



PM GEOTEKNIK

GÖTEBORG STAD

Geoteknisk utredning för ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal (0486/13)

UPPDRAGSNUMMER: 2305 478-810



GÖTEBORG

2014-11-10

Sweco Civil AB
Geoteknik

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Uppdragsinformation	3
2	Ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal	3
3	Objektsbeskrivning	4
4	Underlag	4
4.1	Kartor, ortofoto, mätdata mm	4
4.2	Koordinat- och höjdsystem	4
4.3	Geotekniska undersökningar	4
5	Översiktlig geoteknisk beskrivning av sträckan mellan Gullbergsvass och Almedal	5
5.1	Fyllning	6
5.2	Lera	7
5.3	Friktingsjord	8
5.4	Sättningsförhållanden	8
5.5	Stabilitetsförhållanden	8
5.6	Bergteknik	9
5.7	Karakteristiska vattenstånd	9
6	Geoteknisk beskrivning av delområden längs järnvägstunneln Västlänken	10
6.1	Linje Station Centralen	10
6.2	Linje Station Centralen – Station Haga	21
6.3	Linje Station Haga	30
6.4	Geotekniska parametrar	35
6.5	Geohydrologiska förhållanden	37
6.6	Linje Station Haga – Station Korsvägen	40
6.7	Linje Station Korsvägen	42
6.8	Geotekniska parametrar	45
6.9	Linje Station Korsvägen - Almedal	48
7	Bergteknik	54
8	Slutsats	54
8.1	Stabilitet	55

BILAGOR

- 1 Översiktlig jordlager- och bergprofil
- 2 Sammanställning av parametrar
- 3 Stabilitet befintliga förhållanden, delområde Stn Centralen
- 4 Stabilitet befintliga förhållanden, delområde Stn Centralen – Stn Haga
- 5 Stabilitet befintliga förhållanden, delområde Stn Haga
- 6 Stabilitet befintliga förhållanden, delområde Stn Korsvägen – Almedal
- 7 PM Bergteknik

Ritningar

AKF05-08-110_005 till AKF05-08-110_023

Planer, geotekniska undersökningar

skala 1:1000 (A1)

2 (55)

PM GEOTEKNIK
2014-11-10

GEOTEKNISK UTREDNING FÖR ÄNDRING AV DETALJPLANER FÖR JÄRNVÄGSTUNNELN
VÄSTLÄNKEN MELLAN GULLBERGSSVASS OCH ALMEDAL (0486/13)

1 Uppdragsinformation

Uppdrag	Geoteknisk utredning för ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal
Plats	Göteborg
Uppdragsgivare	Göteborg Stad
Uppdragsnr	2305478-810
Konsult	Sweco Civil AB/Golder Associates
Uppdragsledare	Karolina Sanell
Ansvarig geotekniker	Urban Högsta
Handläggare	Peter Damgaard

2 Ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal

På uppdrag av Göteborg Stad, Stadsbyggnadskontoret, har Sweco Civil AB (med Golder Associates som underkonsult) utfört en geoteknisk utredning i samband med ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal.



Figur 1 Översiktskarta för ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal (svart områdesgräns, koncept 2014-11-10).

Syftet med den geotekniska utredningen är att klargöra de geotekniska förhållandena längs sträckan, samt utreda de befintliga stabilitetsförhållandena för området. Detta som underlag för ändring av detaljplanerna längs järnvägstunneln.

3 Objektsbeskrivning

Inom området planeras byggande av järnvägstunneln Västlänken och dess tekniska anläggningar.

4 Underlag

4.1 Kartor, ortofoto, mätdata mm

Som underlag för denna geotekniska utredning för detaljplan har nedanstående underlagsmaterial nyttjats. Huvuddelen av underlagsmaterialet har erhållits från Göteborgs Stad.

- Digital primärkarta med 0,5 m ekvidians (AutoCad-format).
- Terrängmodell som är upprättad för projekteringen av Västlänken
- Ortofoto över aktuellt planområde
- Stadsbyggnadskontorets detaljerade jordartskarta från år 2006

4.2 Koordinat- och höjdsystem

Ny detaljplan upprättas i koordinatsystem SWEREF 991200 och höjdsystem RH2000. Samtligt underlagsmaterial har erhållits eller transformerats till dessa system.

4.3 Geotekniska undersökningar

I samband med framtagandet av järnvägsplan och systemhandling för Västlänken har ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar genomförts under åren 2012-2013. Undersökningarna redovisas i följande handling:

- PM F 05 – 004, Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik (MUR Geoteknik), Västlänken Trafikverket, daterad 2013-09-30, reviderad 2014-06-19, projektnummer 2305478.

Inventering av tidigare utförda geotekniska undersökningar har genomförts för området och redovisas i följande handling:

- PM F 05 – 001, Inventering tidigare utförda geotekniska undersökningar, Västlänken Trafikverket, daterad 2013-07-05, rev 2014-06-19, projektnummer 2305478.

Av de tidigare utförda undersökningarna kan stabilitetskarteringen av befintliga förhållanden inom Göteborgs stad (från år 2011) speciellt nämnas.

De undersökningar som har utförts för järnvägsplane- och systemhandlingsskedet samt tidigare utförda undersökningar som ligger till grund för denna utredning redovisas på planritningar AKF05-08-110_005 till AKF05-08-110_023.

För att klarlägga förutsättningarna kring sättningsproblematiken inom området har kartläggning av befintliga byggnader och anläggningar och dess grundläggning genomförts.

Tidigare utförda sättningsuppföljningar av befintliga byggnader, anläggningar och i mark har samlats in och analyserats. Befintliga grundvattenrör och portrycksstationer har kartlagts och mätdata för dessa har samlats in.

Inom projekt Västlänken har nya grundvattenrör och portrycksstationer samt nya mät-dubbar i mark och byggnader samt bälgsättningsmätare installerats. Sättningsuppföljning av nya och befintliga mät-dubbar inom området pågår och planeras att fortsätta under hela projektet.

I efterföljande avsnitt 5 ges en översiktlig generell beskrivning av de geotekniska förutsättningarna längs hela sträckan. I avsnitt 6 beskrivs respektive delområde längs sträckningen mer i detalj.

5 Översiktlig geoteknisk beskrivning av sträckan mellan Gullbergsvass och Almedal

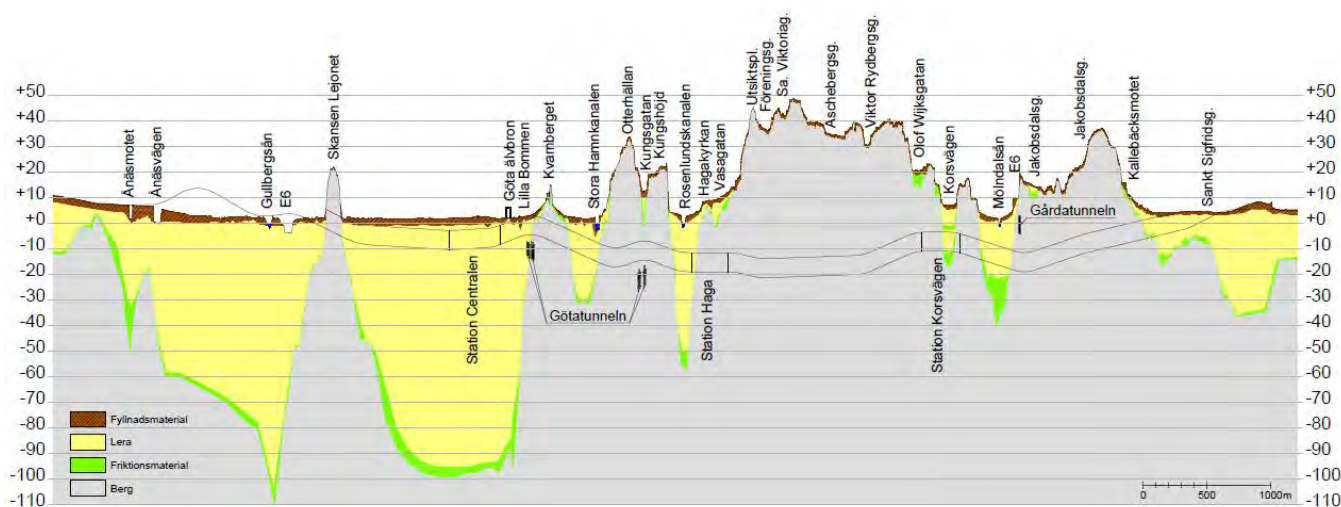
Området sträcker sig genom Göteborgs centrala delar från Gullbergsvass i norr via Göteborgs central, Packhusplatsen, Otterhällan, Haga, Korsvägen, Örgryte till Almedal i söder.



Figur 2 Översikt Västlänken.

Göteborg karaktäriseras av låglänta områden längs med Göta älv och övriga vattendrag samt av något mer kuperade bergområden söder om centrala staden och öster om Mölndalsåns dalgång. Nivåskillnaden mellan de lågt och högre liggande områdena är ungefär 40 m. Markförhållandena längs sträckan utgörs i huvudsak av hårdgjorda ytor och bebyggda områden.

Jordlagren i dalgångarna utgörs generellt överst av *fyllning* och därunder följer ett relativt mäktigt lager med *lera*. Leran vilar normalt på ett lager av grövre material, *friktingsjord*, innan berget tar vid. Inom de högre liggande partierna utgörs jordlagren i huvudsak av friktionsjord. Jordlagren framgår översiktligt av nedanstående jordlager- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning, Figur 3.



Figur 3 Översiktlig jordlager- och bergprofil längs Västlänkens sträckning (se även Bilaga 1).

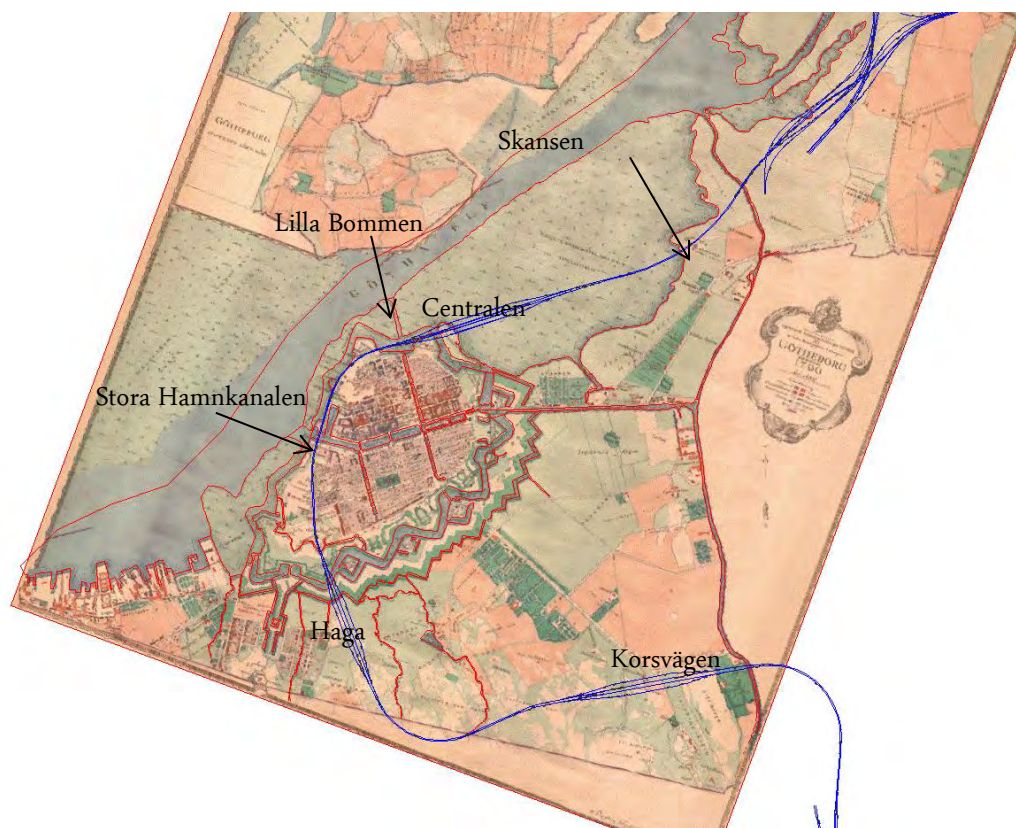
5.1 Fyllning

Jordlagren, inom de jordtäckta områdena längs järnvägstunneln, utgörs normalt överst av cirka 1 till 3 meter mäktig fyllning. Inom Station Centralen, vid Lilla Bommen, Packhuskajen och Rosenlundskanalen kan dock fyllningen lokalt vara större och uppgå till cirka 5 till 7 meter.

Fyllningen består generellt överst av överbyggnadsmaterial för järnväg, vägar, gator och torg men även rivningsrester från äldre bebyggelse påträffas. Fyllningen på större djup härrör från 1800-talet då vattenområdena utanför stadens befästningar torrlades och började fyllas igen i takt med att staden växte. När stadens befästningar anlades på 1600-talet låg strandlinjen precis utanför Kvarnberget som omgärdades av vatten i väster, norr och öster, se Figur 4. I takt med att staden växte under 1800- och 1900-talet genomfördes omfattande torrläggning och utfyllnad i områdena Gullbergsvass, Centralen, Lilla Bommen och Packhusplatsen. Som fyllnadsmaterial användes främst muddermassor från älven och andra schakt- och rivningsmassor. Även Vallgraven grävdes om i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan.

Den äldre och djupare fyllningen som ofta utgörs av muddermassor eller schaktmassor och består av mer finkornig jord såsom organisk jord, lera, silt och sand men även rivnings- och trärester har använts som fyllnadsmaterial.

Stora delar av sträckan har varit bebyggt under lång tid och områdena har med tiden förändrats vilket innebär att det även finns grundrester i marken från tidigare verksamheter (exempelvis fundament, pålar och äldre grundläggning). Även rester från befästningarnas och kajmurarnas nedre delar (kajer tillhörande igenfyllda kanaler och hamnbassänger) finns kvar i marken under nuvarande gator och parkeringsytor.



Figur 4 Göteborg år 1790 samt Västlänkens sträckning (källa: Karta 1790 Göteborg från Jubileumsutställningen 1923, Stadsbyggnadskontorets arkiv)

5.2 Lera

Under fyllningen följer generellt en naturligt avlagrad lera med en hållfasthet som är mycket låg i den övre delen av jordprofilen och som ökar till medelhög mot djupet.

Lerans mäktighet varierar mycket längs sträckan, se Figur 3 och Bilaga 1. Stora lerdjup, 40 till 100 meter, förekommer i områdena Gullbergsvass, Göteborgs central och tillhörande spårområden, Lilla Bommen samt Rosenlund/Haga. Lerdjupen är ca 20 till 40 meter i området vid Korsvägen och Mölndalsåns dalgång söder om Örgrytevägen.

Leran längs järnvägssträckningen är generellt låg- till mellansensitiv. I området kring Korsvägen och Mölndalsån påträffas dock högsensitiv lera (kvicklera).

5.3 Friktionsjord

Under leran följer som regel ett lager friktionsjord med några meters mäktighet ovanpå berget. Där jorddjupen minskar och berget ligger nära markytan avtar generellt friktionsjordslagrets mäktighet (ca 0,5 till 1,5 meter) eller saknas helt. Inom de högre liggande partierna där jorddjupen är mindre och berget ligger nära markytan utgörs jorden i huvudsak enbart av friktionsjord.

Inom området för Mölndalsåns dalgång underlagras leran av ett mer än 10 m mäktigt lager med friktionsjord.

Friktionsjorden består till stora delar av sand men även grövre material som grus, sten och block förekommer.

5.4 Sättningsförhållanden

Leran längs järnvägstunnelns sträckning är generellt känslig för ökad belastning (normalt till svagt överkonsoliderad). Detta medför att ökad belastning från exempelvis uppfyllnader eller grundvattennivåsänkningar kan leda till sättningar.

De omfattande utfyllnader som har utförts i området, lasten från befintliga tunga äldre kohesionspålade byggnader samt grundvattennivåsänkning har genom åren orsakat sättningar i den underliggande leran. Inom stora delar av de lågt liggande områdena längs Västlänken pågår det marksättningar idag och flera byggnader och anläggningar inom området har fått sättningar. Pågående sättningshastighet i marken är generellt cirka 0,2 till 0,5 cm/år men där det lokalt förekommer större uppfyllnader, exempelvis i området kring Packhusplatsen, Lilla Bommen och Haga, är sättningshastigheten upp mot 1 cm/år.

5.5 Stabilitetsförhållanden

Stabilitetsförhållandena har utretts längs järnvägstunnelns sträckning. De områden som har identifierats som intressanta att studera är bland annat utmed Göta älv (Lilla Bommens hamn och Packhuskajen), Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen och Mölndalsån.

Sammanfattningsvis är stabilitetssituationen generellt tillfredställande för befintliga förhållanden längs järnvägstunnelns sträckning och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå enligt IEG:s rapport 4:2010. Ändringen av detaljplanerna möjliggör byggandet av järnvägstunneln men i övrigt är det befintliga detaljplaner och planbestämmelser som gäller. Efter utbyggnaden av järnvägstunneln återställs marken i enlighet med gällande detaljplaner och planbestämmelser (avseende exempelvis markanvändning ovan mark, marknivåer, slänters utformning etc) vilket innebär att stabilitetssituationen efter utbyggnad ej förändras jämfört med befintliga förhållanden.

5.6 Bergteknik

Längs Västlänkens sträckning finns ett flertal fasta partier med berg i dagen eller ytnära berg. Dessa områden är Gullberget med Skansen Lejonet, Kvarnberget, Otterhällan/Kungshöjd, Landala/Johanneberg, Liseberget samt Örgryte/Almedal.

Berget längs järnvägssträckningen består nästan uteslutande av gnejs. Mindre områden med pegmatit, en mycket grovkornig granitisk bergart, och metabasit, förekommer också längs sträckan. Ett större område av metabasit förekommer vid Gullberget (Skansen Lejonet). Berget i vilket Västlänken kommer att anläggas lämpar sig generellt väl för bergbyggnad. Svaghetszoner förekommer vanligtvis som enskilda lokala strukturer och följer oftast huvudstrukturen, foliationen, i bergmassan. Svaghetszoner har främst identifierats i området under Kungsgatan samt vid området runt Korsvägen. Området vid Korsvägen uppvisar generellt sämre bergkvalitet än resterande sträcka, vilket kan indikera förekomst av en större svaghetszon. Med avseende på genomsläpplighet, motsvarar bergets egenskaper ett normalt västsvenskt berg.

5.7 Karakteristiska vattenstånd

Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Göta älv, Stora Hamnkanalen, Vallgraven/Rosenlundskanalen samt Mölndalsån redovisas i nedanstående tabeller.

Tabell 1 Karakteristiska vattenståndsnivåer(lägsta lågvatten samt medellågvatten) (höjdsystem, RH2000) i Göta älv, Stora Hamnkanalen och Vallgraven/Rosenlundskanalen

MLW	-0,58
LLW (100 år)	-1,00

Tabell 2 Karakteristiska vattenståndsnivåer(lägsta lågvatten samt medellågvatten) (höjdsystem, RH2000) i Mölndalsån

MLW	+1,25
LLW (100 år)	+1,05

6 Geoteknisk beskrivning av delområden längs järnvägstunneln Västlänken

6.1 Linje Station Centralen

6.1.1 Topografi och områdesbeskrivning

Marken inom området är relativt plan, med undantag för tillfartsramperna till Götaälvbron. Längs Kruthusgatan, omkring Nils Ericsonsterminalen och Kanaltorgsgatan är nivån på markytan ca +2,0 till +2,5. Längs Sankt Eriksgatan stiger markytan uppåt, vid korsningen med Torggatan (km 457+800) är marknivån ca +5. Tillfartsramperna till Götaälvbron ansluter till bron på nivå ca +7,2.



Figur 5 Översikt, Linje Station Centralen (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

Området för järnvägstunneln utgörs av utfyllt vattenområde. När stadens befästningar anlades på 1600-talet låg strandlinjen precis norr och öster om dagens Nordstan, se Figur 6. Östra Hamnkanalen (nuvarande Östra Hamngatan) mynnade där gästhamnen vid Lilla Bommen ligger idag. Området vid Lilla Bommen och Centralen torrlades och fylldes ut under mitten av 1800-talet. Även vallgraven mellan befästningsverken och Hultmans holme fylldes under mitten av 1800-talet.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1820

Göteborg år 1860



Göteborg år 1890

Göteborg år 1921 (med 1790 års karta inlagd i bakgrunden)

Figur 6 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling och utfyllnader under 1800-talet.

Den inre delen av hamnbassängen vid Lilla Bommen och Östra Hamnkanalen fylldes igen 1936 och grundrester från de ursprungliga kajmurarna finns kvar under nuvarande gata.

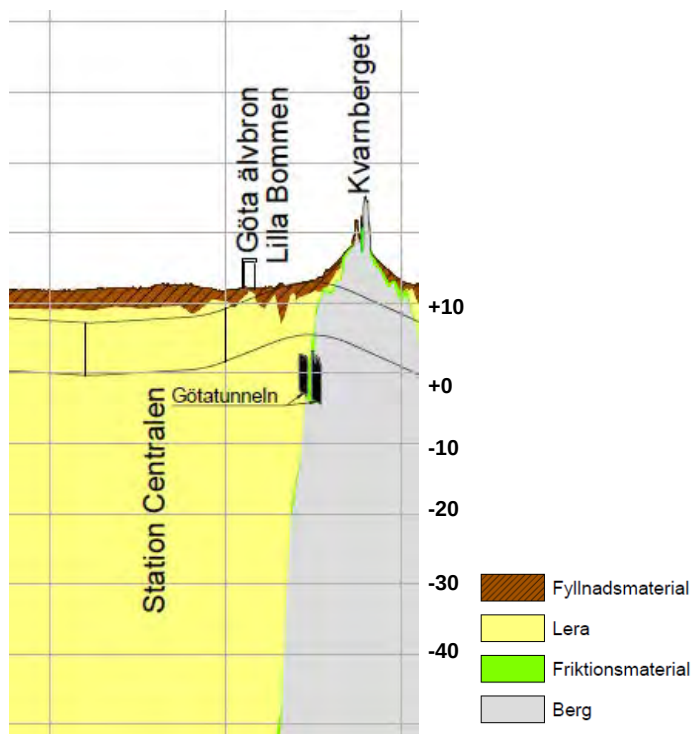


Figur 7 Igenfyllning av Östra Hamnkanalen 1936, med Börsen till vänster i bild (källa: Stadsmuseets fotoarkiv)

6.1.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden inom planområdet domineras av mäktiga jordlager (upp mot 100 m). Jordmaktigheterna avtar dock snabbt i anslutning till Kvarnberget, se nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs tunnelns sträckning genom området för station Centralen (Figur 8).

Jordlagren utgörs generellt överst av *fyllning*. De naturligt avsatta jordlagren består av *lera* som vilar på *friktingsjord* ovan *berg*.



Figur 8 Översiktlig jord- och bergprofil längs järnvägstunneln sträckning för området mellan Kruthusgatan i öster och Kvamberg i väster.

Fyllning

Fyllnadsmäktigheterna är ca 2,5-3 m öster om Nils Ericsonterminalen, vilket motsvarar ner till nivåerna ca -0,9 till -1,2. Inom den igenfyllda vallgraven vid det nordöstra hörnet av köpcentrumet Nordstan och norr om den västra tillfartsrampen till Götaälvbron uppgår fyllnadsmäktigheterna till närmare 5-6 m, med en nivå för ursprunglig botten på -3 till -3,5.

Vid Kanaltorgsgatan varierar fyllnadsmäktigheterna något mer mellan utförda borrhöjningar men bedöms generellt till ca 2-3 m, innebärande att överkant för naturliga sediment är +0,5 till -0,5. Inom den igenfyllda Östra Hamnkanalen uppgår fyllnadsmäktigheterna till närmare 5-6 m, med en nivå för ursprunglig botten på -3 till -3,5. Inom den igenfyllda inre delen av Lilla Bommens hamnbassäng är fyllnadsmäktigheterna upp mot 7 m, vilket motsvarar en ursprunglig bottennivå på -4 till -4,5.

Fyllningsmaterialet utgörs generellt överst av ca 1-2 m mäktigt lager med sten, grus, sand, gatsten, makadam men även rivningsrester som härrör från 1900-talet. Därunder följer finkornigare material såsom sand, silt och lera med tegel-, trä- och glasrester (som härrör från muddar- och schaktmassor från 1800-talet) samt grundrester från tidigare byggnadsverk. Även organisk jord förekommer i den äldre fyllningen. Även Östra Hamnkanalen och Lilla Bommens hamnbassäng fylldes igen med grus, sand, silt, lera, tegel och trä. Grundrester och murblock från de ursprungliga kajmurarna finns kvar i marken.

Lera

Under fyllningen följer en naturligt avsatt lera. Leran närmast under fyllningen är av torrskorpekaraktär (med mäktighet ca 1-2 m, till ca 3-5 m djup). Utförda CPT-sonderingar visar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Sonderingar har utförts till stopp i ett flertal punkter inom det aktuella området. Sonderingar har utförts till stopp i ett flertal punkter inom det aktuella området. Sonderingar som är utförda till stopp visar att lerans mäktighet är ca 85-100 m i östra delen av området, inom större delen av stationsläget. Vid korsningen med Östra Hamngatan grundar det snabbt upp och innan korsningen med Götatunneln påträffas underkant lera på nivån ca -26. Efter korsningen med Götatunneln är jordmäktigheten ca 2 m och utgörs endast av fyllningsmaterial.

Friktionsjord

Under leran följer som regel ett lager friktionsjord med några meters mäktighet som vilar på berget. Där berget grundar upp i västra delen av området är friktionsjordslagret tunt (0,5-1,5 m) eller saknas helt.

Berg

Bergnivåerna ligger på ca -85 till -100 strax öster om korsningen med Östra Hamngatan. Väster om korsningen med Östra Hamngatan grundar berget snabbt upp till nivån ca -28 innan passagen av Götatunneln. Efter passagen med Götatunneln påträffas berget ca 2 m under markytan, vilket motsvarar nivån ca +3.

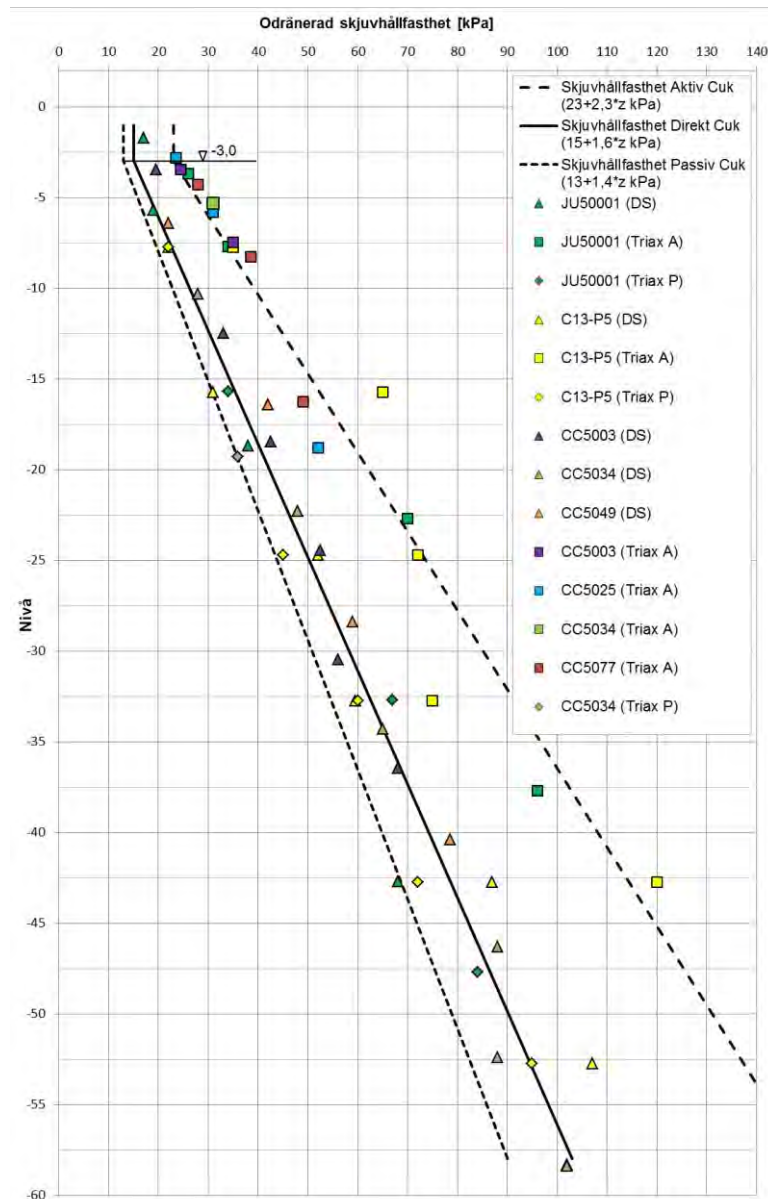
6.1.3 Geotekniska parametrar

Sammanställningar av bestämda geotekniska parametrar redovisas i Bilaga 2.

Lera, östra delen – från Kruthusgatan och fram till Götaälvbron

Lerans densitet är ca $1,6 \text{ t/m}^3$ ner till nivån -18, därunder ökar densiteten mot djupet till ca $1,7 \text{ t/m}^3$ vid nivån -60. Lerans vattenkvot är ca 60-90 %, där de högre värdena återfinns ner till ca 10 m djup. Lera är mellansensitiv med en sensitivitet som generellt varierar mellan 10-30.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet (c_{uk}) är konstant 15 kPa ner till nivån -3 och därunder är hållfasthetstillväxten $1,6 \text{ kPa/m}$, se Figur 9.



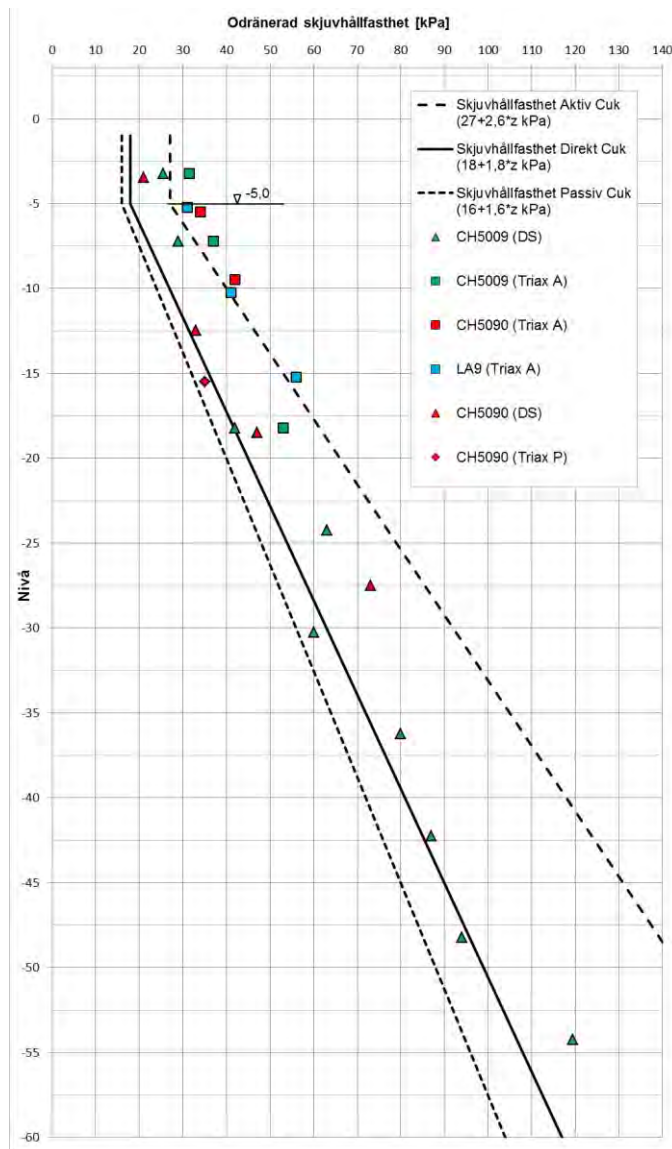
Figur 9 Skjuvhållfasthetsdiagram för området mellan Kruthusgatan och Götaälvbron.

Leran är på nivån -3 överkonsoliderad med ca 20 kPa (ca OCR=1,4). Överkonsolideringen ökar konstant mot djupet till att vara ca 100 kPa på nivå -50 (ca OCR=1,3).

Lera, västra delen – mellan Götaälvbron och Kvarnberget

Under fyllningen är lerans densitet ca 1,55-1,65 t/m³ där de lägre värdet återfinns inom den yttligare delen av lerprofilen, därunder ökar densiteten svagt mot djupet. Lerans vattenkvot är generellt ca 65 % ned till 40 m djup och minskar därunder något. Lera är mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan 10-30.

Den odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) är konstant 18 kPa ner till nivån -5 och därunder är hållfasthetstillväxten 1,8 kPa/m, se Figur 10.



Figur 10 Skjuvhållfasthetsdiagram för området mellan Götaälvbron och Kvarnberget.

Leran är på nivån -3 överkonsoliderad med ca 20 kPa (ca OCR=1,3).

Överkonsolideringen ökar konstant mot djupet till att vara ca 140 kPa på nivå -60 (ca OCR=1,35).

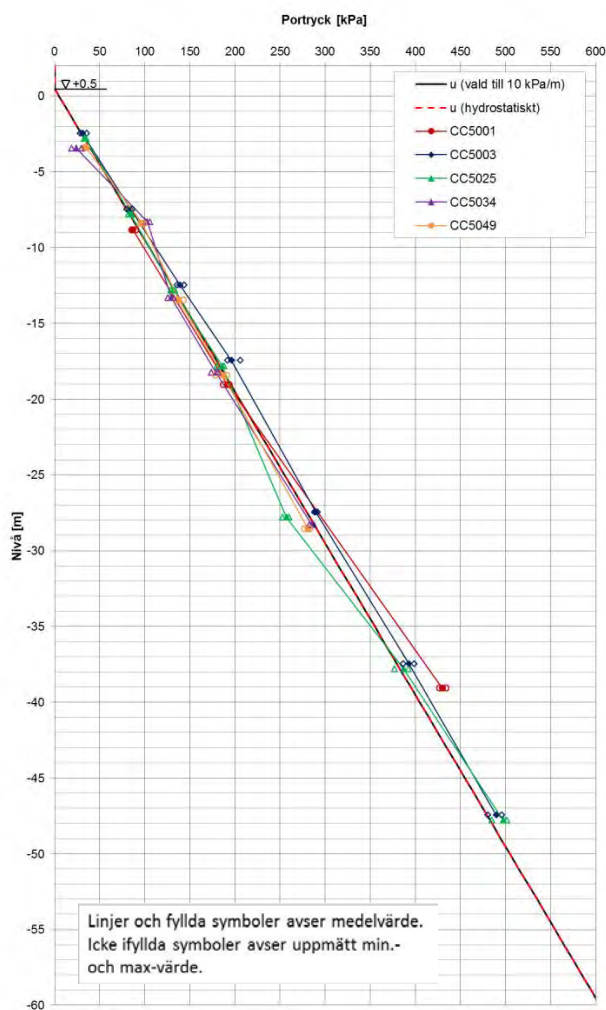
6.1.4 Geohydrologiska förhållanden

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordslagren under de mäktiga lerlagren.

