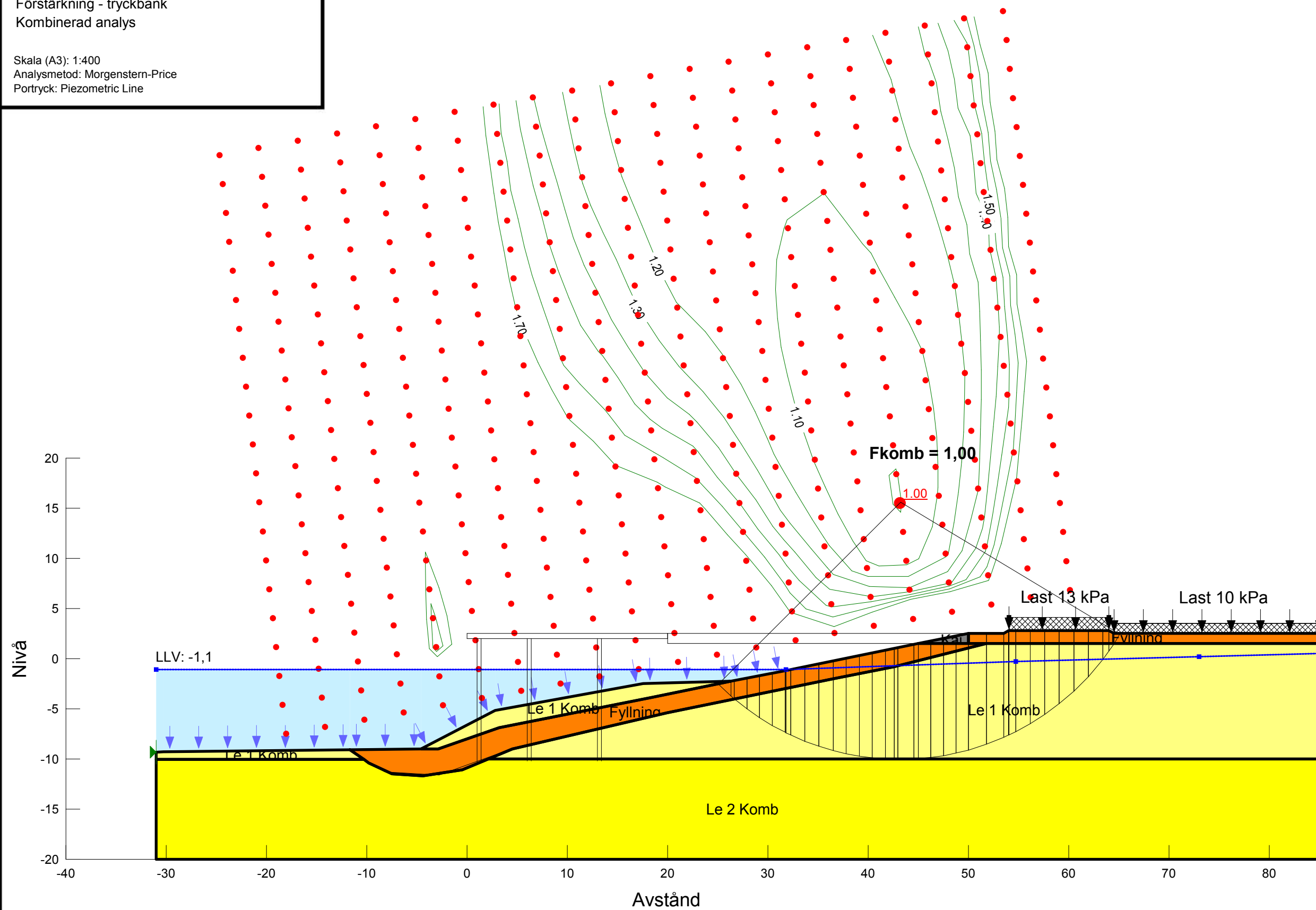
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Portryck
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

- Name: Fyllning

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Phi: 28.3 °
- Name: Kaj

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 1 kN/m³

Phi: 50 °
- Name: Le 1 Odr

Model: S=f(depth)

Unit Weight: 15.5 kN/m³

C-Top of Layer: 11 kPa

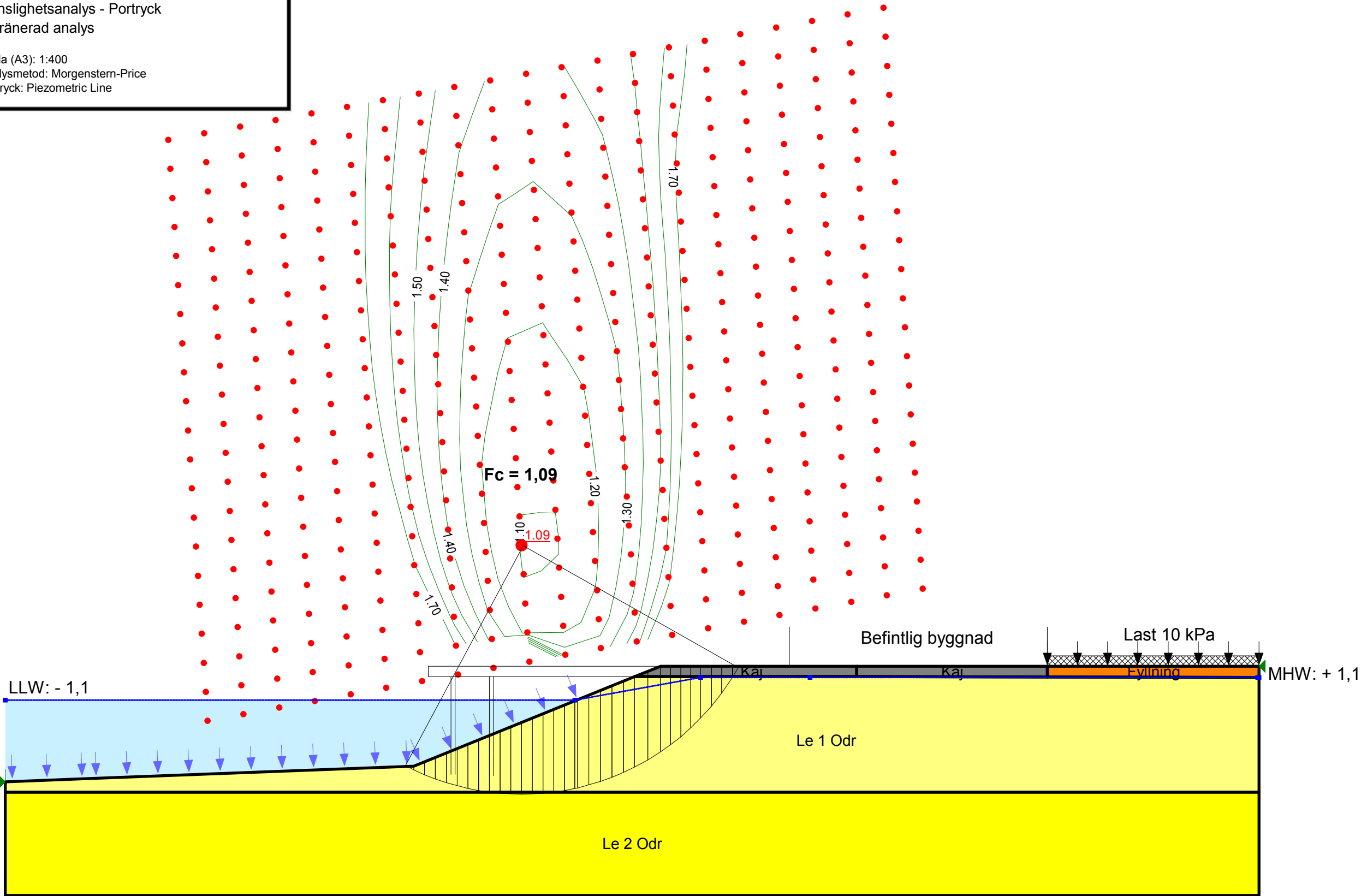
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m
- Name: Le 2 Odr

