

Detaljplan Kongahälla Kungälv's Kommun PM Planeringsunderlag Geoteknik

Datum 2008-05-21

10107725

Upprättad av: Jenny Arvidsson

Granskad av: Michael Engström

DETALJPLAN KONGAHÄLLA
KUNGÄLVS KOMMUN
PM PLANERINGSUNDERLAG
GEOTEKNIK

Datum: 2008-05-21

Uppdragsnr: 10107725

KUND

Kungälv Kommun
Karoline Rosgardt
Samhällsbyggnad
442 81 Kungälv

KONSULT

WSP Samhällsbyggnad
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Rullagergatan 4
Tel: +46 31 727 25 00
Fax: +46 31 727 25 03
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

KONTAKTPERSON

Jenny Arvidsson Tel 031-72 72 795,
jenny.arvidsson@wspgroup.se



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida nr
1 UPPDRAG	4
2 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	4
2.1 Geotekniska undersökningar	4
3 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	5
3.1 Topografi	5
3.2 Jordlagerföljd	5
3.3 Geohydrologi	6
3.4 Stabilitet	6
3.5 Sättningar	6
3.6 Befintliga förstärkningsåtgärder	7
4 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER	8
4.1 Allmänt	8
4.2 Mark	8
4.3 Grundläggning av byggnader	8
4.4 Vägar	8
4.5 Schaktarbeten	9
4.6 Markvibrationer	9
4.7 Stabilitet	9
4.8 Kompletterande undersökningar	9

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

	Bilaga nr
Plan	1
Utvärdering av lerans egenskaper	2:1-2:9
Släntstabilitetsutredning	3-3:14

1 UPPDRAG

På uppdrag av Kungälv kommun har WSP Samhällsbyggnad, i detaljplanskedet utfört en översiktlig geoteknisk utredning för att bedöma förutsättningarna för att anlägga byggnader inom området.

Kungälv kommun planerar att omvandla den s.k. Kongahällatomten till en ny stadsdel. Den nya stadsdelen kommer att innehålla en blandning av handel, verksamheter och boende. Planområdet är ca 250 000 m² stort och består idag av tomten närmast E6 där det nu rivna Kongahälla gymnasiet låg, handelsområdet Vita Fläcken och de närliggande vägarna samt en del norr om Marstrandsvägen, se plan bilaga 1.

2 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

2.1 Geotekniska undersökningar

En geoteknisk fältundersökning utfördes av WSP i april 2008. Fält- och laboratorieundersökningarna redovisas i en separat handling benämnd *Rapport Geoteknisk undersökning (RGeo)*, daterad 2008-05-21.

Tidigare utförda geotekniska undersökningar inom planområdet, vilka har beaktas i aktuellt planeringsunderlag är följande:

- Geoteknisk undersökning för markområde sydväst om Uddevallavägen, Datum 1961-07-19, HSBs Riksförbund geotekniska avdelning.
- PM över grundundersökning för planerat skolområde norr om Thorildskolan i Kungälv, Projektnummer 67.0388, Datum 1964-12-21, Orrje & Co.
- Utlåtande över kompletterande grundundersökning för planerat skolområde norr om Thorildskolan i Kungälv, Projektnummer 67.0388, Datum 1966-12-01, Orrje & Co.
- Geoteknisk undersökning för planerad ICA-hall, Projektnummer 79.076, Datum 1979-10-19, Bo Alte AB.
- Paviljong vid Kongahällaskolan i Kungälv, Projektnummer 28204-409-230, Datum 1984-03-22, Göteborgs Förorter AB.
- Planerad idrottsplats vid Vita Fläcken, Projektnummer 28212-439-230, Datum 1985-02-20, Göteborgs Förorter AB.
- Kompletterande geoteknik Stadsplan Lasarettet, Projektnummer 28202 453 230, Datum 1985-04-02, Göteborgs Förorter AB.
- Detaljplan Vita Fläcken, Projektnummer 282 796 23, Datum 1997-01-30, Göteborgs Förorter AB.
- Geoteknisk undersökning för planerad utbyggnad av befintlig ICA-hall, Vita Fläcken, Projektnummer 13050141-600, Datum 1997-04-25, VBB Viak

Även följande miljötekniska markundersökning har beaktas:

- Översiktlig miljöteknisk markundersökning av Kongahällaområdet, Projektnummer 0570365, Datum 2005-10-21, Golder Associates

3 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

3.1 Topografi

Planområdet avgränsas i öster av Uddevallavägen, i söder av Kongahällagatan, i väster av avfarten från E6 och i norr delvis av Marstrandsvägen. Innan planområdet bebyggdes bestod det i huvudsak av gräsbevuxen ängsmark.

Den västra delen av planområdet där nu rivna Kongahälla gymnasiet låg utgörs idag huvudsakligen av öppen mark med inslag av träd. Markytorna består av gräs, rivningsrester och hårdgjorda ytor, som delvis används som parkering till en idrottshall i nordväst.

I planområdets östra del ligger handelsområdet Vita Fläcken, vilket uteslutande består av byggnader och däremellan hårdgjorda ytor.

Planområdets nordligaste del består av obebyggd gräs- och buskbevuxen mark.

Komarcksbäcken rinner öppet på två korta sträckor i områdets nordvästra och centralt södra del. I övrigt är bäcken kulverterad inom området. Bäckfåran i nordväst anlades på 1960-talet i samband med byggnationen av gymnasiet. I söder går bäckfåran i huvudsak i naturligt läge fast, fåran har grävts rakare och med jämnare lutning.

Det aktuella området är flackt med nivåer som huvudsakligen varierar mellan +6 och +7. I planområdets norra, sydvästra och sydöstra del stiger marknivån till ca +8. De ovan benämnda vägarna ligger upp till ca 5 m högre än marknivåerna. Topografi för aktuellt område redovisas i bilaga 1.

3.2 Jordlagerföljd

Den naturliga jorden består överst av ett ytskikt av mulljord ovan mycket lös till lösa lera som vilar på friktionsjord till berg. Inom stora delar av planområdet förekommer överst någon meter fyllnadsmaterial ovan den lösa leran. Inom områdets östra del återfinns lokalt, närmast Uddevallavägen, ett ca 0,5 m mäktigt silt/sandlager i leran ca 3-5 m under markytan. Totala djupet till berg varierar huvudsakligen mellan 20 och 50 m.

Mulljorden är delvis lerig och sandig och har en mäktighet av ca 0,2 m.

Fyllningen utgörs inom asfalterade delar av området främst av bärlagermaterial bestående av sand eller grus. Fyllningen kan sannolikt även innehålla rivningsrester från äldre byggnader/anläggningar som t ex vid det nu riva gymnasiet.

Leran består överst av ca 1 m torrskorpelera. Närmast under torrskorpan är leran ställvis gyttjig. Ner till nivån ca -4 innehåller också leran ställvis skal och växtdelar. Under nivån ca -12 förekommer allmänt i området ett ca 1m tjockt skikt av friktionsjord. Lerlagrets underkant ligger i huvudsak mellan nivåerna -20 och -30. Lerdjupet är något djupare i nordvästra hörnet (kring nivån -35) och grundare i sydvästra hörnet (kring nivån -10).

Lerans korrigerade skjuvhållfasthet är överst 11 kPa för att därunder öka med 0,6 kPa/m. Vid Komarcksbäckens ursprungliga läge är leran lösare ner till nivån -6. Vilket innebär att lerans korrigerade skjuvhållfasthet kring bäcken är 10 kPa ner till nivån +2 för att därunder öka med 1 kPa/m ner till nivån -6. Från nivån -6 och djupare ökar skjuvhållfastheten även här med 0,6 kPa/m.



Lerans vattenkvot varierar mellan 90 och 120 % ner till nivån +/-0 och minskar därunder relativt konstant för att vara ca 60 % på nivån -24. Lerans konflytgräns varierar mellan 75 och 100 % ned till nivån -4 och minskar därunder relativt konstant för att vara 70 % på nivån -24. Densiteten för leran ligger kring $1,45 \text{ t/m}^3$ ned till nivån -5 för att därunder öka med djupet till $1,6 \text{ t/m}^3$ vid nivån -20. Leran är mellansensitiv till högsensitiv med sensitivitetensvärden mellan 10 och 40.

I bilagorna 2:1-2:8 redovisas utvärdering av lerans egenskaper och för utredningen valda jordegenskaper. Det bör beaktas att lokala avvikelser kan förekomma och att parametrarna främst har utvärderats för utförd stabilitetsbedömning.

Friktionsjordens sammansättning har inte undersökts närmare. Dess mäktighet varierar mellan 0,5 och 10 m.

3.3 Geohydrologi

Vattenytor observerade från skruvprovtagningshål i planområdet ligger ca 1 m under markytan. Portrycken i leran ökar med djupet snabbare än ett hydrostatiskt portryck för att på större djup vara artesiskt. Vid portrycksmätningarna i nordvästra delen av området (april 2008) uppmättes att de övre lerlagrens portryck motsvarar en grundvattennivå belägen ca 0,5 m under markytan och på 20 m djup en grundvattennivå ca 3 m över markytan, se bilaga 2:8.

Karakteristiska vattenståndsnivåer i bäcken har inte framgått av arkivstudien och finns troligen inte uppmätta.

Det är inte känt att höga vattenstånd i Komarksbäcken har gett marköversvämningar i planområdet. Beräkningar över bäckens dagvattenkapacitet med hänsyn tagna till framtida extrema vädersituationer har genomförts av DHI i Rapport "Komarksbäcken, Beskrivning av kapacitetsbegränsningar samt möjliga åtgärder för att förhindra översvämningar" med uppdragsnummer 3141. Beräkningarna visar att vattennivån för planområdets nordvästra bäck kommer att överstiga nivån på hjässan (+5,33) på bäckens kulvert. Beräkningen visar också att högsta vattennivån kan komma att ligga strax under nivån +6. Detta innebär att markytor 5-15 m från bäckmitt skulle komma att ligga under vatten.

För Komarksbäckens södra del skulle vattennivån stiga till strax över +5 vilket gör att vattnet ryms inom bäckfåran. Rapporten beskriver också det befintliga översvämningsproblem som finns vid Kungälvsmotets norra del (strax norr om planområdet) och förslag på åtgärder till dessa. Dessa åtgärder kommer också att påverka planområdets vattennivåer då bäcken går i en lång kulvert från Kungälvsmotet till planområdets nordvästra bäck. Hur åtgärderna påverkar planområdet bör utredas vidare.

3.4 Stabilitet

Stabiliteten för Komarksbäckens slänter är för befintliga förhållanden och med dimensionerande portrycksförhållanden tillfredsställande ($F_c > 1,5$ och $F_{\text{komb}} > 1,35$). Dock är stabiliteten för norra bäcken inte tillfredsställande för nyexploaterad mark, se vidare under kapitel 4.7. Detaljer över stabiliteten och utförda stabilitetsberäkningar redovisas i släntstabilitetsutredningen i bilaga 3.

3.5 Sättningar

Leran inom området är mycket sättningskänslig tillförd av den låga modulen. Leran är enligt utförda kompressionsförsök svagt överkonsoliderad med ca 10 kPa ned till



ca 8 m djup, vid en antagen grundvattenyta 1 m under markytan och med hänsyn till kryprorelser. Överkonsolideringen ökar enligt försöken något mot djupet och uppgår på 15 m djup till ca 40 kPa. Lerans kompressionsmodul, M_L är endast 200 kPa och ökar inte mot djupet. Lerans konsolideringsegenskaper redovisas i bilaga 2:9.

Sättningsberäkningar med hänsyn tagen till lerans kryprorelser har utförts med beräkningsprogrammet Embankco. Beräkningarna visar att t ex 1 m uppfyllning (20 kN/m^3) och grundvattenytan 1 m under markytan medför 0,3-0,5 m sättning på 30 år. Vid 0,5 m uppfyllnad (10 kN/m^3) och en grundvattenyta 2 m under markytan erhålls lika stora sättningar som ovan. Sättningsförloppet tar lång tid i anspråk, men merparten av sättningarna sker inom en 10-års period.

Av äldre ritningar framgår att inga betydande sättningar uppstått i planområdets västra del (kring det rivna gymnasiet). Däremot har befintlig bäckkulvert erhållit sättningar i storleksordningen 0,3-0,5 m (vilka eventuellt ej har avstannat) samt att Marstrandsvägen har sättningsproblem. Sättningarna har sannolikt skett till följd av gjorda uppfyllnader. Sättningsrörelser pågår alltså delvis inom området.

3.6 Befintliga förstärkningsåtgärder

Det nu rivna Kongahälla gymnasiet var i huvudsak grundförstärkt med upp till ca 30 m långa kohesionspålar. Pålarna består överst av 3 m betong för att därunder vara av trä. Ett pann- och skyddsrumbyggnad var dock pga större laster grundlagt på stöd-pålar.

Ica Maxi, i planområdets östra del, är också grundlagd med kohesions pålar, troligen av betong.

Hur övriga byggnader i området är grundförstärkta har ej undersökts närmare.



4 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER

4.1 Allmänt

I detta kapitel ges preliminära rekommendationer för aktuell detaljplan bedömda utifrån utförda undersökningar, arkivstudier och besiktningar.

4.2 Mark

För att undvika stora och långtidsbundna sättningar bör framförallt uppfyllnader över nuvarande marknivå undvikas. Vidare skall grundvattensänkning som också kan innebära framtida sättningar beaktas. För att förhindra att kör- och gångytor sätter sig måste tilläggsbelastningar från uppfyllnader mm kompenseras med lättfyllnadsmaterial eller att annan grundförstärkning utförs. Om tilläggsbelastningarna är begränsade och sättningarna kan accepteras kan övergången mellan de grundförstärka byggnaderna och omkringliggande mark exempelvis föreses med länkplattor.

Ledningar bör utföras så att de klarar de förväntade sättningarna. Sättningsutjämnade åtgärder som t ex länkplattor och flexibla rörfästningar kan vidtas vid utformningen av ledningarna i anslutning till de grundförstärka konstruktionerna.

Då sättningar delvis kan pågå i området bör noggrannare bestämning av sättningsförhållanden för de enskilt planerade byggnader och anläggningar utredas mer i detalj i den vidare projekteringen.

För att bestämma lämplig lägsta marknivå för planområdet med hänsyn till översvämningens risk krävs att pågående VA-utredning kring Komarcksäckens kapacitetsbegränsningar beaktas vid vidare detaljprojektering av området. Vidare rekommenderas att påbörja mätning av vattennivåer i planområdets bäcksträckor för att kunna bestämma karakteristiska vattenståndsnivåer.

4.3 Grundläggning av byggnader

Planerade byggnader kräver grundförstärkning med hänsyn till de lösa jordlagren inom hela planområdet. Grundförstärkning i form av pålning krävs för att undvika skadliga differenssättningar. Enkla små, lätta, separata förrådsbyggnader bör dock kunna konstrueras så att grundförstärkning kan undvikas. Som alternativ till pålning kan även kalkcementpelare bli aktuellt.