Geohydrologiska förhållanden, östra och centrala delen – från Kruthusgatan och fram till Götaälvbron

Mätningar i det övre magasinet visar på att grundvattennivån ligger på nivåerna +0,5 till +1,5. Närheten till Göta Älv innebär att grundvattennivån i det övre magasinet styrs av nivåerna i älven.

Portrycksmätningar visar att portrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta som ligger på nivån +0,5. Mätning på stora djup visar på något högre trycknivåer, vilket indikerar en tendens till övertryck (trycknivåer motsvarande en grundvattennivå på ca +1 till +4), se Figur 11.

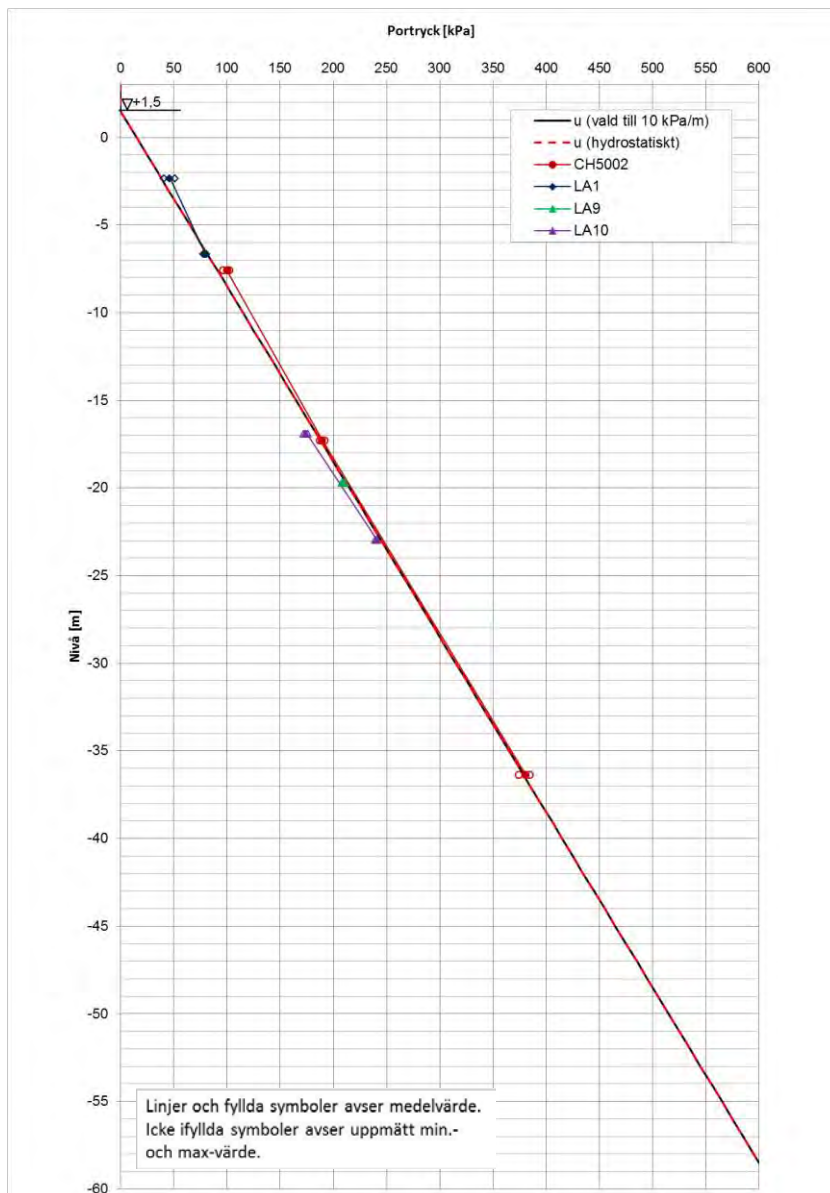


Figur 11 Uppmätta portrycksnivåer inom området mellan Kruthusgatan och Götaälvbron.

Geohydrologiska förhållanden, västra delen – mellan Götaälvbron och Kvarnberget

Mätningar i det övre magasinet visar på att grundvattennivån ligger på nivåerna +0,5 till +1,5. Närheten till Göta Älv innebär att grundvattennivån i det övre magasinet styrs av nivåerna i älven.

Portrycksmätningar visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån +1,5 och en i princip hydrostatisk portrycksprofil, se Figur 12.



Figur 12 Uppmätta portrycksnivåer inom området mellan Götaälvbron och Kvarnberget.

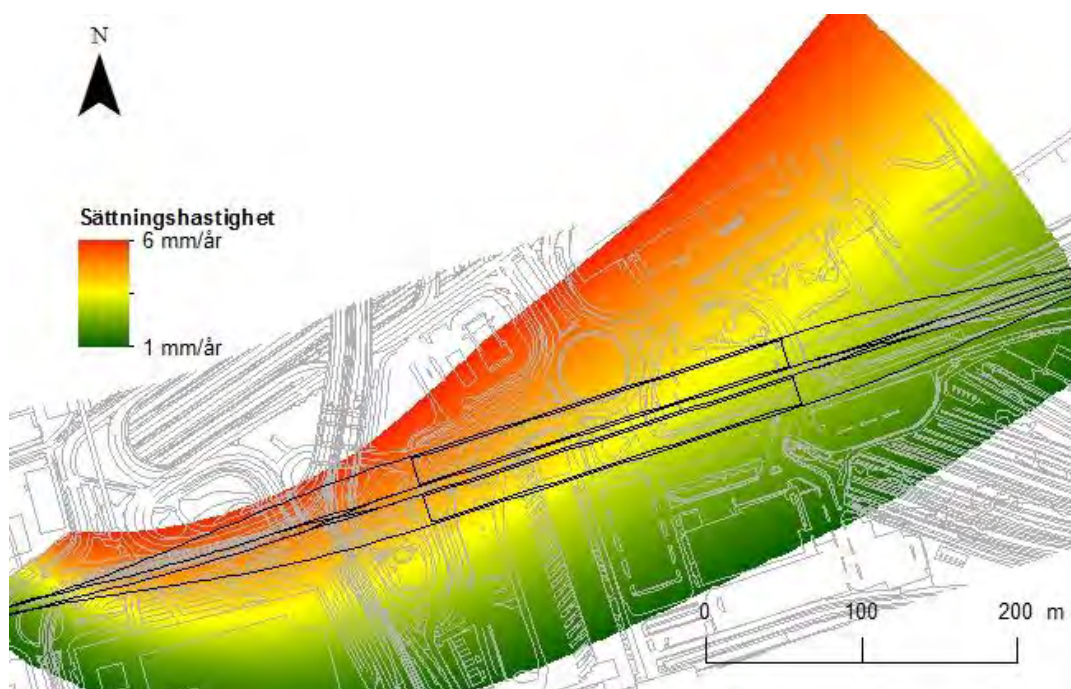
6.1.5 Sättningsförhållanden

Lerans spänningssituation i området kring station Centralen innebär att det sedan lång tid tillbaka pågår sättningar i marken. Sättningarna är främst orsakade av tillskottsbelastningar på leran, från de omfattande utfyllnaderna som är utförda i området.

Sättningsförhållandena skiljer sig en del inom området till följd av att lasterna från bland annat utfyllnader, igenfyllda kanaler och befästningsverk varierar inom området. Generellt ökar de pågående sättningar i riktning mot älven, i takt med att fyllnadsmäktigheterna ökar.

Utförda sättningsmätningar inom östra och centrala delarna av området visar att sättningar pågår med en sättningshastighet motsvarande är ca 2-4 mm/år. Sättningarna bedöms pågå ner till drygt 10 m djup. I området mellan Götaälvbron och Kvarnberget ökar sättningshastigheten något, till ca 4-6 mm/år. Sättningarna inom det området bedöms pågå ner till ca 15-20 m djup, se Figur 13.

Sättningsmätningar i gatumarken närmast norr om köpcentrumet Nordstan visar på en låg pågående sättningshastighet (<1 mm/år). Den lägre sättningshastigheten beror sannolikt på avlastning av jordlagren till följd av byggnadernas källarplan men även på grund av att detta område ligger innanför befästningsverken (det vill säga mindre fyllnadsmäktigheter).



Figur 13 Pgående marksättningar inom Station Centralen.

Inom området har sättningsuppföljning av byggnader och anläggningar pågått genom åren. Resultaten från sättningsmätningarna redovisas i separat PM F 05-020, daterad 2013-07-05, reviderad 2014-08-28. Nya mätpunkter/sättningsdubbar har även installerats

19 (55)

PM GEOTEKNIK
2014-11-10

GEOTEKNISK UTREDNING FÖR ÄNDRING AV DETALJPLANER FÖR JÄRNVÄGSTUNNELN
VÄSTLÄNKEN MELLAN GULLBERGSSVASS OCH ALMEDAL (0486/13)

i samband med projekteringen av järnvägstunneln. Sättningsuppföljning av nya och befintliga mätpunkter pågår och planeras att fortsätta under hela projektet.

6.1.6 Stabilitetsförhållanden

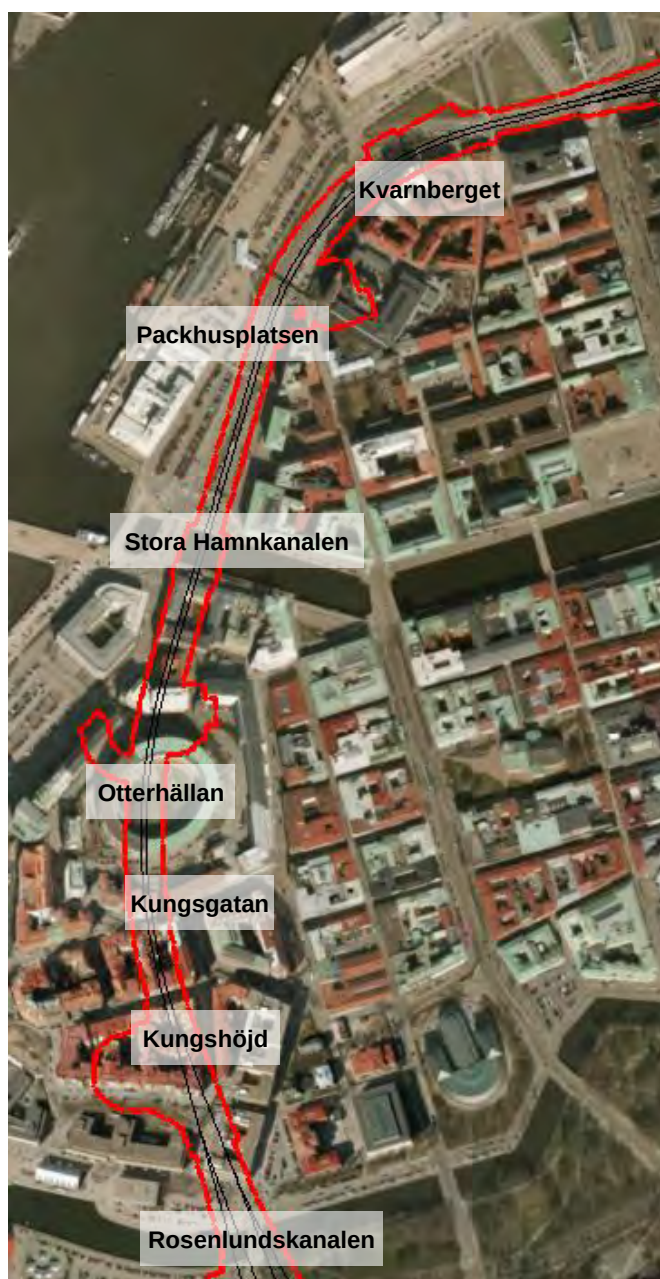
Stabiliteten för befintliga förhållanden har kontrollerats såväl mot Götaleden som för riktigt långa glidytor med en utbredning till Göta älv och redovisas i Bilaga 3. Stabiliteten har även analyserats mot Lilla Bommens hamn vilket redovisas i Bilaga 4.

Analyserna visar att stabiliteten för området för järnvägstunneln är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden enligt IEG rapport 4:2010. Säkerheten är dock något för låg för den östra respektive den västra kajen mot Lilla Bommens hamn, men detta bedöms inte påverka den totala stabiliteten för området som berör Västlänken.

6.2 Linje Station Centralen – Station Haga

6.2.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från Kvarnberget via Packhuskajen, Stora Hamnkanalen och Otterhällan till södra delen av Kungshöjd.



Figur 14 Översikt delområde Linje Station Centralen - Station Haga (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

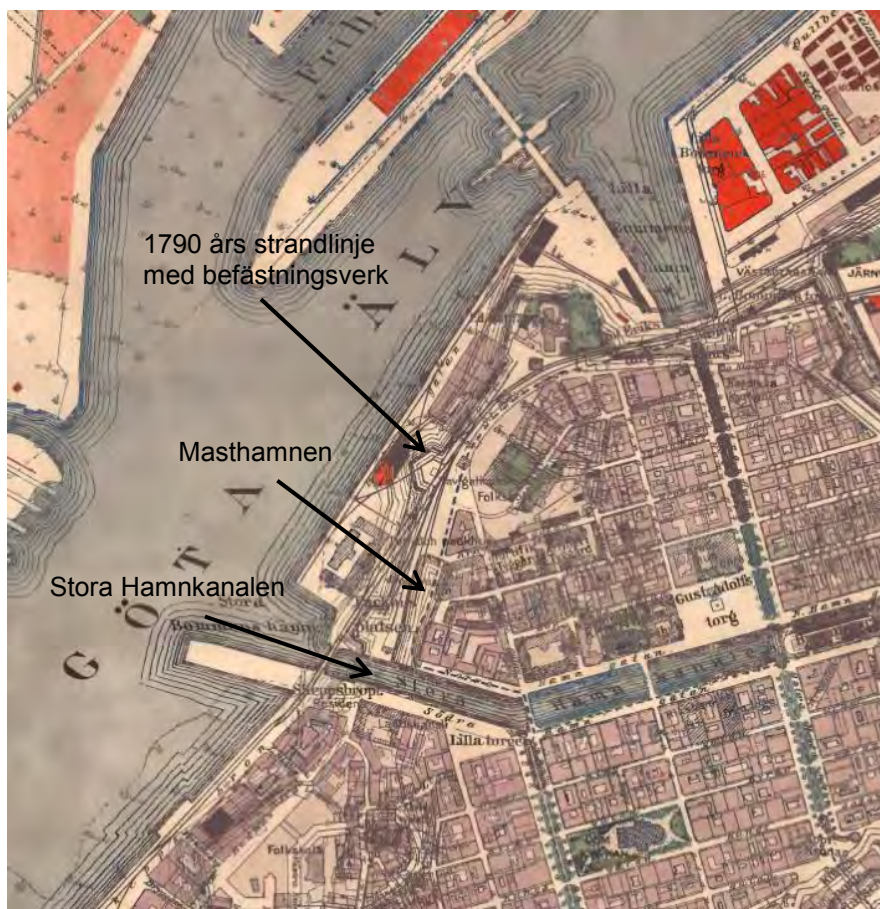
Markytan sluttar från nivån ca +21 uppe på Kvarnberget till nivån +2 till +2,5 nere vid de plana hårdgjorda ytorna längs Packhuskajen och Packhusplatsen. Till följd av omfattande sättningar genom åren ligger markytan något lägre inom området närmast kajkanten mot Göta älv och vid kasinot.

Stora Hamnkanalen är ca 30 m bred och ca 4,5 - 5,5 m djup i förhållande till omgivande markyta.

Söder om Stora Hamnkanalen och Södra Hamngatan stiger markytan upp mot Otterhällan till nivån ca +35 för att på efterföljande sträcka slutta nedåt mot Kungsgatan där marknivåerna är ca +12 till +12,5. Efter passagen med Kungsgatan stiger markytan till nivåerna +17 till +18 inom Kungshöjd.

Området som idag utgörs av Packhusplatsen och Packhuskajen var vattenområde fram till i början av 1800-talet, då området började fyllas ut. Före utfyllnaden låg strandlinjen precis utanför befästningarna nedanför Kvarnberget, se Figur 15. Innanför bastionen vid nuvarande Packhusplatsen låg det en rektangelformad, ca 35 m bred hamnbassäng (Kronans Masthamn), som anlades på 1600-talet. Hamnbassängen mynnade i Stora Hamnkanalen och sträckte sig norrut till i höjd med Kronhusgatan. Masthamnen fylldes igen i mitten av 1800-talet. Rester från befästningarnas nedre delar och rester från kajmurarna för Masthamnen finns kvar under nuvarande gator och parkeringsytor (redovisas av AKF 8).

Stora Hamnkanalen anlades under 1600-talet. Norra Hamngatans mur utgörs i stora drag av den ursprungliga muren medan muren på Södra Hamngatan byggdes om, dels under slutet av 1800-talet och dels under 2013 (i samband med byggandet av den nya spårvägssträckningen i Södra Hamngatan).



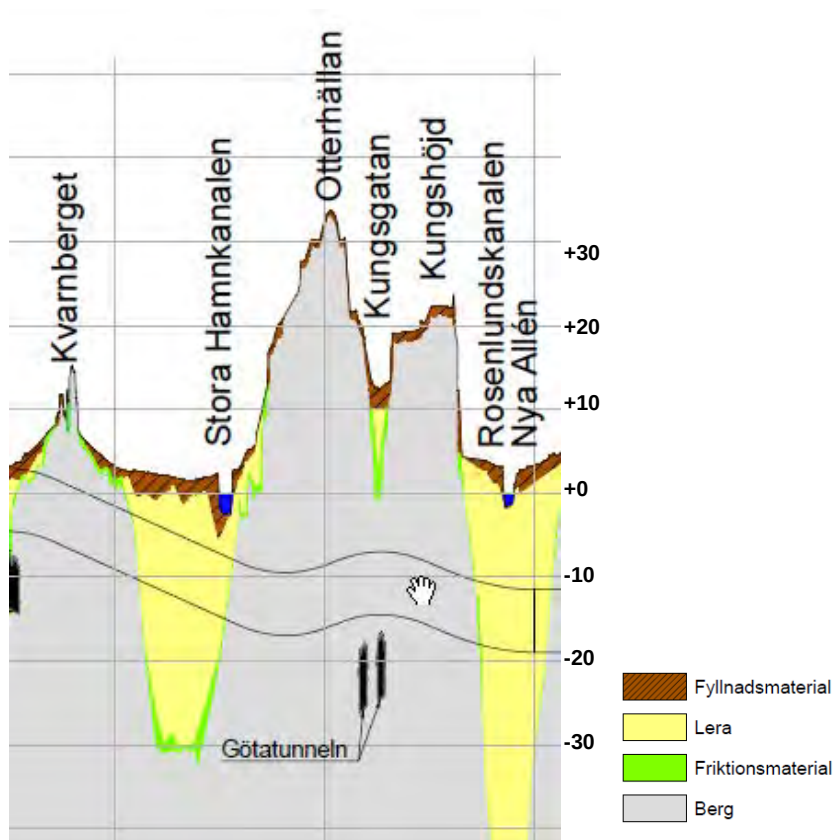
Figur 15 Historisk karta från 1921 med 1790 år karta inlagd i bakgrunden. Kartan från 1790 visar strandlinjen, befästningsverken och Masthamnen, som det såg ut innan utfyllnad för Packhuskajen genomfördes.

6.2.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållandena varierar stort inom planområdet, från berg i dagen (Kvarnberget, Otterhällan och Kungshöjd) till större jordmaktigheter (ca 35 m) vid Packhusplatsen. Jordmaktigheterna ökar generellt mot Göta älv och är som störst (ca 65 m) i anslutning till Packhuskajens sydvästra hörn. Söder om Otterhällan, vid korsningen Kungsgatan/Kungshöjdsgatan, återfinns en svacka i berget med jordmaktigheter kring ca 12 m (benämns "Yxhugget").

De varierande jordmaktigheterna framgår tydligt i nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs tunnelns sträckning genom området, från Kvarnberget i norr till Kungshöjd i söder, se Figur 15.

Jordlagren utgörs generellt överst av *fyllning*. De naturligt avsatta jordlagren består av *lera* som vilar på *friktingsjord* ovan *berg*. Inom de högst liggande partierna, där jorrdjupen är mindre och berget ligger nära markytan, utgörs de naturliga jordlagren i huvudsak av *friktingsjord* ovan *berg*.



Figur 16 Översiktlig jord- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning mellan Kvarnberget och Kungshöjd.

Fyllning

Uppe på Kvarnberget, längs Sankt Eriksgatan, utgörs fyllningen av överbyggnadsmaterial med mäktighet ca 1 m ovan plansprängt berg.

Fyllnadsmäktigheterna inom området för Packhuskajen och Packhusplatsen ökar i riktning mot älven från ca 2 m till över 7 m närmast befintlig kajlinje, vilket innebär att överkant naturliga sediment återfinns på nivåer från ca +0 till -6 närmast kajlinjen. Inom den igenfyllda Masthamnen är fyllnadsmäktigheterna ca 3 - 3,5 m, vilket motsvarar en ursprunglig bottennivå på -0,5 till -1,5. Den översta delen av fyllningen, ca 1-2 m mäktighet, utgörs generellt av vägöverbyggnadsmaterial bestående av sten, grus, sand, gatsten och rivningsrester som härrör från 1900-talet. Under överbyggnadsmaterialet följer en äldre fyllning som består av finkornigare material såsom sand, silt och lera med trä- och tegelrester. Den äldre fyllningen utgörs av muddar- och schaktmassor från utfyllnaderna som utfördes under 1800-talet. Den äldre fyllnadsmaterialets mäktighet varierar mellan ca 1-4 m där den största mäktigheten återfinns i anslutning till Casino Cosmopol.

Inom de högre liggande partierna söder om Stora Hamnkanalen utgörs jordlagren generellt överst av fyllning bestående av överbyggnadsmaterial, sand, grus och tegelrester. Fyllningen vilar vanligtvis direkt på berg och har en mäktighet på ca 1,5-2 m.

Fyllnadsmassor med en mäktighet uppemot ca 4 m har dock påträffats vid Kungshöjdsgatan.

Lera

Under fyllningen inom området för Packhusplatsen, Stora Hamnkanalen och Södra Hamngatan följer en naturligt avsatt lös till halvfast och svagt överkonsoliderad lera. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en relativt homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Från Kvarnberget och söderut, längs järnvägstunnelns sträckning, ökar lermäktigheterna till att vara ca 30-40 m strax norr om Stora Hamnkanalen. Därefter avtar lermäktigheterna åt söder för att vid Södra Hamngatan ha en mäktighet på ca 5-7 m.

Lermäktigheterna ökar generellt i riktning mot Göta älv och är som störst ca 65 m i anslutning till Packhuskajens sydvästra hörn. Vid norra delen av Packhuskajen, intill Operan, är lerans mäktighet ca 15 m.

Vid passagen av Kungsgatan/Kungshöjdsgatan utgörs de naturliga jordlagren, under fyllningen, av sandig siltig lera. I Kungsgatan är lermäktigheterna ca 2-4 m och i Kungshöjdsgatan är mäktigheterna ca 5-7 m. Lermäktigheterna avtar i nordlig och sydlig riktning från Kungsgatan.

Friktionsjord

Under leran följer ett fast lager friktionsjord där mäktigheterna inom området för Packhusplatsen generellt är ca 0,5 – 1,5 m. Friktionsjordens mäktighet ökar generellt i riktning mot Göta älv och Stora Hamnkanalen.

Vid Kungsgatan/Kungshöjdsgatan underlagras leran av ett lager friktionsjord som generellt utgörs av grusig siltig sand, sten och block. I Kungsgatan och i den norra delen av Kungshöjdsgatan är friktionsjordens mäktighet ca 10 m. Friktionsjordens mäktighet avtar i nordlig och sydlig riktning från Kungsgatan.

Berg

Berget är i dagen uppe på Kvarnberget, med bergnivåer uppemot ca +21. Berget stupar därifrån i nordvästlig, västlig och sydlig riktning för att vid Packhusplatsen ligga på nivåer kring -30 till -35. Strax norr om Stora Hamnkanalen grundar berget upp i riktning mot söder och precis norr om Residenset ligger bergytan på nivåer kring +0 till -4.

Bergnivåerna stiger från ca +5 inne på Residensets innergård upp till toppen av Otterhällan som ligger på ca +35. Berget sluttar därefter i sydlig riktning mot Kungsgatan där bergnivåerna är som lägst ca -6, i hörnet på byggnaden vid korsningen Kungsgatan/Kungshöjdsgatan. Efter passagen med Kungsgatan stiger bergytan i sydlig riktning till nivåer kring +20 längst i söder av Kungshöjd.

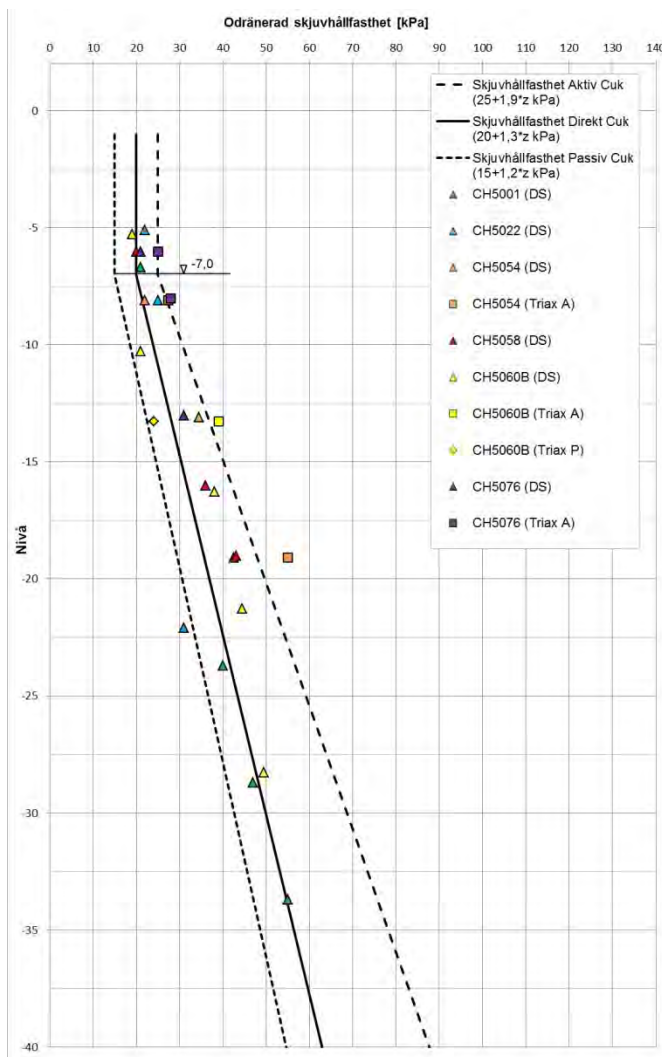
6.2.3 Geotekniska parametrar

Sammanställningar av bestämda geotekniska parametrar redovisas i Bilaga 2.

Inom området för Packhusplatsen/Stora Hamnkanalen är lerans densitet är ca 1,65 t/m³ ner till nivån -10 och därunder 1,6 t/m³. Det kan noteras att densiteten i leran i den övre delen av jordprofilen, ner till nivån -10, varierar en hel del mellan de olika borrhöjden.

Lerans vattenkvot är ca 60-70 %. Vid Yxhugget är vattenkvoten i den sandiga, siltiga leran något lägre, ca 30 %. Leran är mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan 8-20.

Inom området för Packhusplatsen/Stora Hamnkanalen är den odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) konstant 20 kPa ner till nivån -7 och därunder är hållfasthetstillväxten 1,3 kPa/m, se Figur 17.



Figur 17 Skjuvhållfasthetsdiagram för området vid Packhusplatsen.

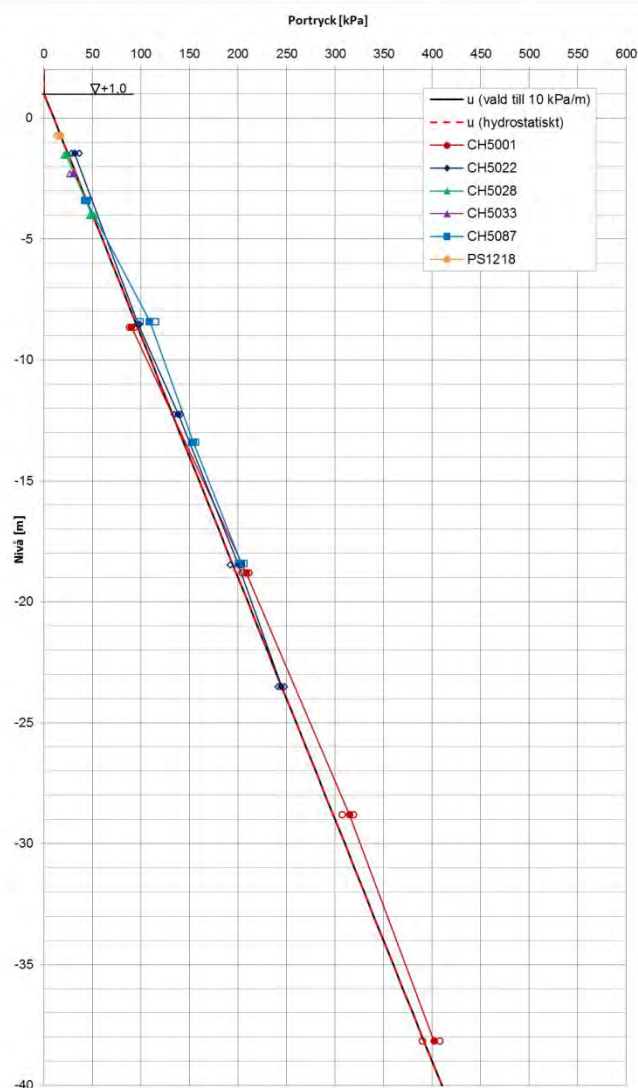
Leran är överkonsoliderad i den övre delen av lerprofilen med ca 30 kPa för att minska till ca 10 kPa på stora djup ($OCR=1,5-1,05$).

6.2.4 Geohydrologiska förhållanden

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordlagren under lerlagren.

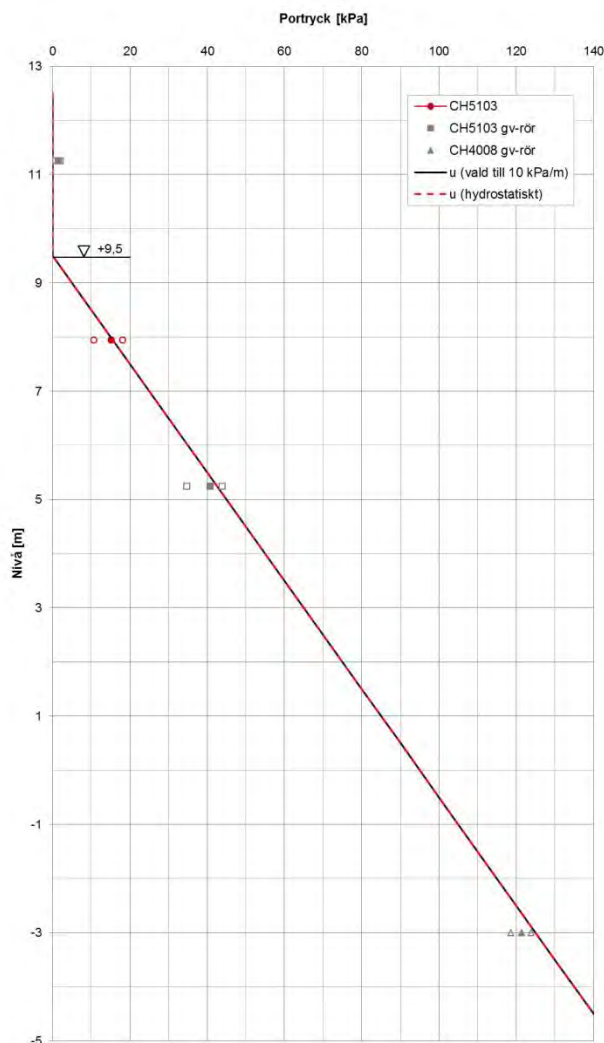
Packhusplatsens närhet till Göta älv och Stora Hamnkanalen medför att grundvattennivåerna i det övre magasinet styrs av vattennivåerna i älven. Detta innebär att grundvattennivån förväntas variera mellan nivåerna ca +0,5 till + 1,5.

Portrycksmätningar visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån ca +1,0 och en i princip hydrostatisk portrycksprofil, se Figur 18. Mätning på stora djup (väster om järnvägstunnelns sträckning) visar på något högre trycknivåer, vilket indikerar en tendens till övertryck (trycknivåer motsvarande en grundvattennivå på ca +1 till +3).



Figur 18 Uppmätta portrycksnivåer inom området för Packhusplatsen.

Grundvatten- och porttrycksmätningar inom området för Kungsgatan visar att grundvattennivån ligger ca + 9,5, se Figur 19.



Figur 19 Uppmätta porttrycksnivåer inom km 458+300 – 458+800 (Kungshöjd).

6.2.5 Sättningsförhållanden

Lerans spänningssituation inom området för Packhuskajen och Packhusplatsen innebär att det sedan lång tid tillbaka pågår sättningar i marken. Sättningarna är orsakade av tillskottsbelastningar på leran, dels från de omfattande utfyllnaderna som är utförda i området och dels från äldre byggnader som har grundlagts på korta kohesionspålar. Resultaten från tidigare sättningsuppföljningar och bälgsättningsmätare ger en samlad bild att de pågående sättningarna inom området. Sättningshastigheten i den östra delen av Packhusplatsen, i läget för järnvägstunneln, bedöms till 4 mm/år och sättningarna bedöms pågå ner till ca 20 m djup under markytan (motsvarar nivån -18). I takt med att jorddjupen minskar åt norr och söder så minskar även de pågående sättningar, se Figur

28 (55)

PM GEOTEKNIK
2014-11-10

GEOTEKNISK UTREDNING FÖR ÄNDRING AV DETALJPLANER FÖR JÄRNVÄGSTUNNELN
VÄSTLÄNKEN MELLAN GULLBERGSSVASS OCH ALMEDAL (0486/13)

20. Inom övriga delar av sträckan bedöms det inte pågå några sättningar på grund av små jordmäktigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.



Figur 20 Pågående marksättningar inom området för Packhusplatsen.

Inom området har sättningsuppföljning av byggnader och anläggningar pågått genom åren. Resultaten från sättningsmätningarna redovisas i separat PM F 05-020, daterad 2013-07-05, reviderad 2014-08-28. Nya mätpunkter/sättningsdubbar har även installerats i samband med projekteringen av järnvägstunneln. Sättningsuppföljning av nya och befintliga mätpunkter pågår och fortsätter under hela projektet.

6.2.6 Erosion

Generellt pågår ingen erosion inom utredningsområdet då samtliga delar i anslutning till vatten utgörs av kajkonstruktioner. Dykinspektionen som utförts utmed kajmurarna längs Stora Hamnkanalen visar att mindre urspolningar förekommer under rustbädden. Dessa urspolningar bedöms dock inte påverka stabiliteten eftersom rustbädden och den ovanpåliggande kajmuren vilar på pålar.

6.2.7 Stabilitetsförhållanden Linje Station Centralen – Station Haga

Den befintliga stabilitetssituationen längs Packhuskajen respektive Stora Hamnkanalen har kontrollerats och redovisas i Bilaga 4. Resultaten visar att stabiliteten för båda områdena är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden enligt IEG rapport 4:2010.

6.3 Linje Station Haga

6.3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från Kungshöjd i norr till utsiktsplatsen söder om Nedre Fogelbergsgatan.