Model: S=f(depth)

Unit Weight: 15.5 kN/m³

C-Top of Layer: 13.2 kPa

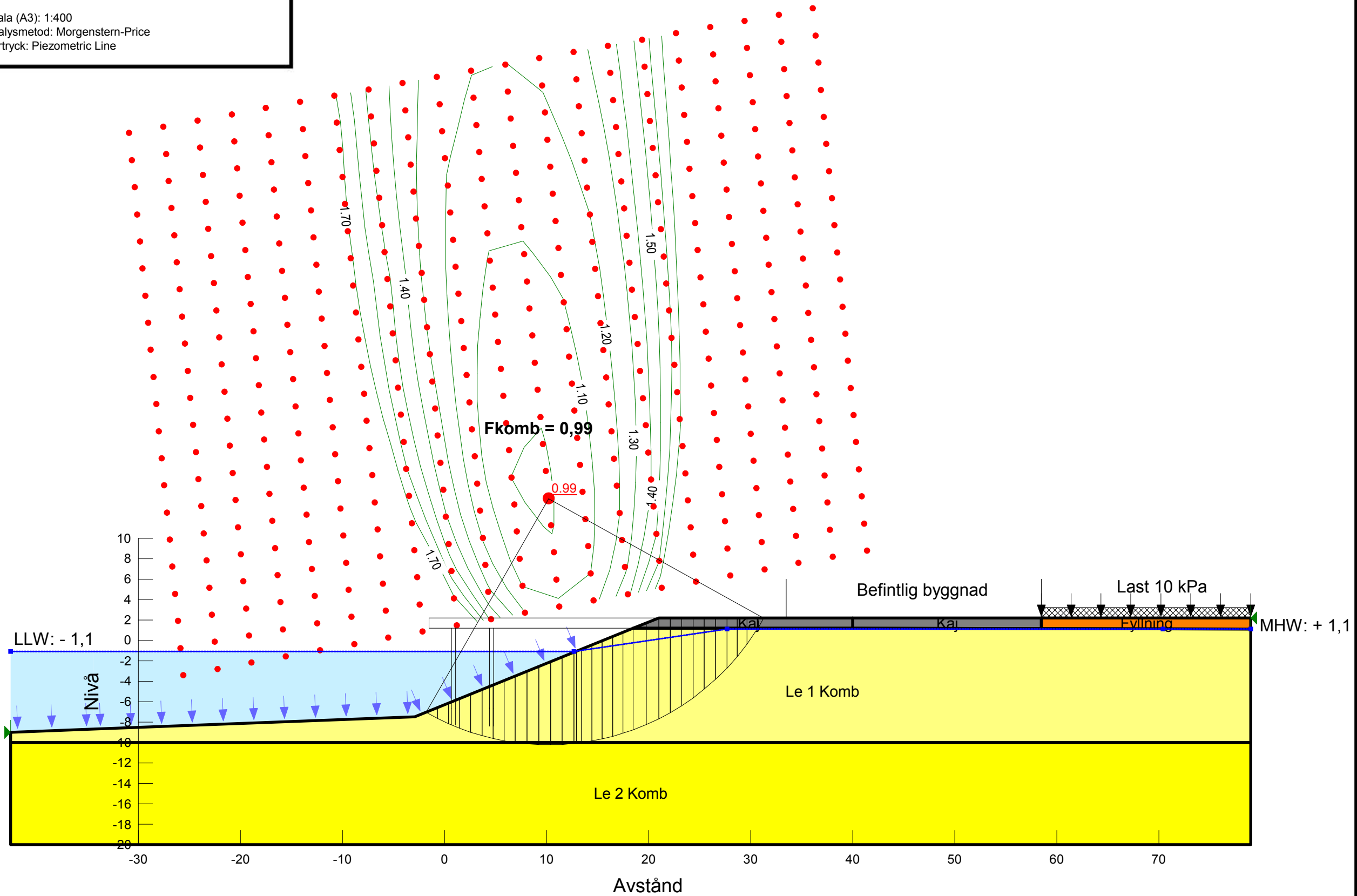
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Portryck
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Odränerad analys

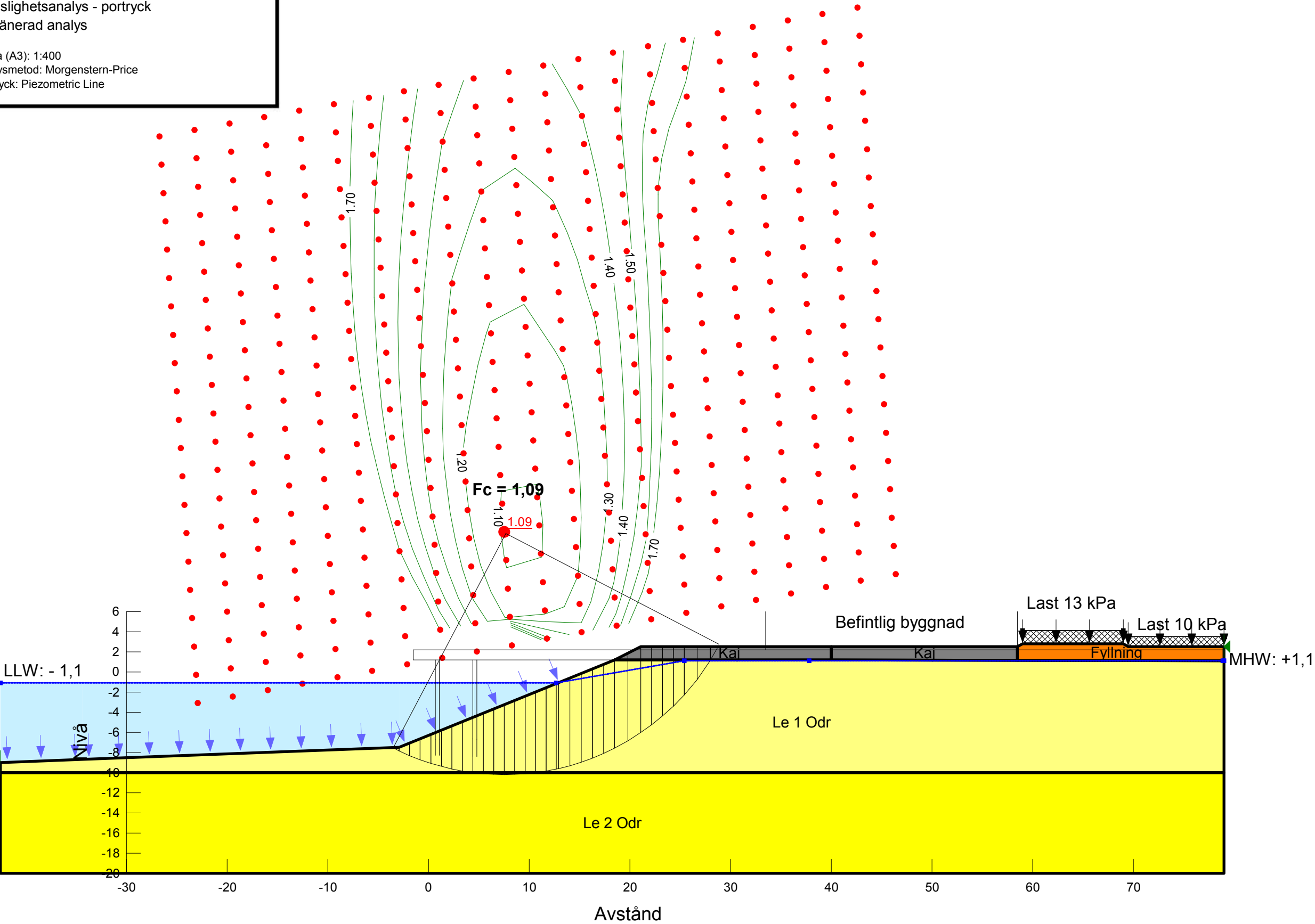
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