Utgående från jordlagrens mäktighet kan såväl stödpålning till fast botten som kohesionspålning bli aktuellt. Normalt krävs dock 40 à 50 m lera för att kohesionspålning skall vara kostnadseffektivt för en flervåningsbyggnad.

Man bör särskilt beakta vilken golvnivå som skall väljas med hänsyn till risk för sättningar inom omgivande mark samt risk för översvämning.

4.4 Vägar

Beroende av utformningen på inom planområdet planerade vägar och planerade omläggning av vägar kan de behöva grundförstärkas med hänsyn till de lösa jordlagren. Detsamma kan även gälla de bullerskyddsplank som kan komma att bli aktuella ut efter de mer trafikerade vägarna.

Grundförstärkning som kan bli aktuell för vägar är t ex lastkompensation med lättfyllning eller kalkcementpelare.

4.5 Schaktarbeten

4.5.1 Jordschakt

Vid schaktarbeten skall beaktas den låga hållfastheten i leran, vilket innebär att schakter överstigande ca 2 m kräver någon form av åtgärd i form av flackare slänter eller temporär avsträvad spont.

4.6 Markvibrationer

Vid spont- och pålningsarbeten finns risk för vibrationsskador på närbelägna byggnader, samt risk för störning av känsliga utrustningar och verksamheter. En riskanalys med tillhörande föreskrifter angående tillåtna markvibrationer vid markarbeten bör därför tas fram.

4.7 Stabilitet

För att södra slänten vid planområdets nordvästra bäck ska uppnå erforderlig säkerhetsfaktor för nyexploatering ($F_{\text{komb}}=1,4$) krävs att marknivån på ett avstånd minst 20 m från bäckmitt avschaktas ner till nivån +6. Åtgärden krävs på en sträcka av ca 8 m (mellan ca 12 och 20 m från bäckmitt) och ner till ca 0,5 m djup. Efter utförd avlastningsåtgärd får marken, 20 m från bäckmitt belastas med högst 10 kPa och 25 m eller mer från bäckmitt belastas med högst 20 kPa. Samma avstånds- och lastrestriktioner ska gälla för bäckens norra slänt.

Vid planområdets södra bäckfåra får marken belastas med högst 10 kPa vid minsta avståndet av 18 m från bäckmitt. Vid belastning av högst 20 kPa krävs att minsta avståndet till bäckmitt är 20 m för att erforderlig säkerhet ska uppnås. Avstånds- och lastrestriktionerna avser båda bäckens slänter.

I de fall marken kring Komarbsbäcken behöver nyttjas närmare än ovan restriktioner kan bäcken t ex kulverteras. Vid kulvertering bör hänsyn tas till att uppfyllnader på den lösa leran kan ge upphov till sättningar.

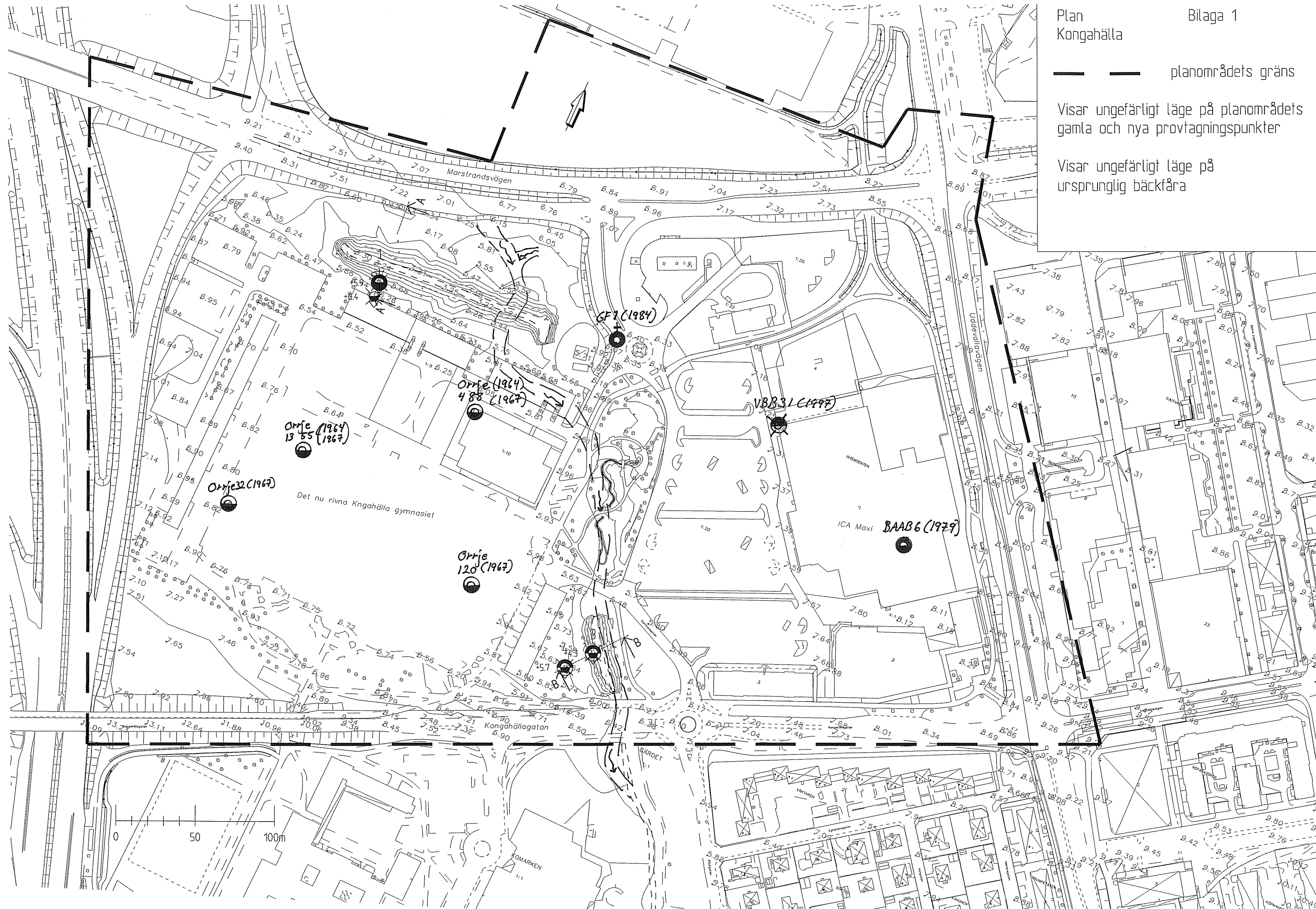
4.8 Kompletterande undersökningar

Kompletterande undersökningar bör utföras för enskilda byggnader när lägena är fastställda. Undersökningens omfattning styrs av konstruktionens utformning.

— — — — — planområdets gräns

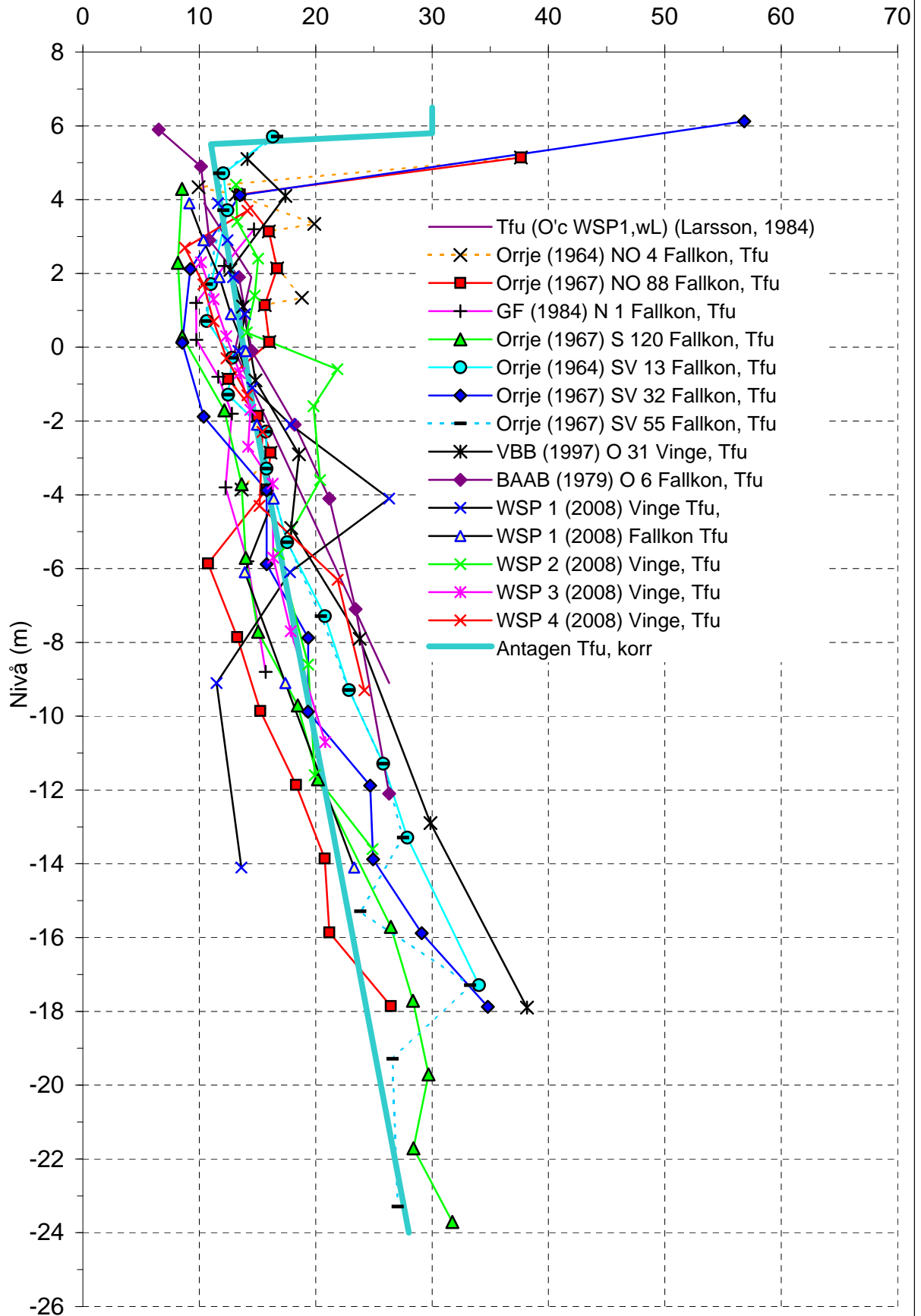
Visar ungefärligt läge på planområdets gamla och nya provtagningspunkter

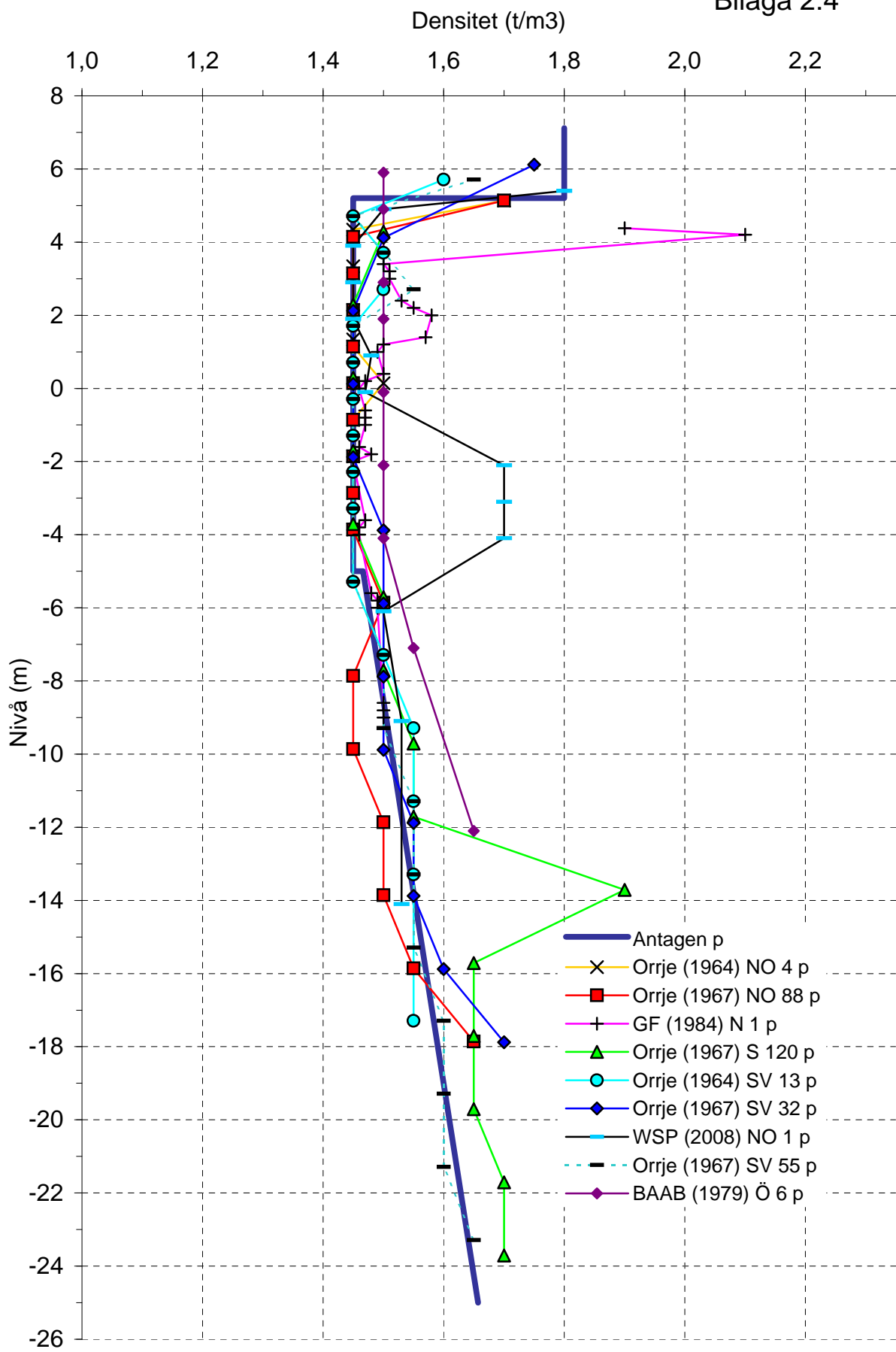
Visar ungefärligt läge på ursprunglig bäckfåra