Figur 21 Översikt området Station Haga (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

I norra delen av området finns Rosenlundskanalen/Vallgraven (väster om Rosenlundsbron heter kanalen Rosenlundskanalen). Vallgraven grävdes ur i samband med att staden

Göteborg bildades i början av 1600-talet. I samband med att befästningarna runt staden började rivas under första hälften av 1800-talet grävdes även Vallgraven om i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan. Omgrävningen utfördes i omgångar under 1800-talet och i huvudsak rätades Vallgraven ut väster om dagens Rosenlundsbro och döptes om till Rosenlundskanalen. Inom planområdet, i anslutning till Vallgraven och Rosenlundsbron, finns således såväl rester från det gamla befästningsverket som utfyllda områden där den ursprungliga Vallgraven var belägen.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 22 Historiska kartor som visar utreningsområdets utveckling och Vallgravens/Rosenlundskanalens omgrävningar under mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

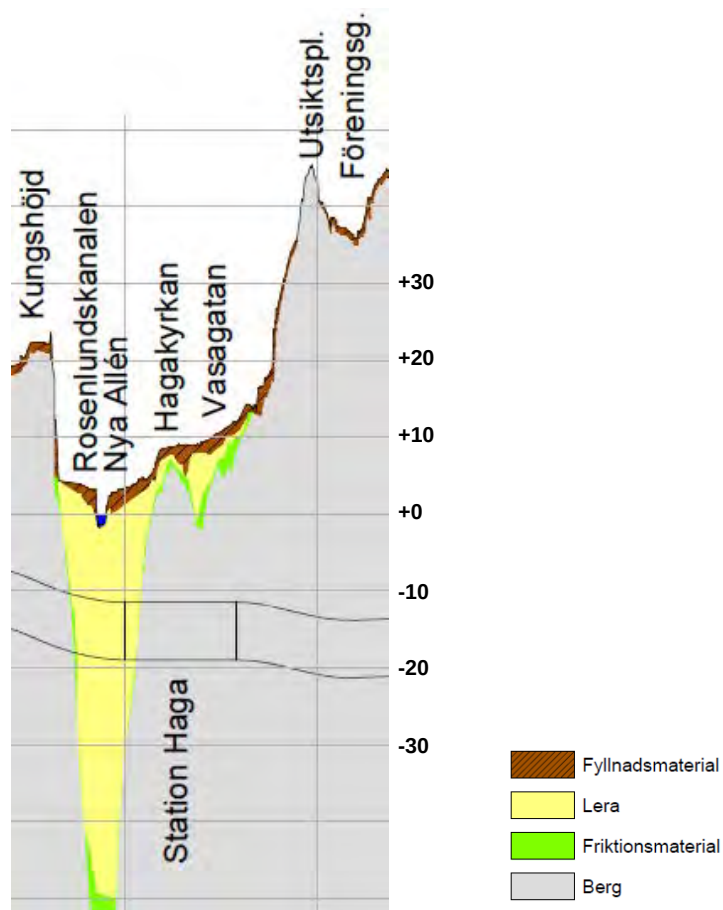
Berget stupar brant från nivån ca +12 uppe på Kungshöjd ner till nivån ca +4 vid Skattehuset (Inom Vallgraven 37:21). Därifrån sluttar markytan svagt i riktning mot Rosenlundskanalen/Vallgraven till nivån ca +2,5 vid kajlinjen. Vallgraven är ca 30 m bred och ca 3,5-4 m djup i förhållande till omgivande markyta. Södra kajkanten av Vallgraven ligger på nivån ca +1,5. Markytan stiger i riktning söderut upp mot Hagakyrkan där marknivån är ca +8. Söder om kyrkan stiger marken ytterligare upp till nivån ca +17 vid gränsen mot bergspartiet (Utsiktsplatsen). Markytan uppe vid Utsiktsplatsen ligger på nivån ca + 45.

6.3.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden varierar stort inom området, från mäktiga jordlager (ca 60 m) invid Vallgraven till mindre jordmäktigheter (<10 m) från Hagakyrkan och söderut.

Jordlagren utgörs generellt överst av *fyllning*. De naturligt avsatta jordlagren består av *lera* som vilar på *friktingsjord* ovan *berg*.

De relativt stora variationerna i jordmäktighet framgår tydligt i nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs Västlänkens sträckning genom området för Station Haga (Figur 23).



Figur 23 Översiktlig jordlager- och bergprofil över Station Haga.

Fyllning

Inom den norra delen av området varierar fyllningens mäktighet en hel del med anledning av att Vallgraven grävts om några gånger under årens lopp. Fyllnadsmäktigheterna varierar från att vara mycket liten inom vissa grönytor till närmare 6-7 m där Vallgravens tidigare lägen.

Inom parkområdet mellan Haga kyrka och Samhällsvetenskapliga biblioteket utgörs fyllnadsmaterialen främst av grus, sand och lera samt tegel- och trärester. Inom grönytorerna finns det överst ett tunt lager mulljord.

Längs Haga kyrkogata och Vasagatan utgörs fyllningen under de hårdgjorda ytorna av mestadels grus med inslag av tegel. Fyllningens mäktighet är generellt ca 1-2 m. Inne bland innergårdarna mellan Nedre Fogelbergsgatan och Haga Kyrkogata vilar fyllningen generellt direkt på berg.

Lera

Under fyllningen i den norra delen av området (området mellan Vallgraven och Parkgatan) följer en naturligt avsatt, lös till halvfast och svagt överkonsoliderad, lera. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en relativt homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Närmast Vallgraven är lerans mäktighet ca 40-50 m med de största mäktigheterna öster om Rosenlundsbrons landfäste. Lermäktigheterna avtar generellt mot söder för att strax norr om Haga kyrka ha en mäktighet på ca 2-4 m.

Inom de västra och norra delarna av parkområdet kring Haga kyrka vilar fyllningen generellt direkt på berg. Under fyllningen i de centrala delarna av parken följer en siltig sandig lera med förekommande skikt av silt och sand. Lerans mäktighet är ca 1-4 m. Vidare söderut, strax nordöst om Samhällsvetenskapliga biblioteket, är lermäktigheterna uppmot ca 4-7 m. Längs med Haga Kyrkogata är lermäktigheterna generellt ca 3-4 m. Längs Vasagatan är lermäktigheterna ca 1-10 m, där de större mäktigheterna återfinns i västra delen.

Friktionsjord

Under leran följer ett lager friktionsjord där mäktigheten generellt är ca 0,5-2,0 m. Närmast invid Vallgraven ökar dock den underliggande friktionsjordens mäktighet från ca 0,5-1,0 m i väster till upp emot ca 8-14 m öster om Rosenlundsbrons landfäste. Friktionsjordens mäktighet är ca 0-2 m längs med Vasagatan. Friktionsjorden utgörs i huvudsak av fast lagrad sand och grus.

Berg

Berget är plansprängt under Skattehuset vid Rosenlundsplatsen. Bergnivåerna ligger på ca +2 till +4 m vid Rosenlundsplatsen och sluttar därefter i sydvästlig riktning ner mot Vallgraven. Bergnivåerna närmast Vallgraven är ca -45 till -60. Berget grundar upp mot söder och strax norr om Haga kyrka ligger bergytan på nivåer kring ca -2 till +4.

Enligt historiska uppgifter fanns det tidigare en bergtäkt i området där Hagaparken ligger idag. Bergnivåerna varierar inom parkområdet mellan ca +4 till +8 inom de västra och norra delarna och mellan ca +0 till +4 i området kring Samhällsvetenskapliga biblioteket.

Bergnivån stiger generellt från nivån ca +6 vid Vasagatan till nivån ca +20 vid den södra änden av Nedre Fågelbergsgatan. Bergnivåer på uppemot +40 återfinns inom park- och bergsområdet som är beläget på höjden söder om Nedre Fogelbergsgatan.

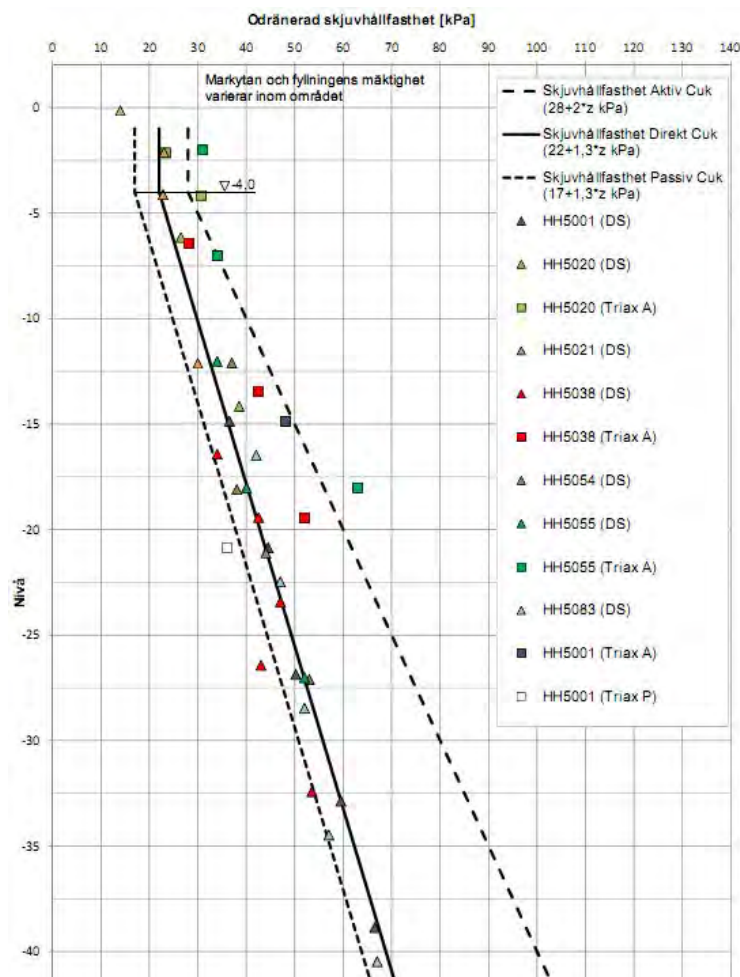
6.4 Geotekniska parametrar

Sammanställningar av bestämda geotekniska parametrar redovisas i Bilaga 1.

Lera, norra delen - mellan Vallgraven och Haga kyrka

Lerans densitet är ca $1,6 \text{ t/m}^3$ ner till nivån -21, därunder ökar densiteten mot djupet för att vara ca $1,9 \text{ t/m}^3$ på stora djup. Lerans vattenkvot är ca 70 % ner till nivån -18 och minskar därunder till ca 40 % vid nivån -37. Lera är mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan ca 3-30.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet (c_{uk}) är konstant 22 kPa ner till nivån -4 och därunder ökar skjuvhållfastheten med $1,3 \text{ kPa/m}$ (Figur 24).



Figur 24 Skjuvhållfasthetsdiagram, (norra delen av planområdet mellan Vallgraven och Haga kyrka)

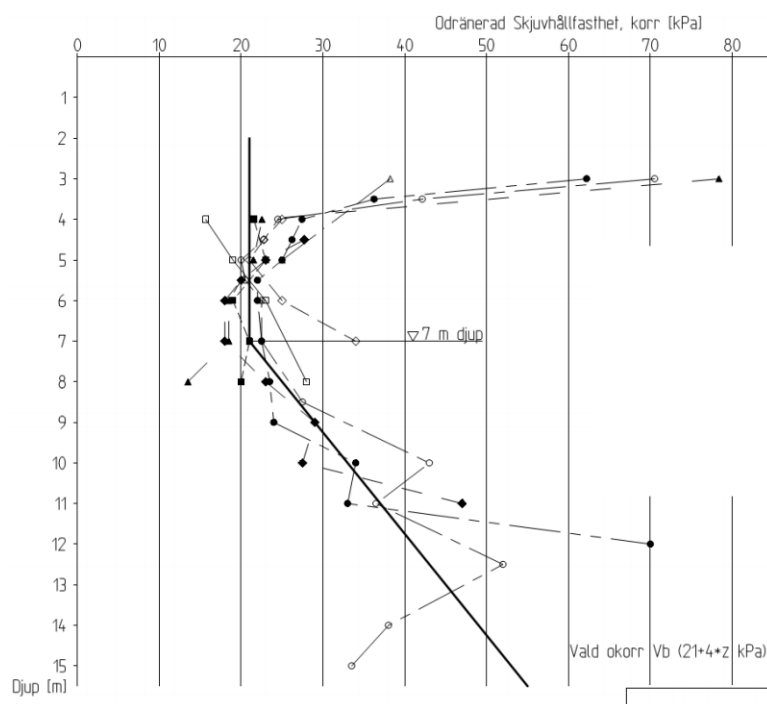
Leran inom den norra delen av planområdet är överkonsoliderad med ca 40 kPa (OCR=1,5–1,1).

Lera, södra delen - från parkområdet Haga kyrka och söderut

Under fyllningen är lerans densitet ca $1,75 \text{ t/m}^3$, därunder ökar densiteten mot djupet för att vara ca $1,9 \text{ t/m}^3$ vid ca 8 m djup.

Vattenkvoten är ca 30% ner till 4 meters djup där den ökar till ca 55% för att sedan minska igen till ca 30% vid djupet 8 meter under markytan. Lera är mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan ca 10-20.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet (c_{uk}) är konstant 21 kPa ner till djupet 7 m och därunder ökar skjuvhållfastheten med ca 4 kPa/m (Figur 25).



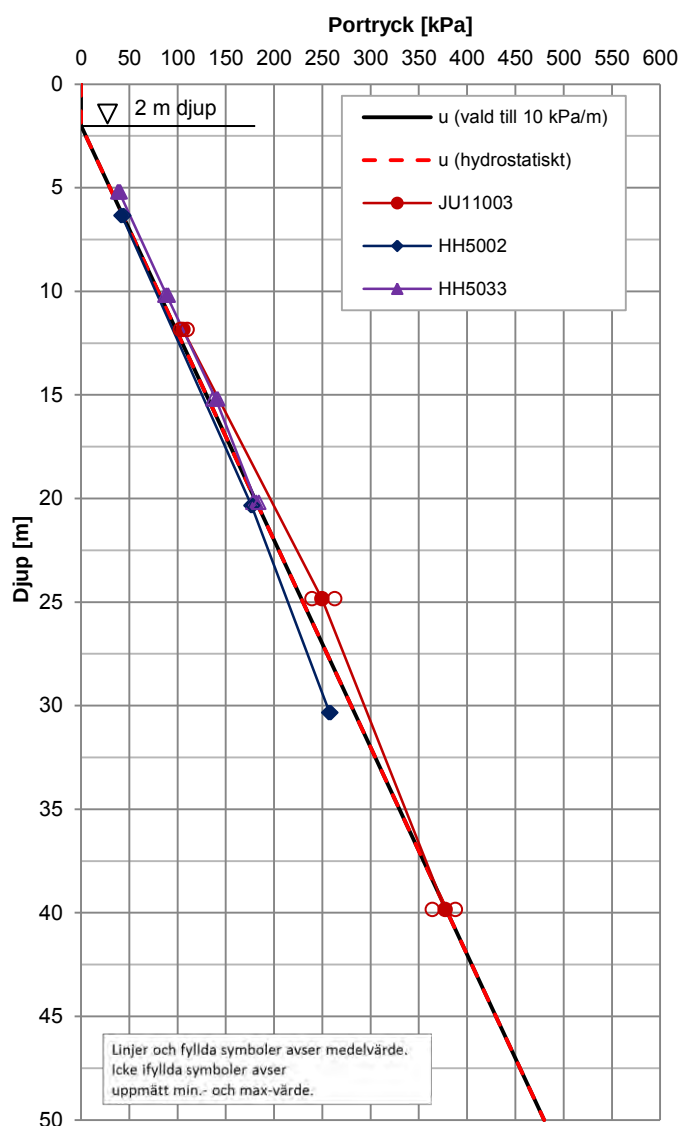
Figur 25 Skjuvhållfasthetsdiagram, (södra delen, parkområdet Haga kyrka och söderut)

Lera är överkonsoliderad med ca 40-75 kPa (OCR=1,5–2,5) ner till ca 6 meter djup. Därunder är lera överkonsoliderad med ca 35-40 kPa (OCR=1,2–1,6).

6.5 Geohydrologiska förhållanden

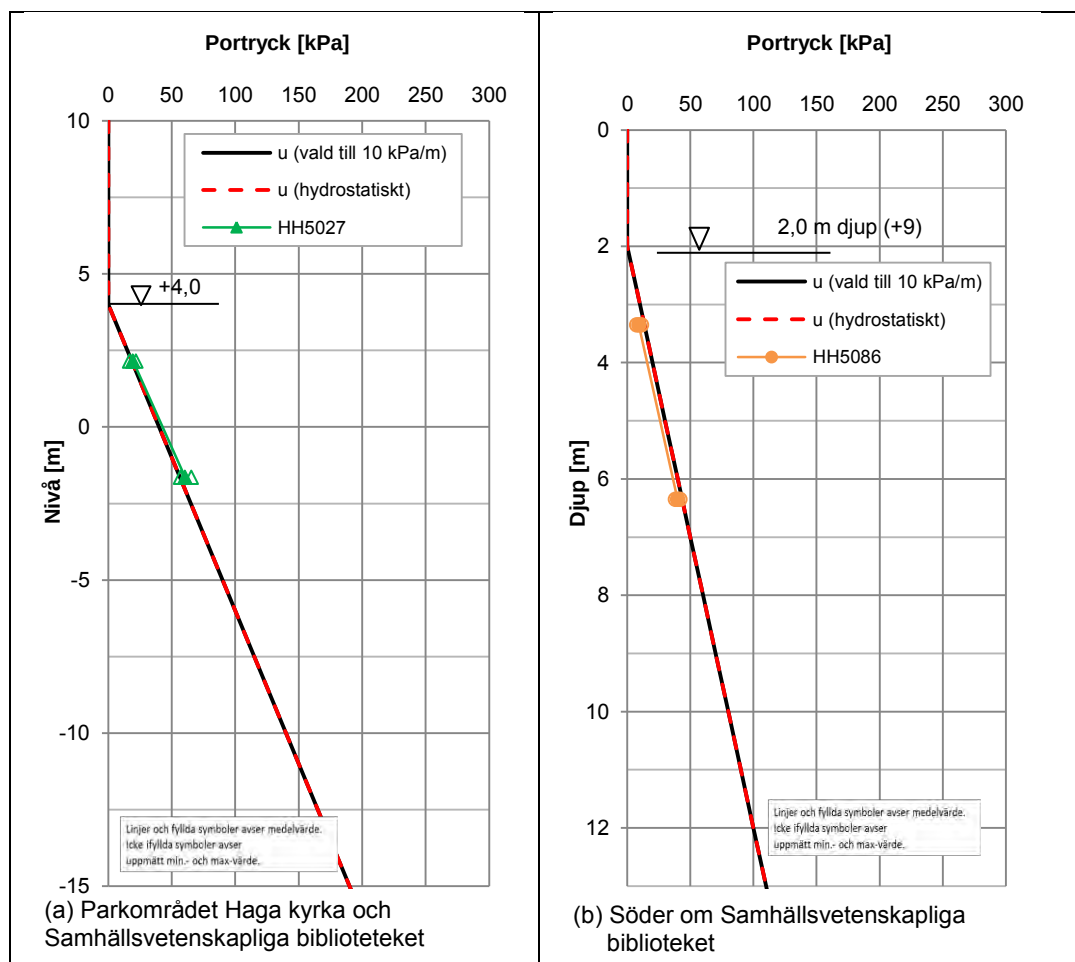
Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnads-material, och dels i friktionsjordslagren under lerlagren.

Grundvattennivån i det övre magasinet, i området närmast Rosenlundskanalen, styrs av nivåerna i kanalen och Göta älv. Porttrycksmätningar visar att porttrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta på ca 2 m djup under markytan (motsvarar nivå ca +1,0 i området kring Rosenlundskanalen och +3,0 vid Parkgatan med en i princip hydrostatisk porttrycksprofil (Figur 26).



Figur 26 Uppmätta porttrycksnivåer inom norra delen (mellan Vallgraven och Haga Kyrka).

Inom parkområdet visar portrycksmätningar att portrycksnivån motsvarar en grundvattenyta som ligger på nivån +4 till +5. Potrycksmätningar söder om Samhällsvetenskapliga biblioteket visar att portrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta på 2 m djup (motsvarar nivå +9). Portrycksprofilen i leran har en hydrostatisk ökning mot djupet, se Figur 27.



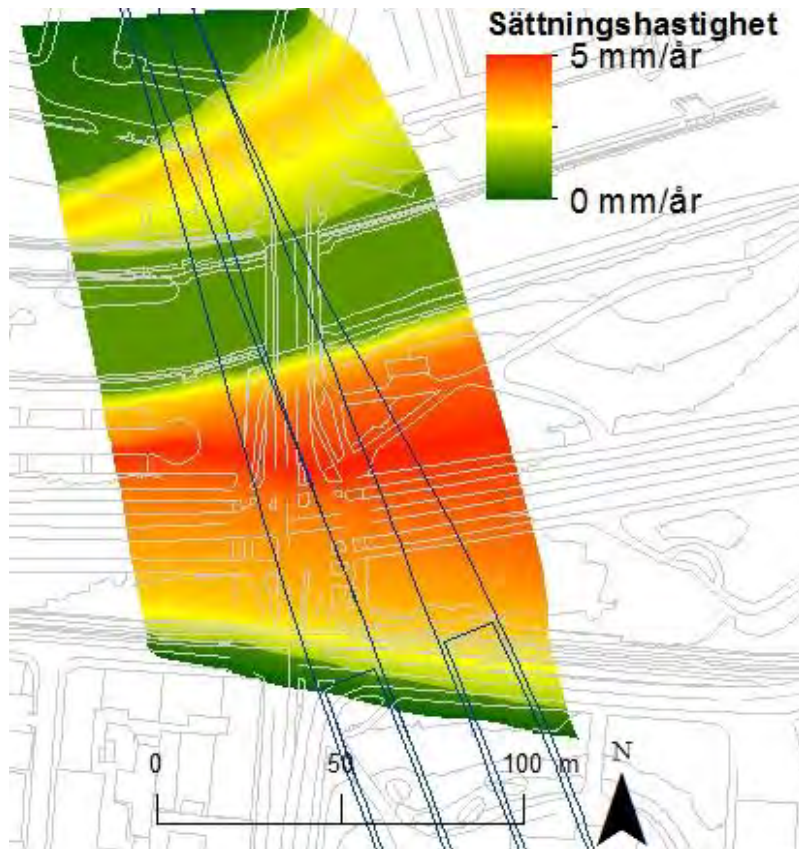
Figur 27 Uppmätta portrycksnivåer inom:
(a) Parkområdet mellan Haga Kyrka och Samhällsvetenskapliga biblioteket
(b) Söder om Samhällsvetenskapliga biblioteket

6.5.1 Sättningsförhållanden

Lerans spänningssituation i området kring Rosenlundskanalen/Vallgraven innebär att det sedan lång tid tillbaka pågår sättningar i marken. Sättningarna är orsakade av tillskottsbelastningar på leran, dels från de omfattande utfyllnaderna som är utförda i området och dels av grundvatten- och portrycksförändringar i leran.

Utförda sättningsmätningar på södra sidan om Vallgraven visar att sättningar pågår med en sättningshastighet motsvarande ca 5-6 mm/år. Sättningarna bedöms pågå genom i

princip helar lerprofilen. Sättningsarnas storlek avtar i riktning söderut, i takt med att lermäktigheterna minskar (Figur 28).



Figur 28 Pgående sättningar i mark inom området mellan Vallgraven och Haga kyrka.

Från området strax norr om Haga kyrka och söderut bedöms det inte pågå några sättningar på grund av små jordmäktigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

Inom området har sättningsuppföljning av byggnader och anläggningar pågått genom åren. Resultaten från sättningsmätningarna redovisas i separat PM F 05-020, daterad 2013-07-05, reviderad 2014-08-28. Nya mätpunkter/sättningsdubbar har även installerats i samband med projekteringen av järnvägstunneln. Sättningsuppföljning av nya och befintliga mätpunkter pågår och fortsätter under hela projektet.

6.5.2 Erosion

Generellt pågår ingen erosion inom delområdet då de delar som angränsar till vatten inom området utgörs av kajkonstruktioner. Slänten på södra sidan av Vallgraven öster om Rosenlundsbron är längs vattenlinjen skyddad med erosionsskydd i form av utlagd sten. Erfarenhetsmässigt förekommer viss underspolning av kajkonstruktionerna längs kanalerna inom centrala Göteborg. Dessa urspolningar är vanligtvis inte omfattande och bedöms inte påverka stabiliteten eftersom rustbädden och den ovanpåliggande kajmuren vilar på pålar.

6.5.3 Stabilitetsförhållanden

Stabiliteten har analyserats längs Rosenlundskanalen och redovisas i Bilaga 5. Analyserna visar att stabiliteten längs Rosenlundskanalen, där Västlänken passerar, är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden (IEG Rapport 4:2010).

6.6 Linje Station Haga – Station Korsvägen

6.6.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från Föreningsgatan/Övre Fogelbergsgatan i väster till Viktor Rydbergsgatan i öster.



Figur 29 Översikt området Station Haga – Station Korsvägen (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

Marken är kuperad och karakteriseras av höjdparter med berg- och fastmarksområden med inslag av mindre svackor och dalgångar. Markytan ligger som lägst på nivån ca +30 i området kring Viktor Rydbergsgatan i öster och ca +35 vid Kapellplatsen/Aschebergsgatan i de centrala delarna av sträckan. I området kring Föreningsgatan i väster ligger markytan på nivåerna ca +35 till +40. Markytan ligger som högst på nivån ca +50 vid Fjäderborgen (sporthall) strax öster om S Viktoriagatan.

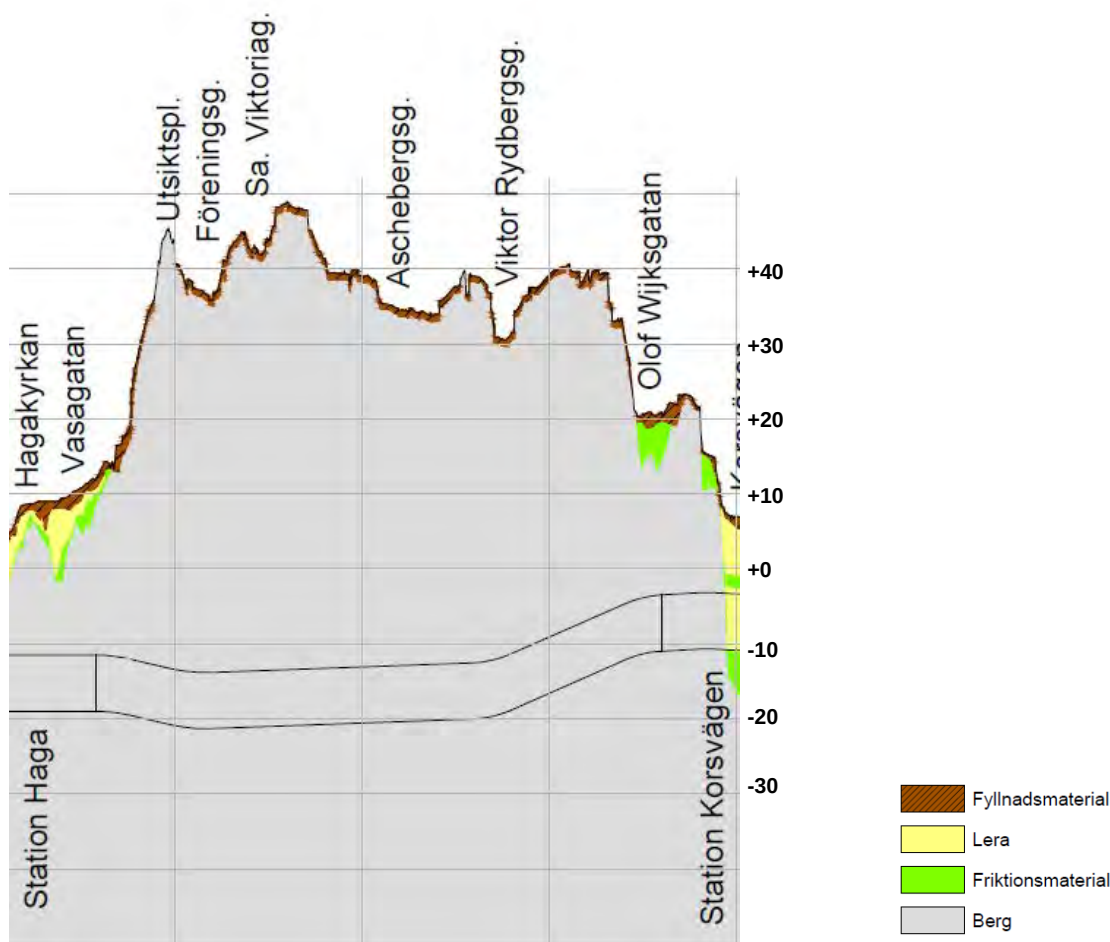
6.6.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagren utgörs generellt av fyllning bestående av överbyggnadsmaterial, sand, grus och tegelrester. Fyllningen vilar vanligtvis direkt på berg och har en mäktighet på ca 1-3 m. Den största jordlagermäktigheten (ca 7 m) påträffas i den norra delen av Kapellplatsen. Under fyllningen följer här ett lager siltig lera som vilar på ett tunt lager friktionsjord innan berget tar vid.

Berg i dagen förekommer längs med hela delsträckan. Bergnivåerna är som lägst ca +30 vid Viktor Rydbergsgatan och +35 vid Kapellplatsen. Högsta bergnivån är ca +50 vid

Fjärderborgen (sporthall) strax öster om S Viktoriagatan. Vid Föreningsgatan i väster är bergnivån ca +35 till +45.

Figur 30 nedan visar en översiktlig jord- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning mellan Station Haga och Station Korsvägen.



Figur 30 Översiktlig profil för linje Station Haga – Station Korsvägen.

6.6.3 Sättnings- och stabilitetsförhållanden Linje Station Haga – Station Korsvägen

Det bedöms inte pågå några sättningar i området mellan Station Haga och Station Korsvägen på grund av små jordmättigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

De begränsade jorrdjupen och fastmarkspartierna medför att stabiliteten är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden (IEG Rapport 4:2010).

6.7 Linje Station Korsvägen

6.7.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från Viktor Rydbergsgatan i väster till Lisebergsteatern i öster.

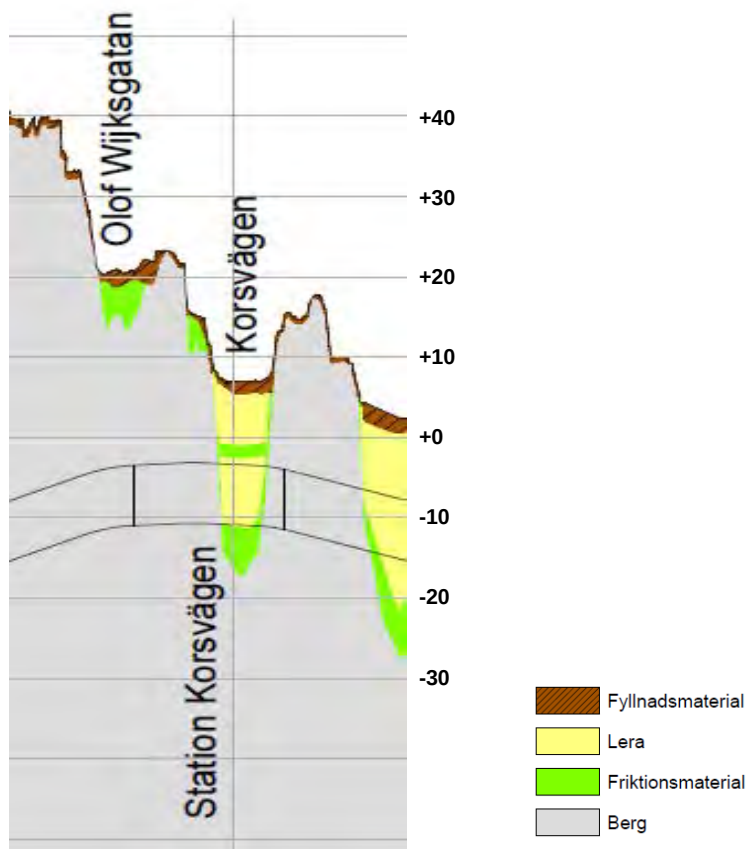


Figur 31 Översikt delområde Station Korsvägen (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

Området utgörs mestadels av hårdgjorda ytor och parkområden. Marken kring Korsvägen och Skånegatan ligger på nivån ca +7. Mot väster stiger markytan till nivån ca +22 till +25 kring Näckrosdammen och ca +42 vid Viktor Rydbergsgatan. Mot öster stiger markytan till nivån ca +26 i området mellan Universeum och Lisebergsteatern.

6.7.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden varierar stort inom området, vilket framgår tydligt i nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs Västlänkens sträckning genom området för Station Korsvägen Figur 32.



Figur 32 Översiktlig profil av området Station Korsvägen.

Fyllning

I området mellan Viktor Rydbergsgatan och Johannebergs landeri är fyllningens mäktighet ca 0,5–2 m. Fyllnadsmaterialet utgörs generellt av mulljord, grus, sand, silt och lera samt tegelrester.

Inom de hårdgjorda ytorna kring Södra vägen är fyllningens mäktighet ca 1,5–2,5 m. Inom den översta metern utgörs fyllnadsmaterialet generellt av väg- och spårfyllnadsmaterial men även finkornigare jord som sand, silt, lera och organisk jord kan förekomma ytligt.

Lisebergsområdet öster om Korsvägen/Södra vägen utgörs av tunt jordtäckte (framförallt fyllning) på berg alternativt berg i dagen. Fyllnadslagren utgörs av grus, sten, sand och lera med mäktigheter upp till ca 3 m. Även rivningsrester förekommer i fyllnadslagren.

Lera

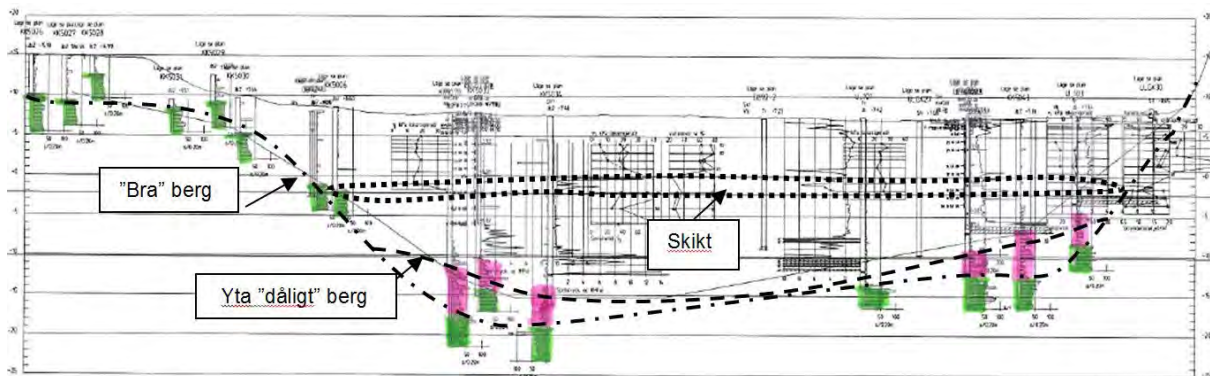
I området mellan fastmarkspartierna utgörs de naturligt avsatta jordlagren, under fyllningen, av lera vars mäktighet är ca 15-20 m med avtagande djup mot bergen som omgärdar området. I leran förekommer tydliga skikt som delar lerprofilen i två delar. Skikten (två tydliga skikt kan noteras resultat av utförda borrhningar) består av silt, sand, sten och även block. Dessa skikt ligger, relativt horisontellt och går genom området, mellan nivåerna ca ± 0 till -4. Det översta skiktet är ca 0,5 m mäktigt och ligger ungefär på nivån ± 0 och det andra skiktet är ca 1-2 m mäktigt och ligger på nivån -2 till -4. Skikten är mycket fasta och problem att slå pålar igenom dessa skikt har noterats i samband med grundläggningsarbeten i av byggnader i området.