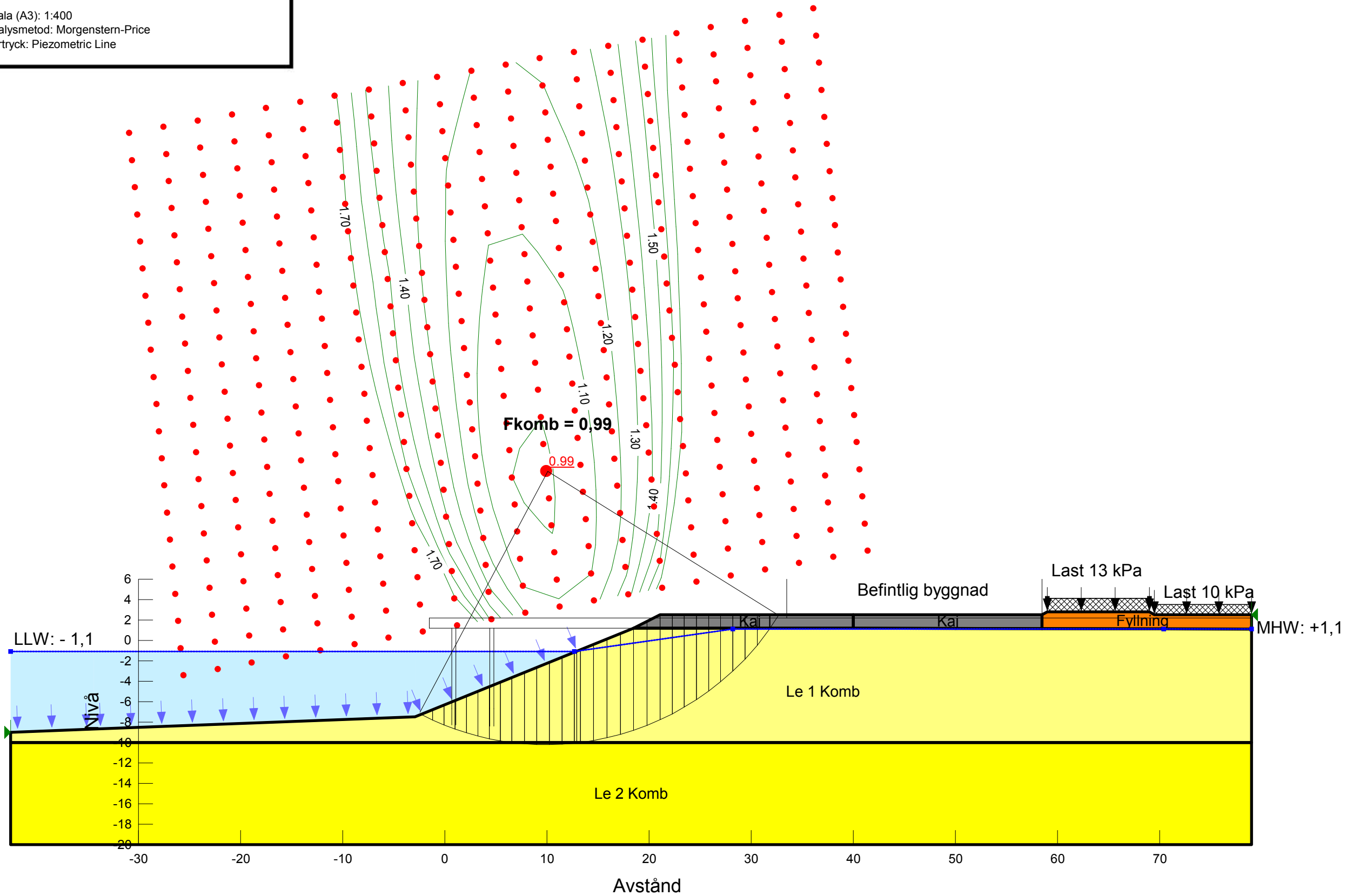
Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Förstärkning - tryckbank
Odränerad analys

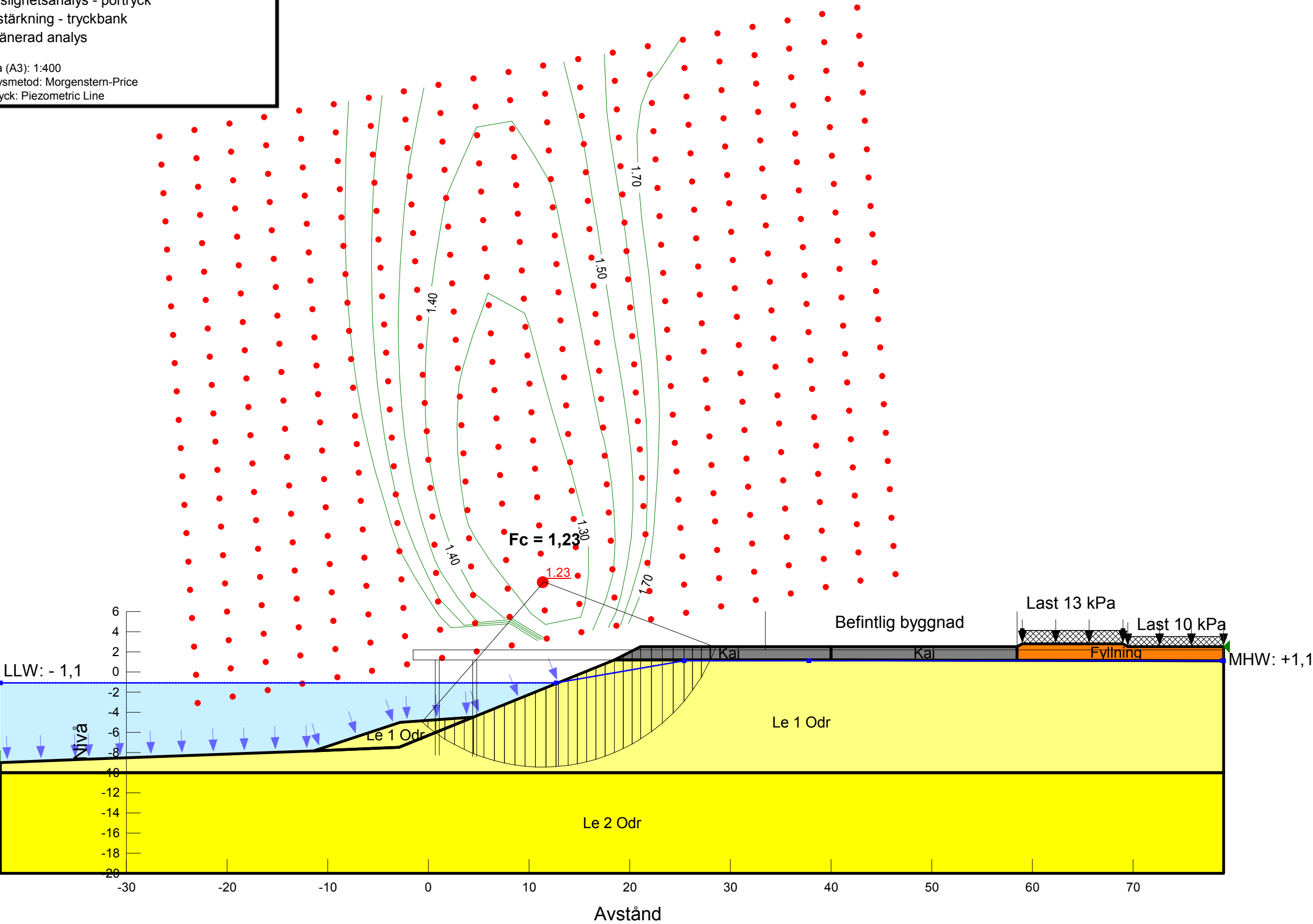
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