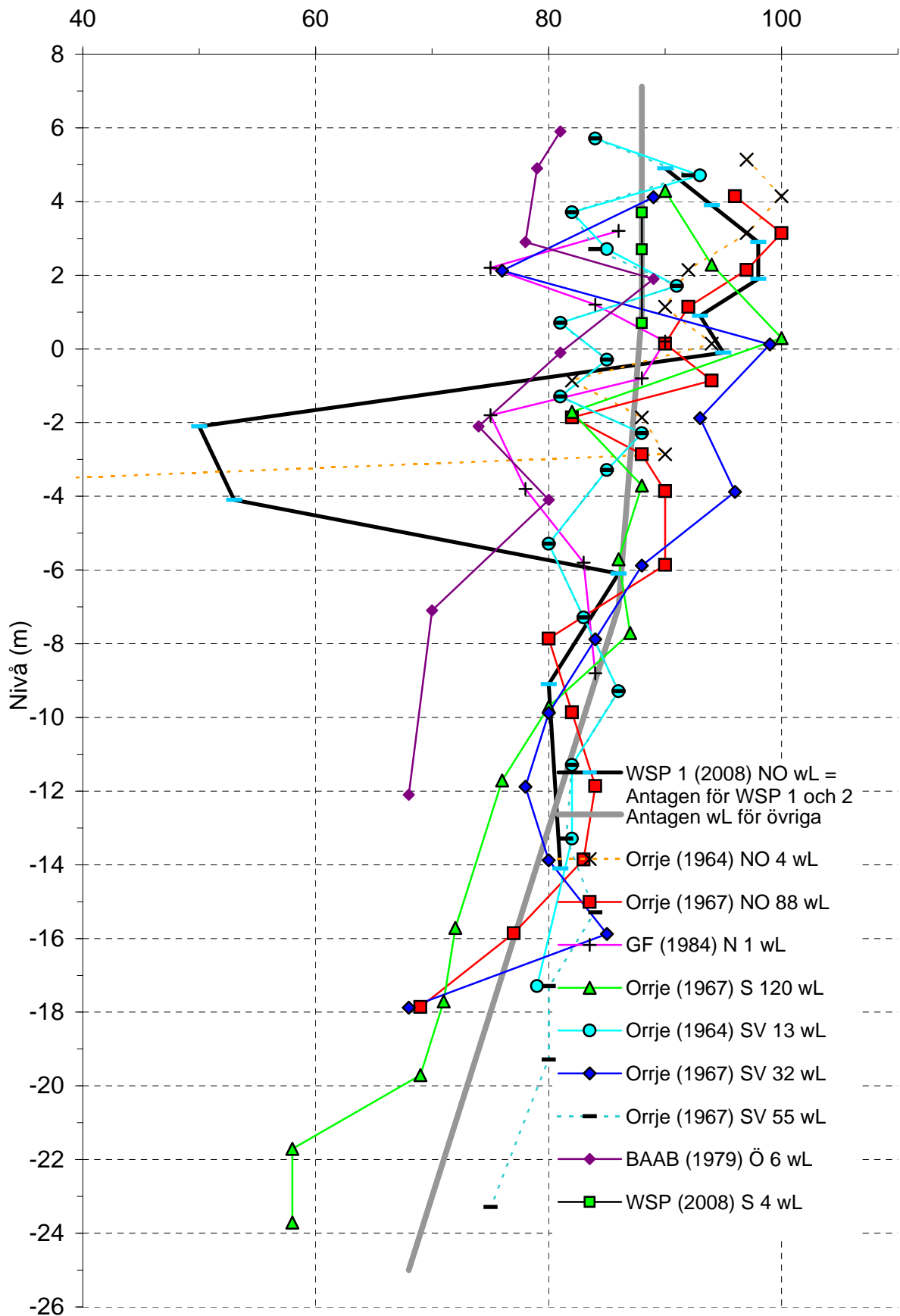
Odränerad skjuvhållfasthet tfu, korr (kPa)
samtliga undersökningar

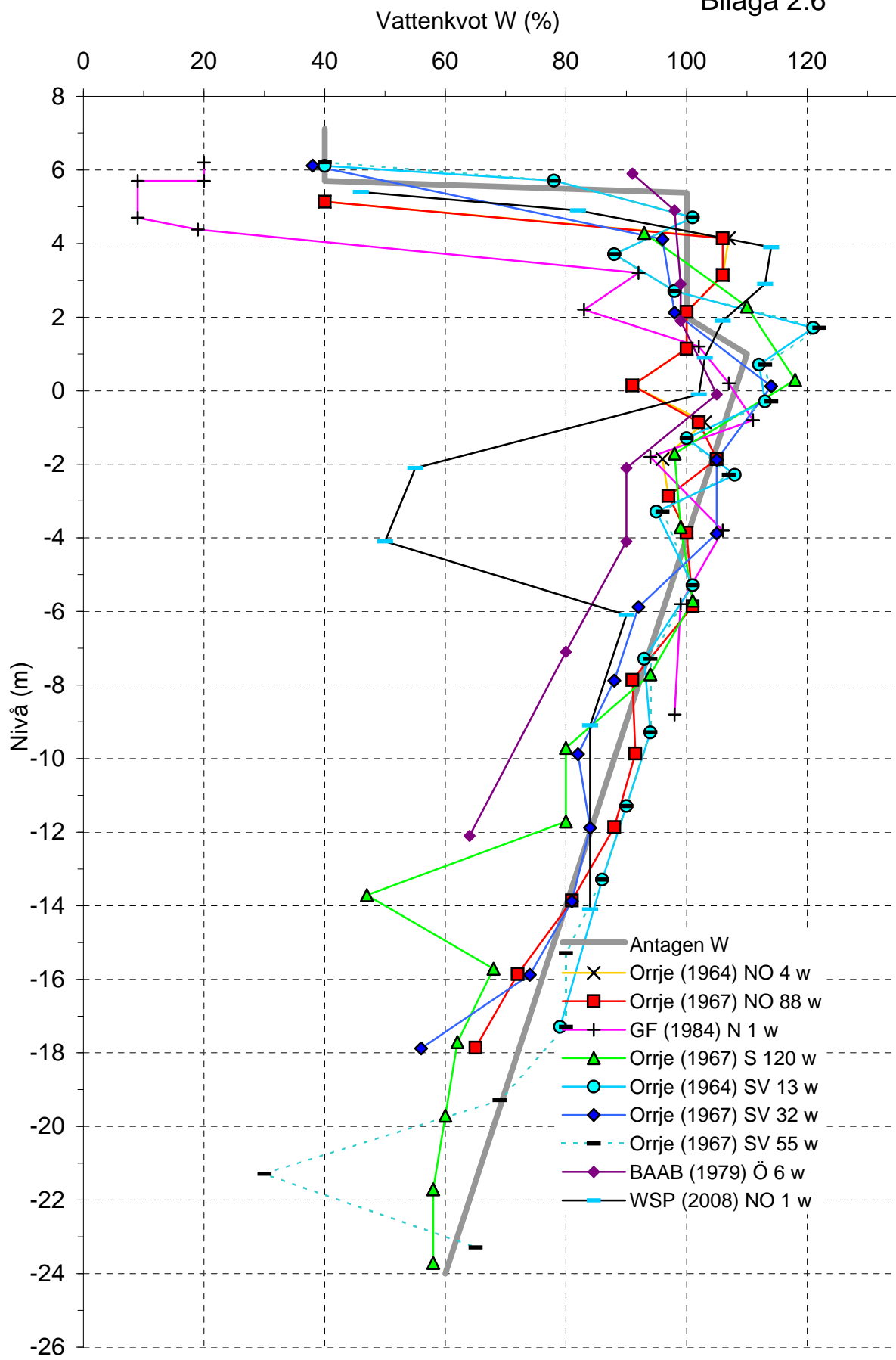
Bilaga 2:1

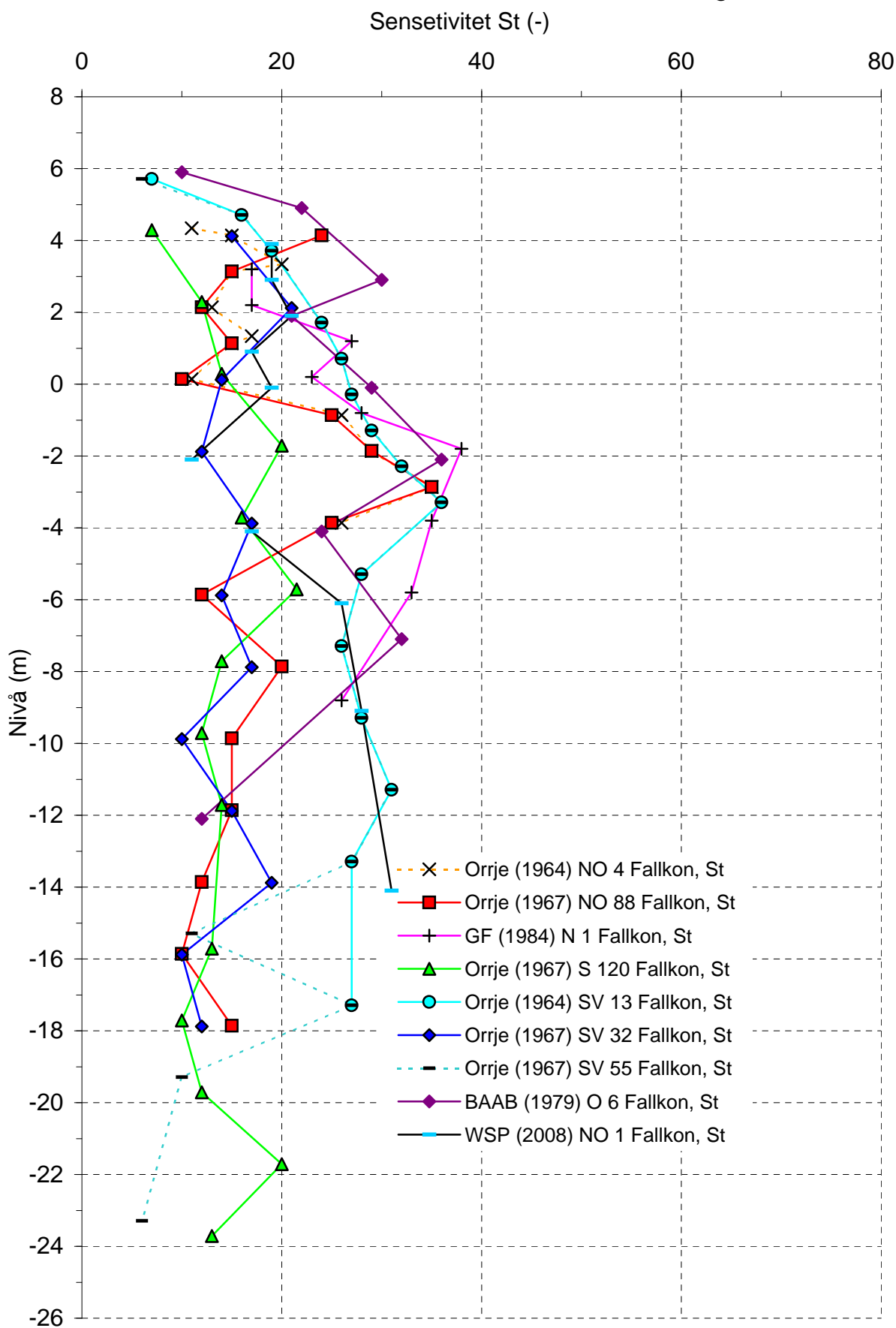




Konflytgräns WL (%)