Leran har olika egenskaper över respektive under dessa skikt där leran är klart lösare över skiktet än under. Leran är svagt överkonsoliderad och lös men blir fastare mot djupet. Under skiktet är leran siltig, med ett siltinnehåll som är ca 50 %.

Friktingsjord

Vid Näckrosdammen underlagras generellt fyllningen av en siltig sand med inslag av lerskikt. Jordmäktigheten är överlag ca 0-7 inom delområdet. Vid den sydvästra delen av Näckrosdammen har dock jordmäktigheter uppemot 12 m påträffats. Det skiktade friktionsmaterialet vilar på berg.

Under leran inom området för Södra vägen följer ett lager hårt packad morän/friktingsjord. Utförda undersökningar visar att det lokalt är svårt att med traditionella metoder entydigt bestämma exakt var gränsen går mellan vad som är hårt packad morän/friktingsjord och "dåligt" berg. I nedanstående längdsektion redovisas ett exempel på hur problemtiken ser ut sett från väster till öster. I längdsektionen redovisas dels en bedömd tänkbar överyta "dåligt" berg samt en linje som markerar nivån för "bra" berg. Gränsen däremellan utgör således en zon som kan vara antingen dåligt berg eller fast friktionsjord/block.



Figur 33 Översiktlig jordprofil av området Station Korsvägen.

Berg

Bergnivån är som lägst ca +11 i den sydvästra delen av näckrosdammen och som högst ca +42 vid Viktor Rydbergsgatan. Berg i dagen förekommer i området kring Viktor Rydbergsgatan, i slänten mellan Skyttegatan och artisen, östra sidan av

Näckrosdammen, i slänterna ned mot Korsvägen i höjd med Johannebergs landeri och Universitetsbiblioteket.

Bergnivåerna är generellt som lägst, ca -14 till -20, vid Södra Vägen där berget sluttar svagt norrut i riktning mot Korsvägens spårvagnshållplatser. Österut stiger bergnivåerna till ca -2 till -6 vid dammen utanför Universeum till som högst ca +26 mellan Universeum och Lisebergsteatern. Bergytan bedöms inte vara plan utan snarare sågformad och kantig.

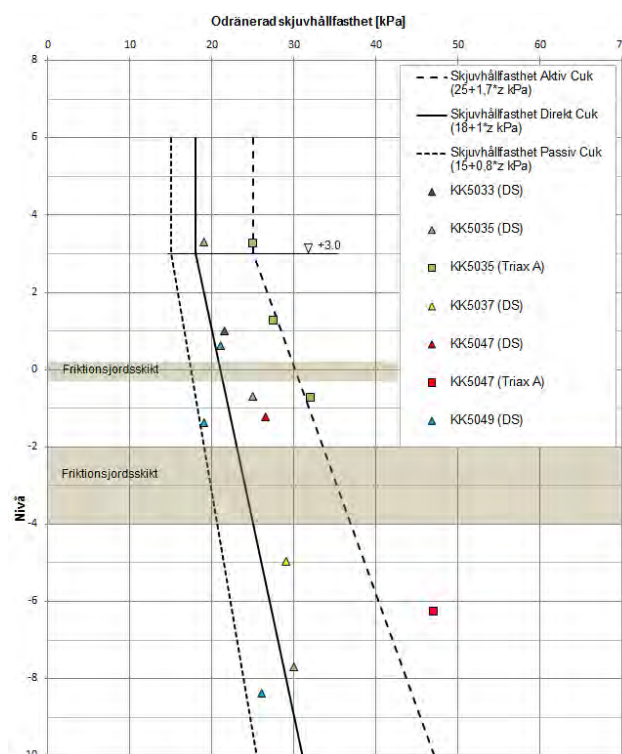
Vid Korsvägen finns sannolikt en depression i bergytan som är en del av en förkastningszon som stryker i nord-sydlig riktning i dalgången. På ömse sidor om Korsvägen är berget mer intakt.

6.8 Geotekniska parametrar

Sammanställningar av bestämda geotekniska parametrar redovisas i Bilaga 1.

Lerans densitet är ca $1,6 \text{ t/m}^3$ ner till sandlagret vid nivån -2. Under sandlagret ökar densiteten till $1,95 \text{ t/m}^3$. Lerans vattenkvot är ca 75 % ner till sandlagret vid nivån -2. Under sandlagret minskar vattenkvoten till ca 30 %. Leran är mellan- till högsensitiv med en sensitivitet som varierar mellan 10-40.

Den odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) konstant 18 kPa ner till nivån +3 och därunder är hållfasthetstillväxten $1,0 \text{ kPa/m}$, se Figur 34.

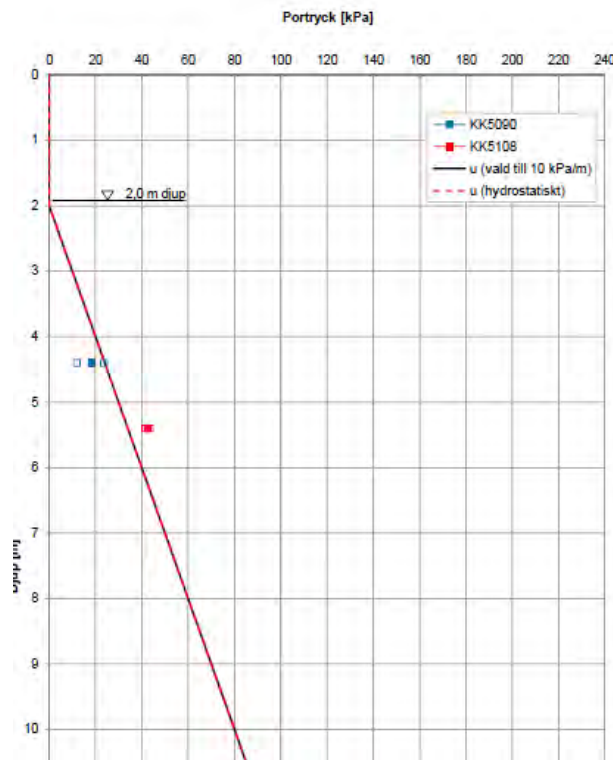


Figur 34 Skjuvhållfasthetsdiagram för området Station Korsvägen.

Leran inom Station Korsvägen är överkonsoliderad med ca 20 kPa ($OCR=1,3-1,1$).

6.8.1 Geohydrologiska förhållanden

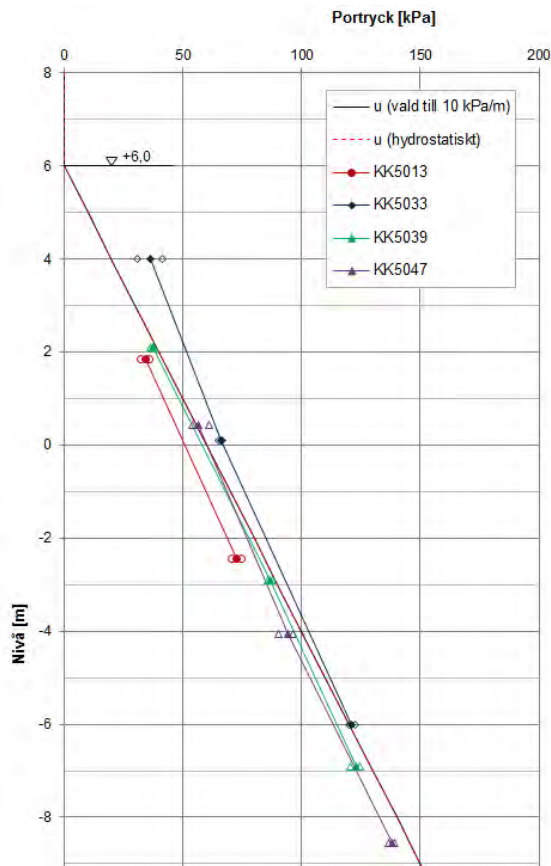
Portrycksmätningar i området vid Näckrosdammen visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta som ligger på ca 2 m djup med en hydrostatisk portrycksprofil, se Figur 35.



Figur 35 Uppmätta portrycksnivåer inom den västra delen av området (Näckrosdammen).

Portrycksmätningar inom området för Södra vägen visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån +5 till +8. Portrycksmätningar visar på en i princip hydrostatisk portrycksprofil. Karakteristiskt portryck har valts till en trycknivå som motsvarar en grundvattenyta på +6,0 med hydrostatisk portrycksprofil, se Figur 36.

Portrycksmätningar som är utförda i samband med provpumpning i den underliggande friktionsjorden visar på en tydlig trycksänkning i nedre delen av lerprofilen, närmast underliggande friktionsjord (det undre magasinet). Mätningarna visar vidare att efter provpumpningen har portrycken återhämtat sig och visar på normala värden.



Figur 36 Uppmätta portrycksnivåer inom km 460+900 – 461+100 (Korsvägen).

6.8.2 Sättningsförhållanden

Lerans spänningssituation inom området innebär att det pågår sättningar i marken. Sättningarna är orsakade av belastningar på leran, från utfyllnader, äldre bebyggelse som grundlagts på korta kohesionspålar samt grundvatten- och portrycksförändringar i leran. Inom området kring Näckrosdammen och i anslutning till Liseberget bedöms det inte pågå några sättningar på grund av små jordmättigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

Sättningsuppföljning mellan år 1999 och 2012 av brunnar i Södra vägen visar att sättningshastigheten efter år 2007 är ca 1-2 mm/år mitt för Världskulturmuseet och 0-1 mm/år längre söderut mot Chalmerstunnelns bergpåslag. Sättningsuppföljningarna visar vidare på en tillfälligt ökad sättningshastighet i samband med byggande i området (ex. Chalmerstunneln och Världskulturmuseet) och att sättningshastigheten sedan har återgått till den sättningshastighet som gällde före byggandet. Sättningarna är sannolikt orsakade av tillskottsbelastningar på leran, dels från lasten från utfyllnader i området och dels av grundvatten- och portrycksförändringar i leran.

6.8.3 Stabilitetsförhållanden

Den plana markytan inom Korsvägen och de begränsade jorrdjupen och fastmarkspartierna i slänterna på ömse sidor medför att stabiliteten är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden (IEG Rapport 4:2010).

6.9 Linje Station Korsvägen - Almedal

6.9.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från den norra delen av Lisebergs nöjespark österut för att vidare korsa Mölndalsån för att sedan vika av söderut längs E6/E20 och Örgryte till Kallebäcksmotet i söder.



Figur 37 Översikt området mellan Liseberg och Almedal (områdesgräns, koncept 2014-11-10).

Liseberget sluttar i östlig riktning ned mot gångstråket direkt väster om Lisebergshallen. Markytan sluttar från nivån ca +4 vid Lisebergs entré till ca +2 vid Mölndalsån för att återigen stiga till nivån ca +4 strax väster om E6/E20. Inom norra delen av området ligger E6/E20 på nivån ca +9 och i södra delen på nivån +11, där av- och påfart för väg 40 ligger något högre. Inom området öster om E6/E20 varierar marknivåerna. Inom de bebyggda delarna öster om E6/E20 varierar markytan mellan +10 i den nordöstra delen

till +35 i den sydvästra delen. Berget söder om bebyggelsen ligger på nivåer kring ca +40 och sluttar ned mot E6/E20 samt avfarten för väg 40.

Mölnålsån är inom området ca 8-12 m bred och ca 2 m djup i relation till omgivande markyta.

Området var länge en del av landsbygden utanför staden Göteborg och det var inte förrän på slutet av 1800-talet och tidigt 1900-tal som bebyggelsen påbörjades. Stora delar av det, som idag är nöjesparken Liseberg, utgjordes ursprungligen av ängs- och åkermark. Figur 38 visar utvecklingen inom området mellan sent 1700-tal till tidigt 1900-tal. Den första delen av nöjesparken Liseberg anlades under 1910-talet och öppnades första gången till Göteborgs jubileumsutställning 1923.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



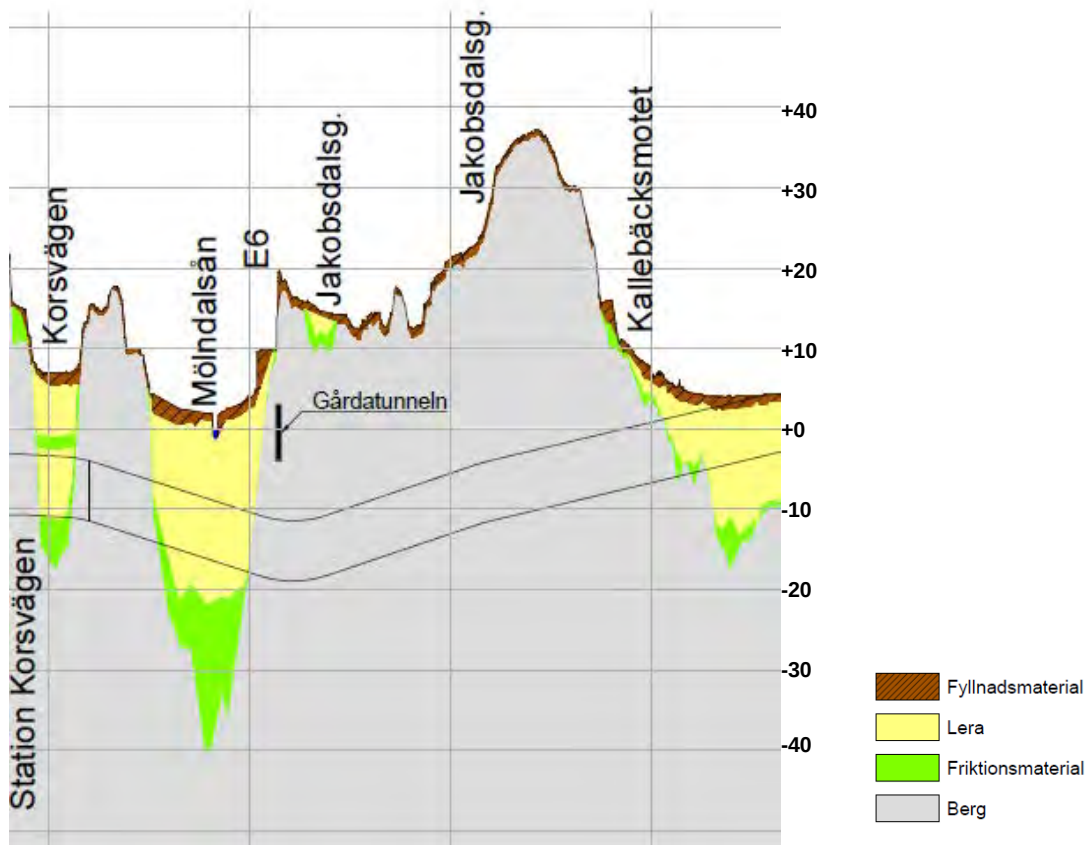
Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 38 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

6.9.2 Jordlagerbeskrivning



Figur 39 Översiktlig jordlager- och bergprofil för sträckan Linje Korsvägen – Almedal.

Fyllning

Jordlagren inom området för Möndalsåns dalgång utgörs generellt överst av ca 2 m fyllning. Lokala avvikelser förekommer exempelvis vid anslutningen mellan av- och påfartsrampen från E6:an och Örgrytevägen där fyllnadsmäktigheten uppgår till 3-4 m. I anslutning till bergspartierna vilar fyllnadsmaterialet direkt på berg.

Längs E6/E20 mellan Örgrytemotet och Kallebäcksmotet utgörs den övre delen av jordprofilen av fyllning vars mäktighet generellt varierar mellan 2-4 m. Större mäktigheter förekommer i anslutning till avfartsramperna vid Kallebäcksmotet.

Lera

I området mellan fastmarkspartierna utgörs jorden i huvudsak av lera. Lerans mäktighet är som störst i läget för Lisebergshallen där den är ca 20-25 m. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Leran kan generellt betecknas som mellansensitiv. Högsensitiv lera förekommer dock vid nivåer under -8.

Lerans mäktighet är ca 10 m längs Kallebäcksmotets västra del för att vidare minska i östlig riktning mot berget. Inom de bebyggda delarna av delområdet har de största lermäktigheterna, ca 9 m, påträffats vid Laboratoriegatan där mäktigheten sedan minskar västerut och ökar österut.

I söder, vid Kallebäcksmotet, underlagras överbyggnaden av ca 0,5-2m lera.

Friktionsjord

Under leran följer ett lager fast friktionsjord där mäktigheten är som störst närmast Mölndalsån med mäktigheter mellan ca 16-18 m. Väster om Mölndalsån mellan Rondo och Lisebergshallen är mäktigheten ca 7-9 m och strax väster om Lisebergshallen är mäktigheten ca 1-2 m. Öster om Mölndalsån i höjd med Lisebergsgaragen är mäktigheten ca 1-8 m med en avtagande mäktighet mot öster.

Under leran följer generellt ett tunt lager fast friktionsjord som i sin tur vilar på berg.

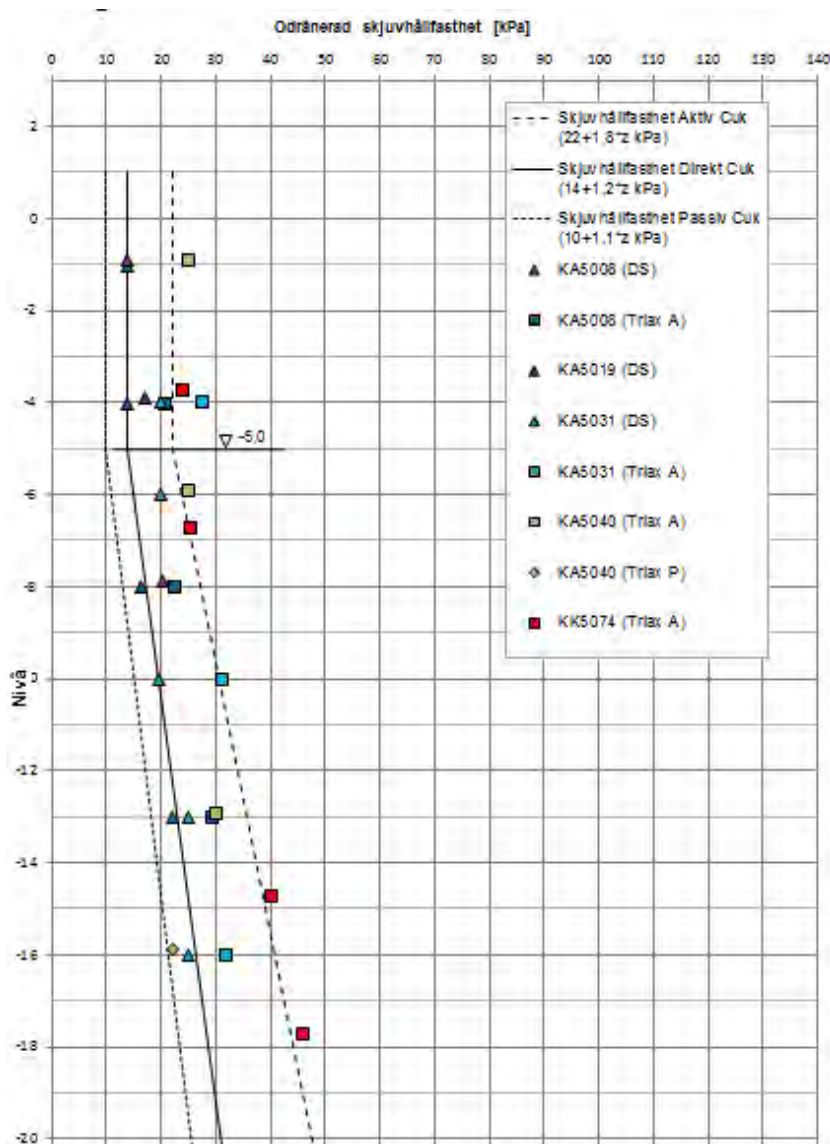
Berg

Berg i dagen förekommer i den västra delen av Lisebergsområdet och öster om E6/E20. Vid gångstråket, direkt väster om Lisebergshallen, sluttar berget brant i östlig riktning. Vid korsningen av E6/E20 ligger bergnivån på ca -6. Bergnivåerna vid Laboratoriegatan ligger på ca 0 till +8 och söder om bebyggelsen ligger den högsta bergnivån på ca +42. Längst i söder vid Kallebäcksmotet ligger bergnivåerna kring ca +0 till +4.

6.9.3 Geotekniska parametrar

Lerans densitet inom Mölndalsåns dalgång varierar mellan $1,5 \text{ t/m}^3$ ner till nivån -14 för att sedan öka till ca $2,0 \text{ t/m}^3$ vid nivån -19, därunder är densiteten konstant. Lerans vattenkvot är ca 90 % ner till nivån -16 för att därunder vara konstant ca 40 %. De högsta värdena på lerans vattenkvot påträffas i området kring Mölndalsån. Leran är generellt mellan- till högsensitiv med en sensitivitet som normalt varierar mellan ca 8-40. I området kring Mölndalsån förekommer dock högsensitiv lera (kvicklera) under nivån -12.

Den valda odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) är konstant 14 kPa ner till nivån -5 och därunder är hållfasthetstillväxten 1,2 kPa/m, se Figur 40.



Figur 40 Skjuvhållfasthetsdiagram för Mölndalsåns dalgång

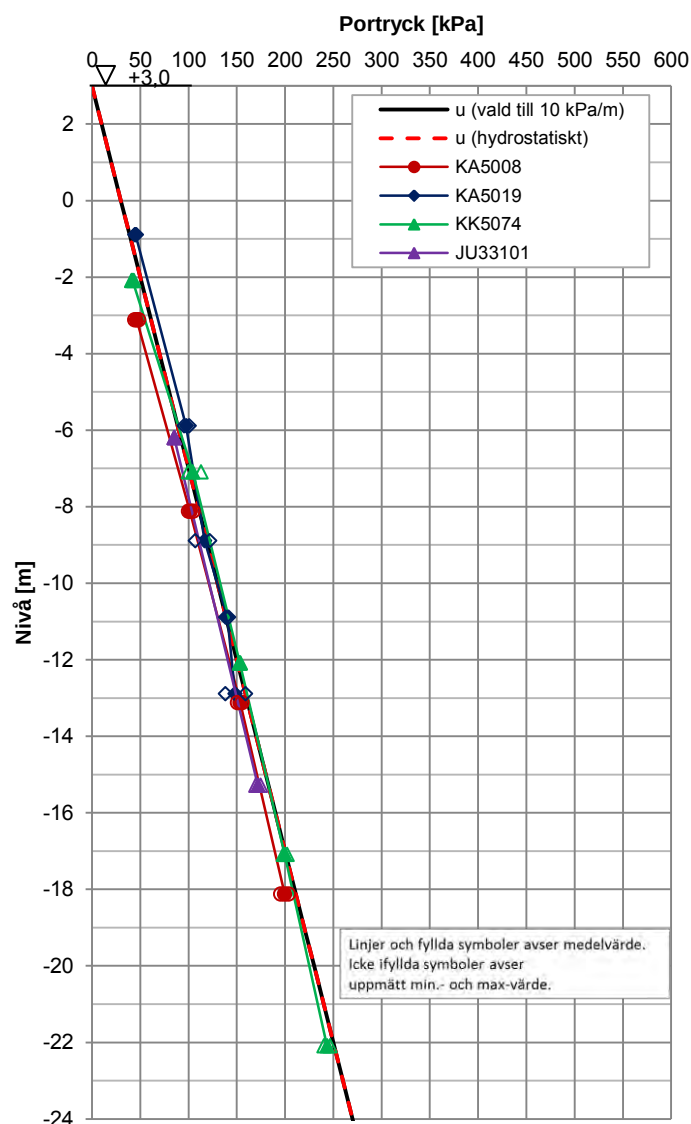
Leran inom Station Korsvägen är från nivån -5 överkonsoliderad med ca 15 kPa ($OCR=1,3-1,1$). Överkonsolideringen är något högre för de övre delarna av lerprofilen där den går från att vara 40 kPa i markytan till 15 kPa på nivån -5.

6.9.4 Geohydrologiska förhållanden

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordslagren under lerlagren. Nu utförda och tidigare utförda porttrycksmätningar visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån +1,5 till +4 vid Korsvägen. Porttrycksmätningar visar på en i princip hydrostatisk

portrycksprofil, varpå en karakteristisk portrycksprofil med grundvattenyta på +3,0 m och hydrostatisk portrycksprofil har valts, se Figur 41.

Portrycksmätningar som är utförda i samband med provpumpning i den underliggande friktionsjorden visar på en tydlig trycksänkning i nedre delen av lerprofilen, närmast underliggande friktionsjord (det undre magasinet). Mätningarna visar vidare att efter provpumpningen har portrycken återhämtat sig och visar på normala värden.



Figur 41 Uppmätta portrycksnivåer inom området för Mölndalsåns dalgång

6.9.5 Sättningsförhållanden

Lerans spänningssituation inom området kring Mölndalsån innebär att det pågår sättningar i marken. Sättningarna som pågår är i huvudsak orsakade av dels lasttillskott från äldre utfyllnader i området, dels från grundvatten- och porttrycksförändringar på grund av förändrade dräneringsförhållanden och dels från last av äldre byggnader som har grundlagts på korta kohesionspålar. Sättningshastigheten bedöms till 5 mm/år och bedöms pågå till ca 10 m djup.

Inom området för Liseberget och Örgryte bedöms det inte pågå några marksättningar på grund av små jordmättigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

Inom området har sättningsuppföljning av byggnader och anläggningar pågått genom åren. Resultaten från sättningsmätningarna redovisas i separat PM F 05-020, daterad 2013-07-05, reviderad 2014-08-28. Nya mätpunkter/sättningsdubbar har även installerats i samband med projekteringen av järnvägstunneln. Sättningsuppföljning av nya och befintliga mätpunkter pågår och fortsätter under hela projektet.

6.9.6 Stabilitetsförhållanden

Den befintliga stabilitetssituationen för slänterna mot Mölndalsån har kontrollerats och redovisas i Bilaga 6. Resultaten visar att stabiliteten är tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden enligt IEG rapport 4:2010. Av- och påfartsramperna till E6 är grundförstärkta och pålgrundlagda vilket är positivt för stabiliteten i området. I södra delen av området (Almedal) som berörs av ändring av detaljer är stabiliteten för befintliga förhållanden tillfredställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå.

7 Bergteknik

Risk för bergras och blocknedfall har studerats i anslutning till de områden där järnvägsanläggningen bryter markytan. Resultaten av utförda besiktningar och rekommendationer avseende bergstabilitet och risk för blocknedfall redovisas i separat PM i Bilaga 7.

8 Slutsats

Denna PM avser geoteknisk beskrivning av de rådande geotekniska förhållandena inom området för de ändrade detaljplanerna. Gällande detaljplaner och dess planbestämmelser är fortsatt gällande efter ändringen, dock med tillägg för järnvägstunneln.

Grundläggning av tunneln kommer att utföras enligt Trafikverkets normer. Samtliga krav och förutsättningar kommer att utgöra grund för den järnvägsplan och MKB som trafikverket upprättar för Västlänken och dess anläggningar. Järnvägstunnel kommer att grundläggas så att krav på sättningar, stabilitet, upplyft och omgivningspåverkan blir säkerställda.

Järnvägsplan och MKB kommer att beskriva förutsättningar och konsekvenser för geotekniska frågor som berör omgivningspåverkan såsom sättningar, grundvattenpåverkan etc.

8.1 Stabilitet

Denna *detaljerade* stabilitetsutredning visar att stabilitet inom området är tillfredställande i enlighet med uppställda krav på erforderliga säkerhetsfaktorer mot brott.

Denna utredning avser endast beskrivning av stabilitetssituationen för befintliga förhållanden. Anläggandet av Västlänken kommer medföra stora konsekvenser på området som helhet. Stabiliteten kommer att beaktas i samband med planeringen i kommande såväl projekterings- som utförandeskedet.

Stabilitetsanalysen i föreliggande rapport baseras på de idag rådande, kända, förutsättningarna inom planområdet. I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

I byggskedet hanteras schakters och slänters stabilitet i enlighet med Trafikverkets Tekniska krav (TK Geo 11, publ. 2011:047) som följer normerna i SS EN 1997-1. Inför byggskedet kommer kontrollprogram avseende schakters stabilitet att upprättas. Kontrollerna innefattar bland annat kontroll av horisontella och vertikala rörelser intill schakter.