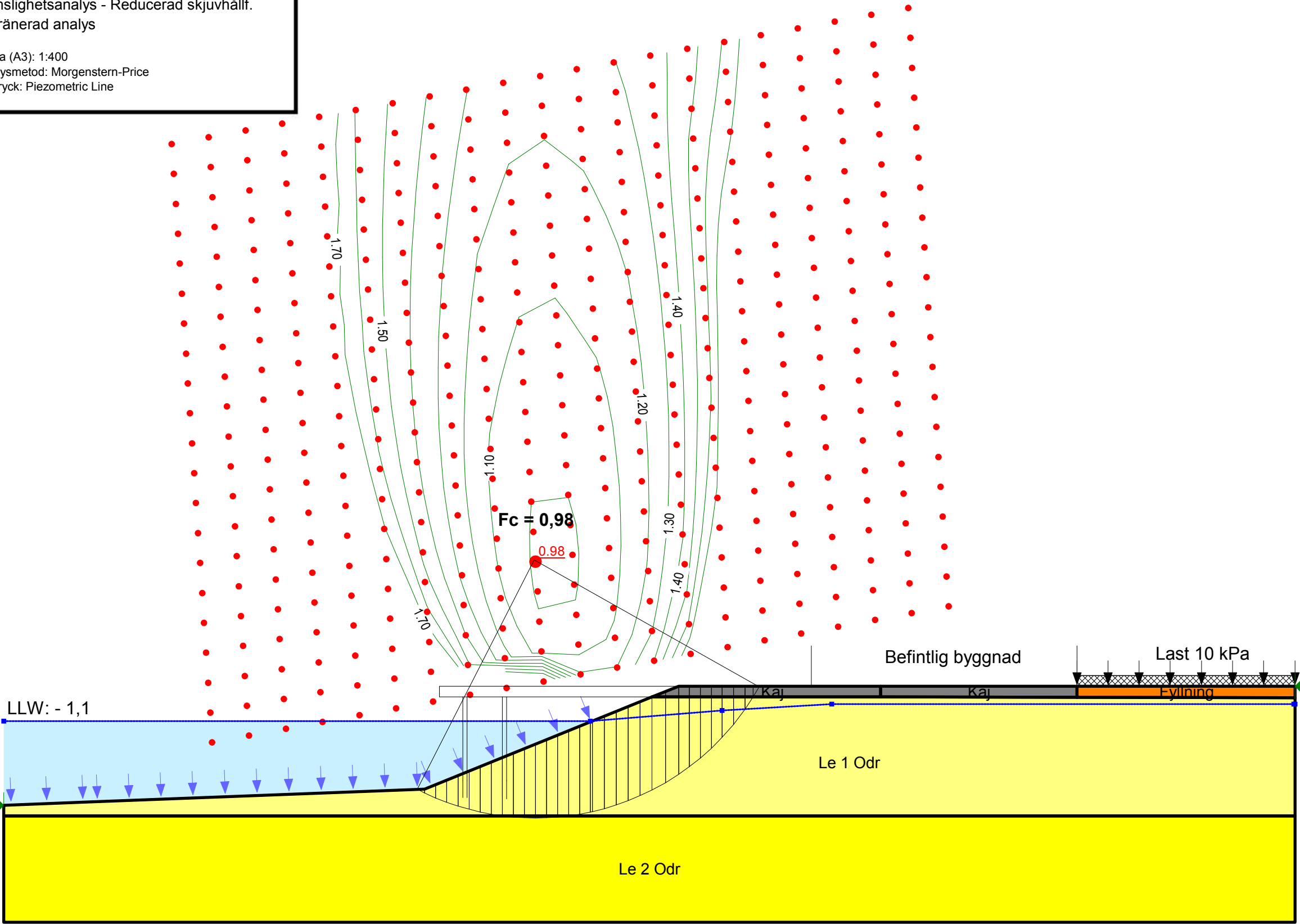
Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