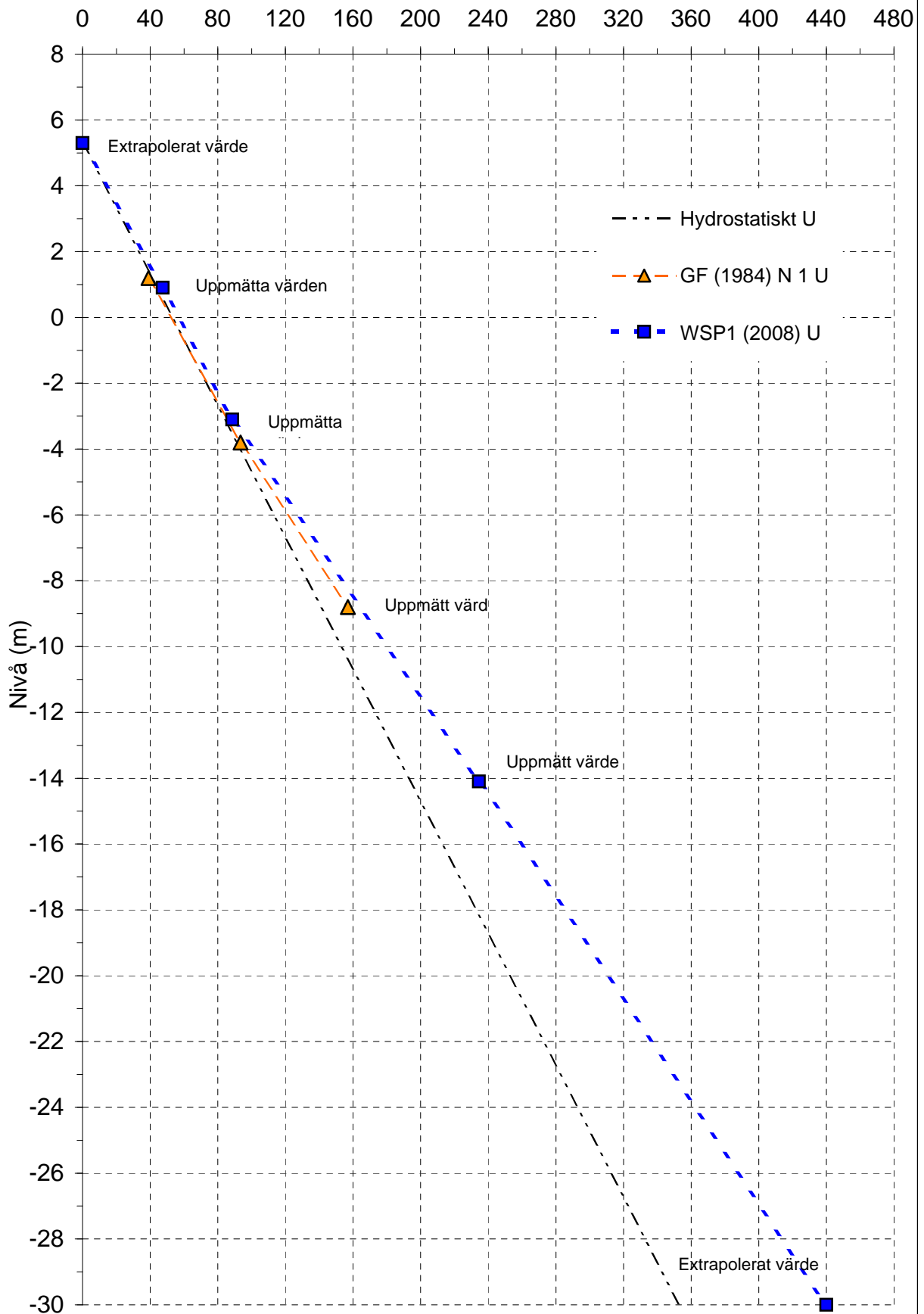




Grundvatten- och portrycksförhållanden

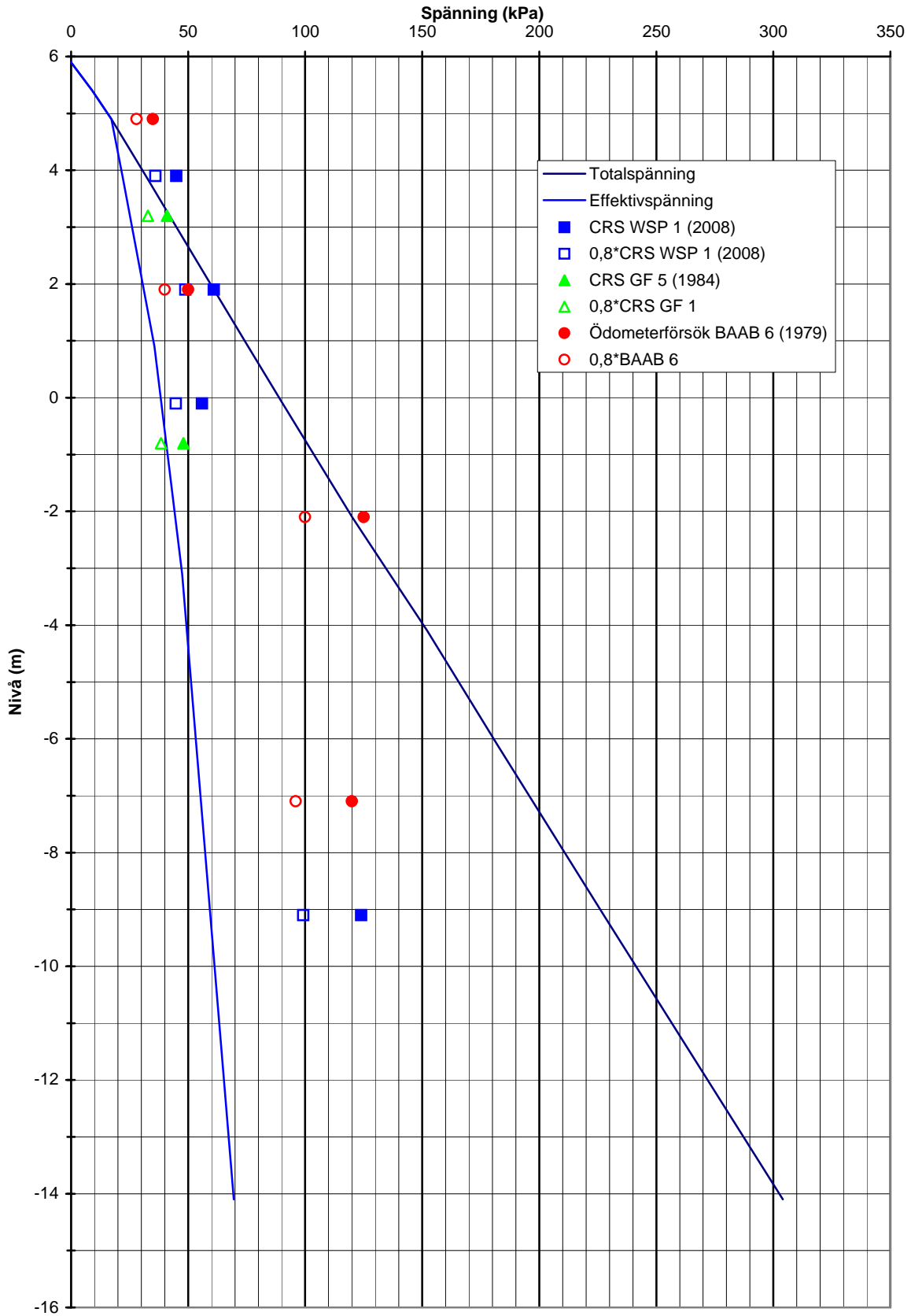
Bilaga 2:8

vattentryck (kPa)



Konsolideringsdiagram Kongahälla

Bilaga 2:9



BILAGA 3

SLÄNTSTABILITETSUTREDNING

1 ALLMÄNT

I denna bilaga redovisas underlag till släntstabilitetsberäkningarna, valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att klassa en slänt att ha tillfredställande stabilitet, beräkning av släntstabilitet under befintliga förhållanden samt avstånds- och lastrestriktioner för framtida nyexploateringar.

Läget för de två analyserade sektionerna redovisas på plan i bilaga 1. Släntstabilitetsberäkningar har utförts i såväl odränerade som kombinerade analyser. Beräkningarna har utförts i datorprogrammet Slope/W, som är ett program som använder jämviktsteorier för att beräkna säkerhetsfaktorer mot skred i jordslänter. I analyserna har cirkulär-cylindriska glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod.

2 VAL AV MATERIALEGENSKAPER, GEOMETRI OCH LASTER

2.1 Materialegenskaper

Materialegenskaper har utvärderats utifrån i områdena utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. För *kohesionsjord* har odränerad skjuvhållfasthet (τ_{fu}) och densitet (ρ) utvärderats direkt från sammanställning av bestämda jordegenskaper, se bilagor 2:1-2:4. Den dränerade skjuvhållfastheten för kohesionsjord har beskrivits enligt praxis (Skredkommissionens riktlinjer) med hjälp av en friktionsvinkel på $\phi' = 30^\circ$, samt med en dränerad kohesion som är 10 % av den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten ($c' = 0.1 \cdot c$).

I *torrskorpeleran* har den odränerade skjuvhållfastheten antagits till 30 kPa enligt de direktiv angivna i SGI:s rapport 58. De dränerade hållfasthetsegenskaper har på motsvarande sätt som för leran antagits till en friktionsvinkel på $\phi' = 30^\circ$ och en kohesion på $c' = 3$ kPa. Densitet för torrskorpeleran har antagits till 1.8 t/m³. Torrskorpeleran har i de fall den ligger överst, antagits vara uppsprucken och vattenfylld ned till bedömd grundvattenytan.

2.2 Geohydrologiska förhållanden

De geohydrologiska förhållandena i området redovisas i bilaga 2:8. Vid extrapolering av de uppmätta portrycken ner till friktionsjorden erhålls en grundvattennivå motsvarande ca 8 m över markytan, nivån ca +14. Detta överrensstämmer också med den nivån som friktionsjorden går i dagen norr om planområdet. Således blir det dimensionerande portrycket i lerprofilen ca 12 kPa/m. Vid stabilitetsberäkningarna har också antagits att grundvattenytan ligger i markytan för att ta hänsyn till extrema vädersituationer.

Karakteristiska vattenståndsnivåer i bäcken har inte framgått av arkivstudien och finns troligen inte uppmätta. I aktuell stabilitetsanalys har därför uppmätt vattenstånd i april 2008 använts.

2.3 Geometri och materialgränser

Geometri och materialgränser har bestämts utifrån de avvägda sektionerna, samt utvärderade jordarter, lagertjocklekar och egenskaper från de geotekniska undersökningarna.

2.4 Laster

Trafiklaster på parkeringsytor har förutsatts motsvara en utbredd last av 10 kPa medan gång- och cykelvägar har förutsatts motsvara en utbredd last på 5 kPa. Dessa laster har använts i både de odränerade och kombinerade analyserna.

3 VAL AV ERFORDERLIGA SÄKERHETSFAKTORER

Analyserna och utförda undersökningar i utredningen har utförts enligt Skredkommissionens riktlinjer för en *detaljerad utredning*. I fall kontroll av stabiliteten sker för befintliga förhållanden så sker klassning för befintlig bebyggelse och vid kontroll för detaljplan så sker klassning för nyexploatering.

Tabell 3.1 Bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar slänt sektion A och B.

<i>Förutsättning</i>	<i>Gynnsam</i>	<i>Ogynnsam</i>
1. Fältundersökningens innehåll och omfattning	Vingförsök, CPT, Kolvprovtagning utförd	
2. Laboratorieundersökningens innehåll och omfattning	Stort antal undersökta prover Kompressionsförsök utförd	Inga avancerade metoder
3. Släntens beständighet	Inga synbara rörelser i slänt	
4. Släntens geometri	Väl karterad med avvägning.	
5. Grundvatten- och portrycksförhållanden	Begränsade förväntade tryckvariationer	Artesiskt porvattentryck
6. Ytvattenförhållanden		Ingen bestämning av lägsta lågvatten (LLW) i bäck
7. Jordens egenskaper	Homogen jord	
8. Tidigare förändringar i slänten	Utlagt erosionskydd	
9. Nuvarande och förväntade verksamheter i området		Risk för läckande va-ledningar Nyexploatering
10. Konsekvens av ett skred	Befintligt: parkeringsytor och parkytor Begränsad utbredning av skred	Framtida: väg och bostadshus
11. Analys- och beräkningsarbetets innehåll och omfattning	Tvådimensionell analys (resultat på säkra sidan)	

Slänt med kohesionsjord vid *nyexploatering och befintlig anläggning* kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1.5-1.7 ($F_c > 1.5-1.7$), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1.35-1.45 ($F_{Komb} > 1.35-1.45$). Utifrån de gynnsamma och ogynnsamma förutsättningarna har säkerhetsfaktorerna valts enligt tabell 3.2.

Tabell 3.2 Valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att aktuell slänt skall kunna bedömas som tillfredställande stabil.

Förhållanden	Erforderlig säkerhetsfaktor	
	Sektion A och B	
	F_c	F_{Komb}
Slänter befintlig förhållanden	1.5	1.35
Slänter vid nyexploatering	1.6	1.4

4 RESULTAT SLÄNTSTABILITETS BERÄKNINGAR

Resultat från beräkningarna visar att stabiliteten är tillfredsställande både för befintliga markförhållanden och dimensionerande porttrycksförhållanden i både sektion A och B.

För att södra slänten i sektion A ska uppnå erforderlig säkerhetsfaktor för nyexploatering ($F_{komb}=1,4$) krävs att marknivån på ett avstånd minst 20 m från bäckmitt avschaktas ner till nivån +6. Efter utförd avlastningsåtgärd får marken, 20 m från bäckmitt belastas med högst 10 kPa och 25 m från bäckmitt belastas med högst 20 kPa. Avstånds- och lastrestriktioner avser även bäckens norra slänt. Avschaktning krävs dock ej på norra sidan eftersom erforderlig säkerhetsfaktor för nyexploatering erhöles redan för befintliga förhållanden.

För planområdets södra bäckfåra (sektion B) får marken belastas med högst 10 kPa vid minsta avståndet av 18 m från bäckmitt. Vid belastning av högst 20 kPa krävs att minsta avståndet till bäckmitt är 20 m. Avstånds- och lastrestriktionerna avser både bäckens östra och västra slänter.

Tabell 4.1 Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred vid befintliga förhållanden och framtida lastbegränsningar.

Sektion	Förhållanden	Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer	
		F_{komb}	F_c
Sektion A	Befintliga förhållanden	1,35	1,8
	Stabilitet södra slänten	Bilaga 3:1	Bilaga 3:2
Sektion A	Befintliga förhållanden	1,4	
	Stabilitet norra slänten	Bilaga 3:3	
Sektion A	Framtida lastrestriktioner	1,4	1,8
	Last 10 kPa, 20 m från bäckmitt	Bilaga 3:4	Bilaga 3:5
Sektion A	Framtida lastrestriktioner	1,4	1,7
	Last 20 kPa, 25 m från bäckmitt	Bilaga 3:6	Bilaga 3:7
Sektion B	Befintliga förhållanden	1,4	1,8
	Stabilitet västra slänten	Bilaga 3:8	Bilaga 3:9
Sektion B	Befintliga förhållanden	1,5	
	Stabilitet östra slänten, GC-bana	Bilaga 3:10	
Sektion B	Framtida lastrestriktioner	1,4	1,7
	Last 10 kPa, 18 m från bäckmit	Bilaga 3:11	Bilaga 3:12
Sektion B	Framtida lastrestriktioner	1,4	1,6
	Last 20 kPa, 20 m från bäckmitt	Bilaga 3:13	Bilaga 3:14

Säkerhetsfaktorn för odränerad analys redovisas ej i sektioner där det är uppenbart att kombinerad analys är dimensionerande. Stabilitetsberäkningar i odränerad analys har även genomförts med torr bäck men då detta endast påverkar stabiliteten marginellt har de ej redovisats. Att bäcken skulle vara utan vatten under den långa tidsperiod som

krävs för att kombinerad analys skulle vara aktuell anses inte troligt och har inte kontrollerats. Vidare kommentarer angående släntstabiliteten anges i huvuddokumentet. Resultatet från beräkningarna redovisas i bilagorna 3:1 – 3:14 och sammanfattas i Tabell 4.1.

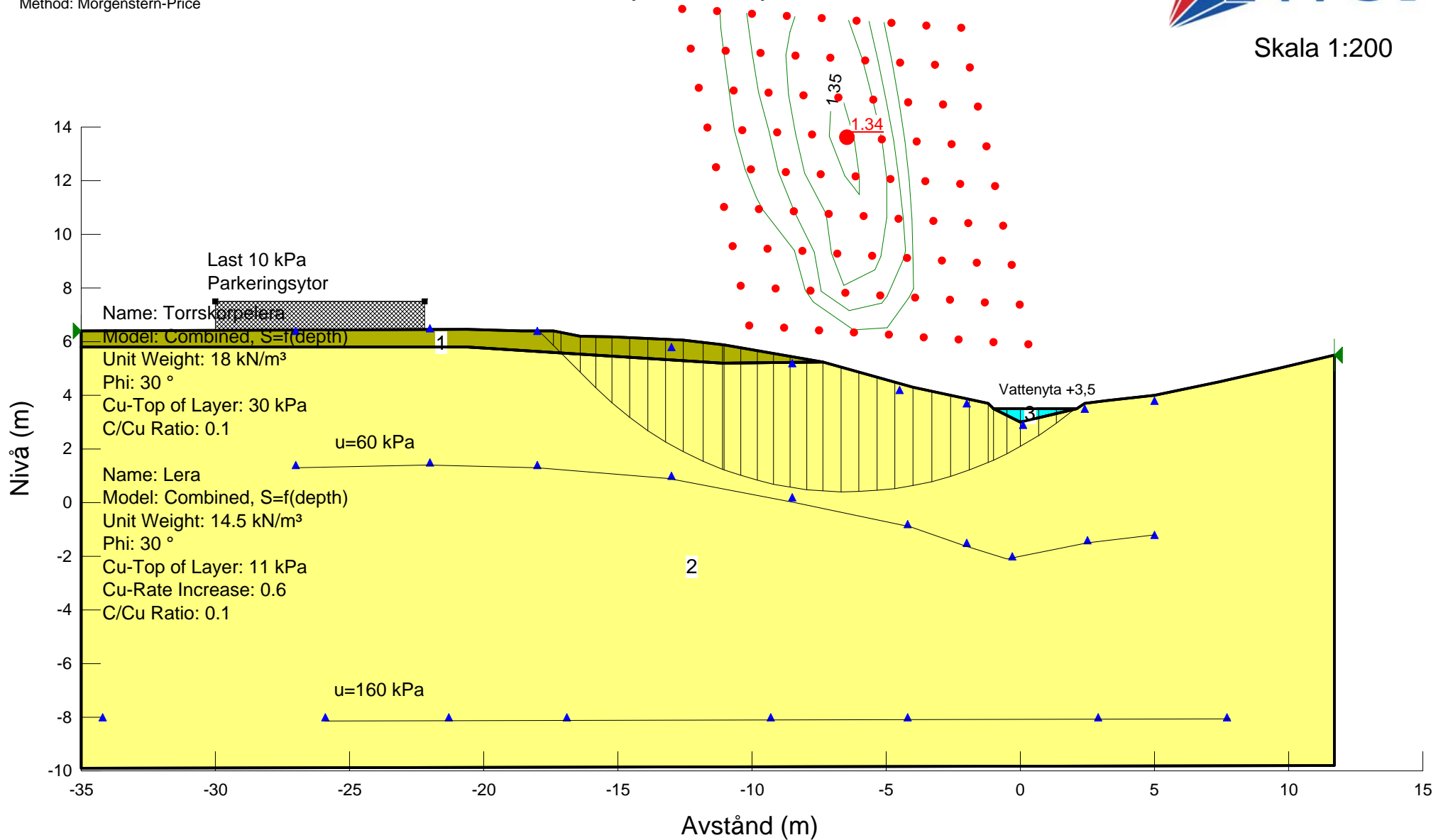
Kongahälla Kungälv's kommun
Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion A
Kombinerad analys
Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:1