Göteborg **2014-11-10**

Sweco Civil AB/Golder Associates AB



Peter Damgaard



Karolina Sanell

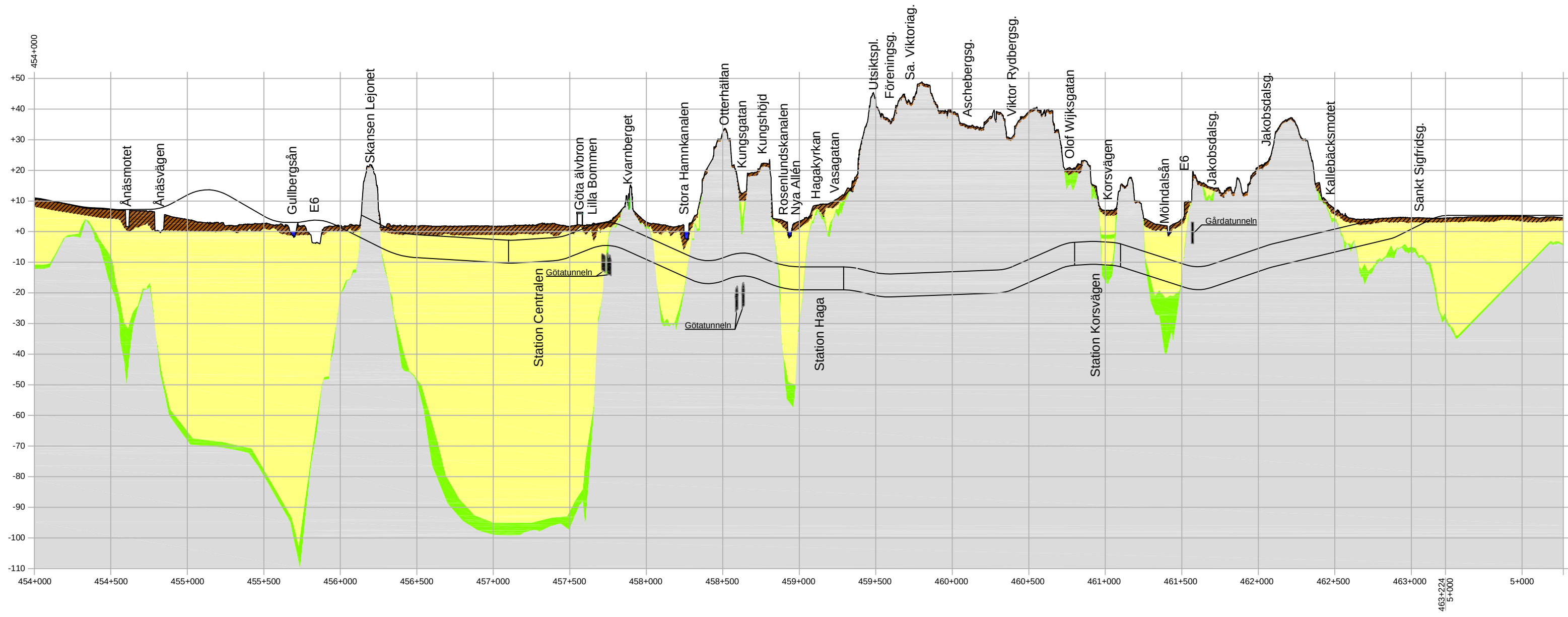


Urban Högsta

Bilaga 1

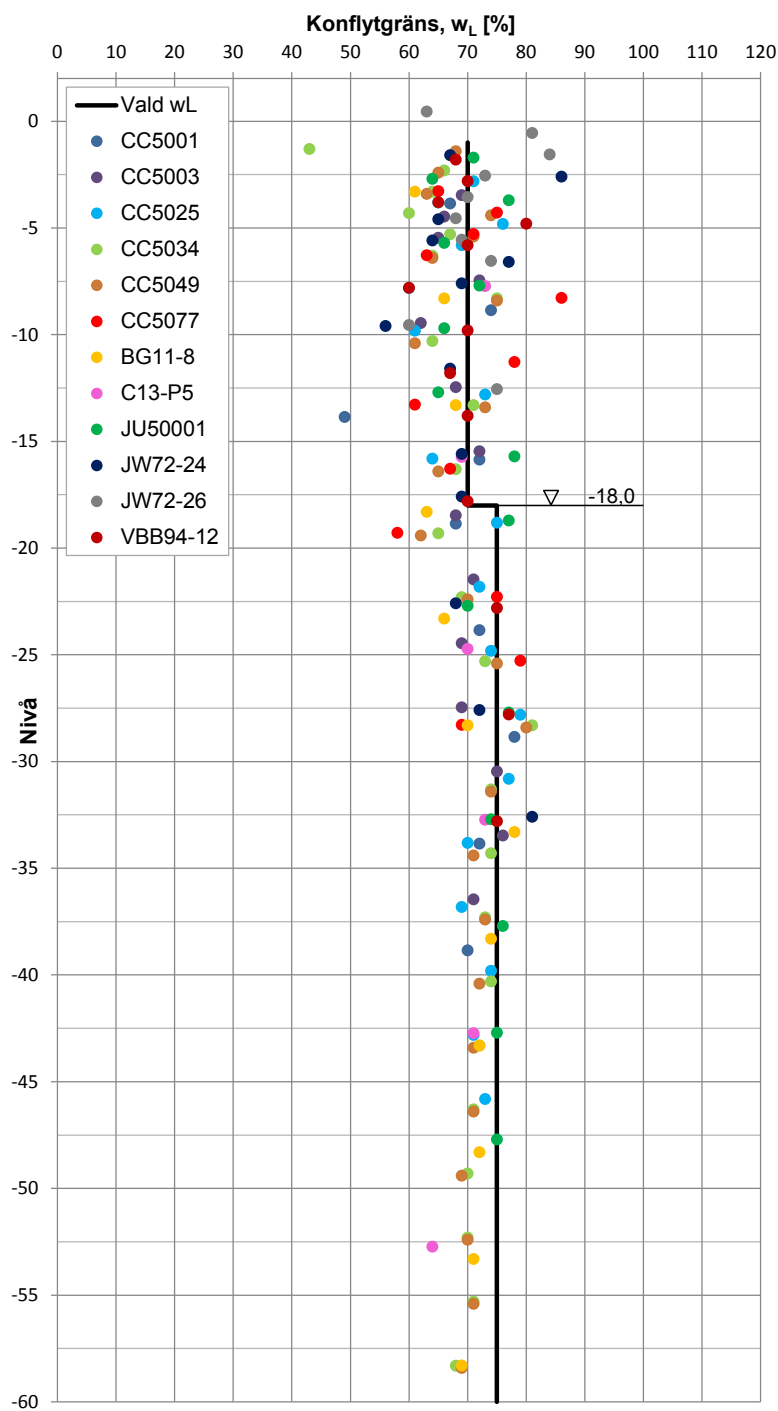
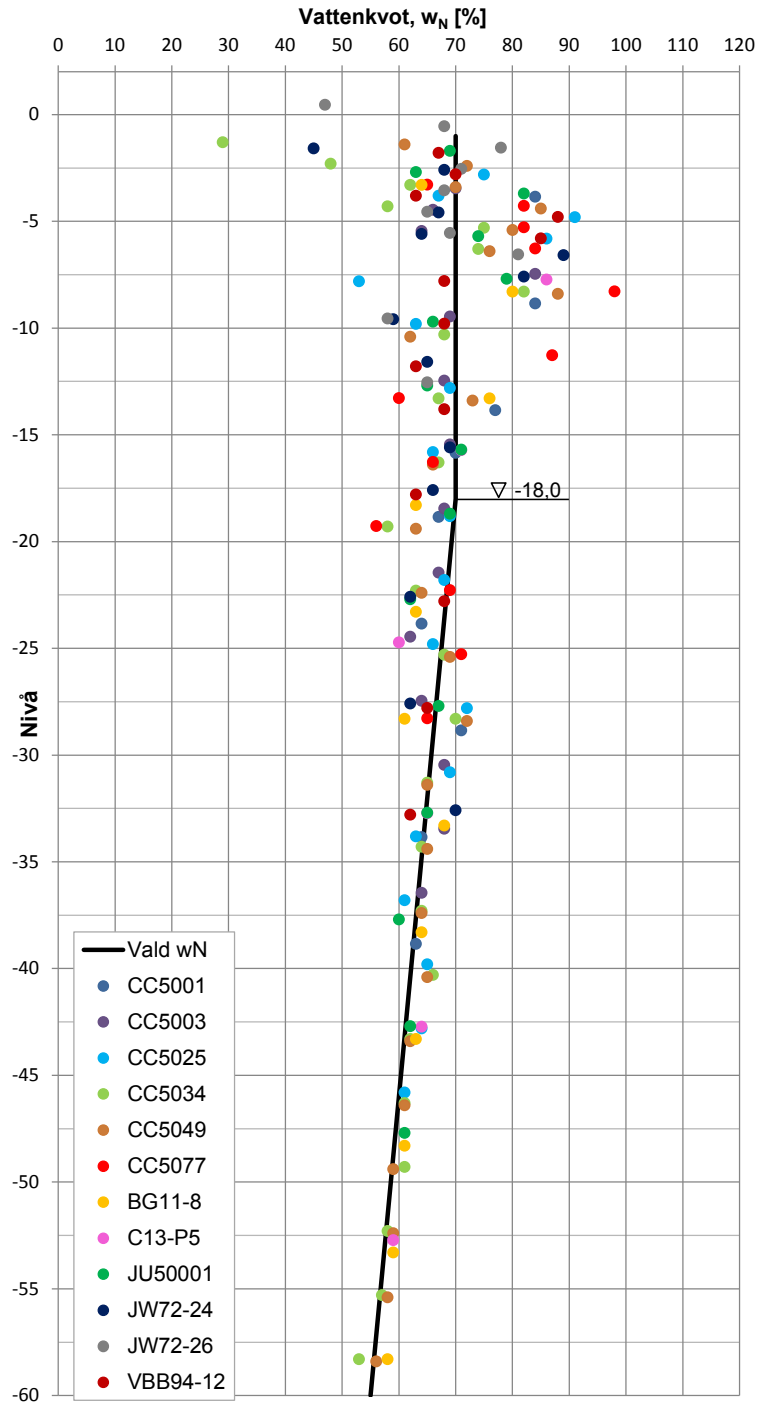
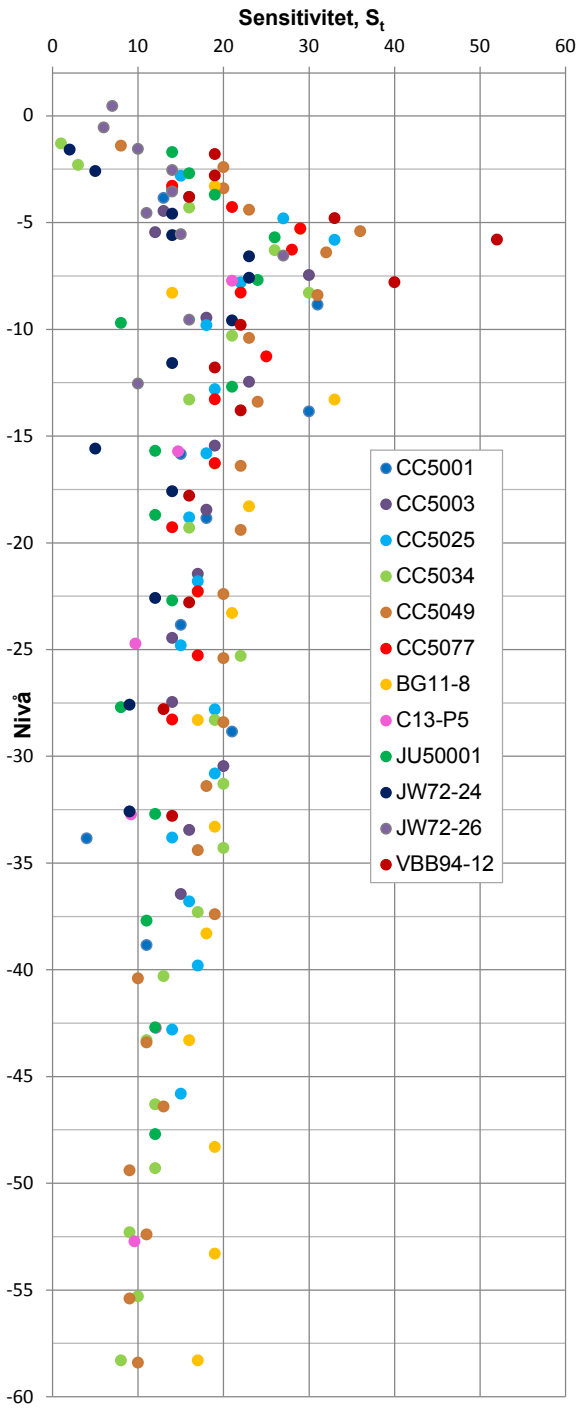
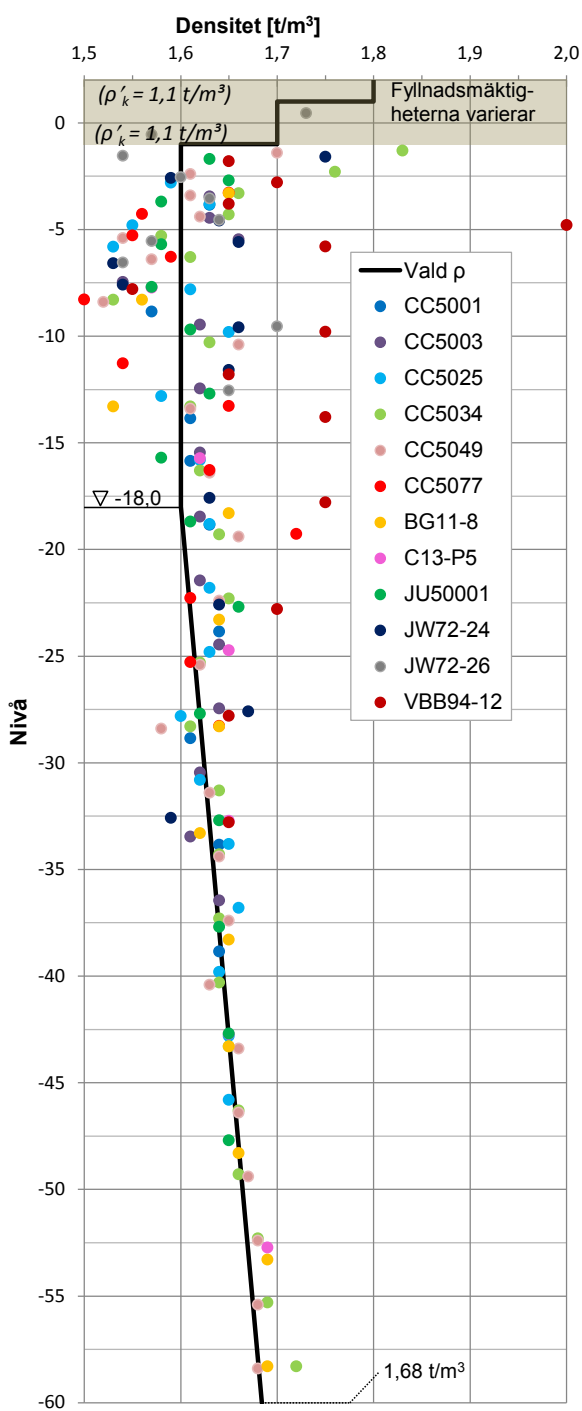
- Fyllnadsmaterial
- Lera
- Friktionsmaterial
- Berg

0 500 1000m

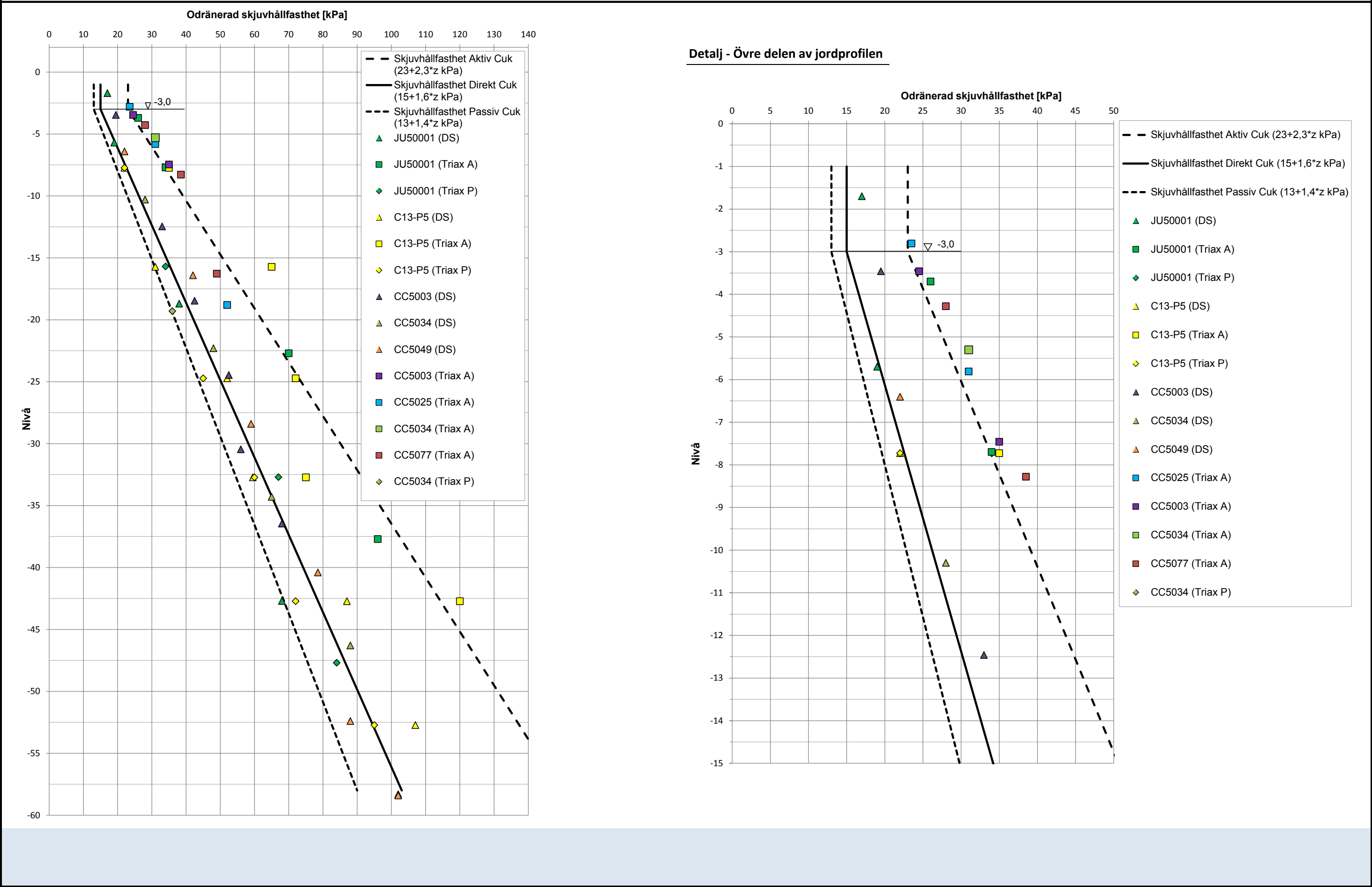


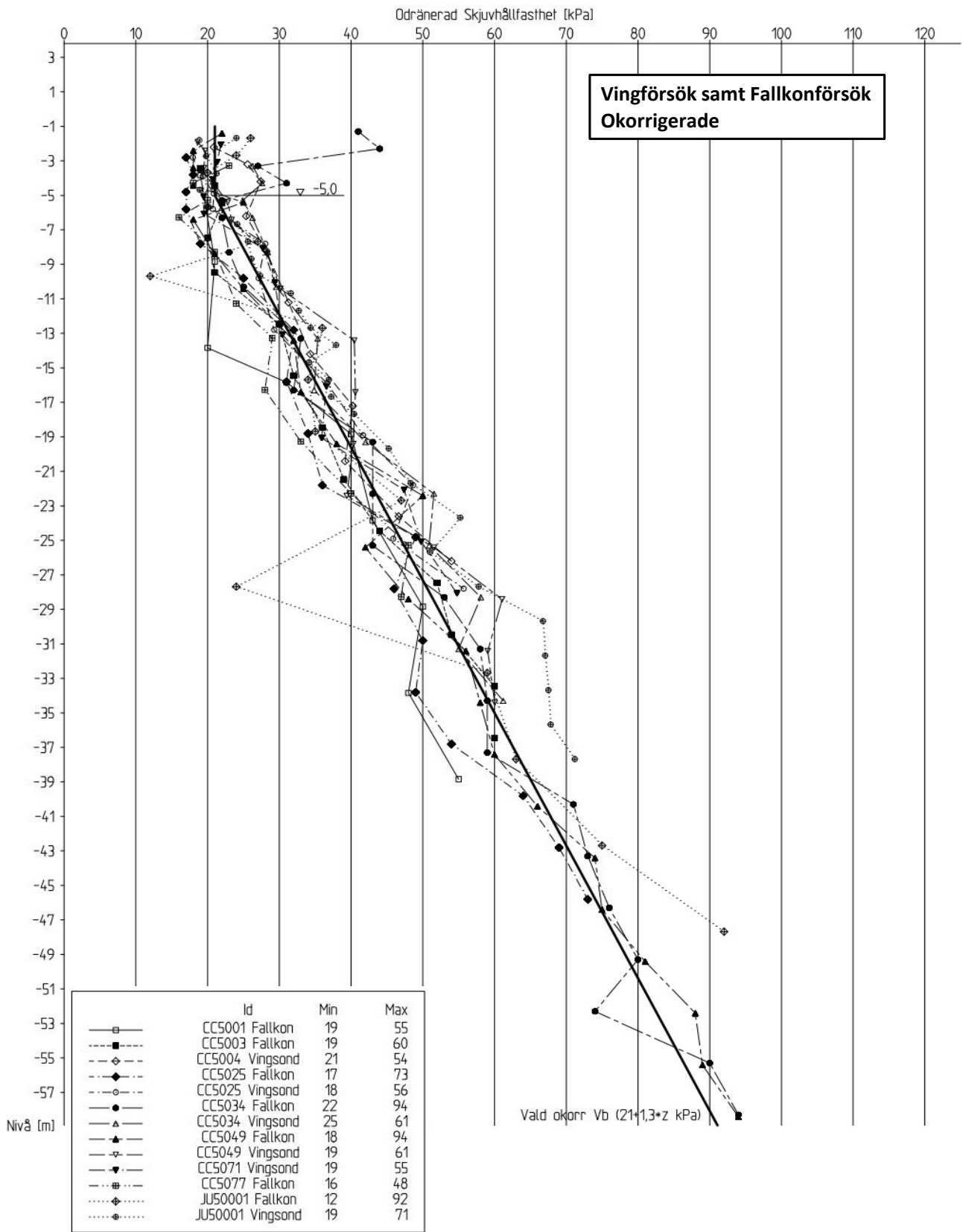
Bilaga 2

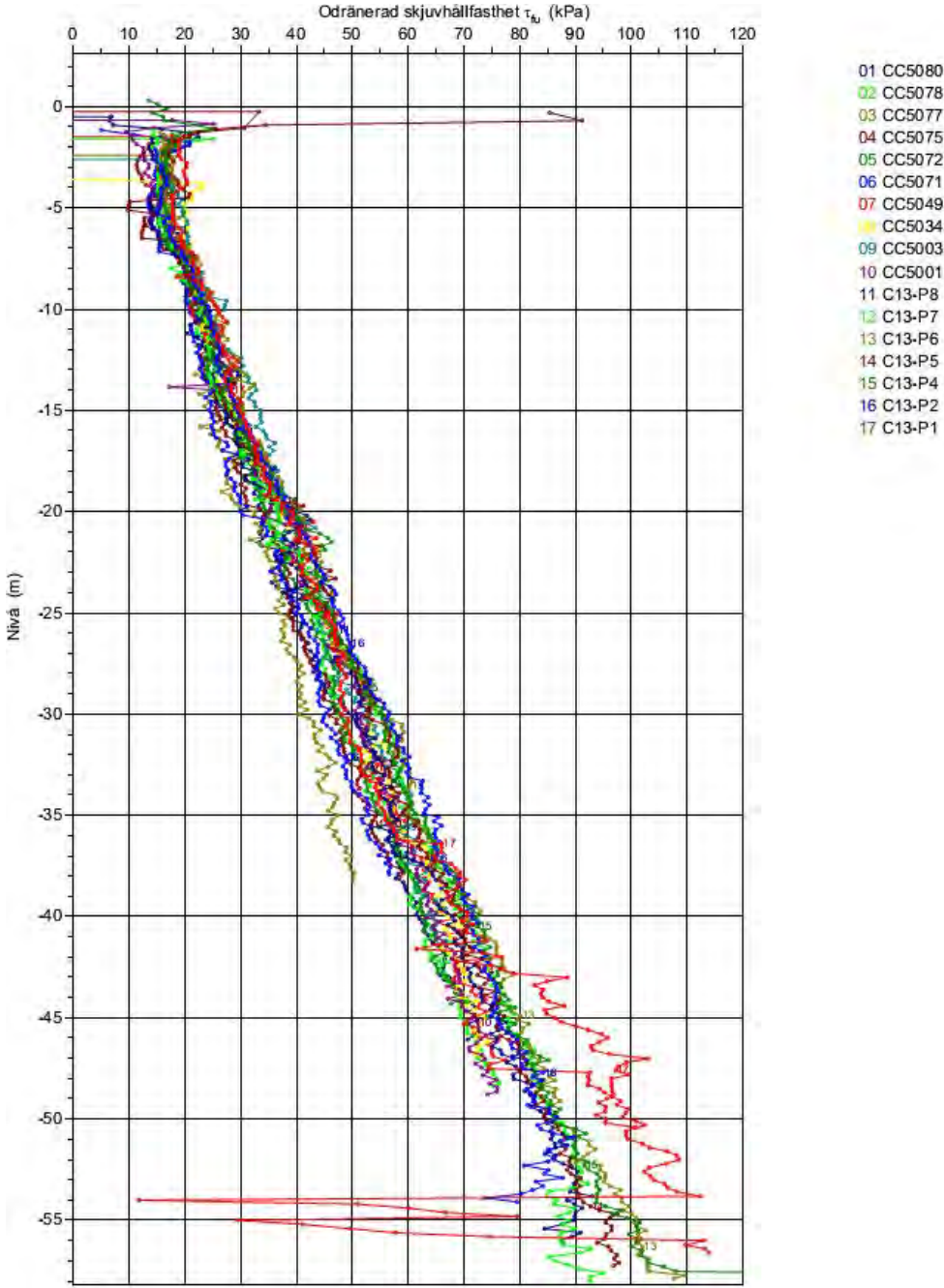
2013-06-28



Friktingsjord som underlagrar leran
 $\rho_k = 1,9 t/m^3$
 $\rho'_k = 1,1 t/m^3$







Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

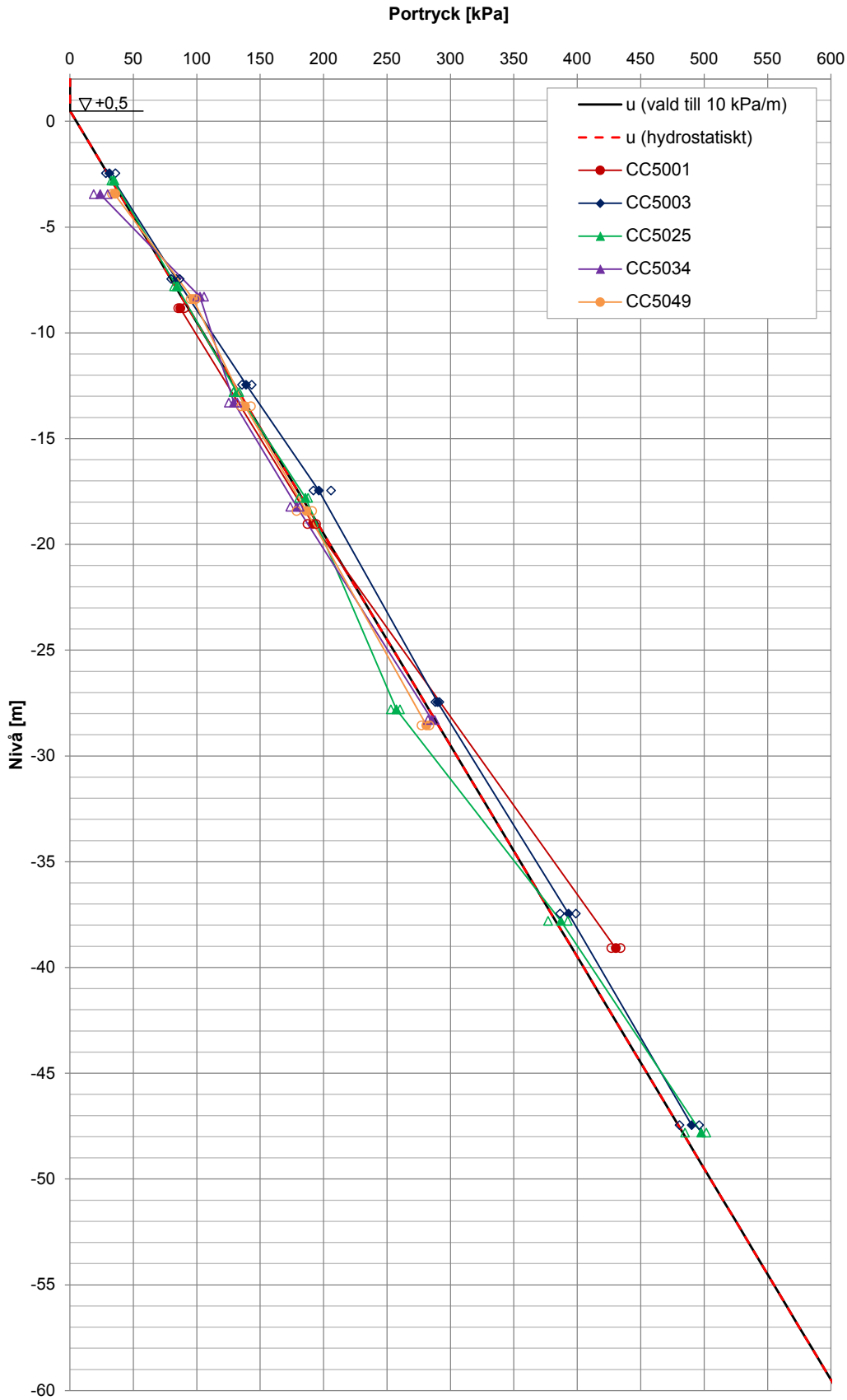
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

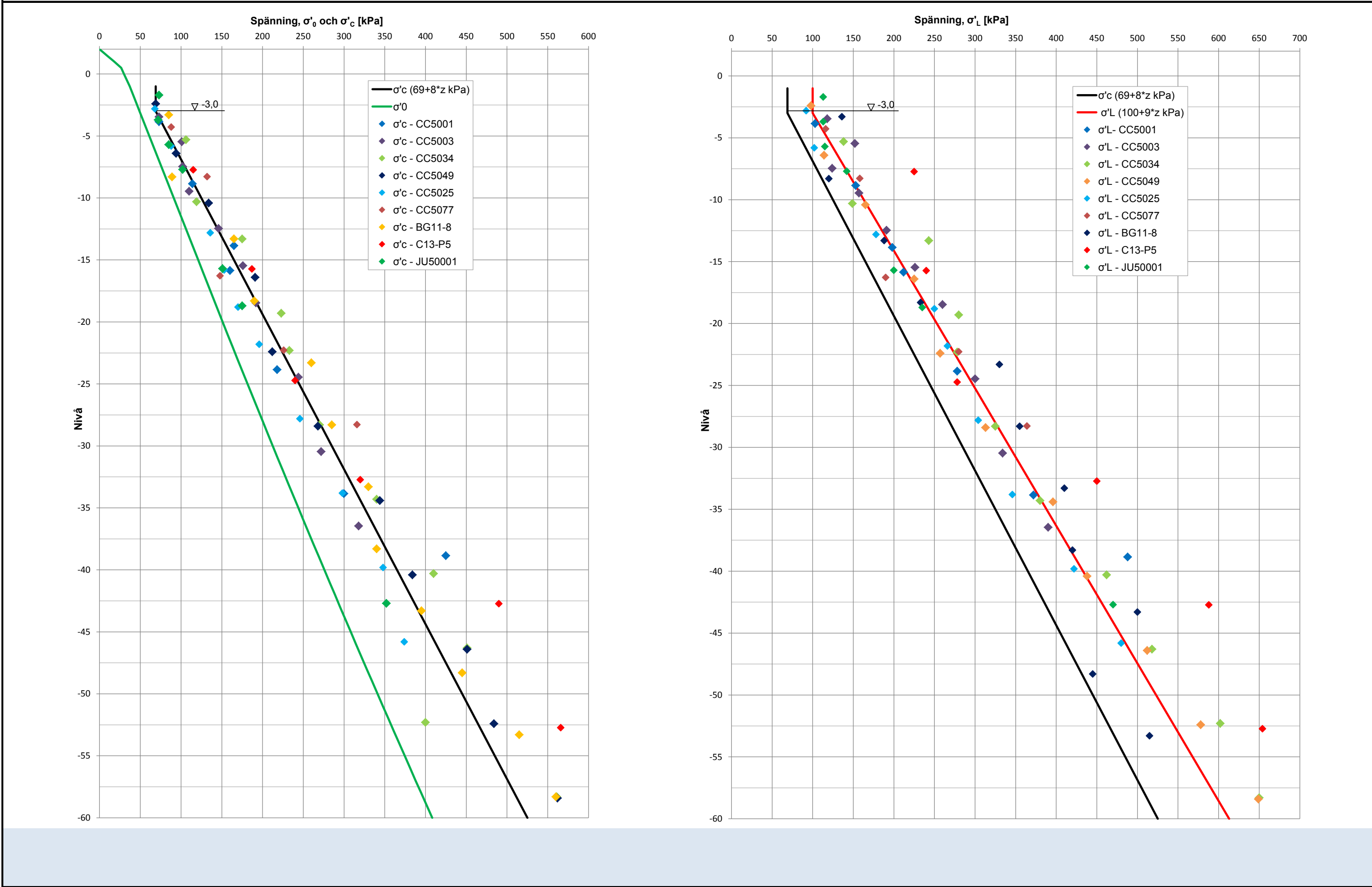
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

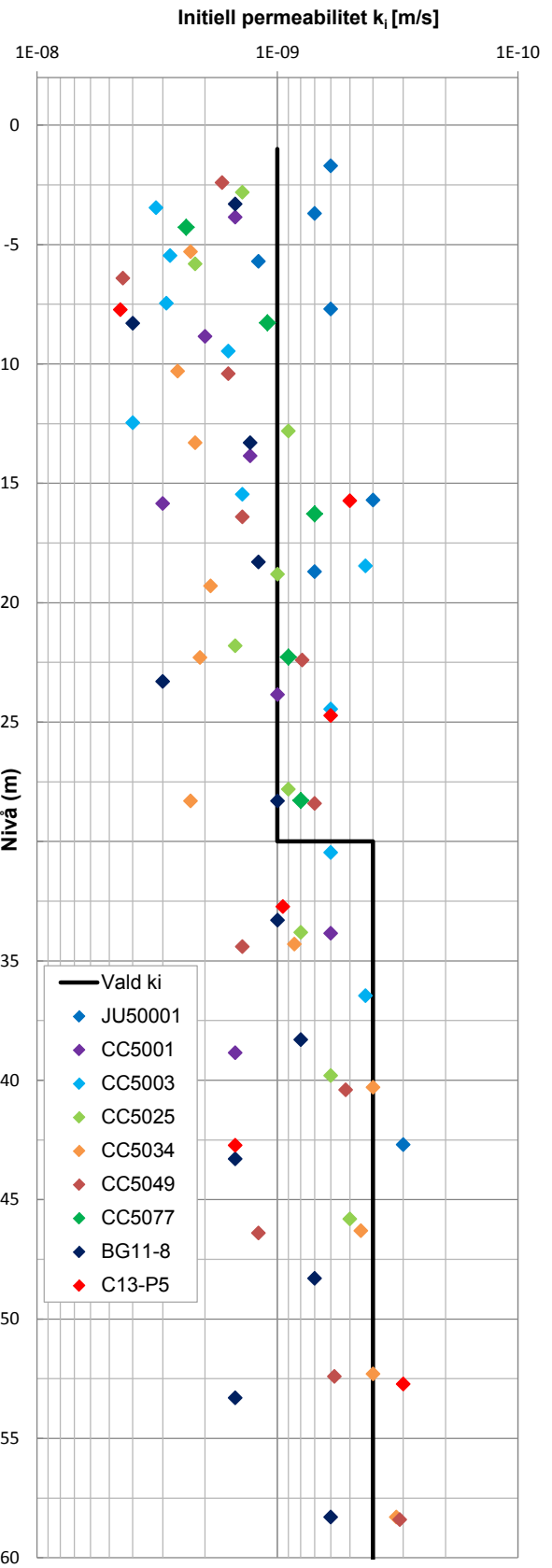
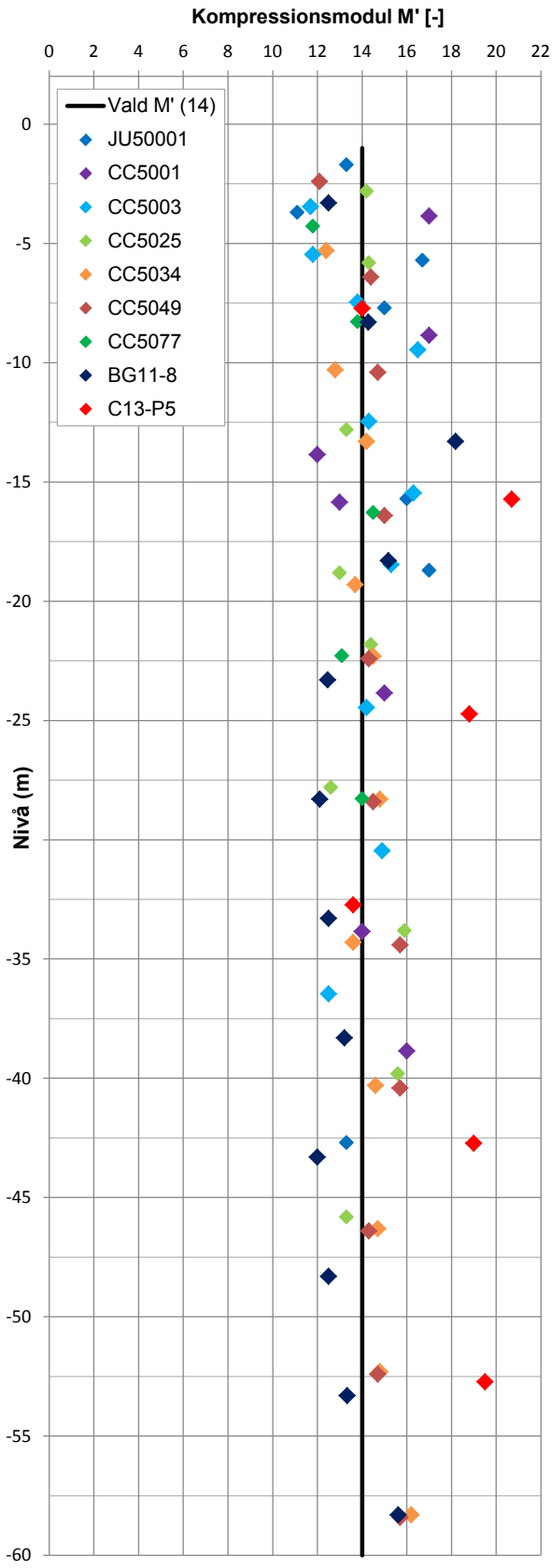
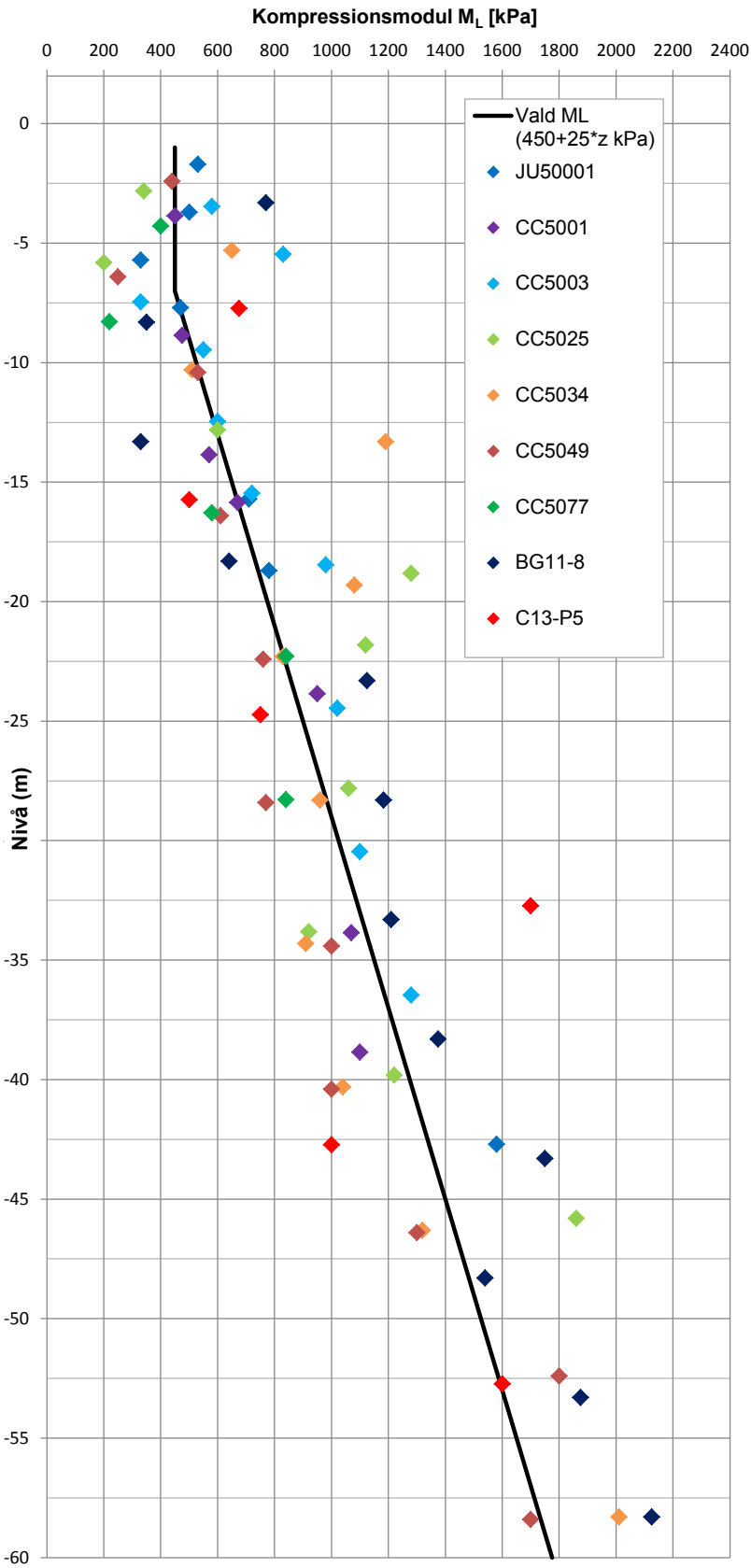
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