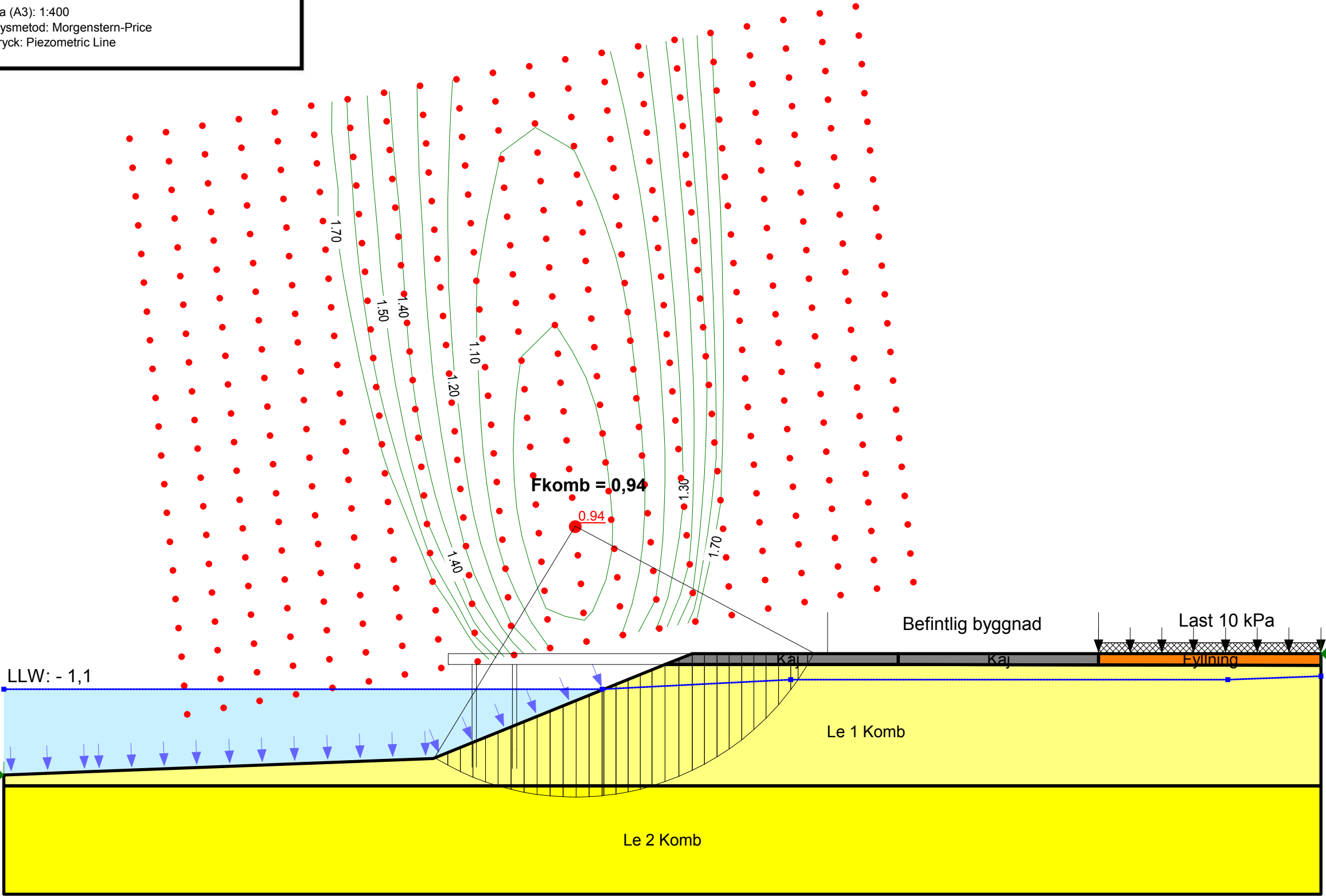
Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.92 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

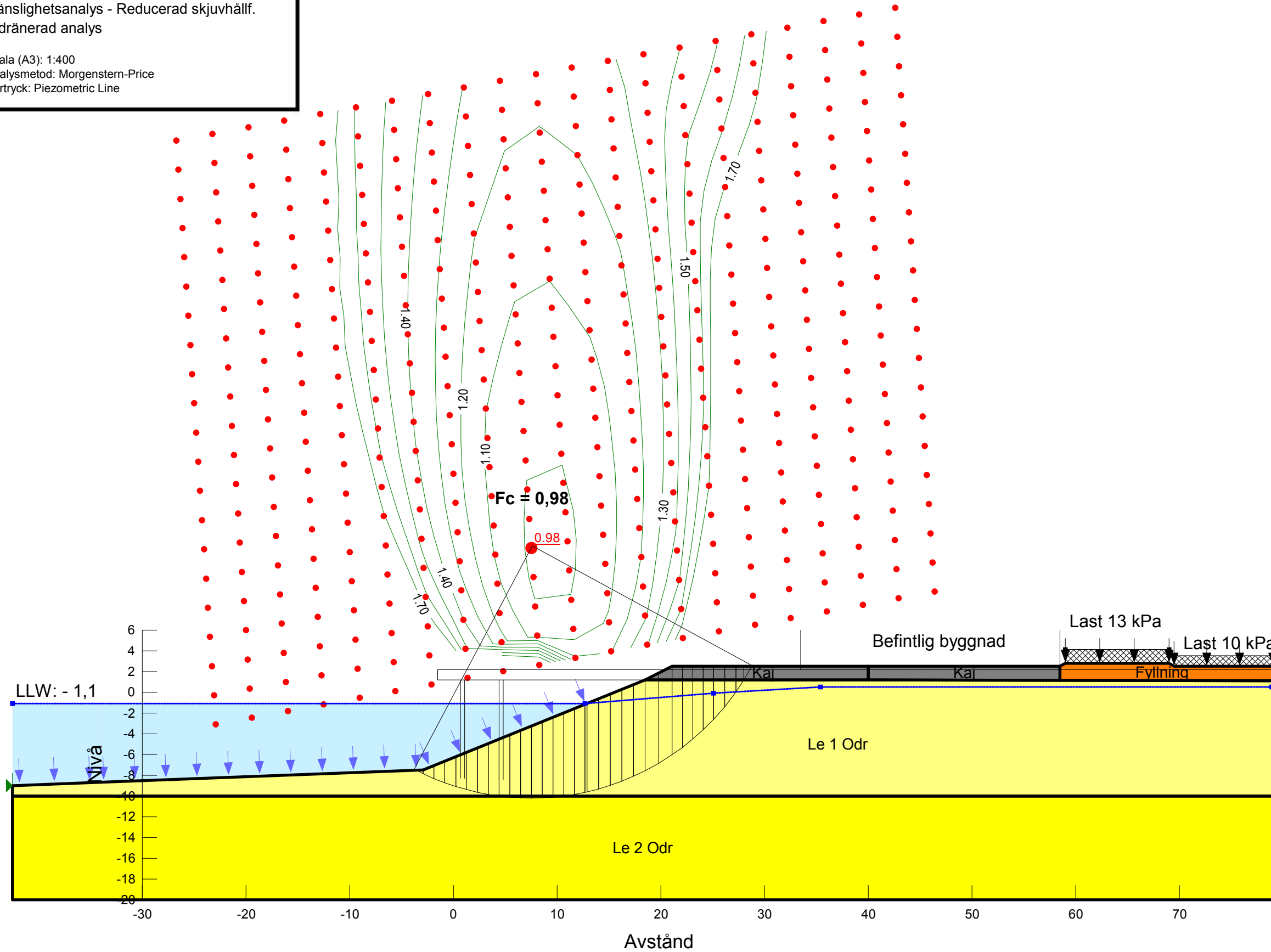
Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.92 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.9243 kPa/m