Skala 1:200

File Name: Sektion A komb 12 kPa_m gw i my.gsz
Date: 2008-05-20
Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
Method: Morgenstern-Price



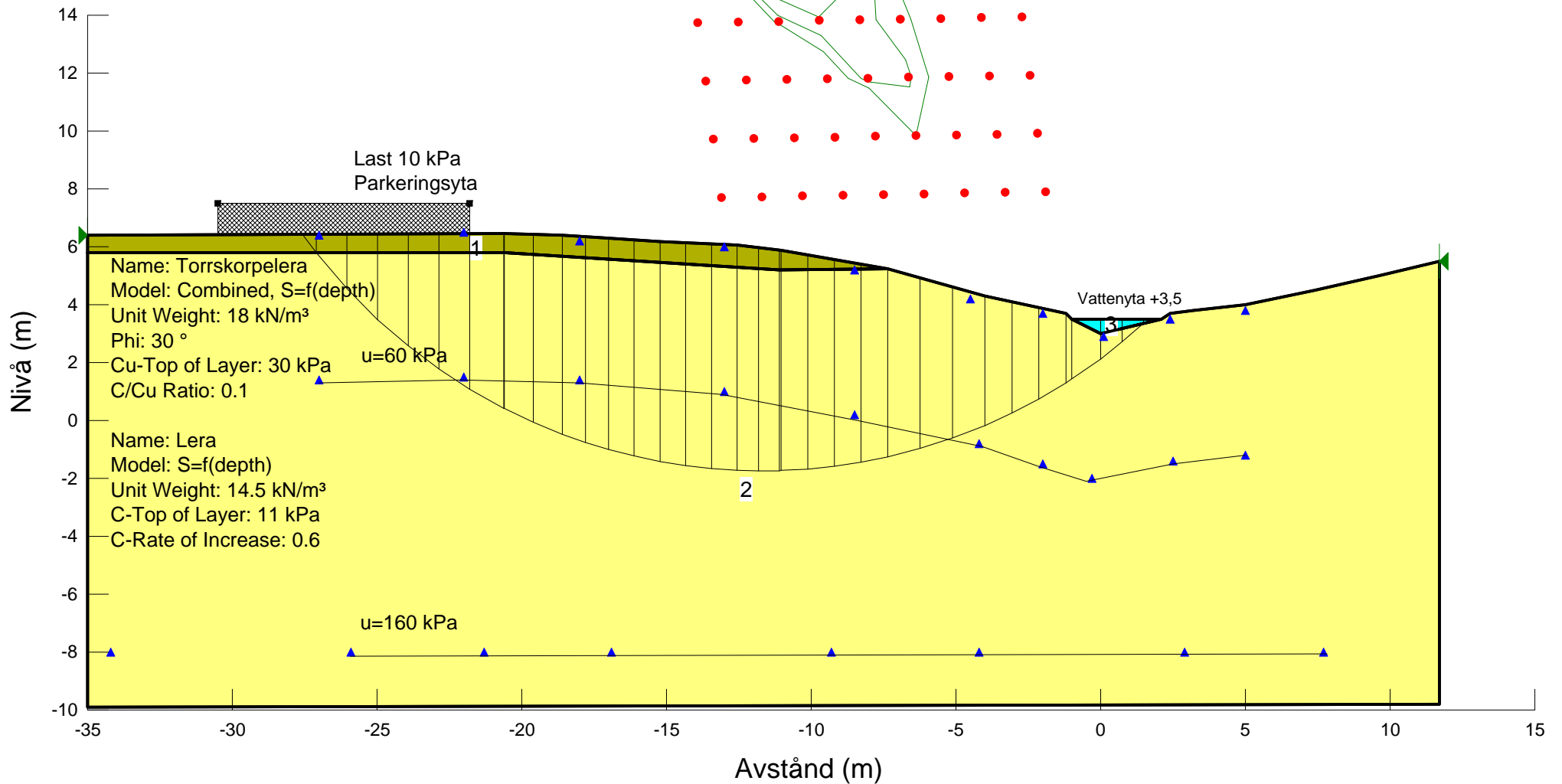
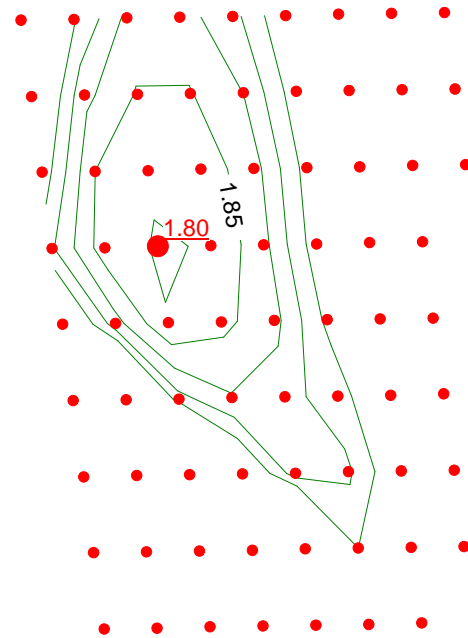
Kongahälla Kungälv's kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion A
 Odränerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:2



Skala 1:200

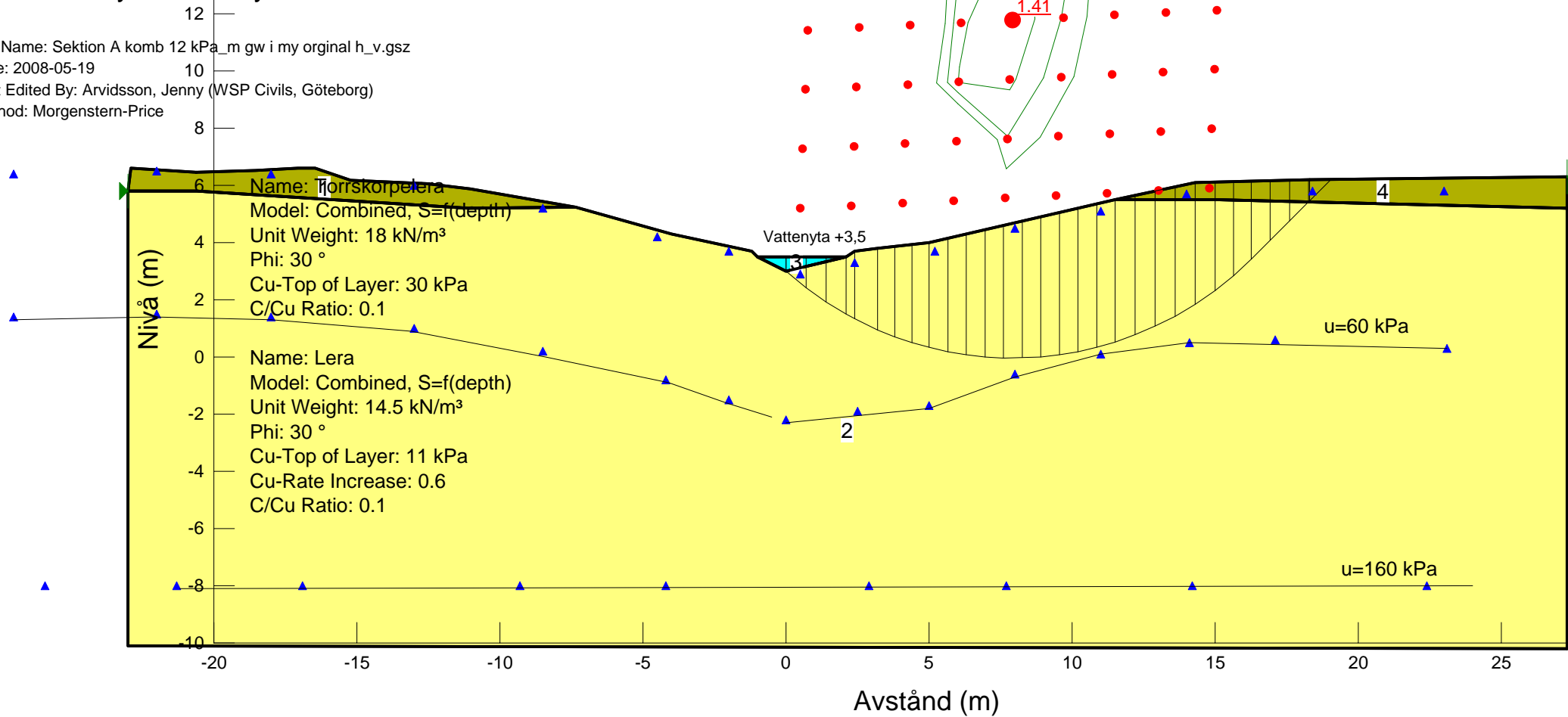
File Name: Sektion A Odrän 12 kPa_m gw i my.gsz
 Date: 2008-05-20
 Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



Skala 1:200

Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarcksbäcken Sektion A
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

File Name: Sektion A komb 12 kPa_m gw i my original h_v.gsz
 Date: 2008-05-19
 Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



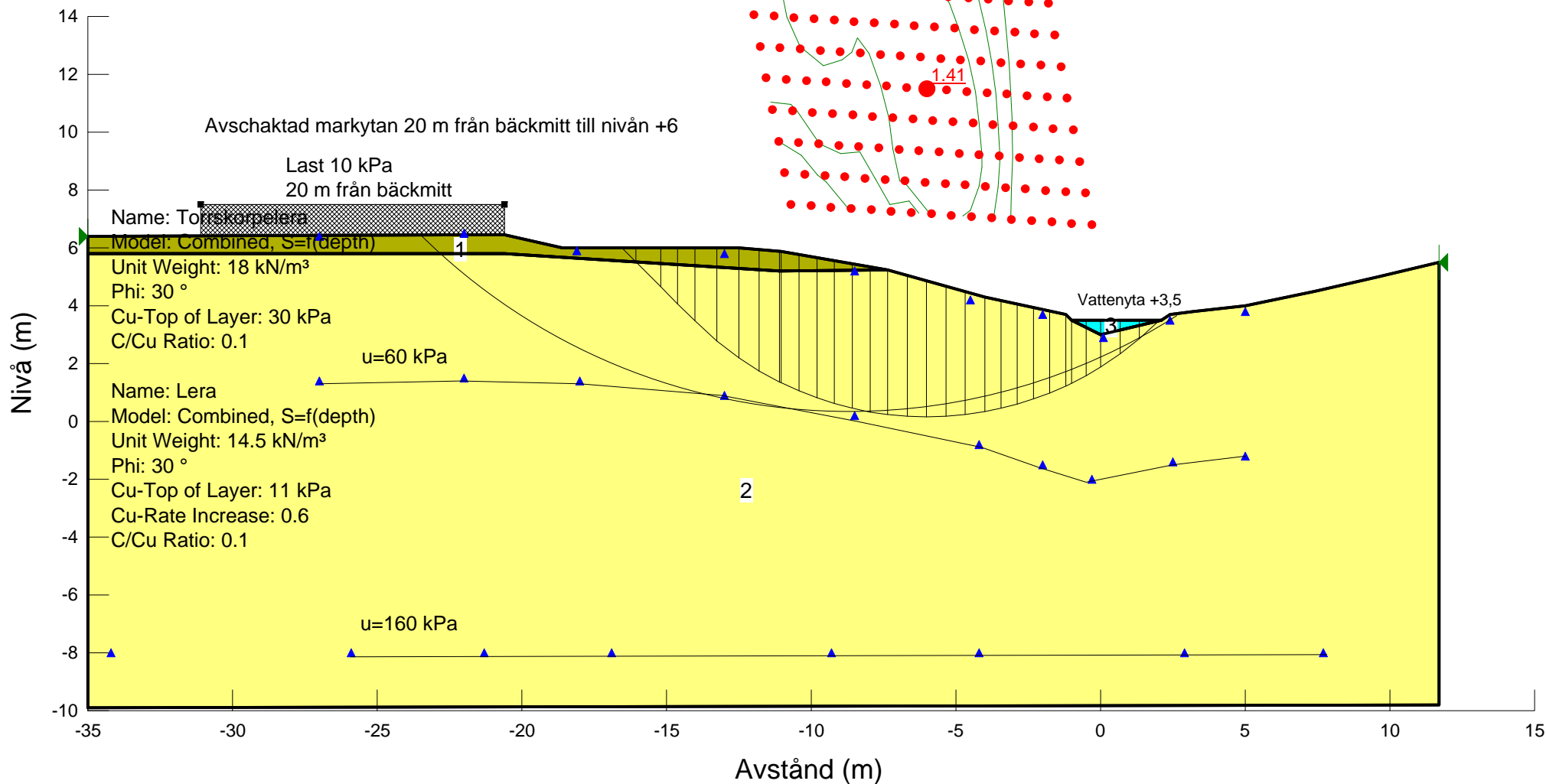
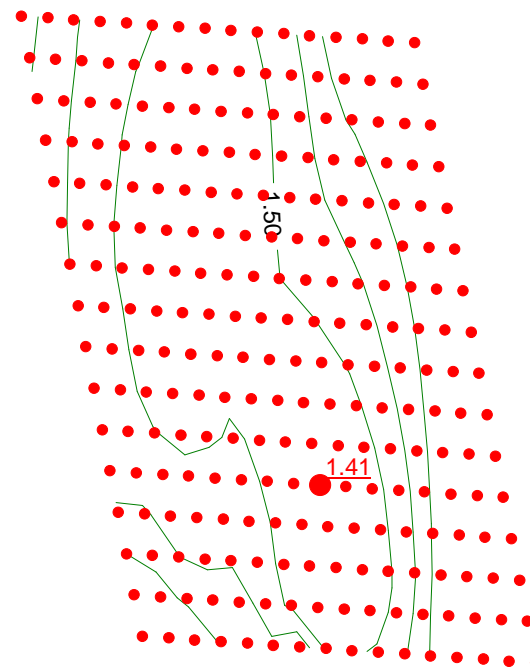
Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion A
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:4



Skala 1:200

File Name: Sektion A komb 12 kPa_m gw i my avschakt last10.gsz
 Date: 2008-05-20
 Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