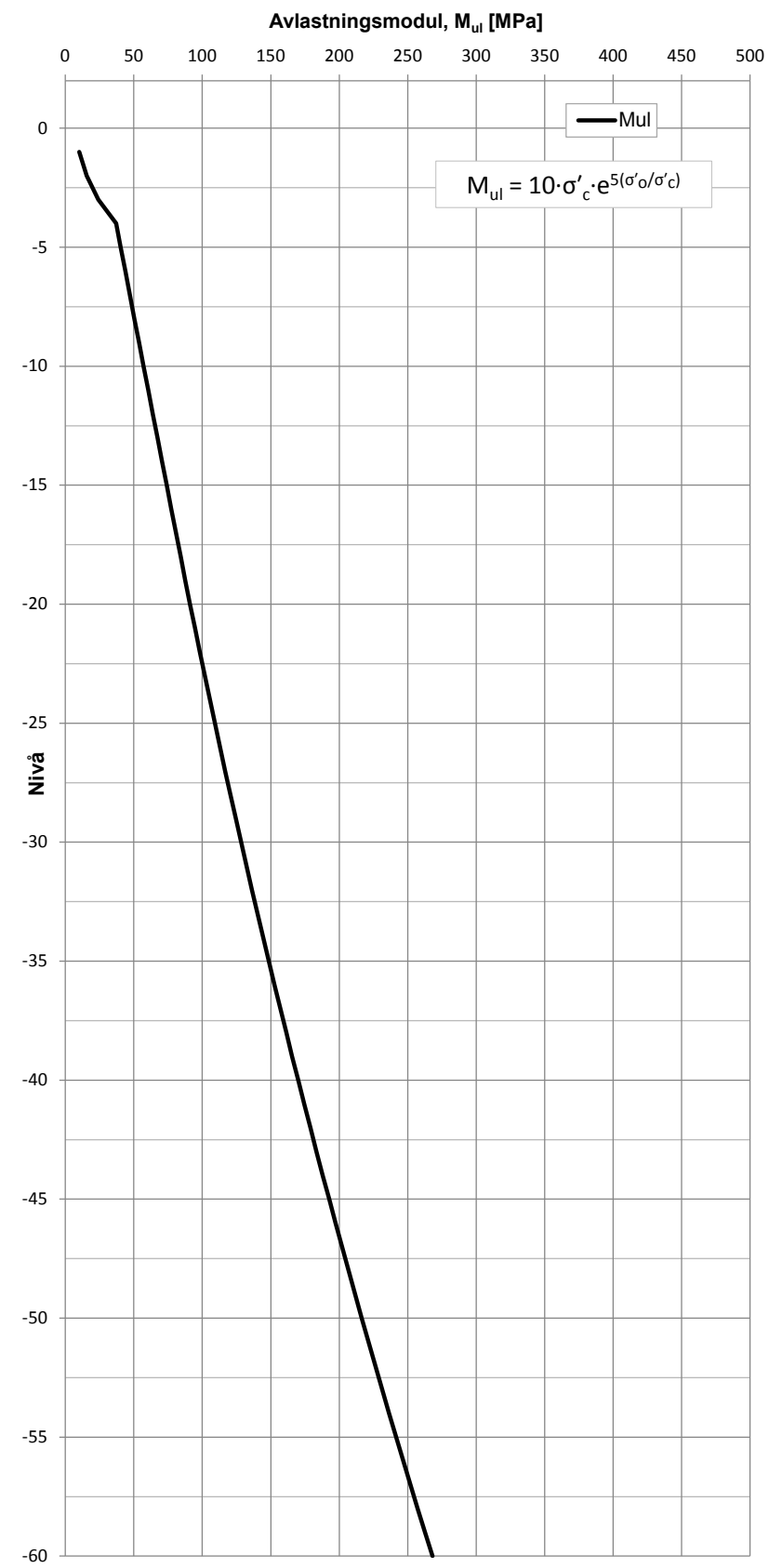
Mätperiod: 2012-04-10 - 2014-04-29





Kompressionsmodul, M_0 7500 kPa ner till nivå -3,
därunder $M_0 = 7500 + 800 \cdot z$ kPa





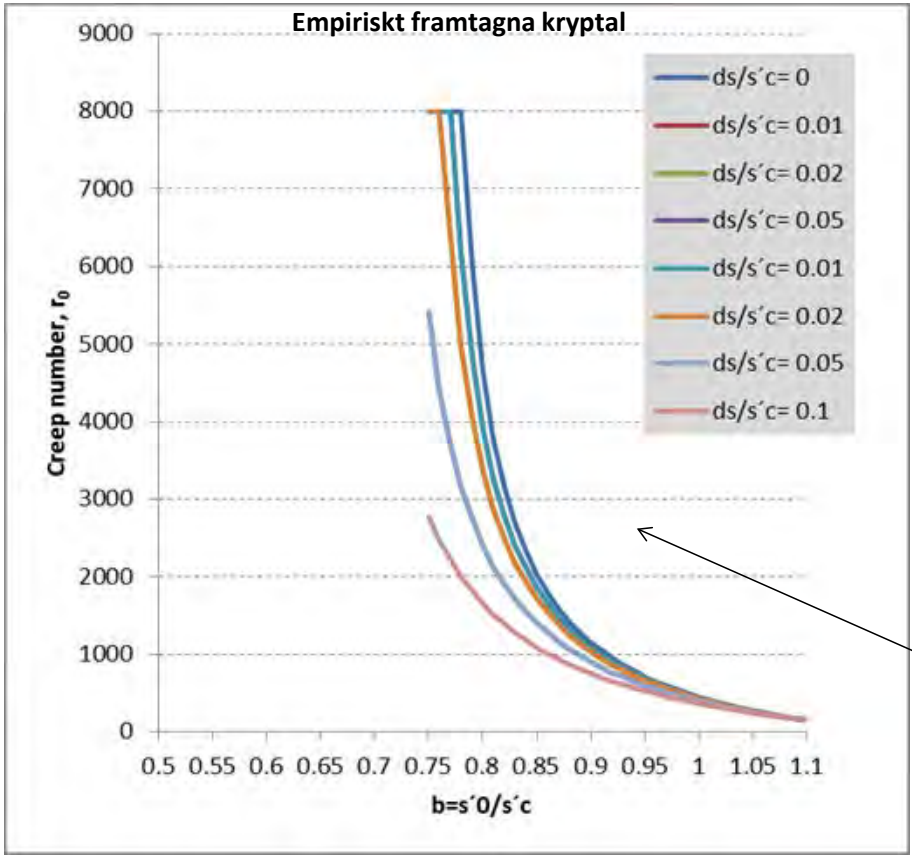
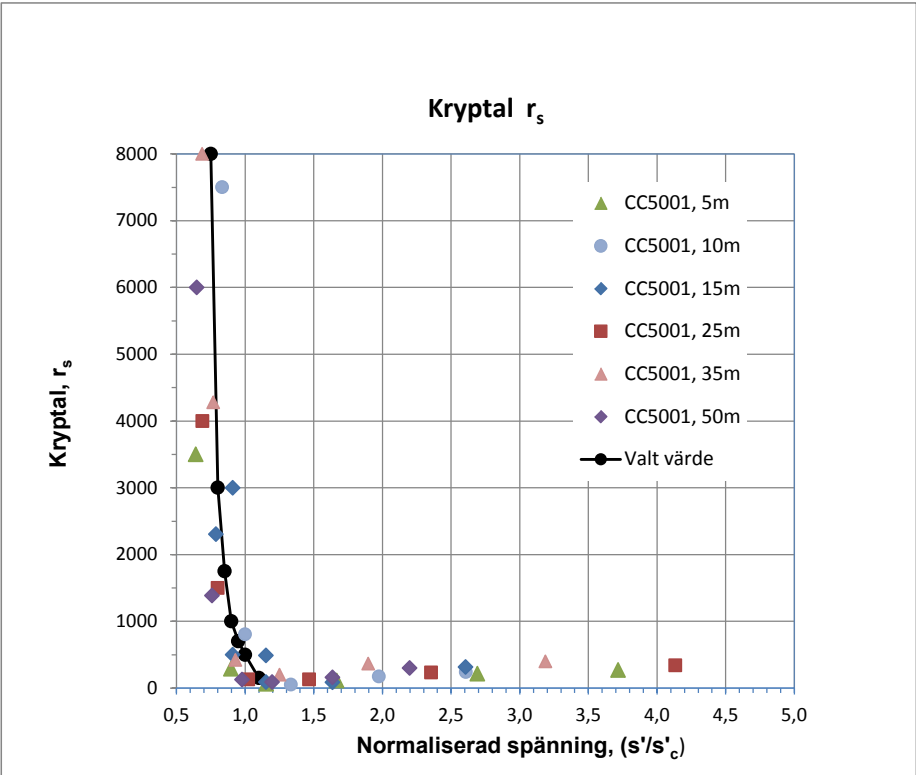
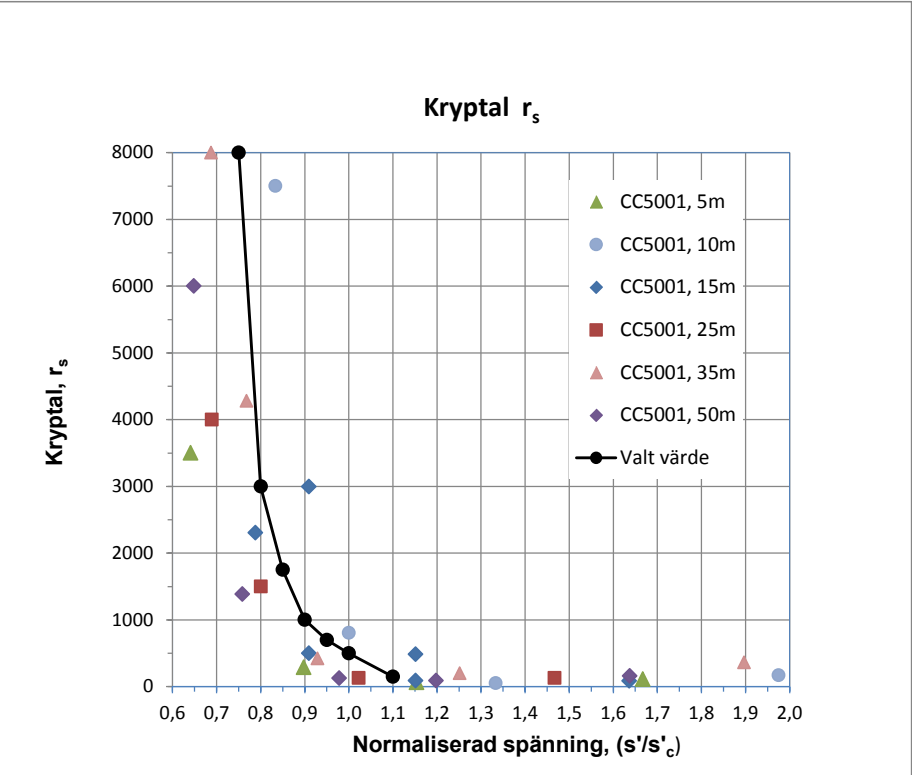
VÄSTLÄNKEN

KRYPPPARAMETRAR
STEGVIS ÖDOMETER
2013-06-28

STATION CENTRALEN
km 456+900 - 457+500

BILAGA 10.1.4.4

Parameter	Värden som ska användas vid beräkningar (GS Settlements)
α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0	8000 vid $b_0 = 0,75$
r_0	3000 vid $b_0 = 0,8$
r_0	1750 vid $b_0 = 0,85$
r_0	1000 vid $b_0 = 0,9$
r_0	700 vid $b_0 = 0,95$
r_0	500 vid $b_0 = 1,0$
r_1	150
t_{ref}	-1 dag
β_k	4



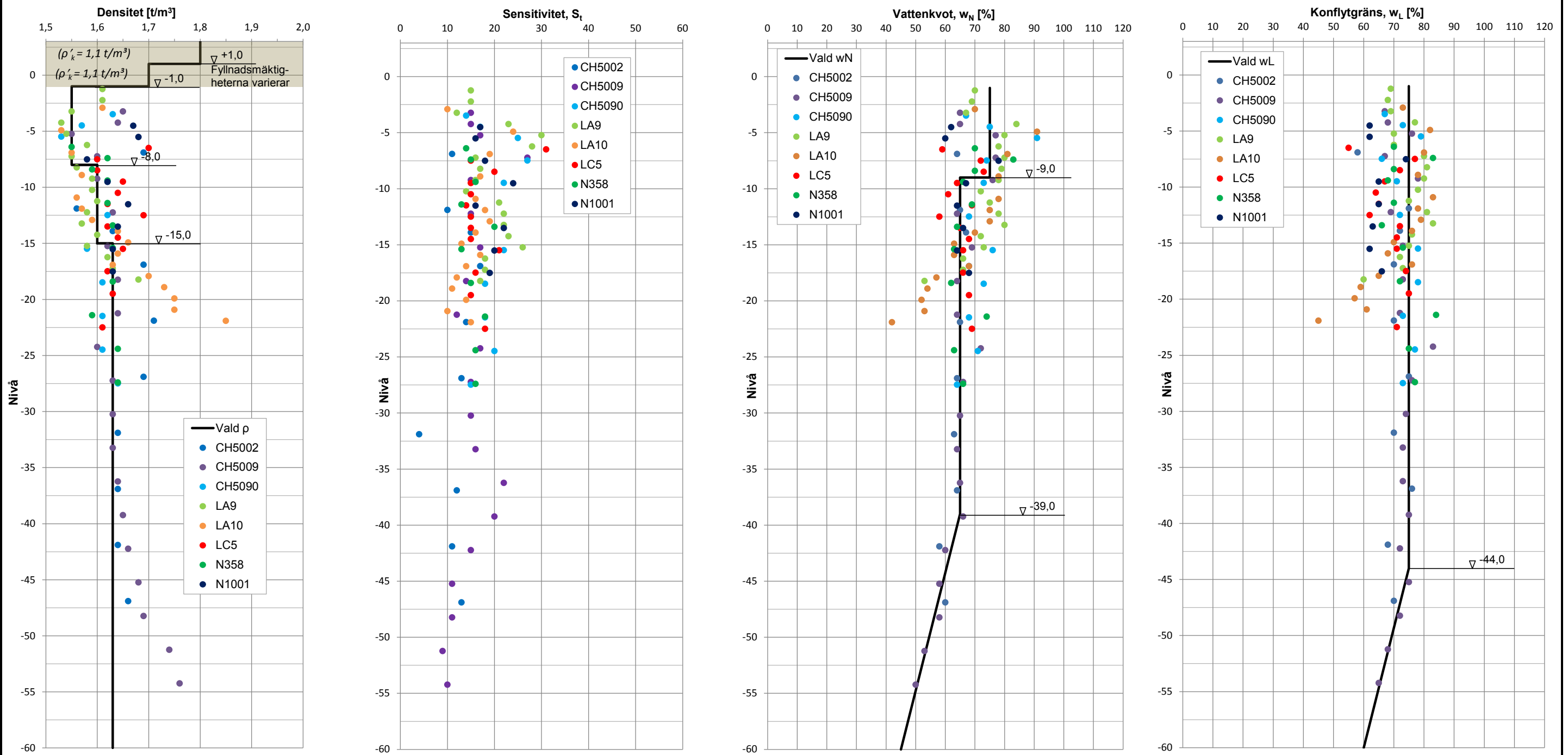
Valda värden från diagram ovan kan jämföras med empiriskt framtagna kryptal.

Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i "Val av kryptal för lösa plastiska leror", daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

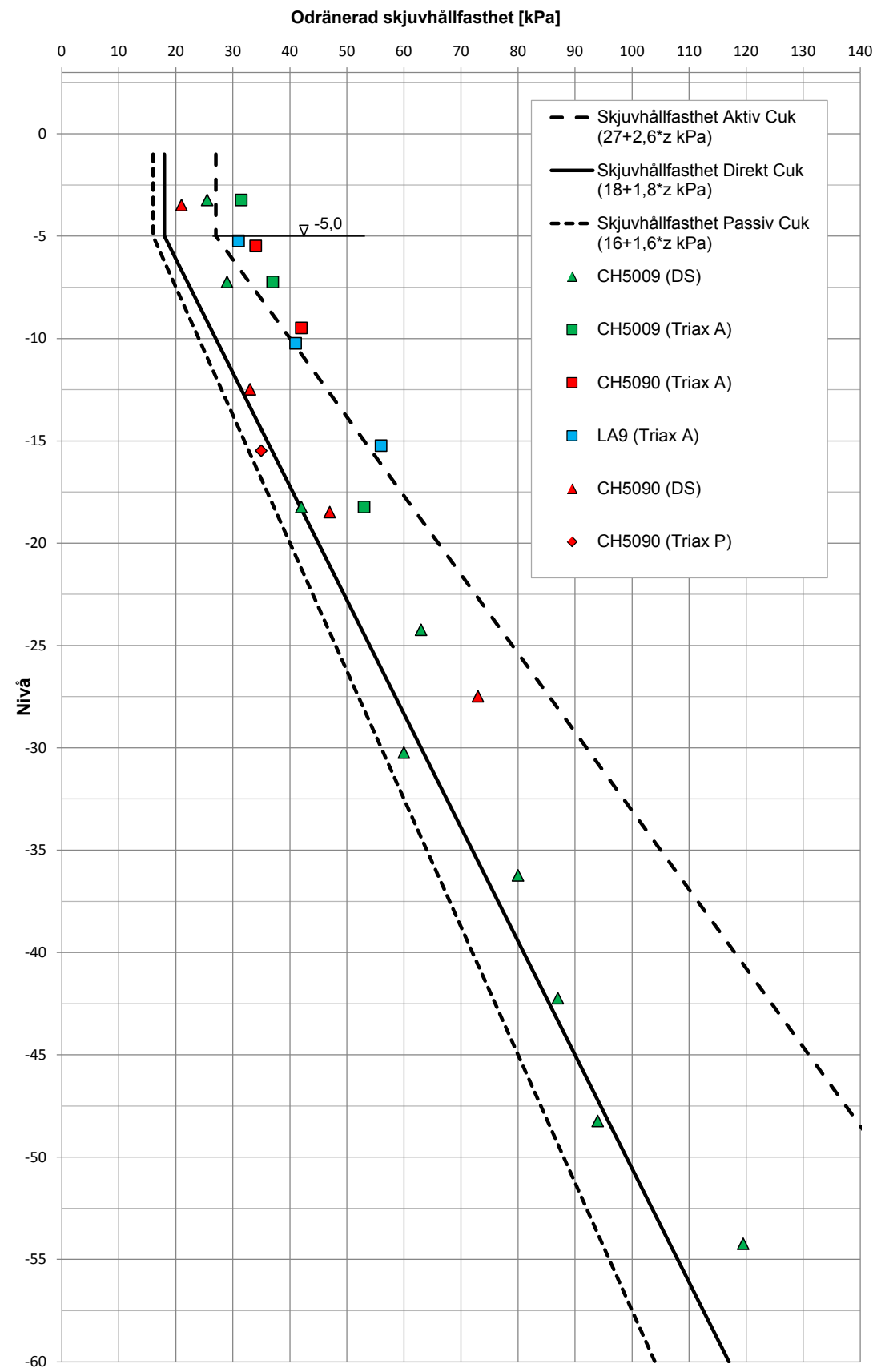
$$r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0.75 - \frac{\Delta \sigma}{\sigma'_{c_{ref}}}} + r_1 \quad \max r_0 = 8000$$

För $0.75 < b < b_1$
För $b \geq b_1$ gäller r_1

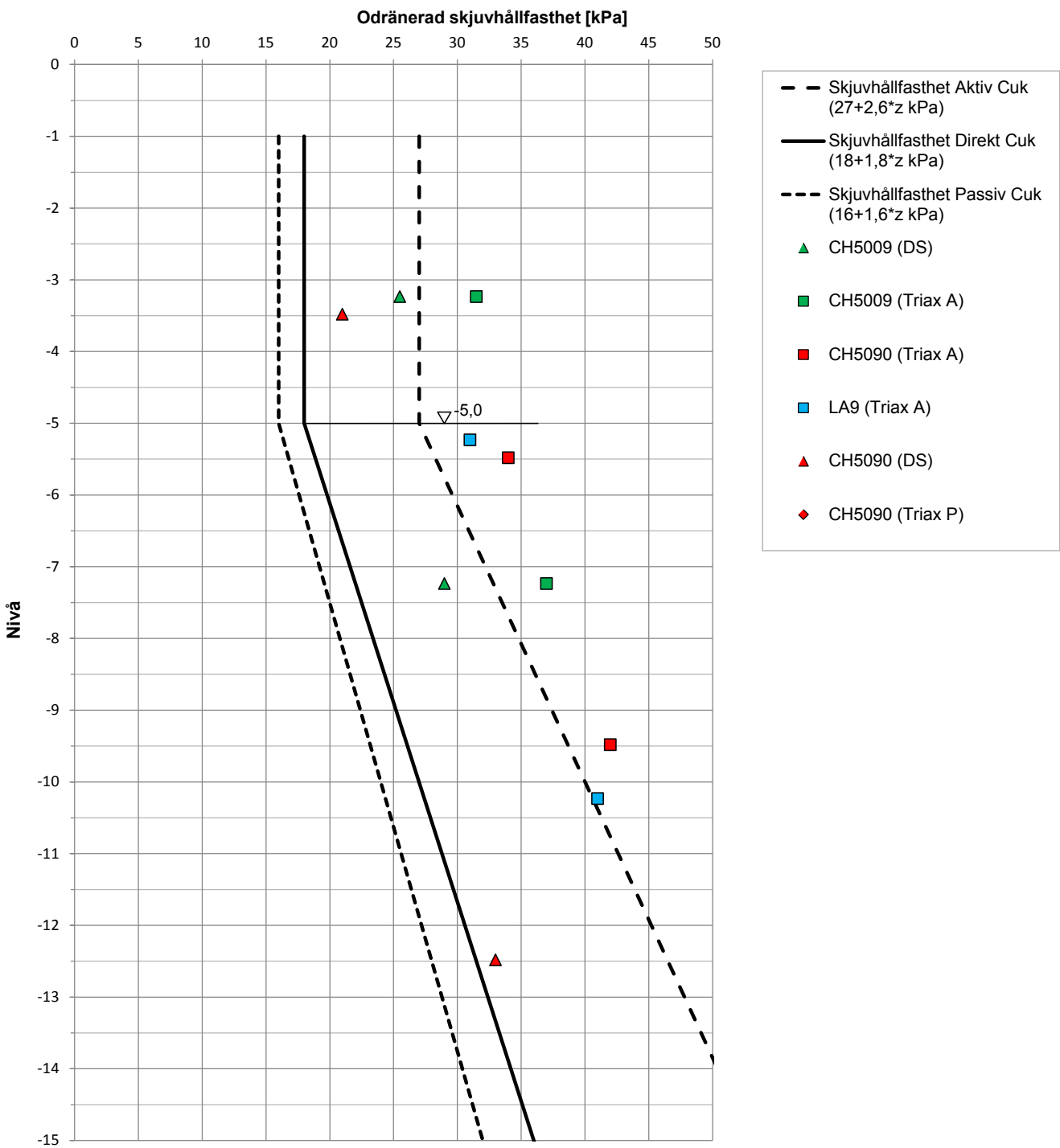
Där $b_1=1,1$ och $b_0= \sigma'_0/\sigma'_c$

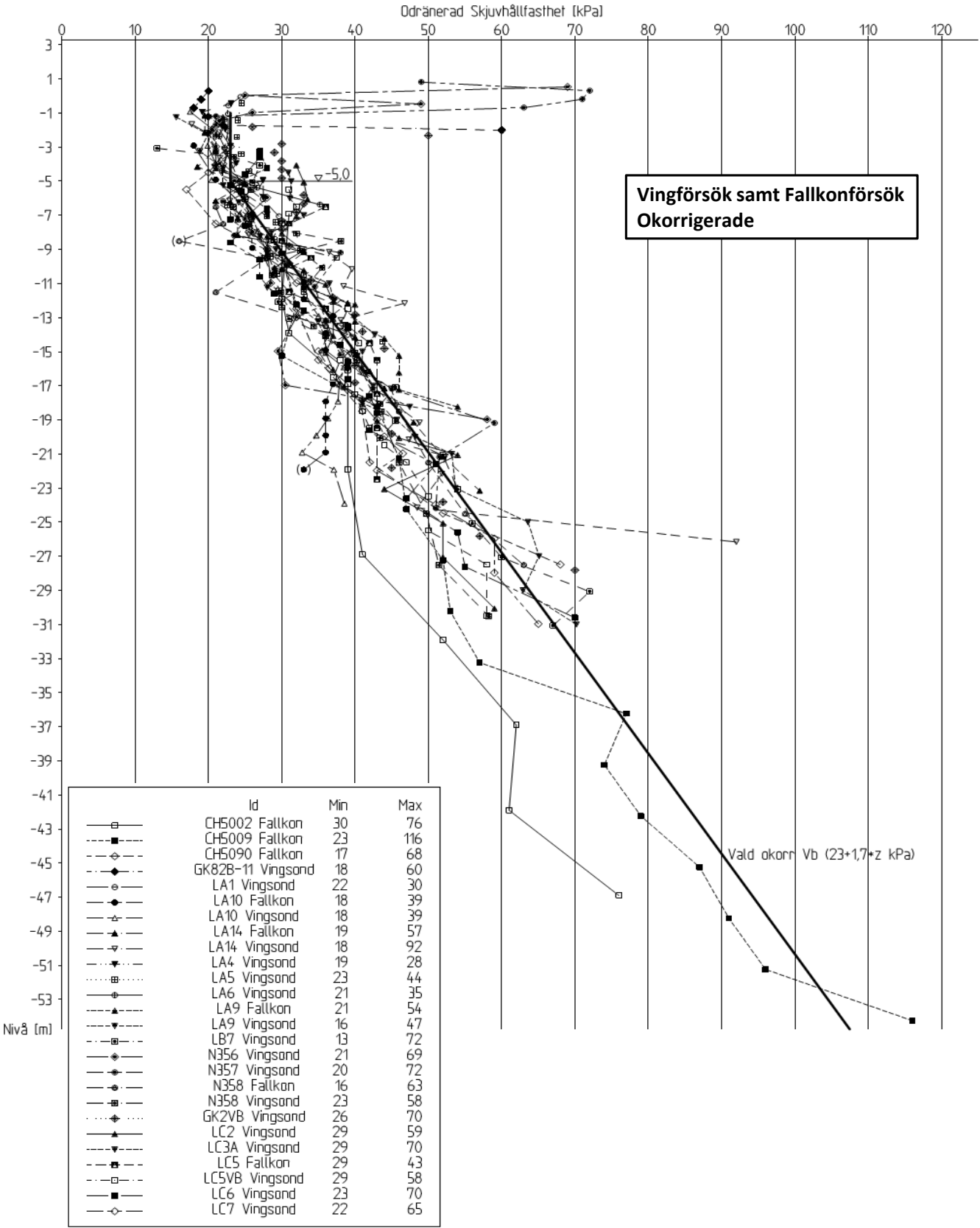


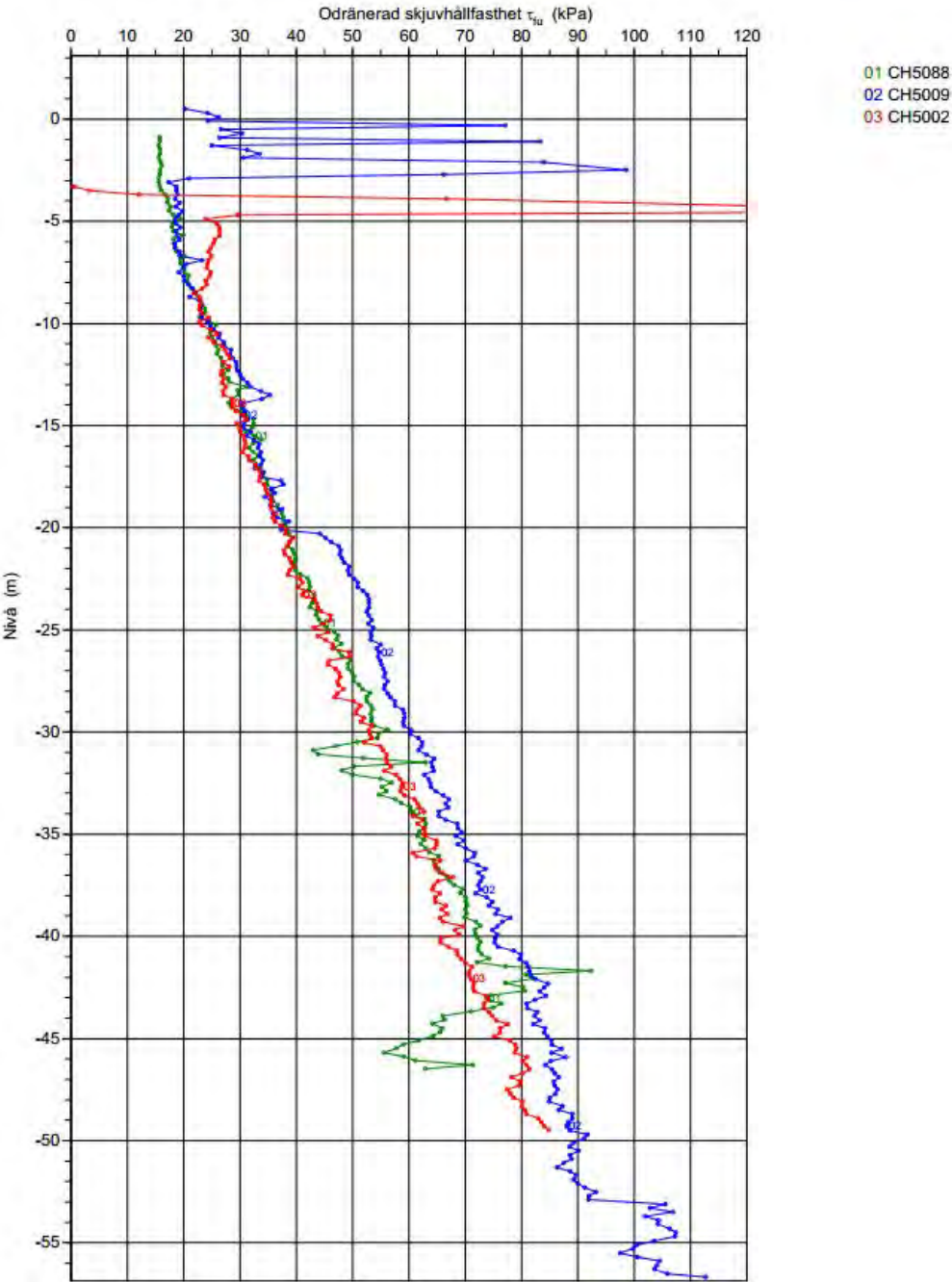
Friktionsjord som underlagrar leran
 $\rho_k = 1,9 \text{ t/m}^3$
 $\rho'_k = 1,1 \text{ t/m}^3$



Detalj - Övre delen av jordprofilen







Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

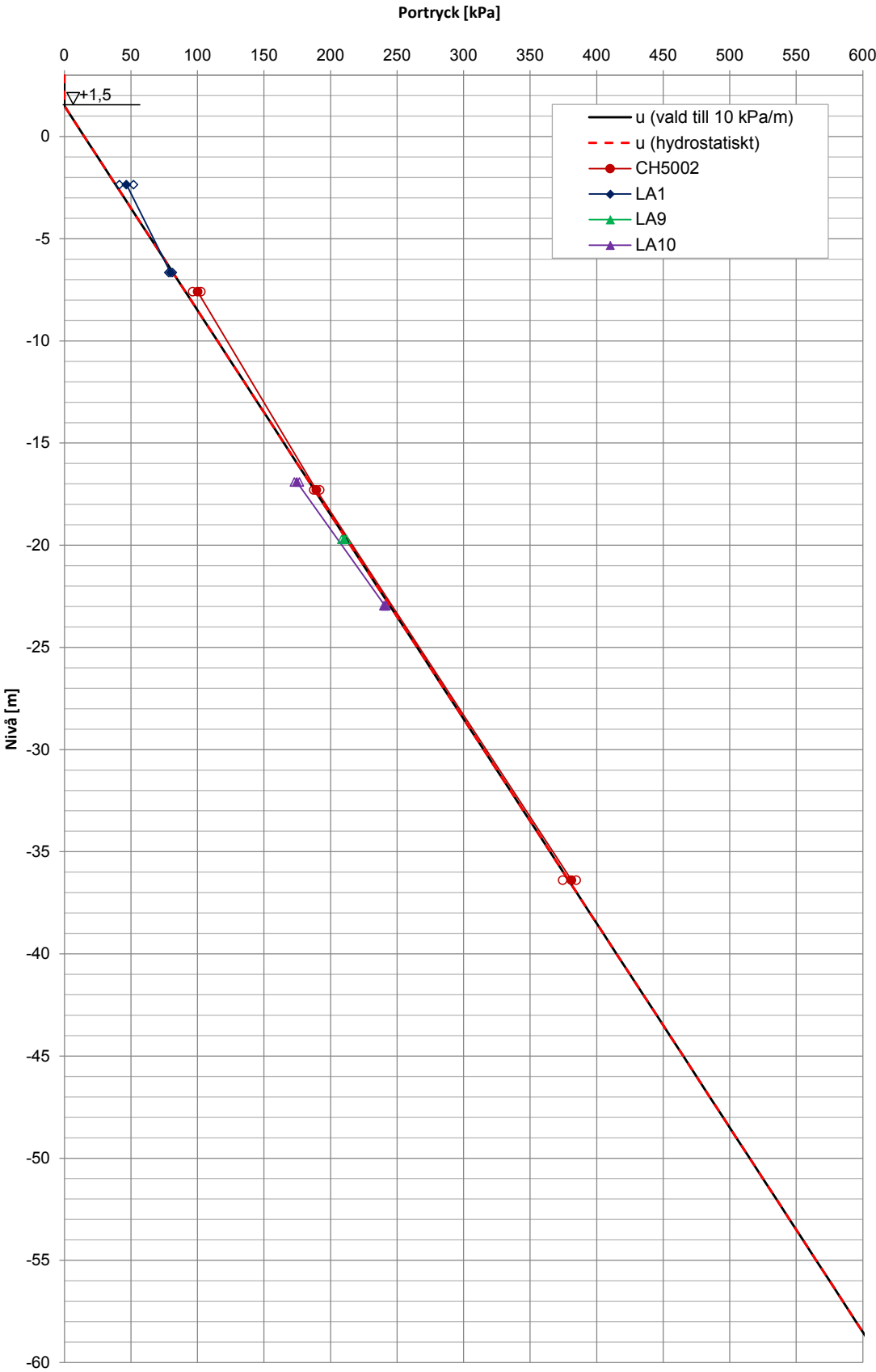
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

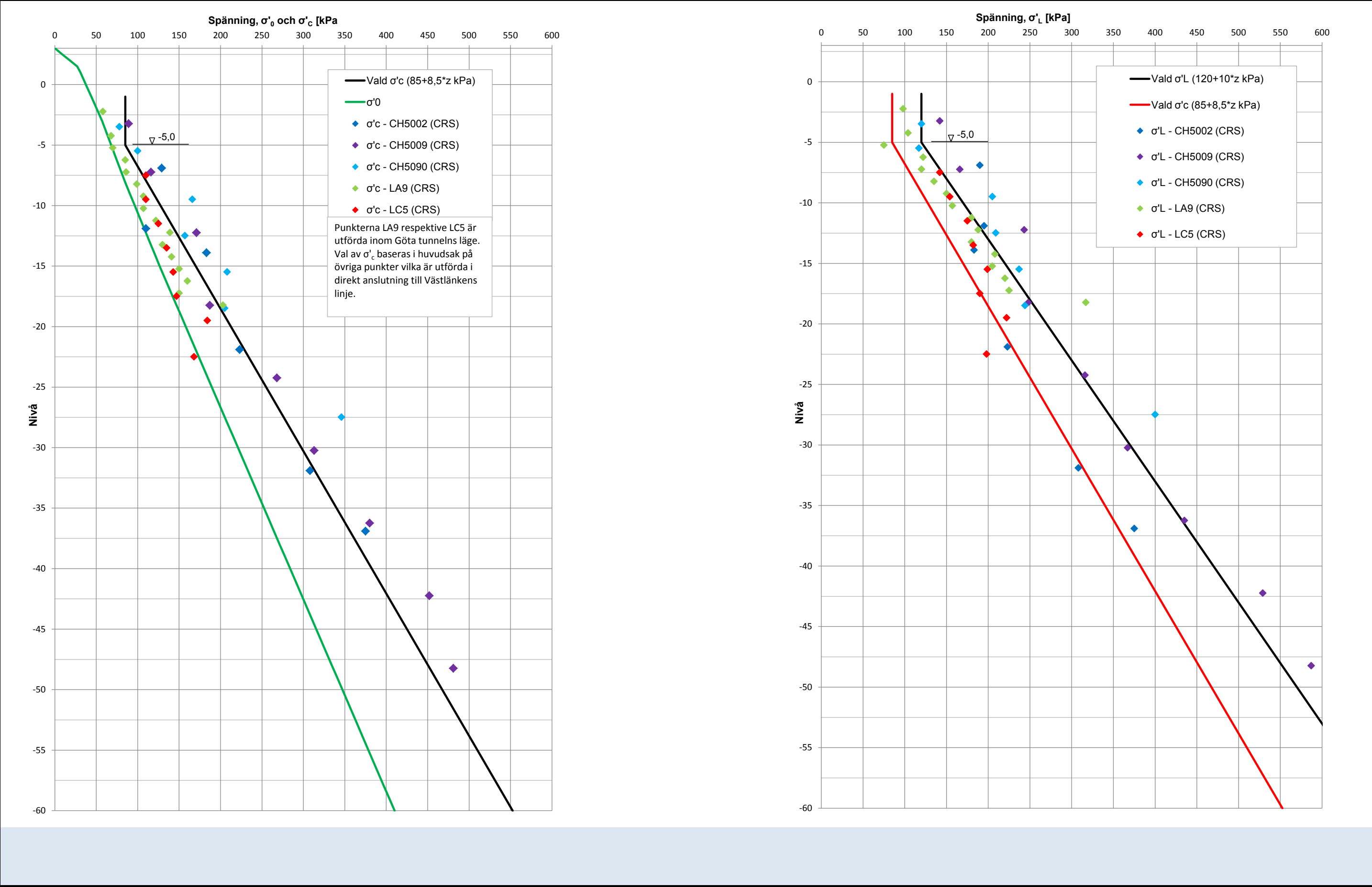
Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.-
och max-värde.