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

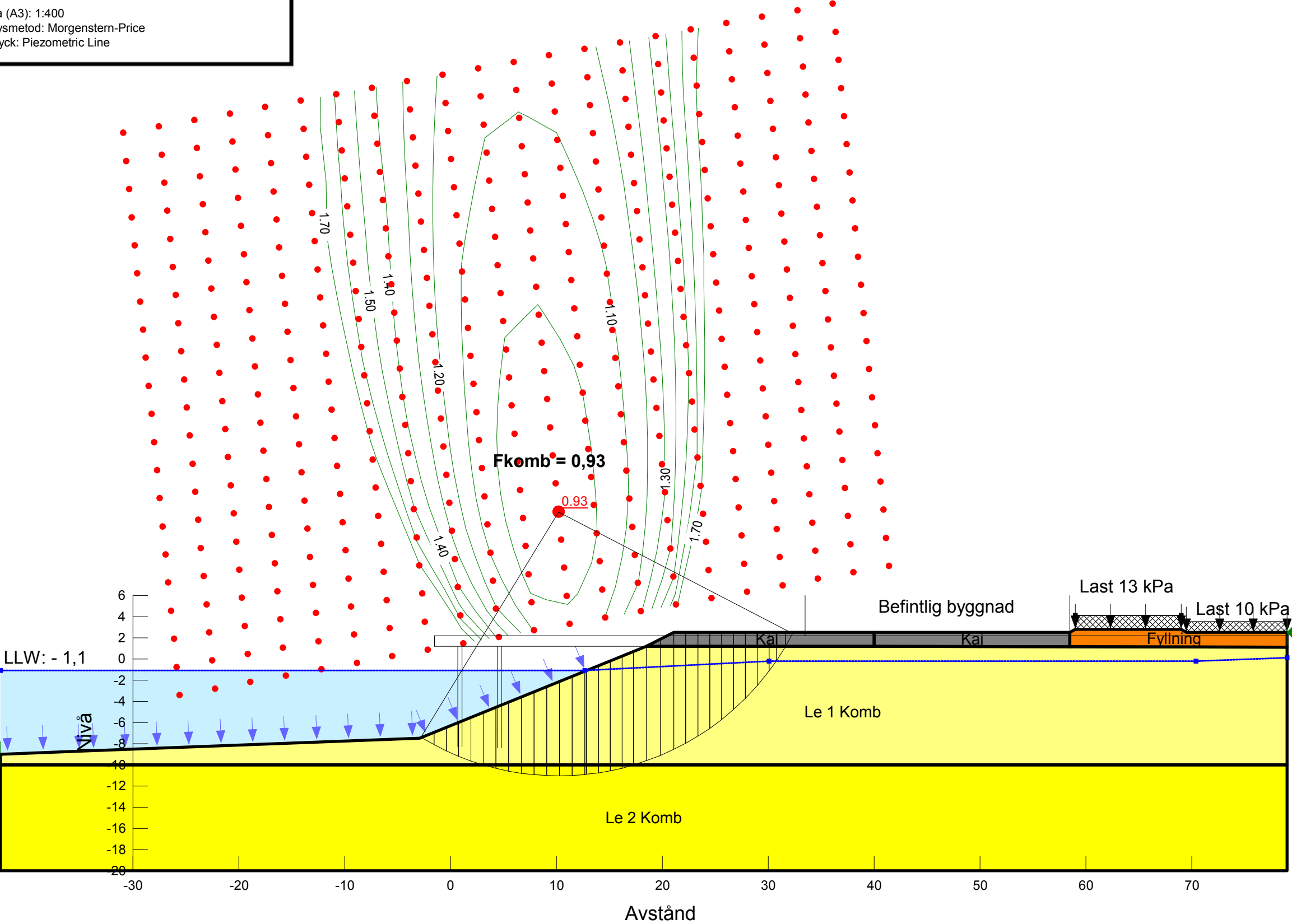
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9243 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Förstärkning - Tryckbank
Odränerad analys

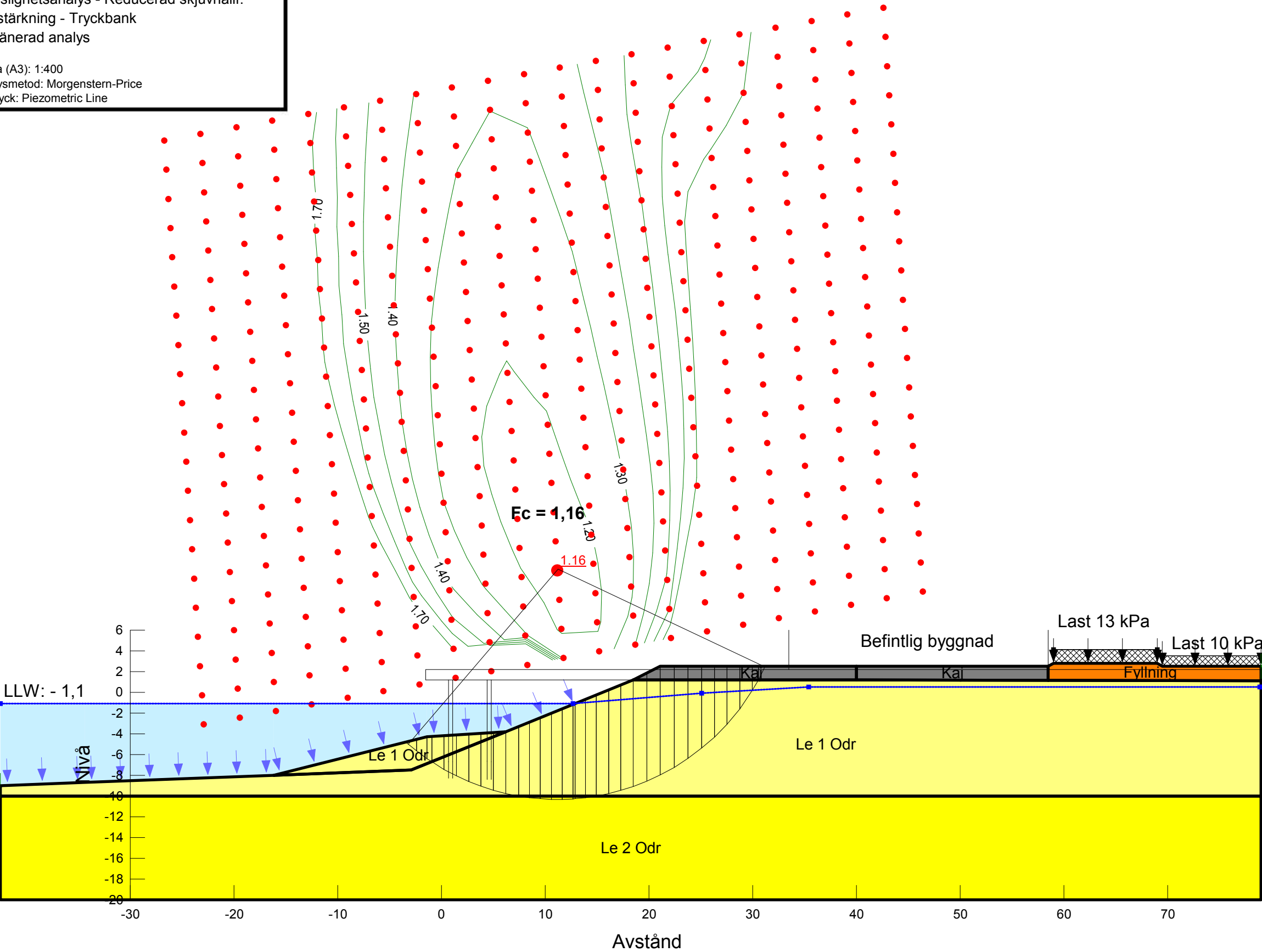
Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