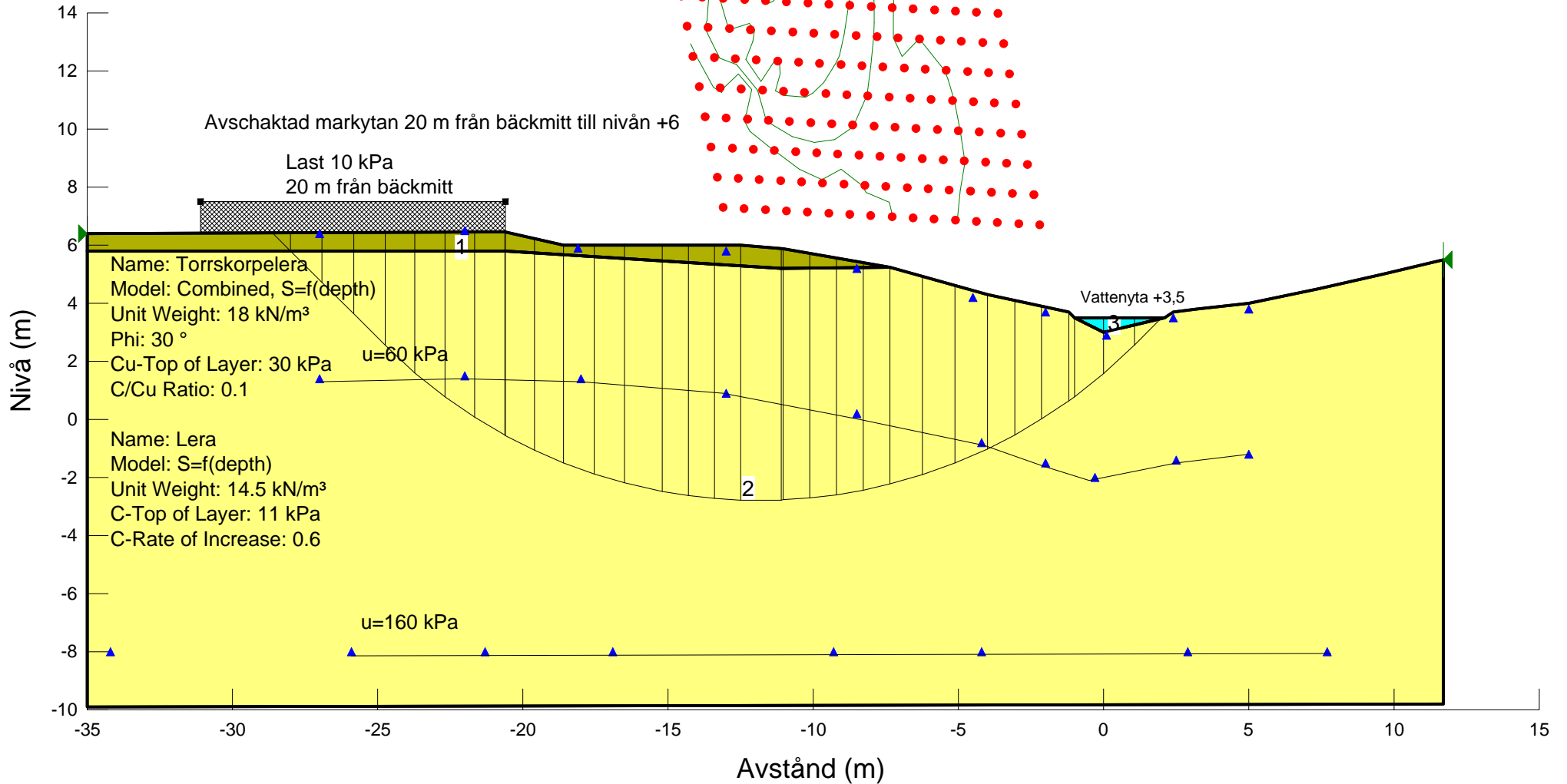
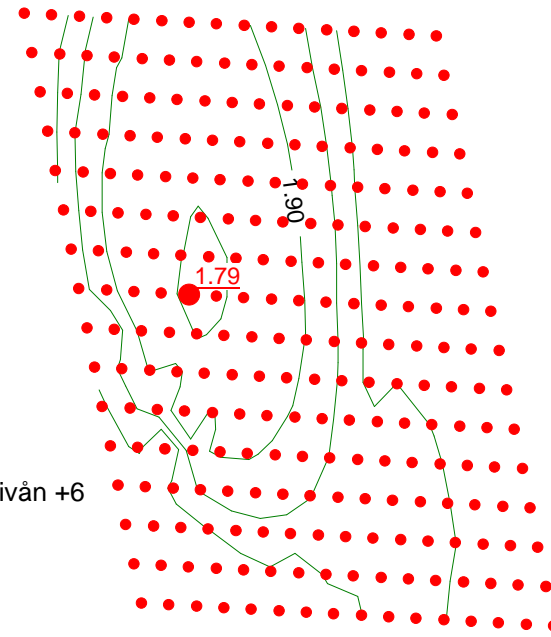
Kongahälla Kungälv kommun
Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion A
Odränerad analys
Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:5



Skala 1:200

File Name: Sektion A Odrän12 kPa_m gw i my avschakt last10.gsz
Date: 2008-05-20
Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
Method: Morgenstern-Price



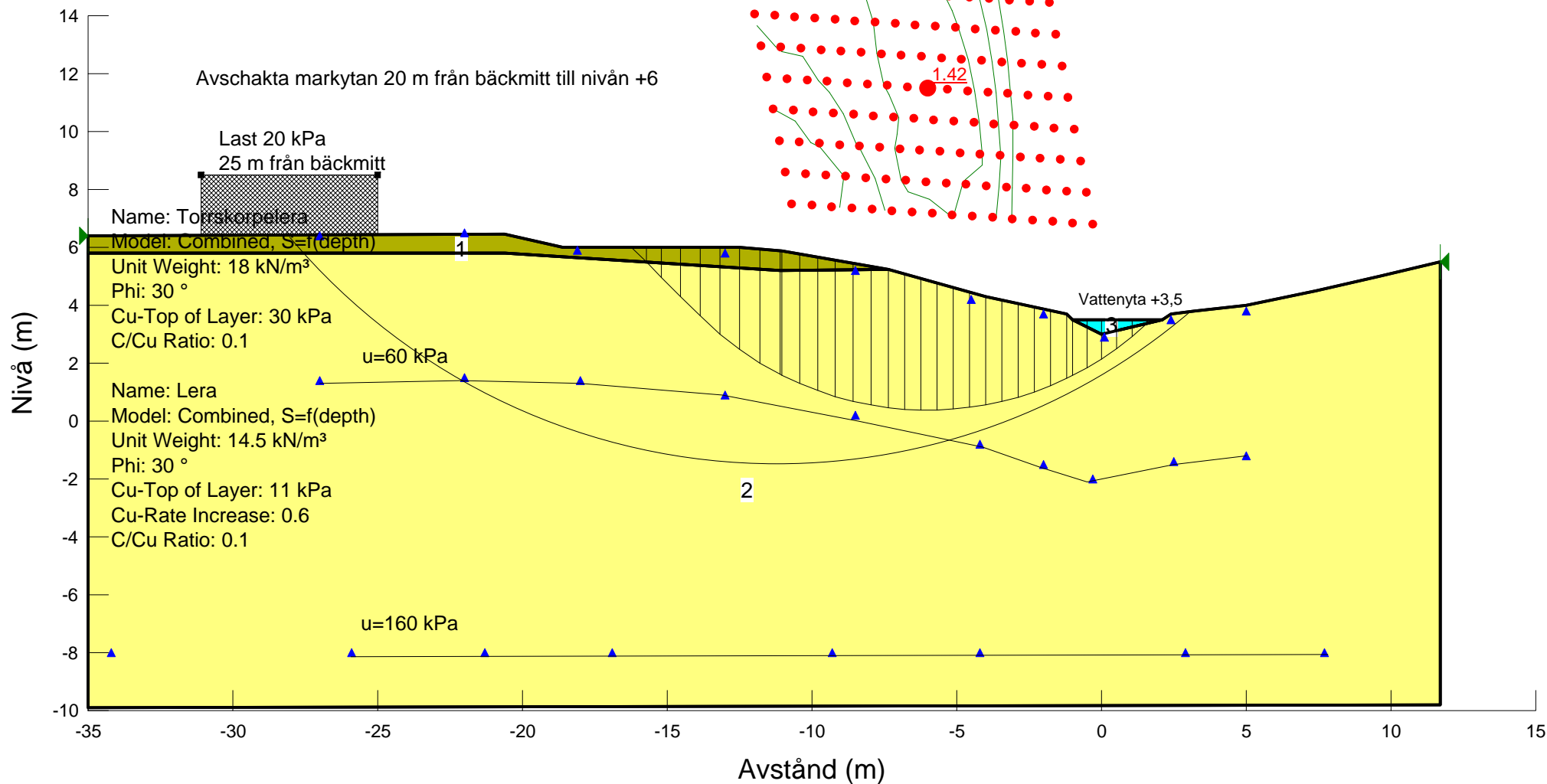
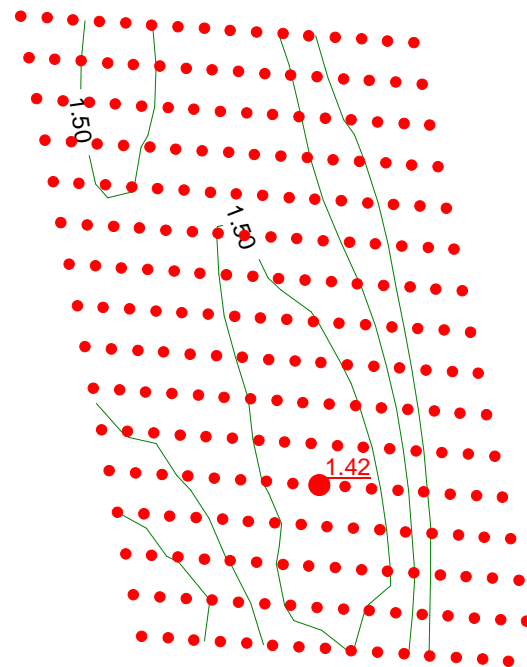
Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarcksbäcken Sektion A
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:6



Skala 1:200

File Name: Sektion A komb 12 kPa_m gw i my avschakt last20.gsz
 Date: 2008-05-20
 Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



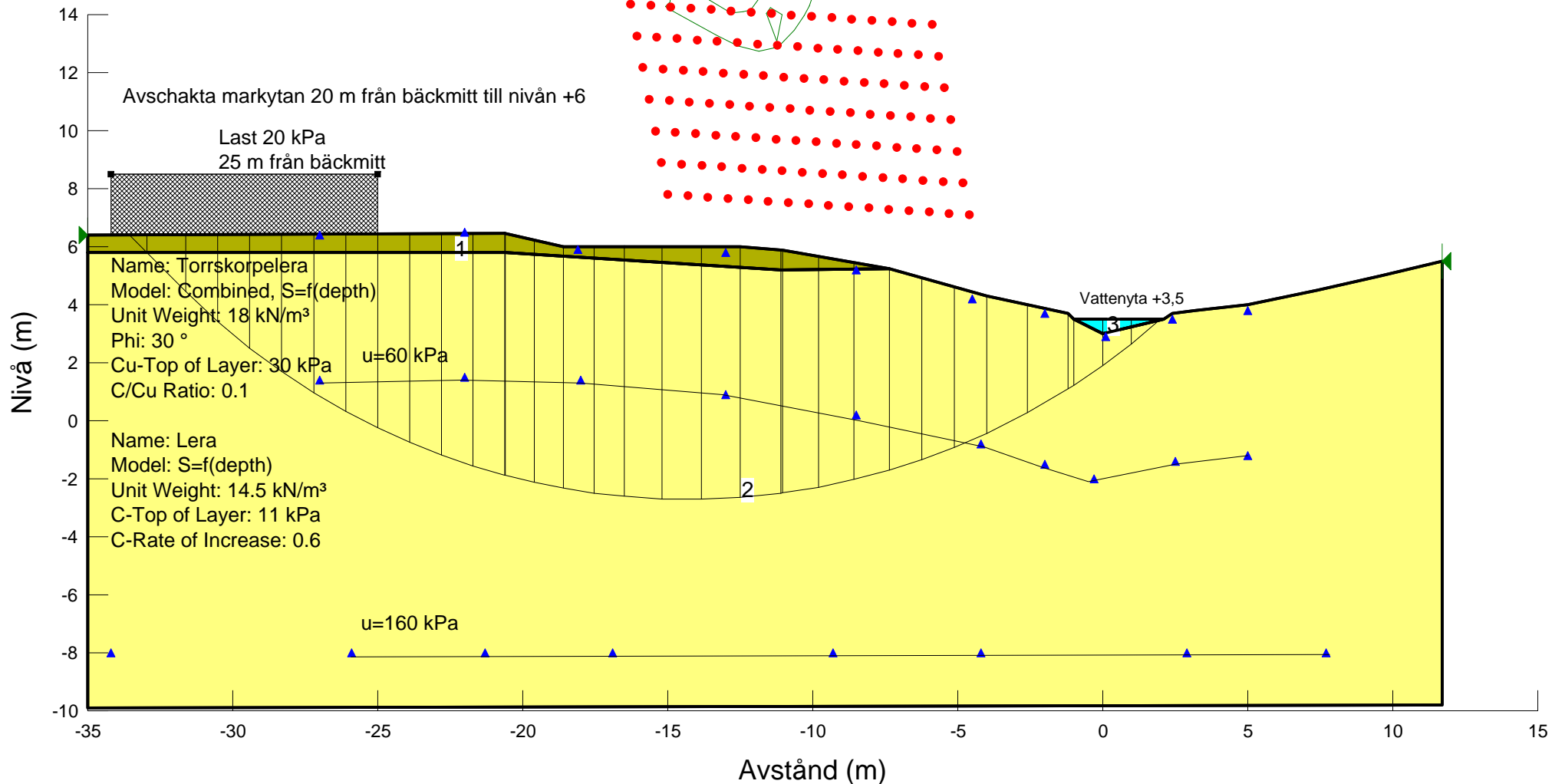
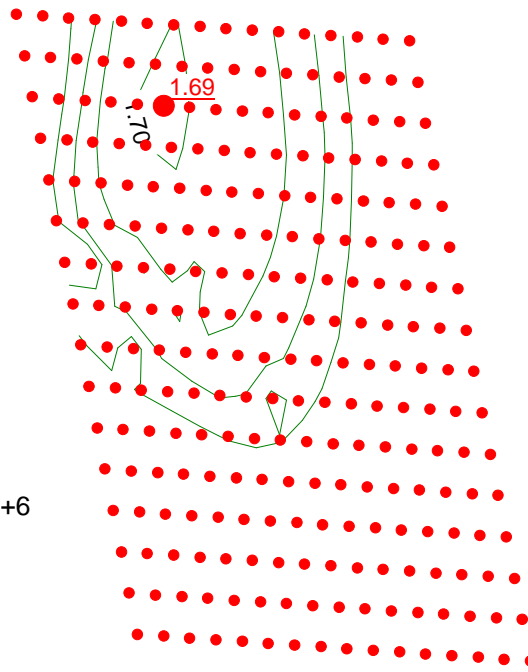
Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarcksbäcken Sektion A
 Odränerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:7