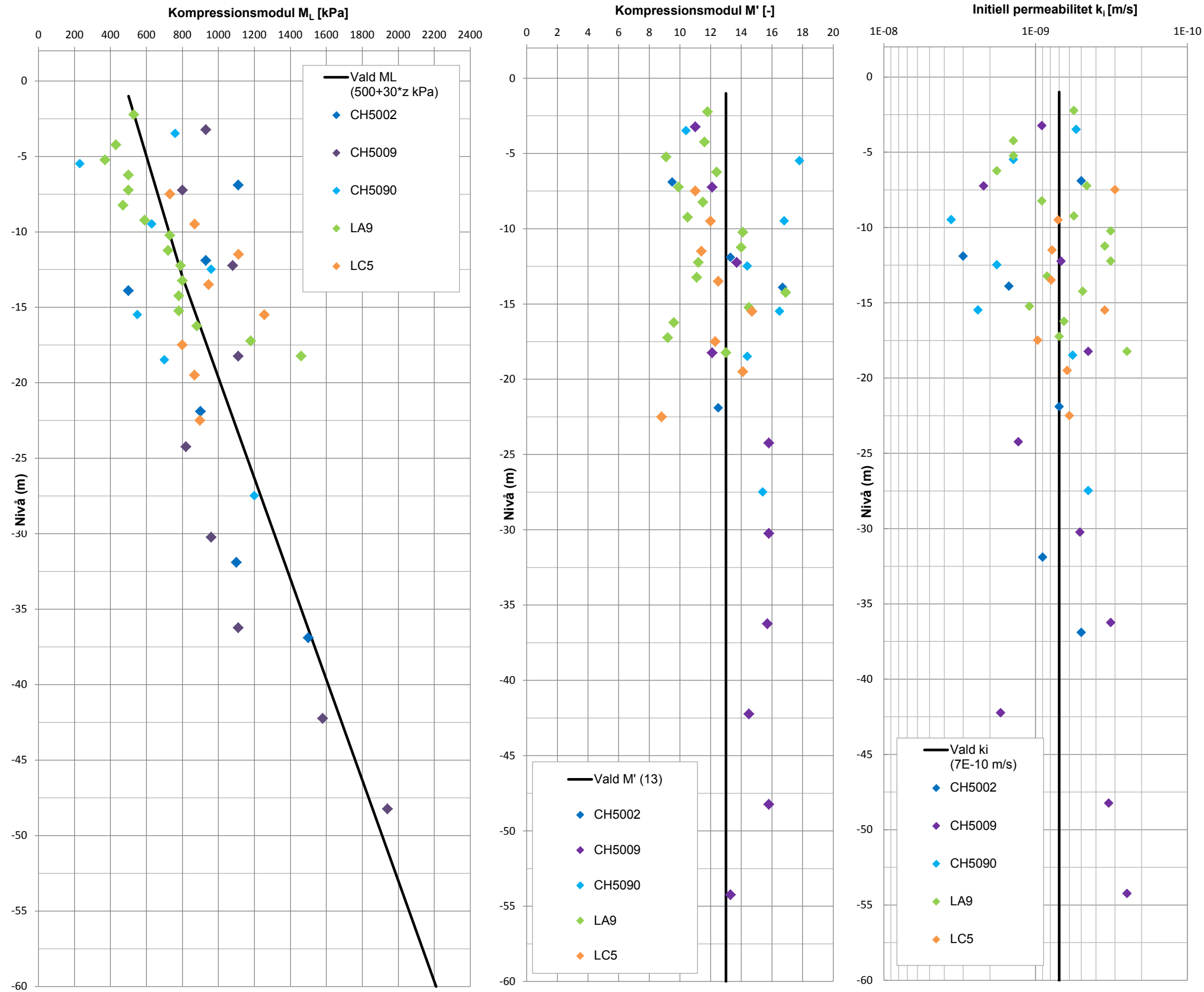
Mätperiod för LA1, LA9 samt LA10:
1995-10-30 - 1997-09-01

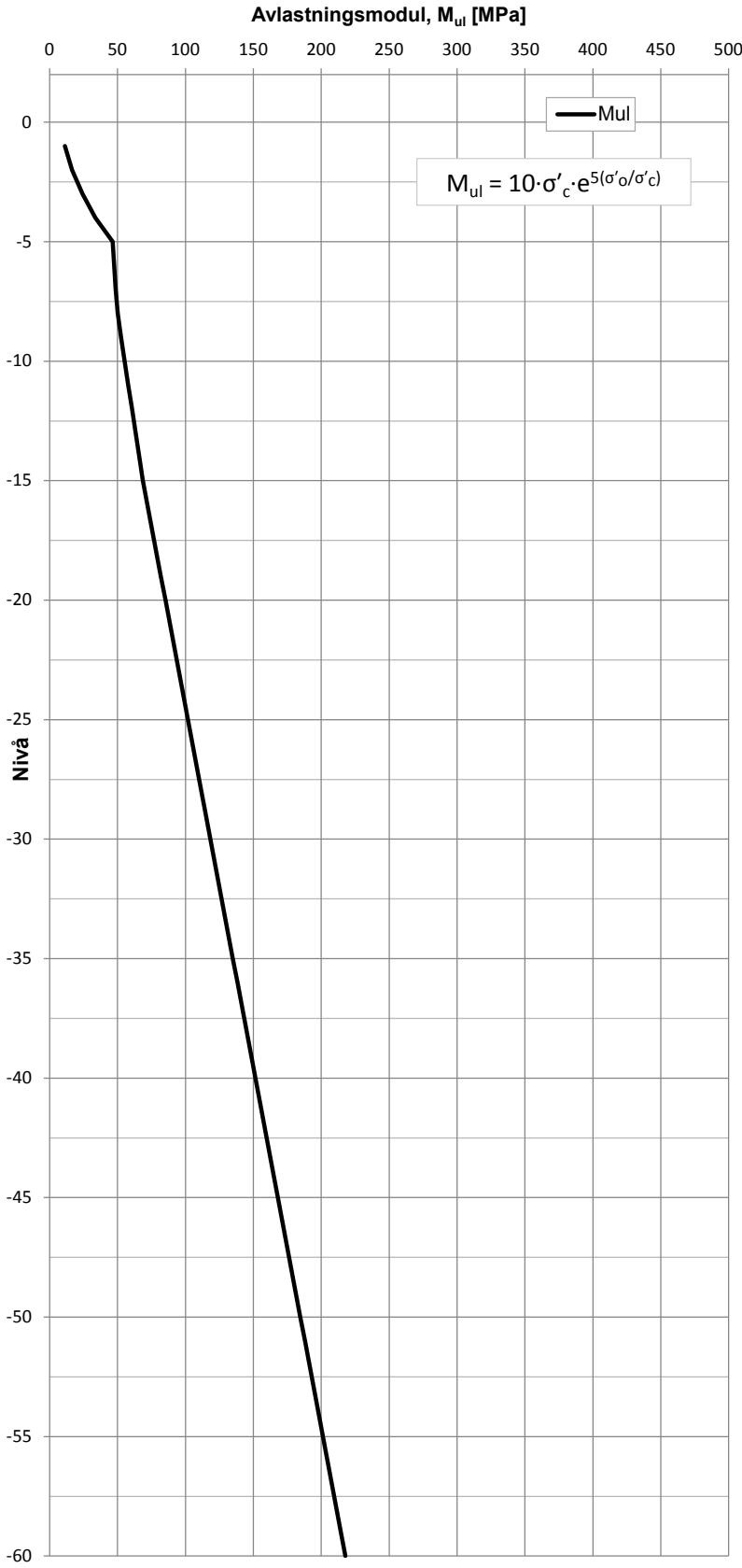
Mätperiod för CH5002:
2012-04-10 - 2014-04-29





Kompressionsmodul, M_0 9000 kPa ner till nivå -5,
därunder $M_0 = 9000 + 900 \cdot z$ kPa





VÄSTLÄNKEN

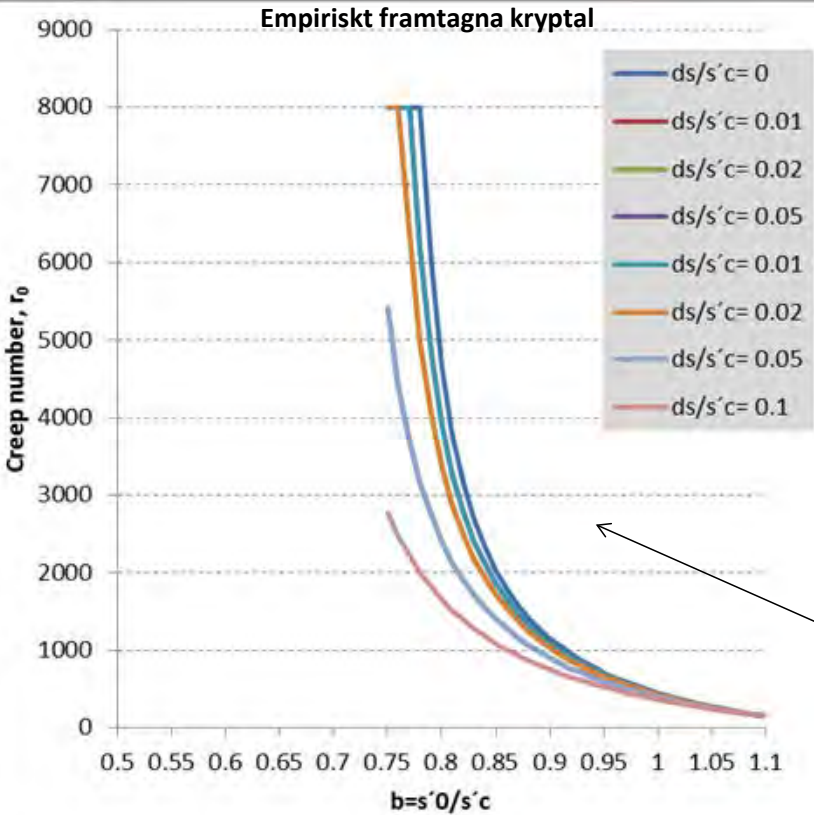
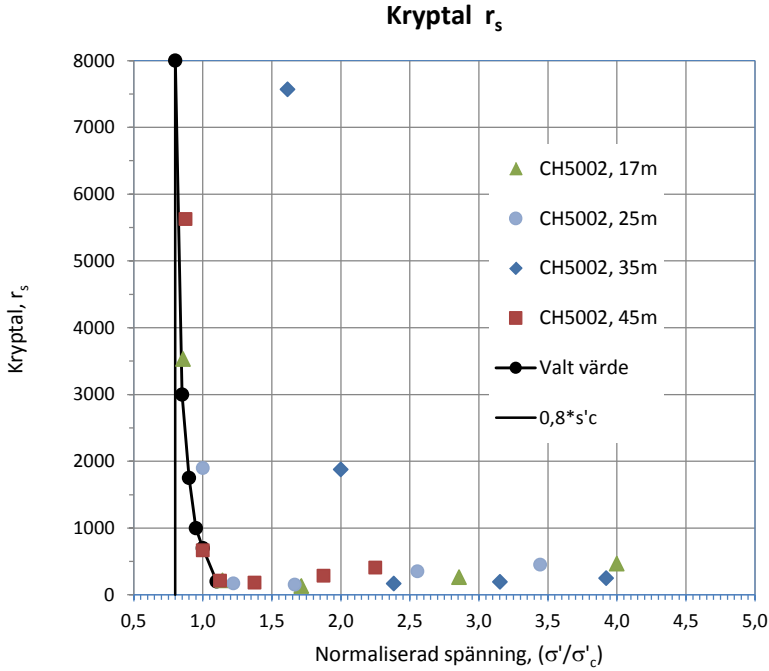
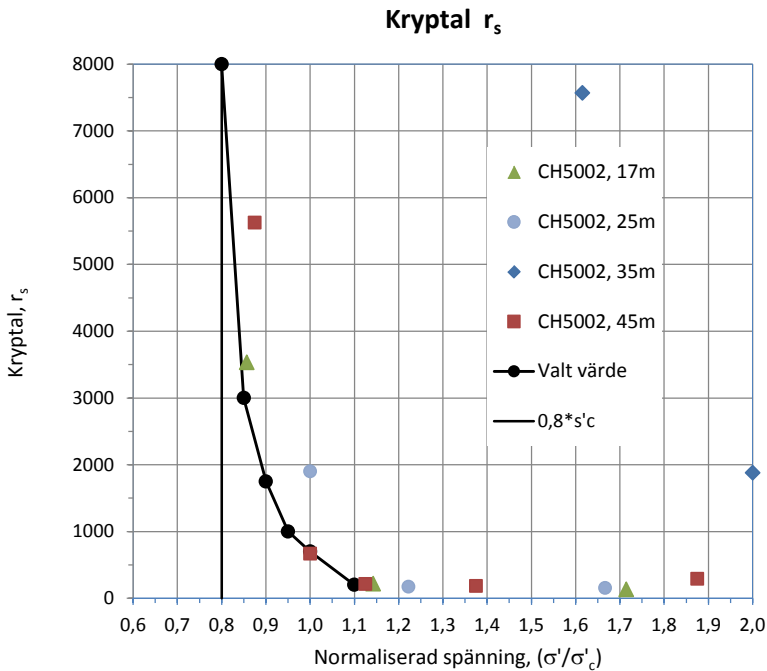
KRYPPPARAMETRAR
STEGVIS ÖDOMETER
2013-06-28

STATION CENTRALEN
km 457+500 - 457+800 (delområde Centralen - Kvarnberget)

BILAGA 10.2.4.4

Parameter Värden som ska användas vid beräkningar
(GS Settlements)

α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0	8000 vid $b_0 = 0,8$
r_0	3000 vid $b_0 = 0,85$
r_0	1750 vid $b_0 = 0,9$
r_0	1000 vid $b_0 = 0,95$
r_0	700 vid $b_0 = 1,0$
r_1	200
t_{ref}	-1 dag
β_K	4

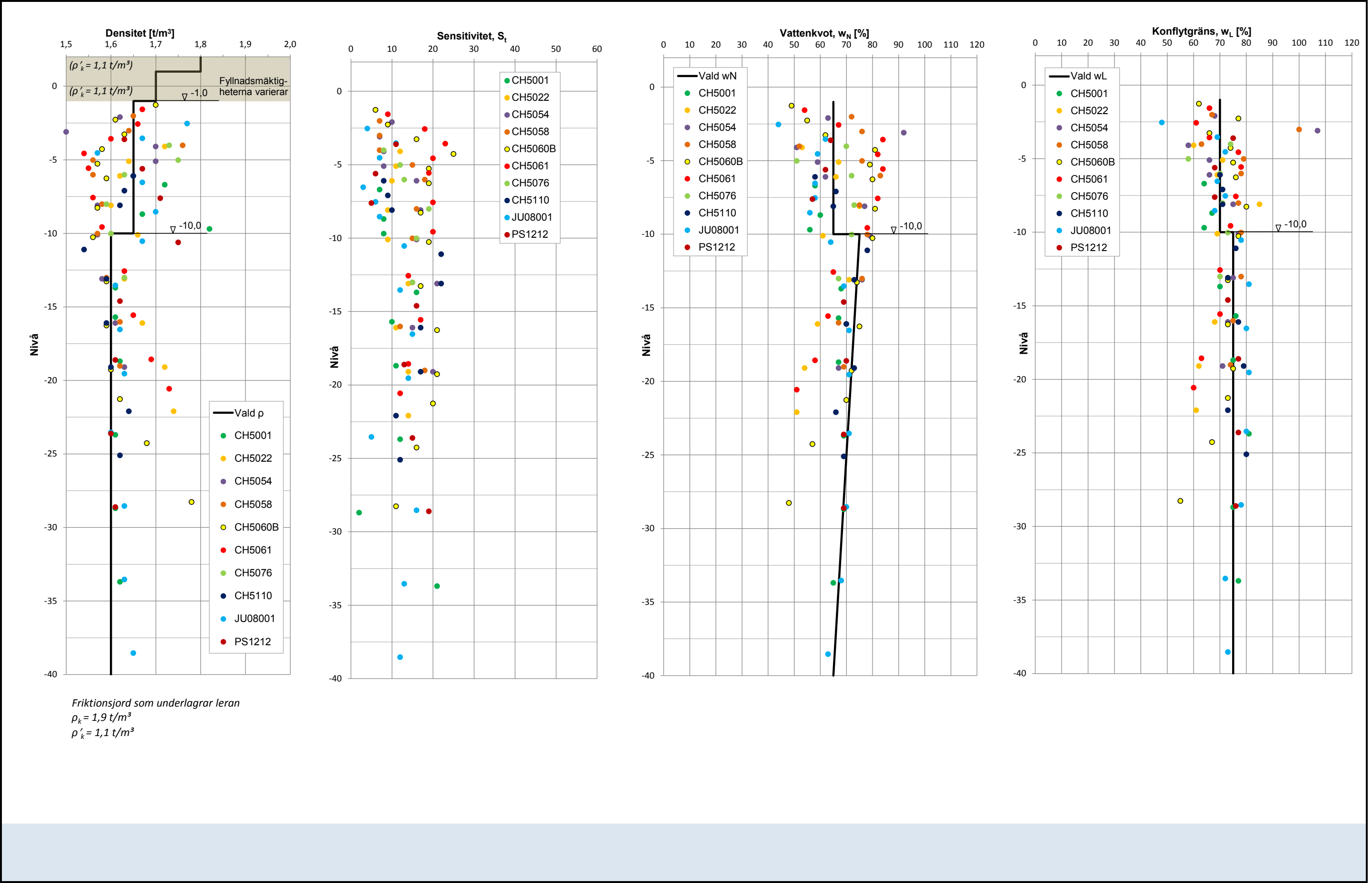


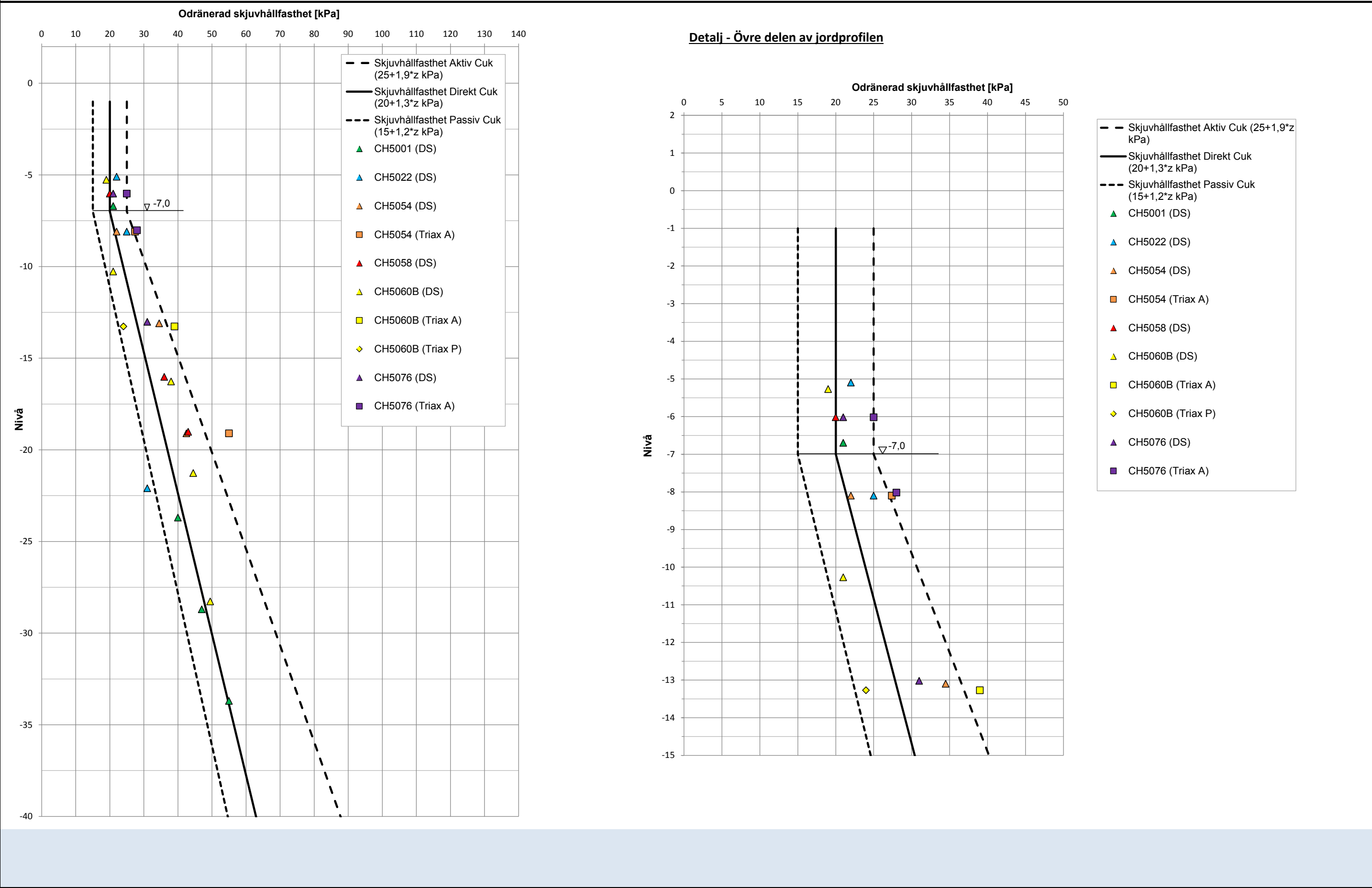
Valda värden från diagram ovan kan jämföras med empiriskt framtagna kryptal.

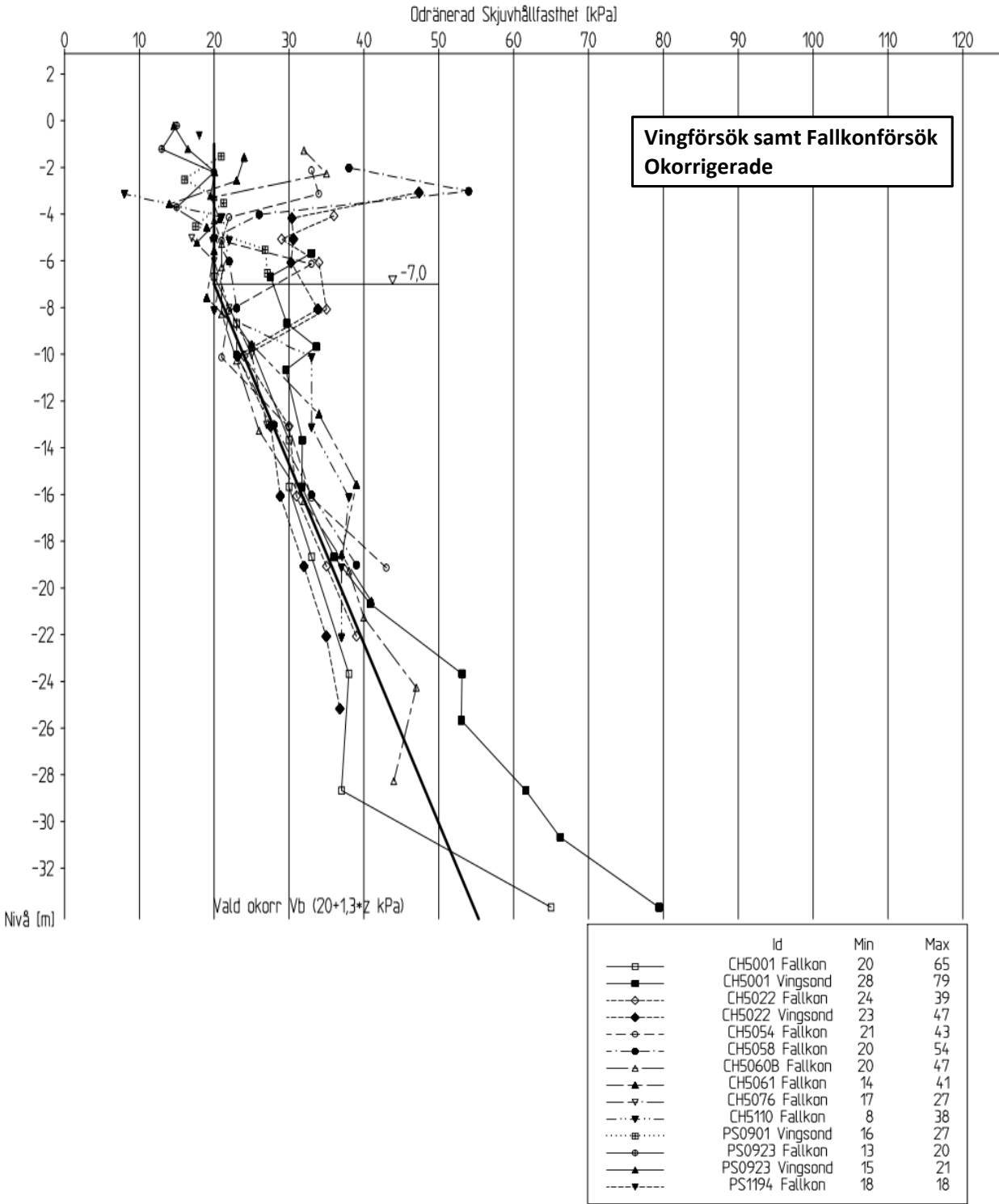
Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i "Val av kryptal för lösa plastiska leror", daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

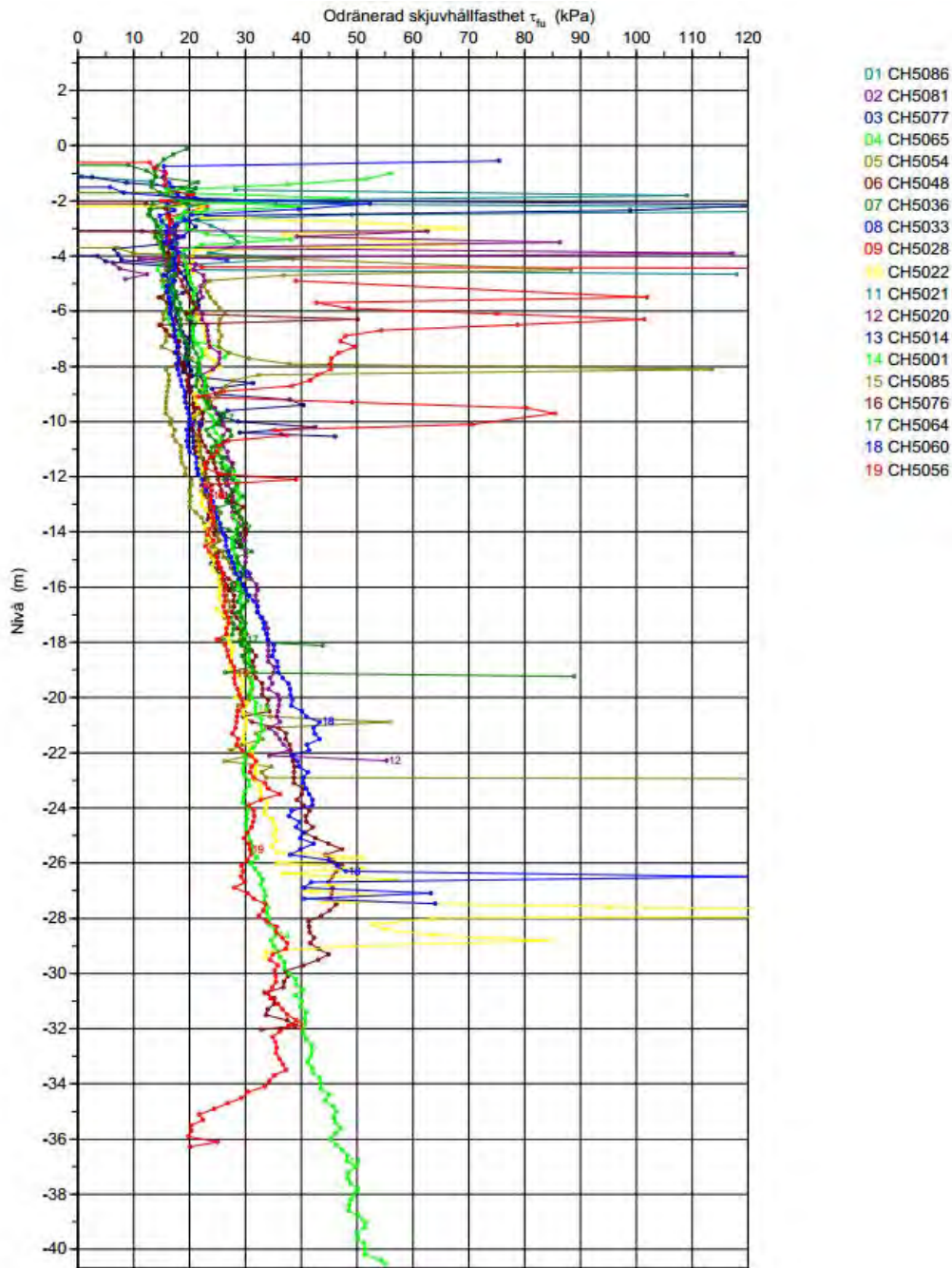
$$\begin{aligned} &\text{För } 0.75 < b < b_1 \\ &r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0.75 - \frac{\Delta\sigma}{\sigma'_{c_{sat}}}} + r_1 \quad \max r_0 = 8000 \\ &\text{För } b \geq b_1 \text{ gäller } r_1 \end{aligned}$$