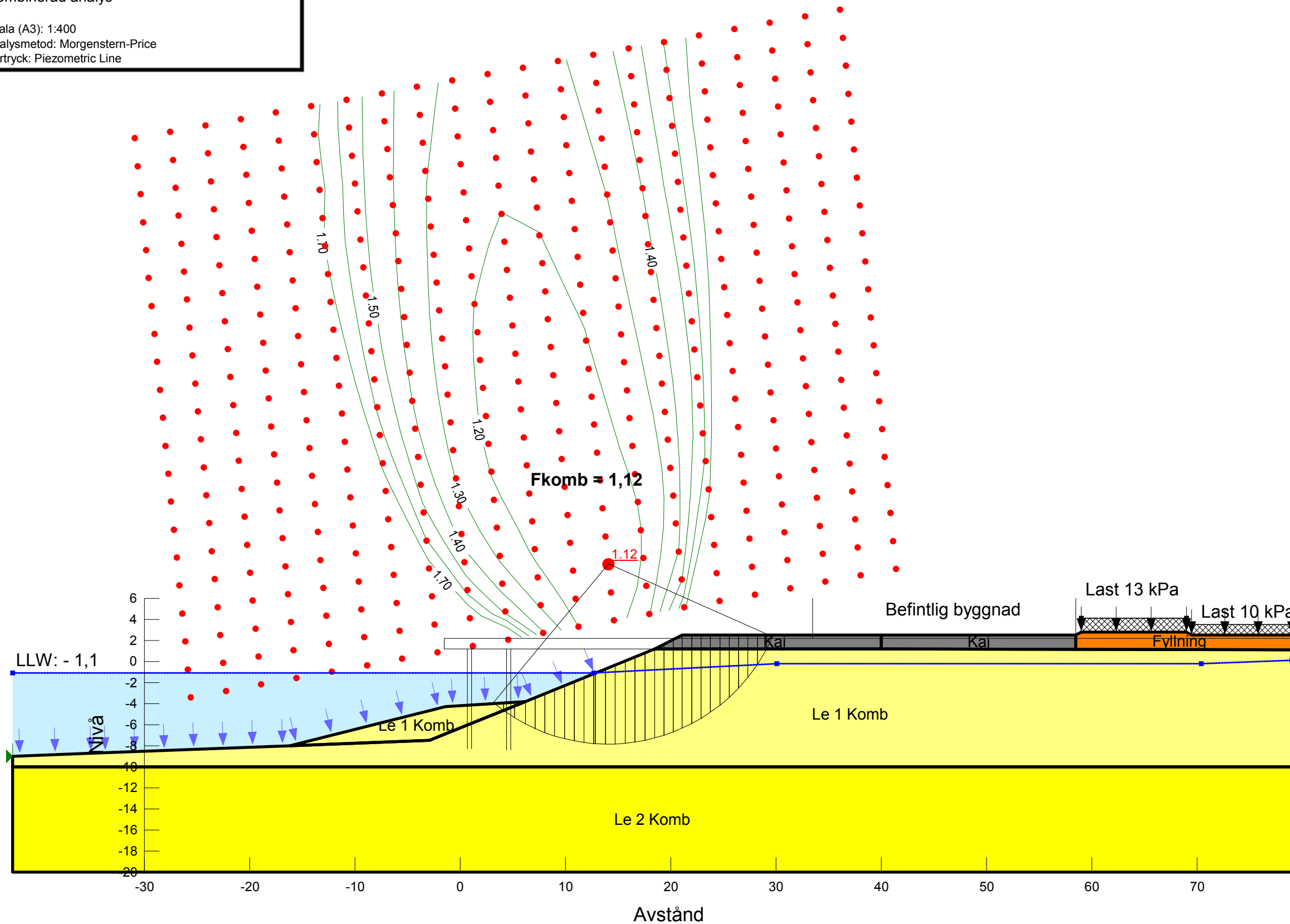
Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.9243 kPa/m



Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Förstärkning - Tryckbank
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