Skala 1:200

File Name: Sektion A Odrän12 kPa_m gw i my avschakt last20.gsz
 Date: 2008-05-20
 Last Edited By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



Kongahälla Kungälv's kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion B
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:8



Skala 1:400

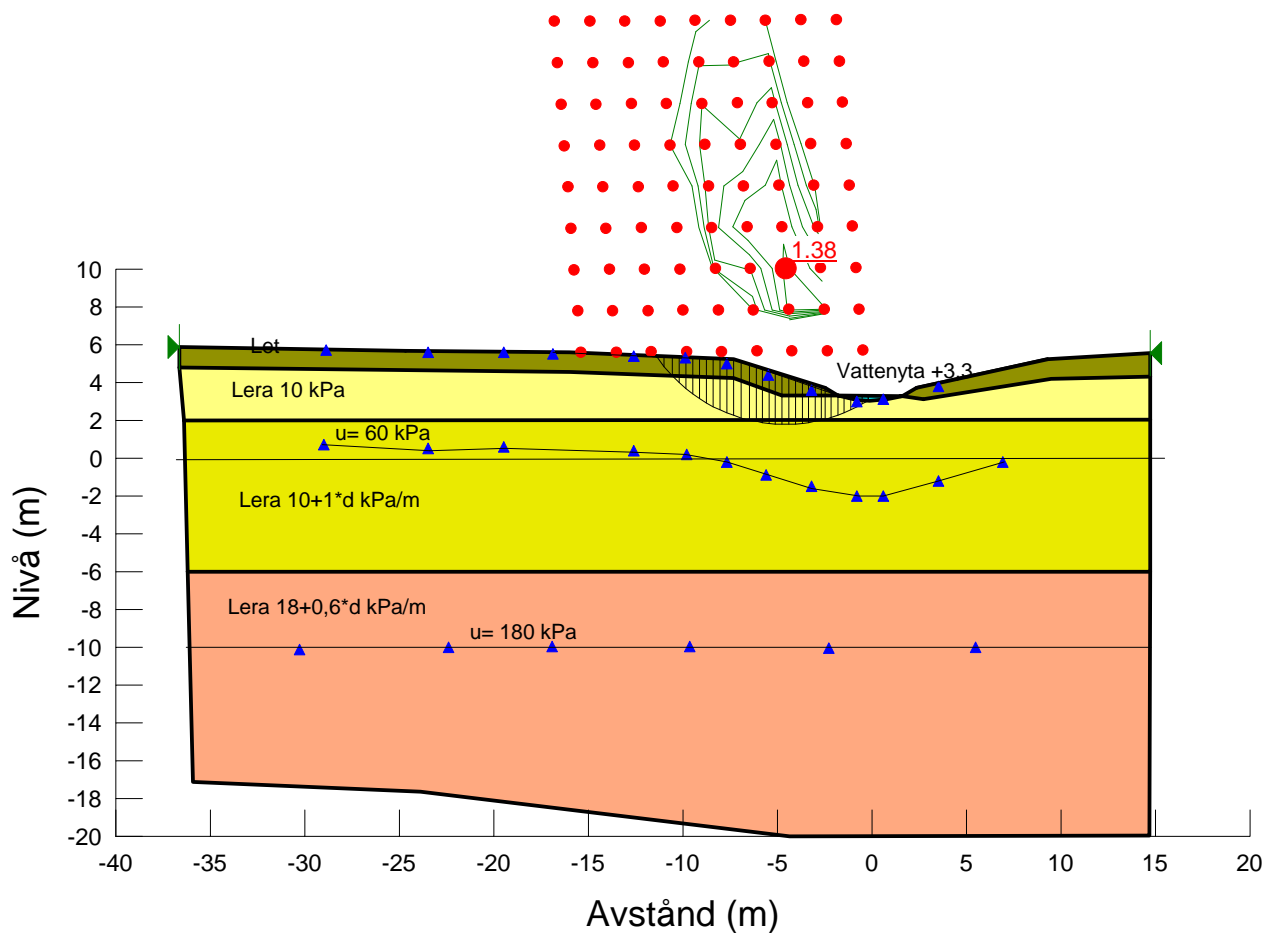
File Name: Sektion B komb 12 kPa_m gw i my.gsz
 Date: 2008-05-21
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10+1*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 Cu-Rate Increase: 1
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 18 kPa
 Cu-Rate Increase: 0.6
 C/Cu Ratio: 0.1



Kongahälla Kungälv's kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion B
 Odränerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:9



Skala 1:400

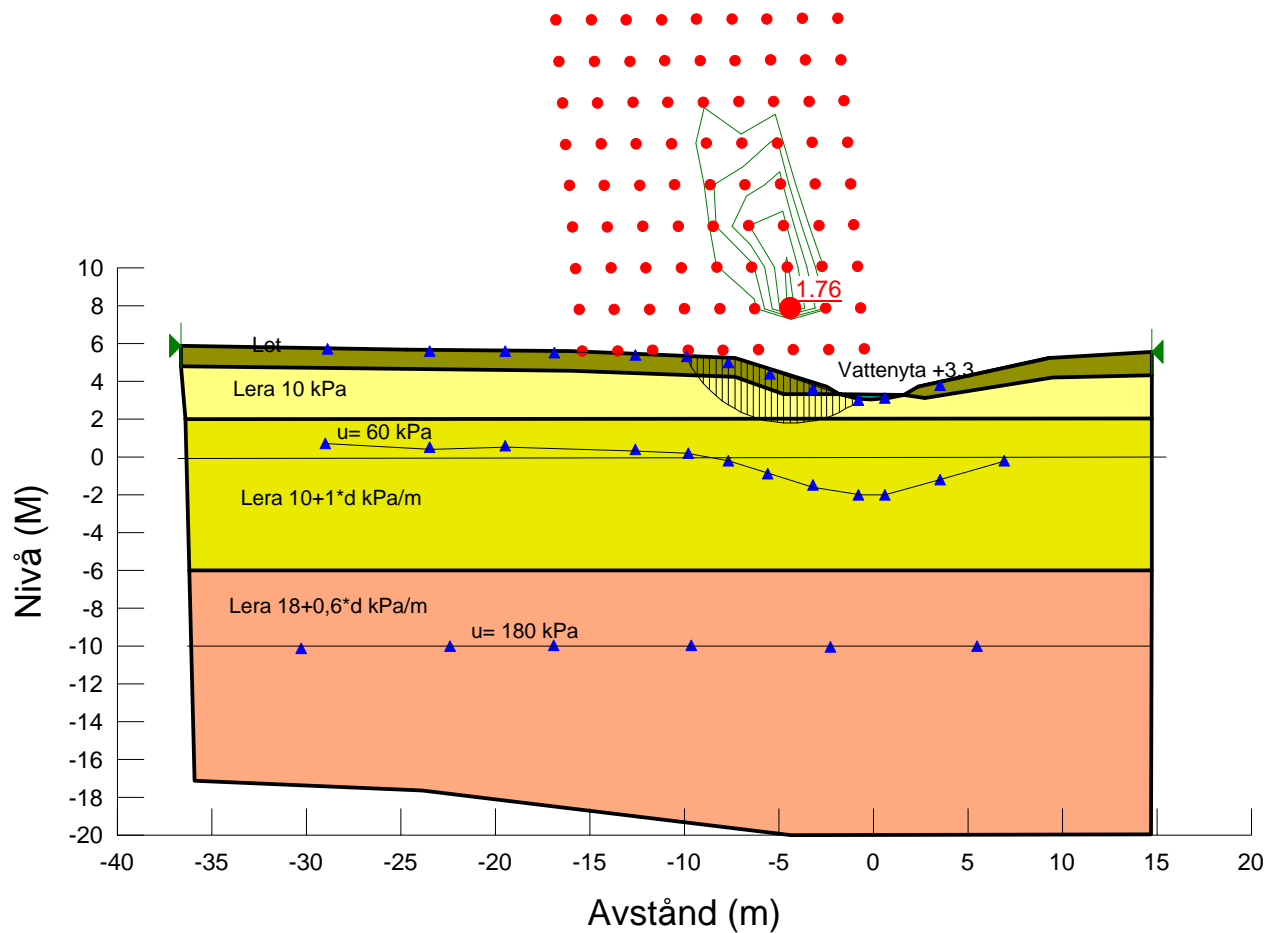
File Name: Sektion B odrän 12 kPa_m gw i my.gsz
 Date: 2008-05-19
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Undrained (Phi=0)
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa

Name: Lera 10+1*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Limiting C: 0 kPa

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Limiting C: 0 kPa



Kongahälla Kungälvs kommun
 Stabilitet mot Komarcksbäcken Sektion B
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan
 Stabilitetskontroll för GC-bana

Bilaga 3:10



Skala 1:400

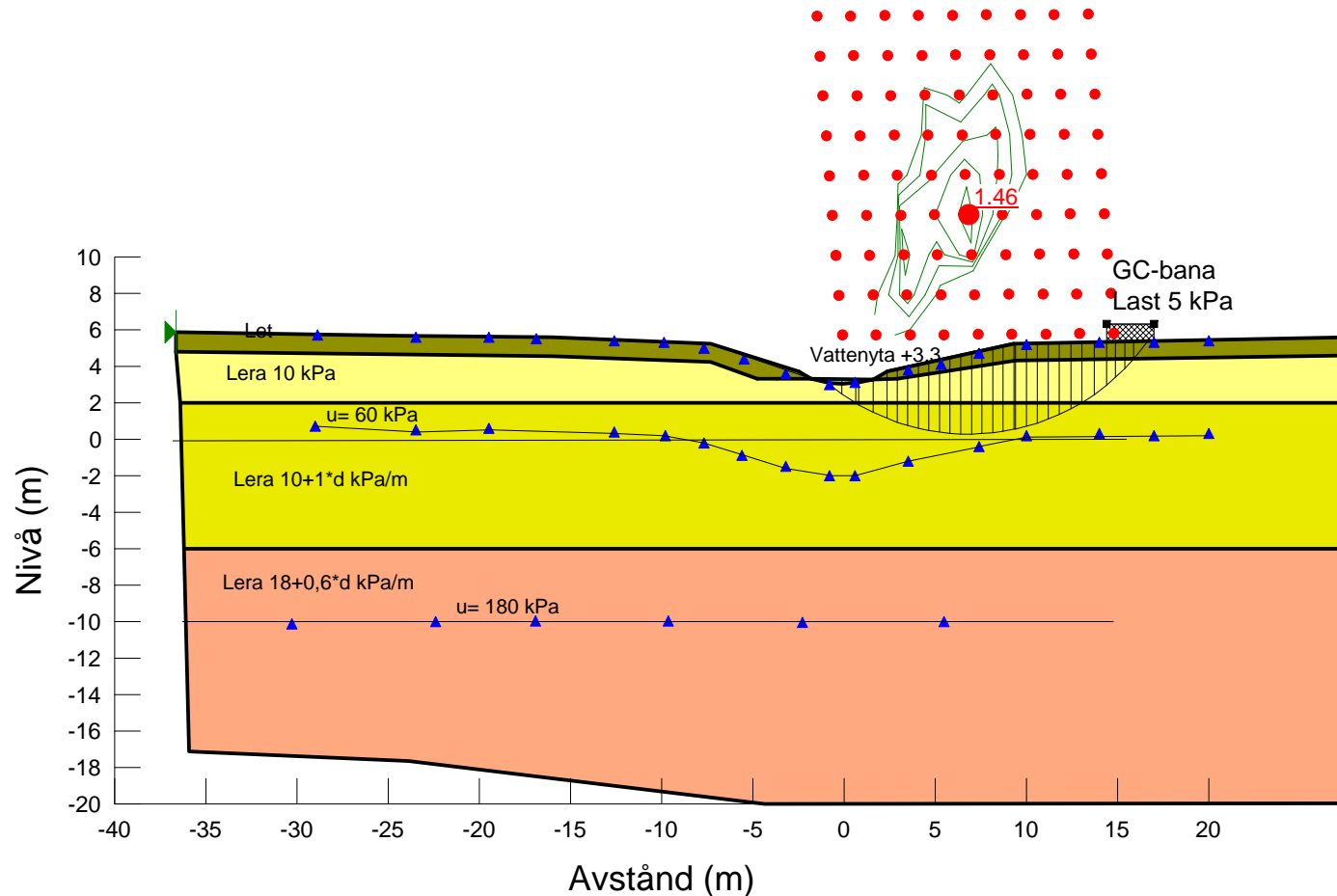
File Name: Sektion B komb 12 kPa_m gw i my GCbana.gsz
 Date: 2008-05-21
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10+1*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 Cu-Rate Increase: 1
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 18 kPa
 Cu-Rate Increase: 0.6
 C/Cu Ratio: 0.1



Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarcksbäcken Sektion B
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:11



Skala 1:400

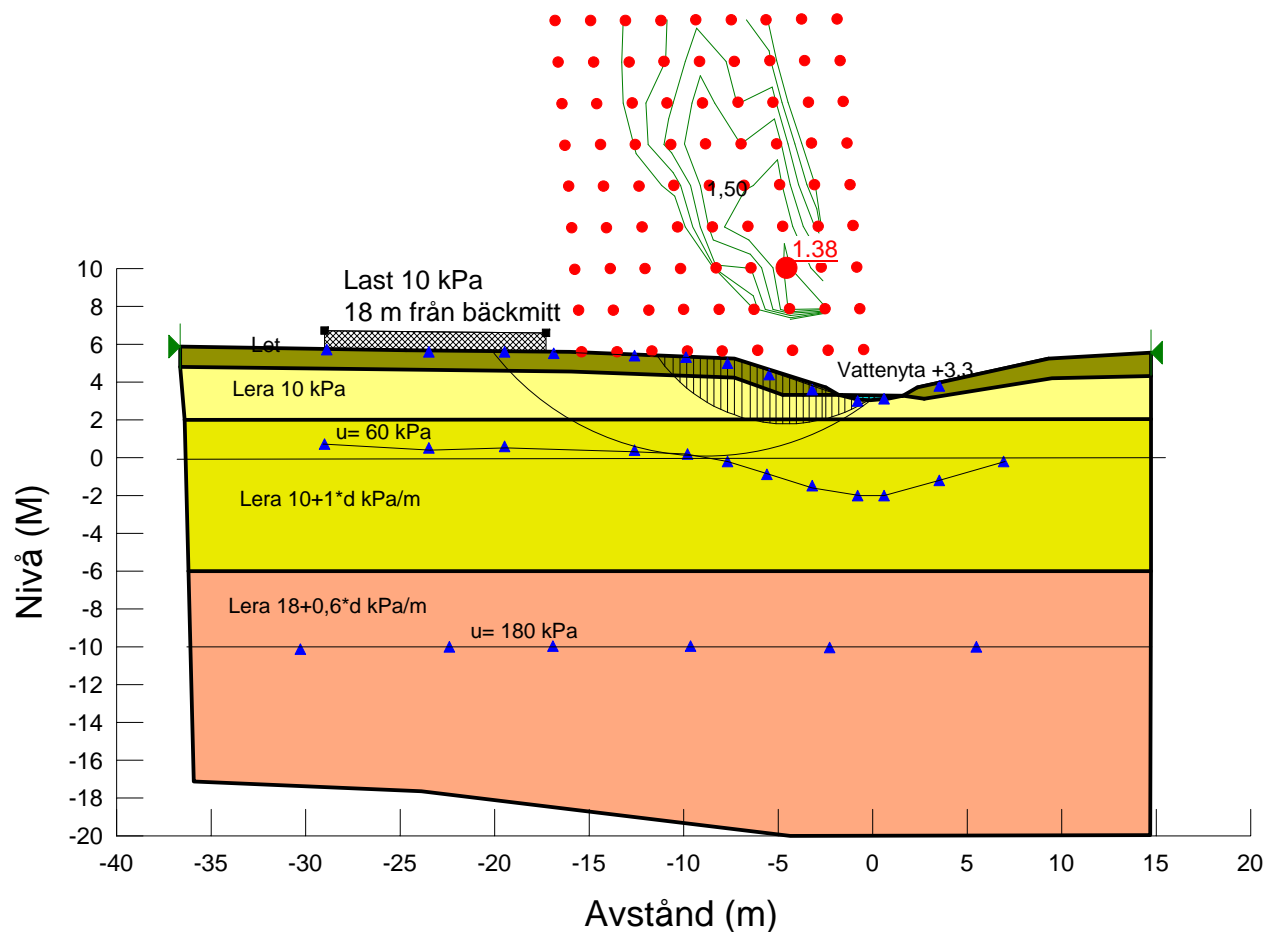
File Name: Sektion B komb 12 kPa_m gw i my last10.gsz
 Date: 2008-05-21
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10+1*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 Cu-Rate Increase: 1
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 18 kPa
 Cu-Rate Increase: 0.6
 C/Cu Ratio: 0.1



Kongahälla Kungälv's kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion B
 Odränerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:12



Skala 1:400

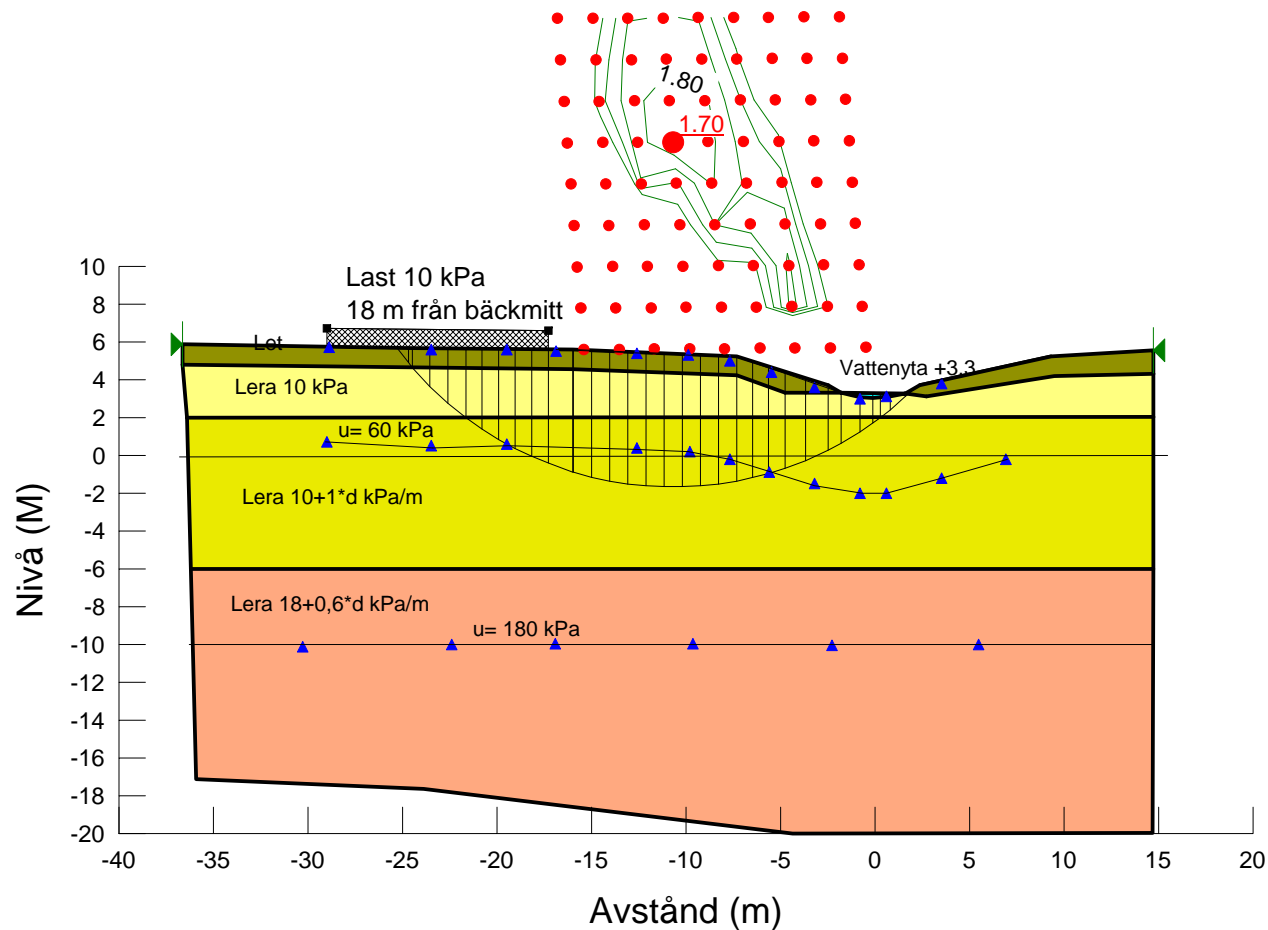
File Name: Sektion B odrän12 kPa_m gw i my last10.gsz
 Date: 2008-05-21
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Undrained (Phi=0)
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa

Name: Lera 10+1*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 C-Top of Layer: 10 kPa
 C-Rate of Increase: 0.6

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 C-Top of Layer: 18 kPa
 C-Rate of Increase: 0.6



Kongahälla Kungälvs kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion B
 Kombinerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:13



Skala 1:400

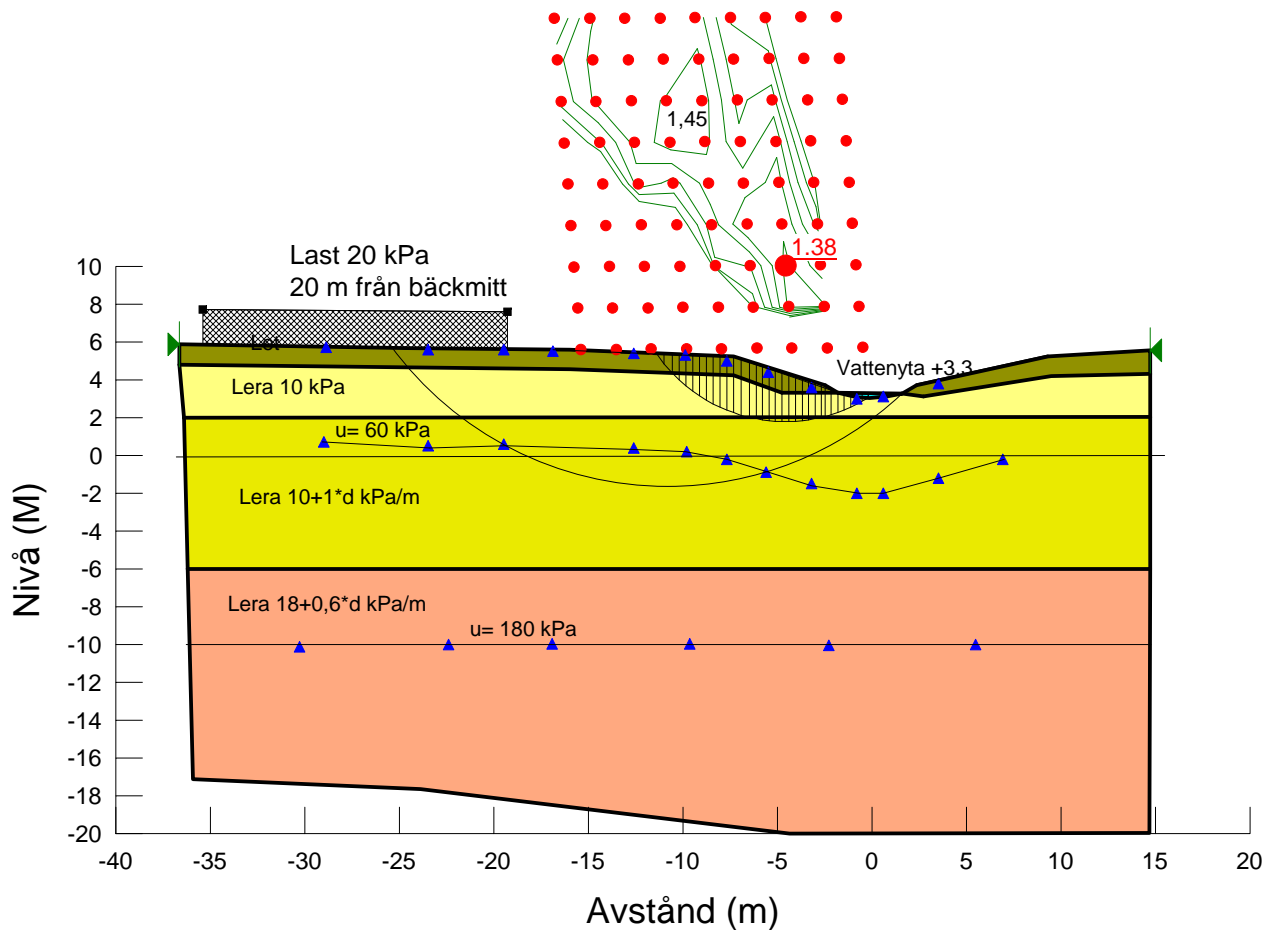
File Name: Sektion B komb 12 kPa_m gw i my last20.gsz
 Date: 2008-05-21
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price

Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10+1*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 10 kPa
 Cu-Rate Increase: 1
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 18 kPa
 Cu-Rate Increase: 0.6
 C/Cu Ratio: 0.1



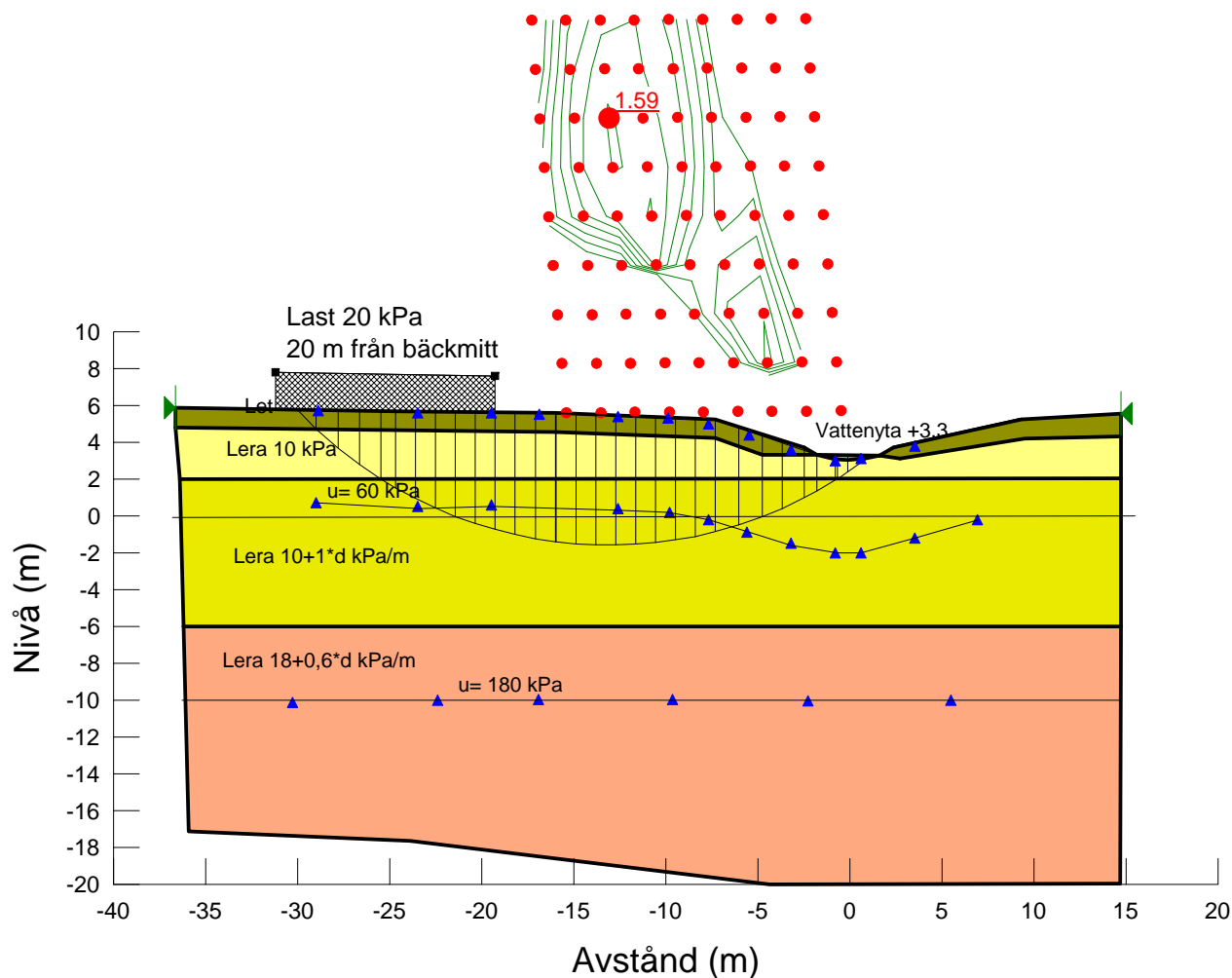
Kongahälla Kungälv kommun
 Stabilitet mot Komarksbäcken Sektion B
 Odränerad analys
 Dimensionerande porvattentryck 12 kPa/m
 Grundvattenytan i markytan

Bilaga 3:14



Skala 1:400

File Name: Sektion B odrän 12 kPa_m gw i my last20.gsz
 Date: 2008-05-19
 Created By: Arvidsson, Jenny (WSP Civils, Göteborg)
 Method: Morgenstern-Price



Name: Let
 Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Phi: 30 °
 Cu-Top of Layer: 30 kPa
 C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 10 kPa
 Model: Undrained (Phi=0)
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa

Name: Lera 10+1*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 14.5 kN/m³
 Limiting C: 0 kPa

Name: Lera 18+0,6*d
 Model: $S=f(\text{depth})$
 Unit Weight: 15 kN/m³
 Limiting C: 0 kPa