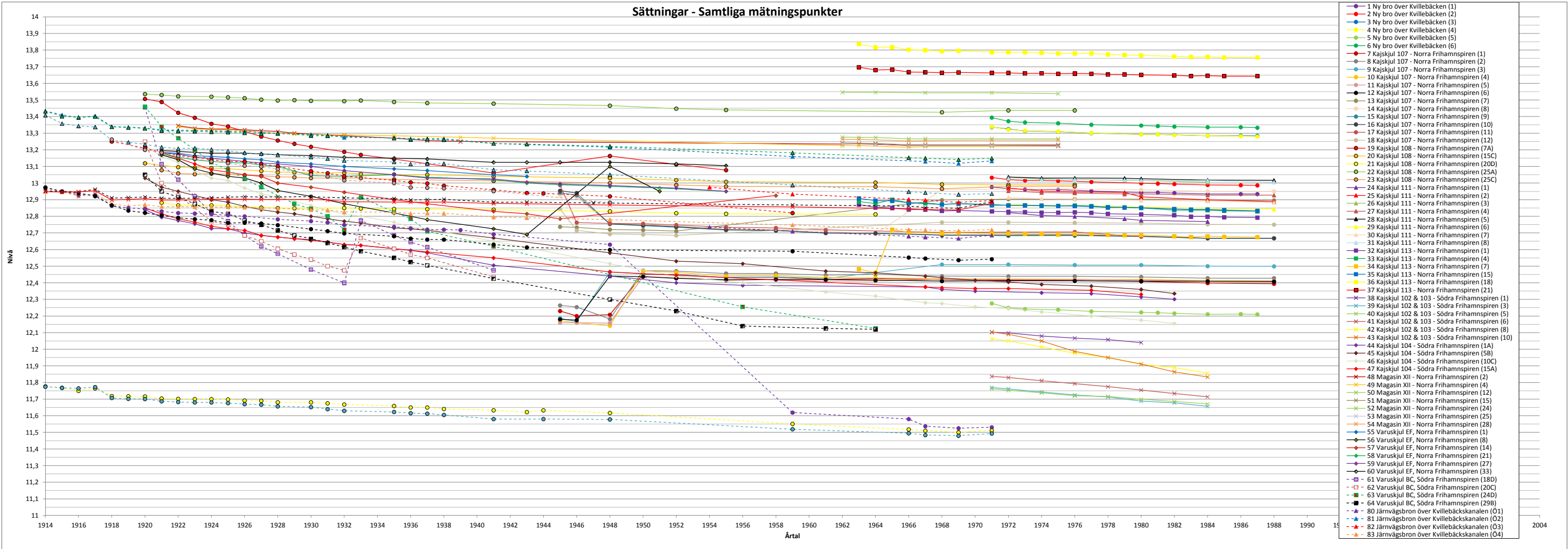


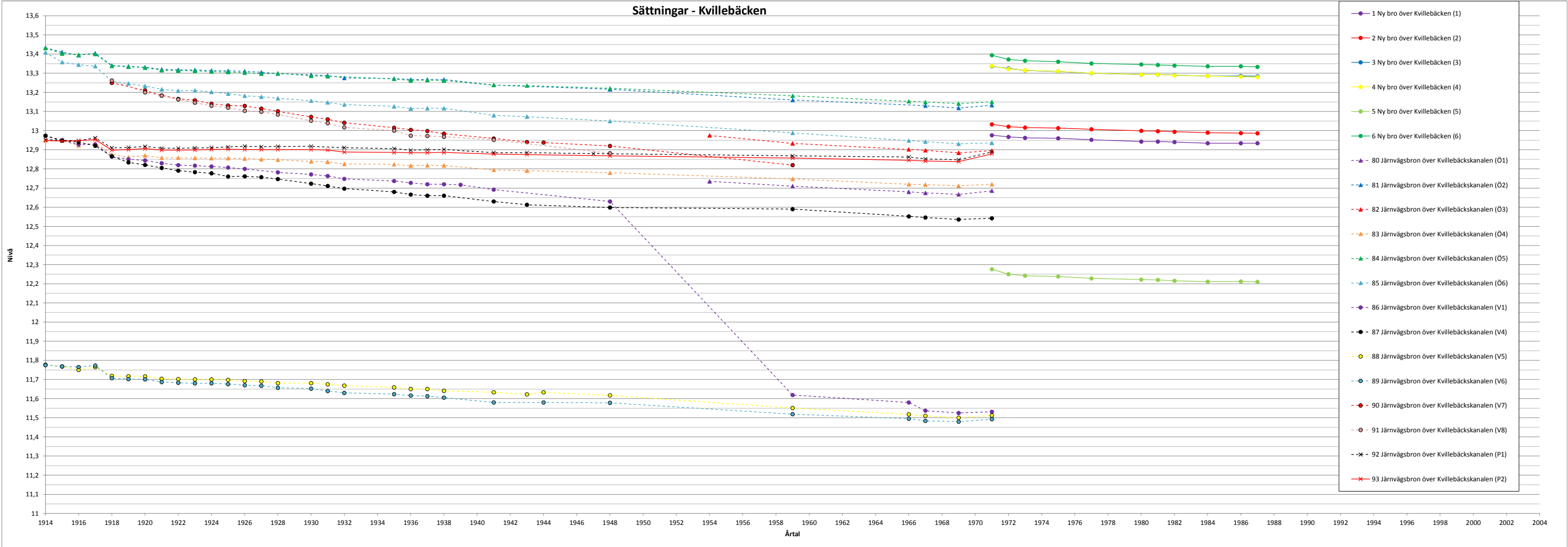
Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

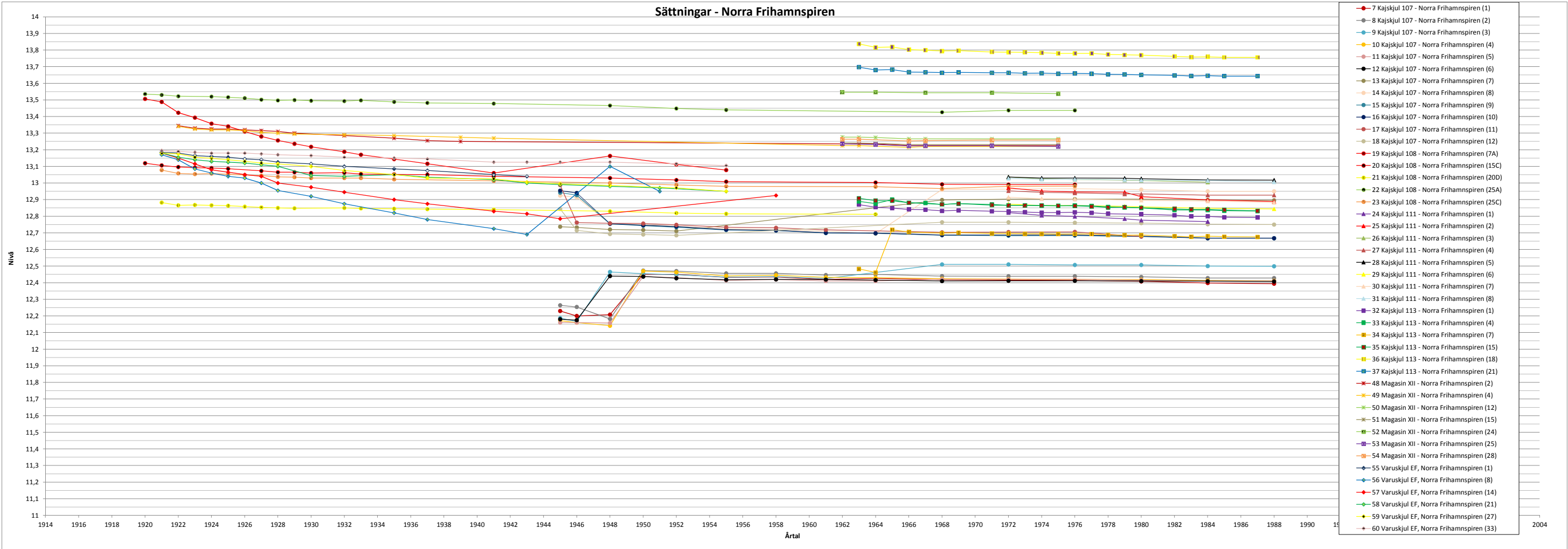
Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

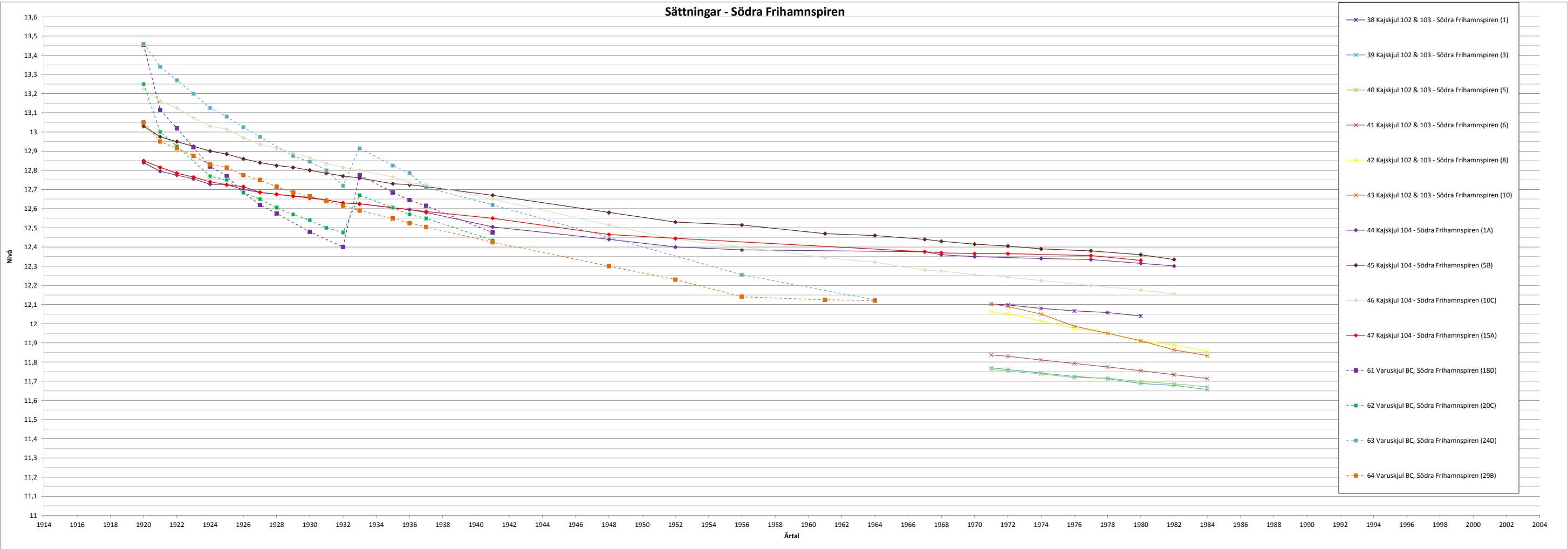
Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9243 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115









Sättningar - Södra Frihamnsbassängen