Där $b_1=1,1$ och $b_0= \sigma'_0/\sigma'_c$









Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

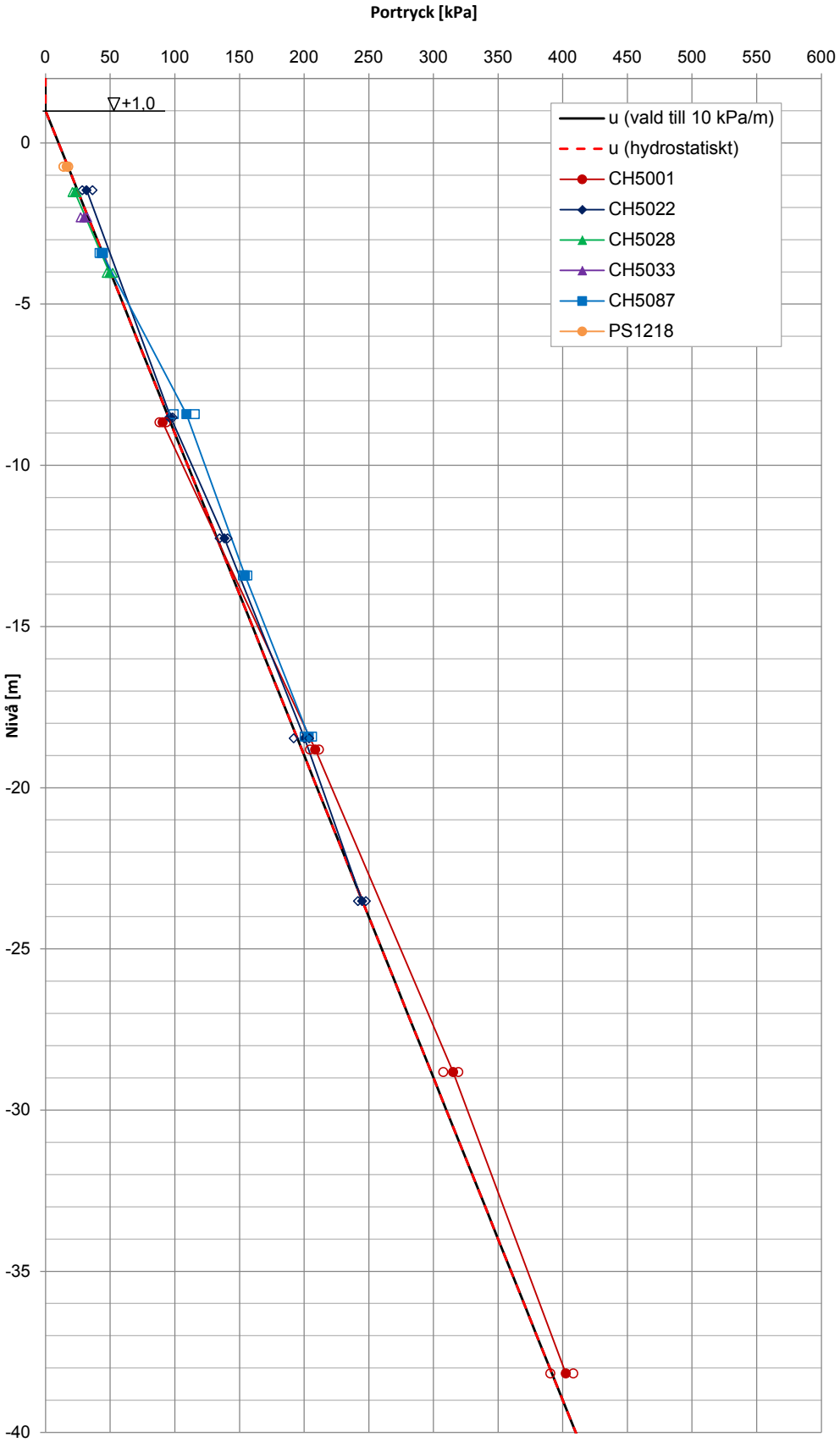
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

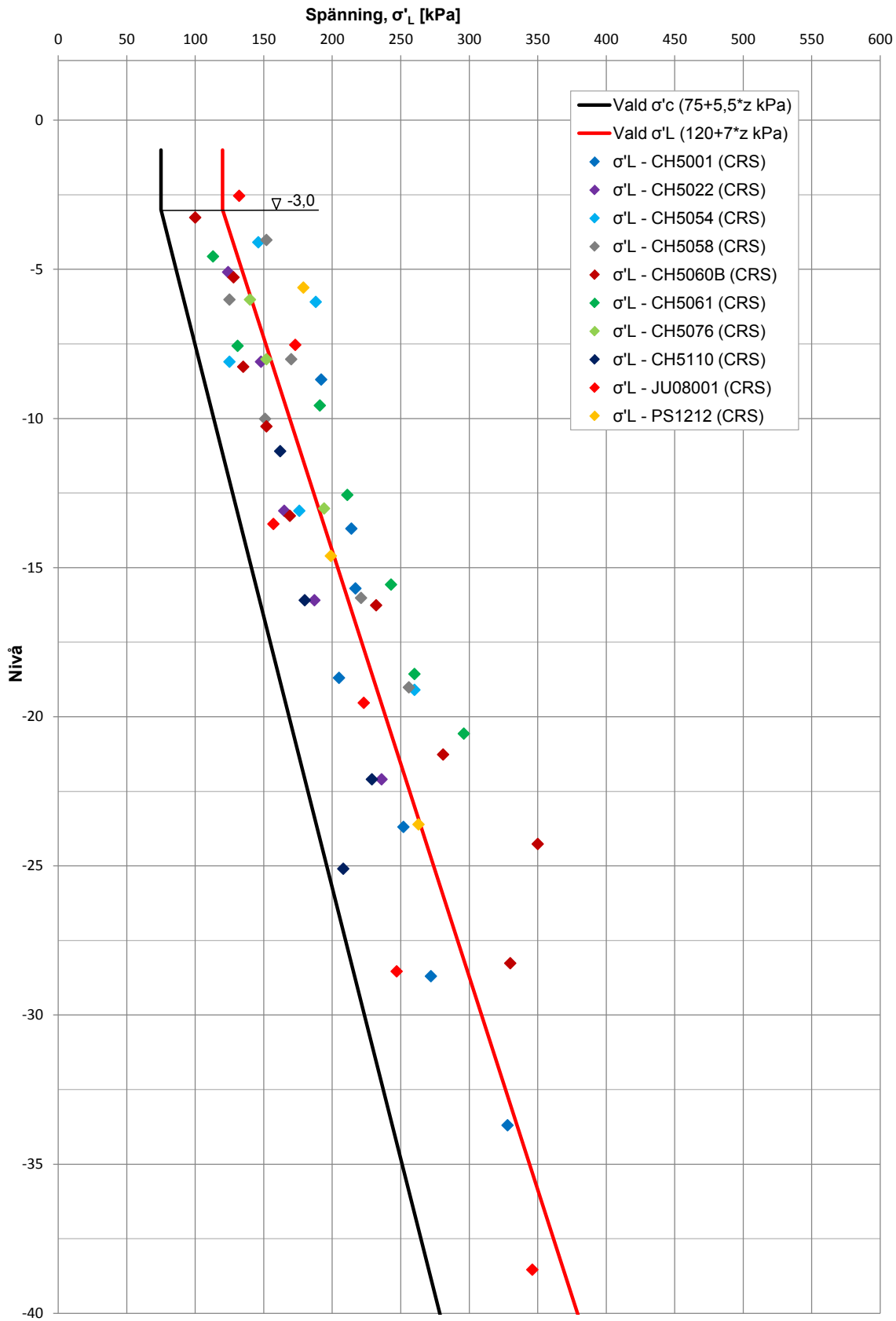
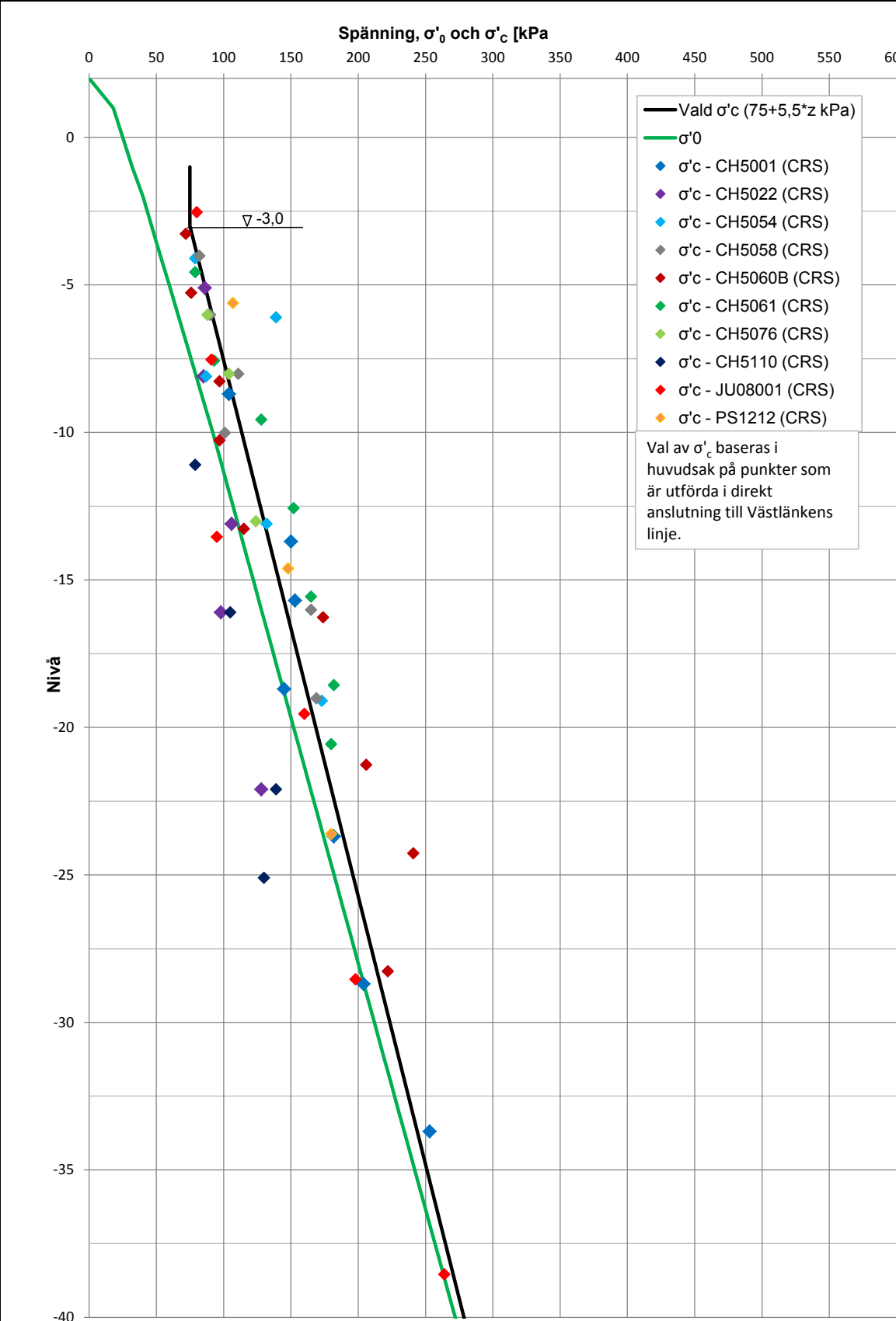
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

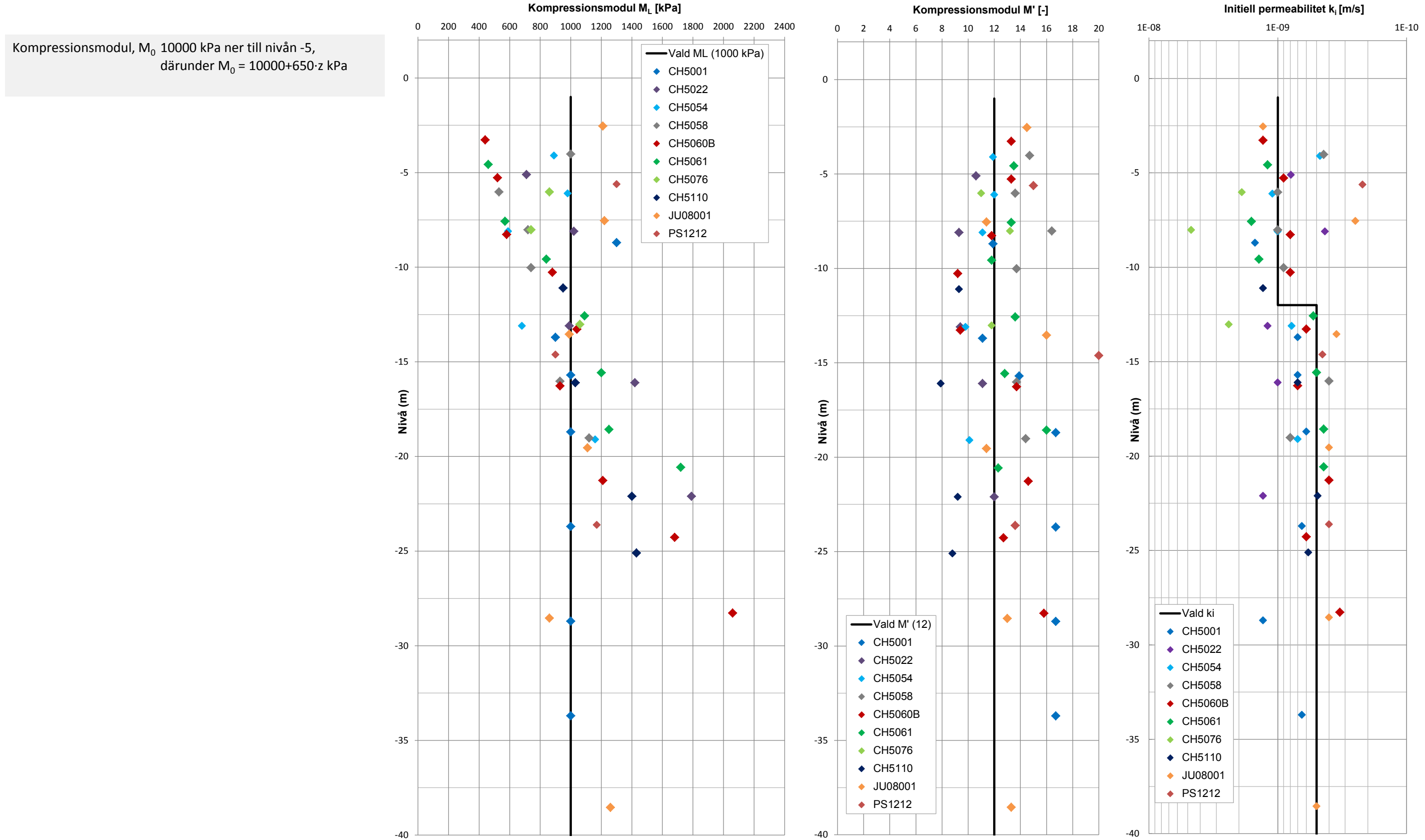
Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

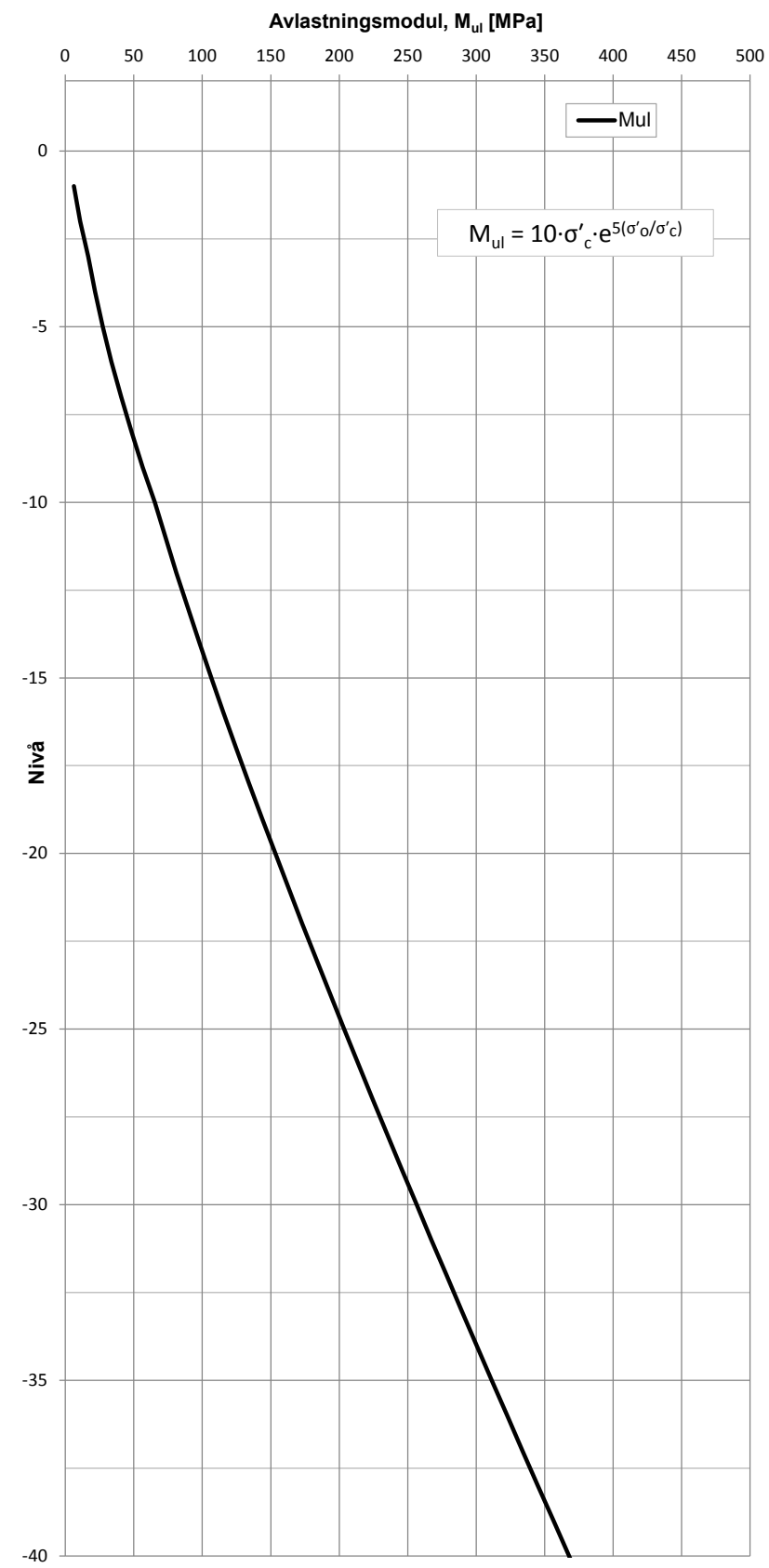
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser min.- och max-värde.

Mätperiod: 2012-04-10 - 2014-05-15









VÄSTLÄNKEN

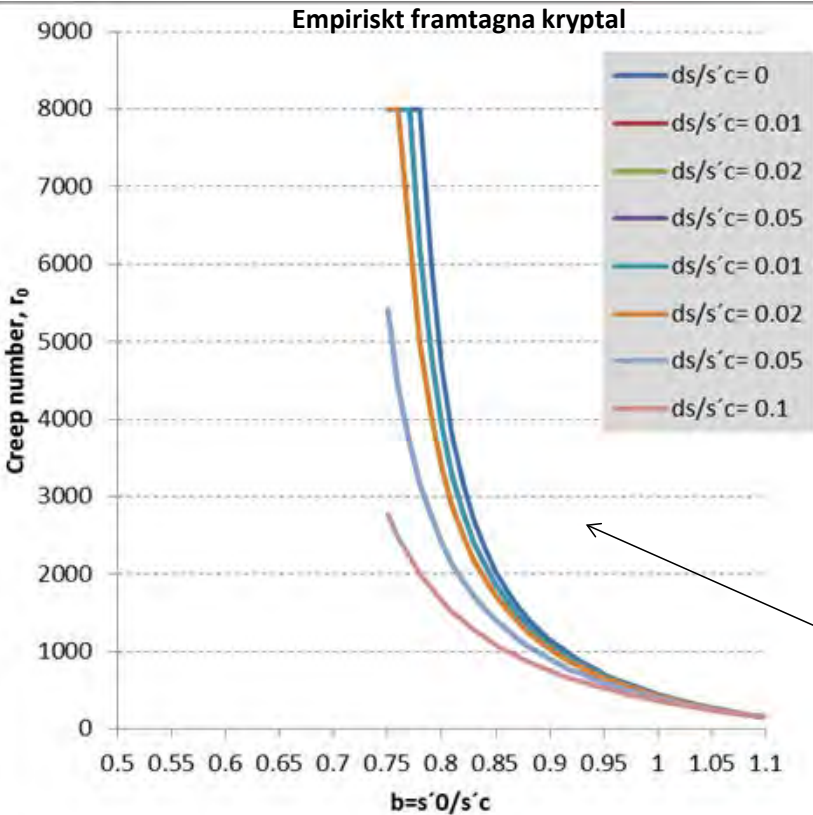
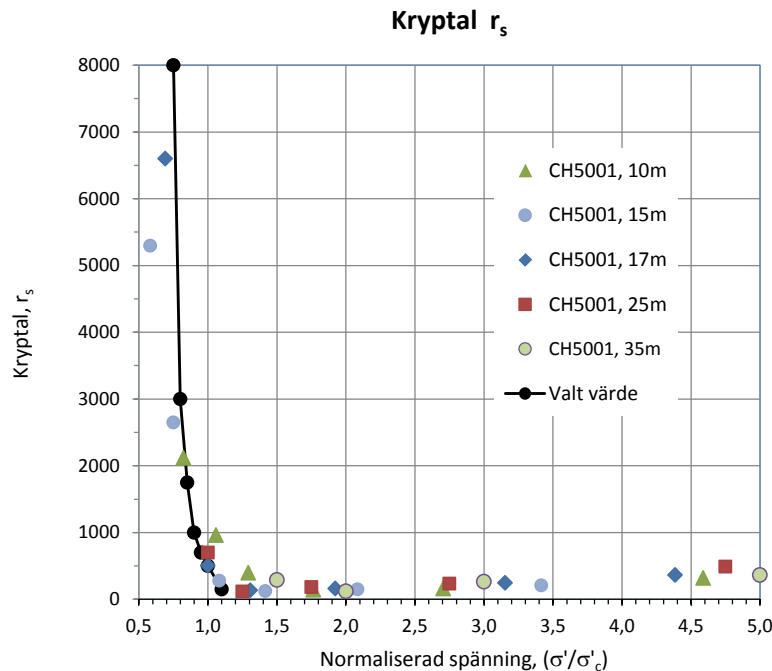
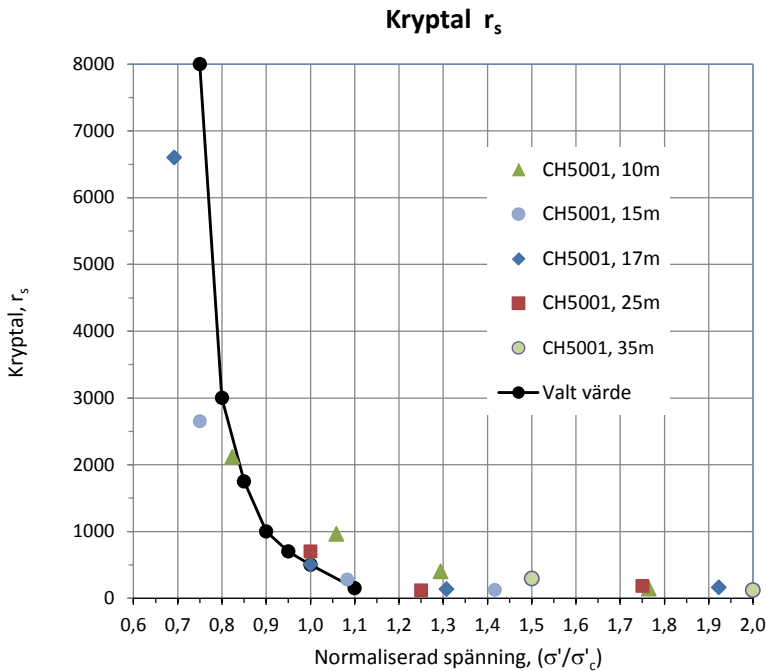
KRYPPPARAMETRAR
STEGVIS ÖDOMETER
2013-08-29

LINJE STATION CENTRALEN - STATION HAGA
km 457+800 - 458+300 (delområde Packhusplatsen)

BILAGA 11.1.4.4

Parameter Värden som ska användas vid beräkningar
(GS Settlements)

α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0	8000 vid $b_0 = 0,75$
r_0	3000 vid $b_0 = 0,8$
r_0	1750 vid $b_0 = 0,85$
r_0	1000 vid $b_0 = 0,9$
r_0	700 vid $b_0 = 0,95$
r_0	500 vid $b_0 = 1,0$
r_1	150
t_{ref}	-1 dag
β_K	4



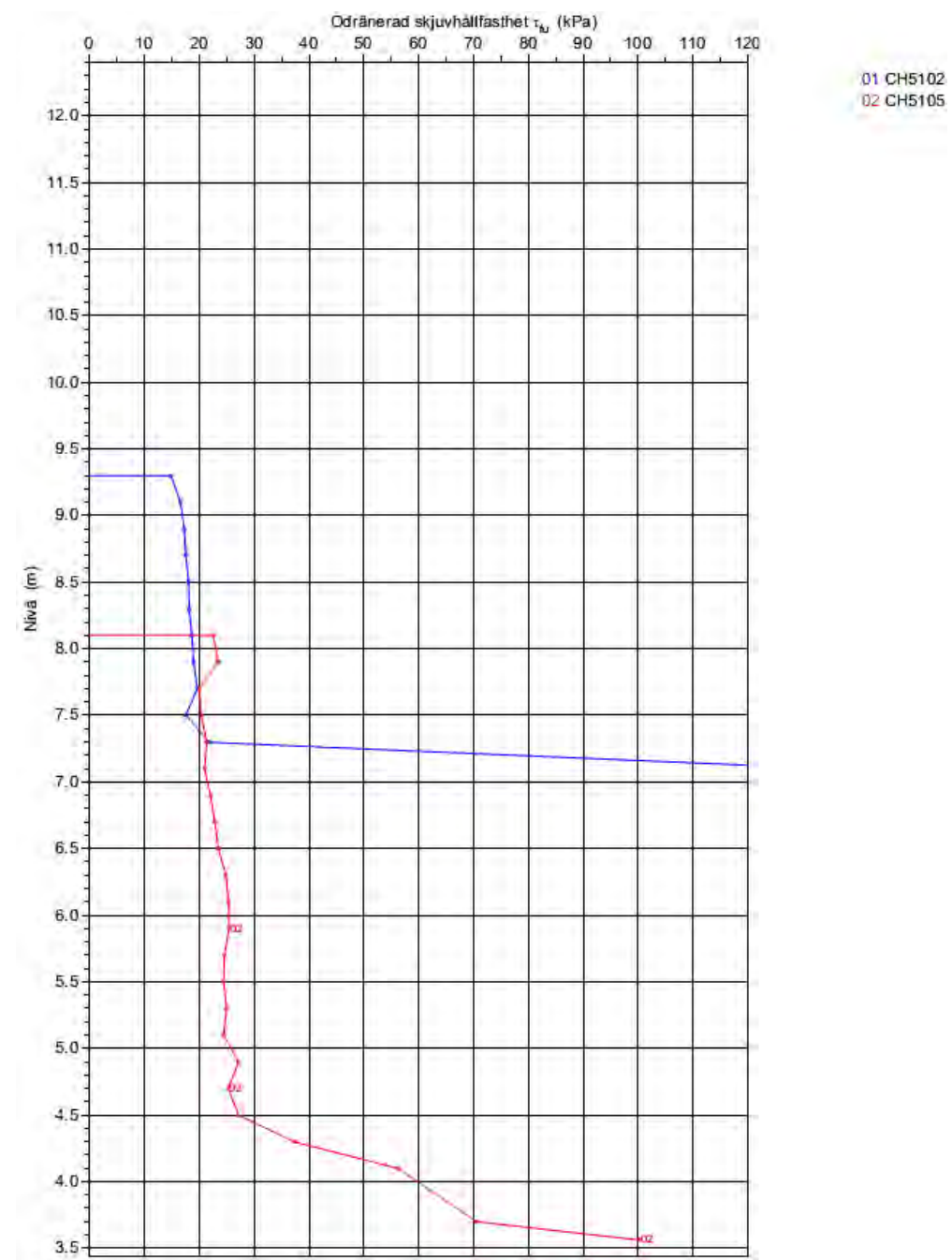
Valda värden från diagram ovan kan jämföras med empiriskt framtagna kryptal.

Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i "Val av kryptal för lösa plastiska leror", daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

$$r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0,75 - \frac{\Delta \sigma}{\sigma'_{c_{sat}}}} + r_1 \quad \text{max } r_0 = 8000$$

För $0,75 < b < b_1$
För $b \geq b_1$ gäller r_1

Där $b_1=1,1$ och $b_0= \sigma'_0/\sigma'_c$



Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min- och max-värde.

Portryck [kPa]

Nivå [m]

CH5103

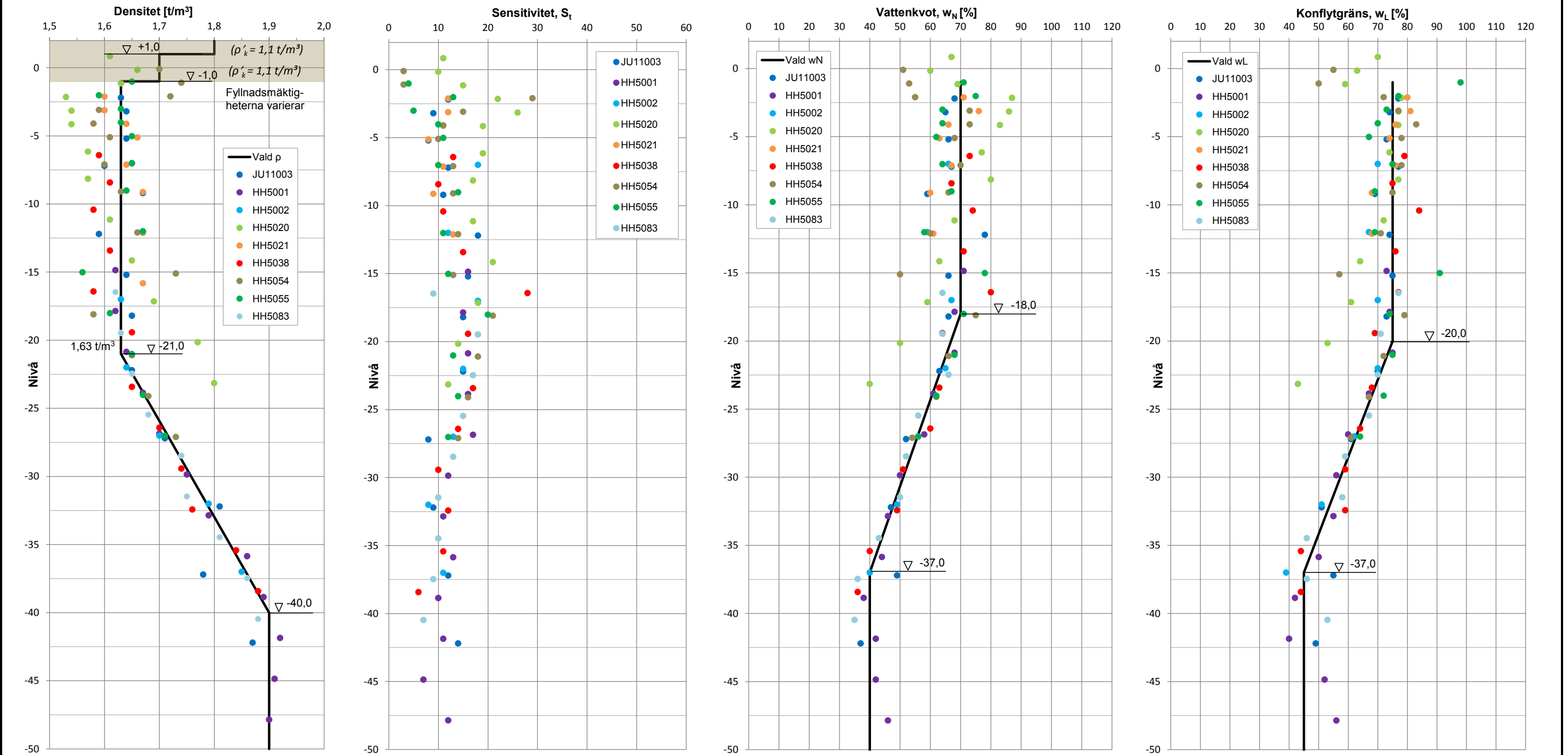
CH5103 gv-rör

CH4008 gv-rör

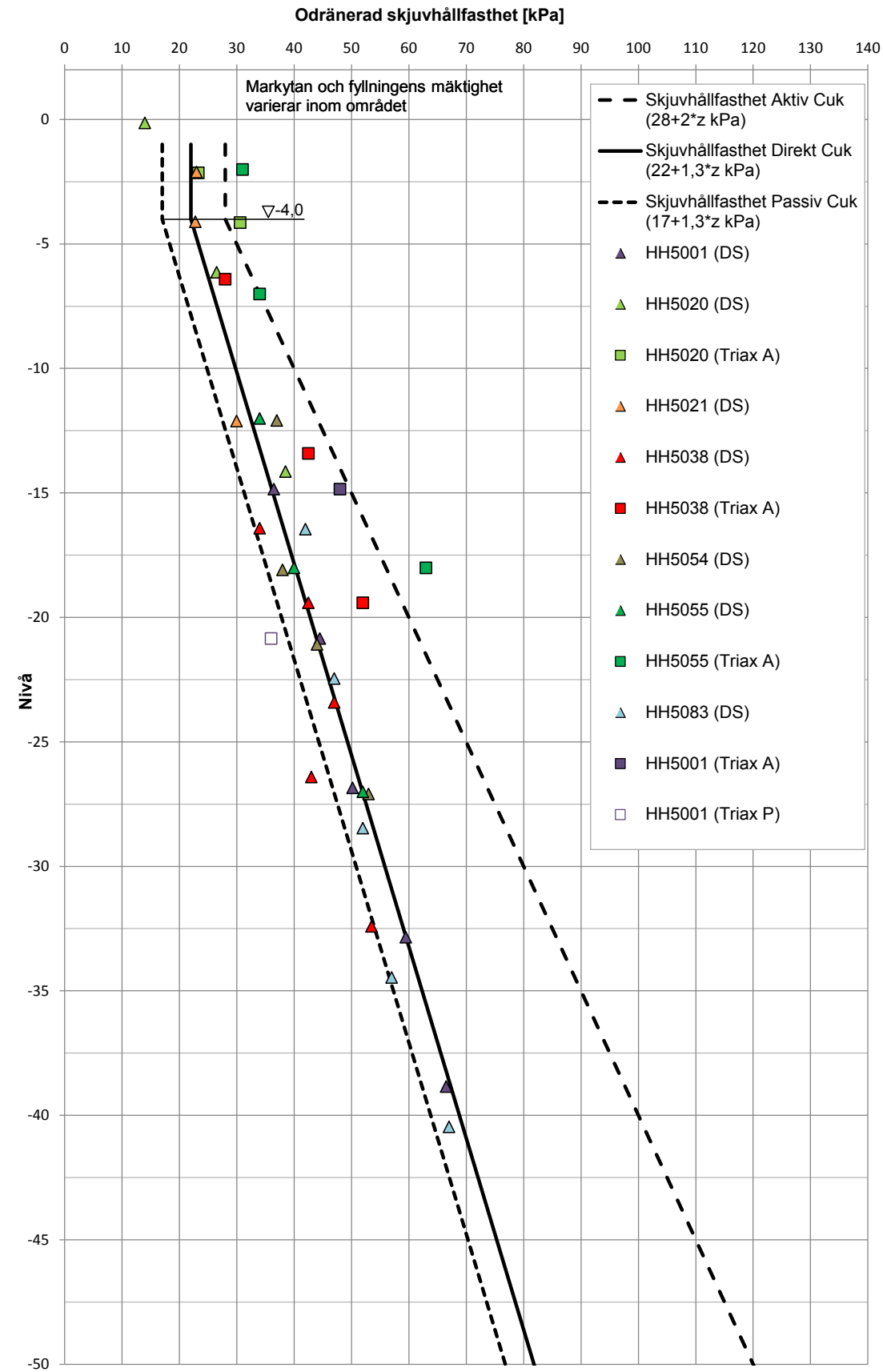
u (vald till 10 kPa/m)

u (hydrostatiskt)

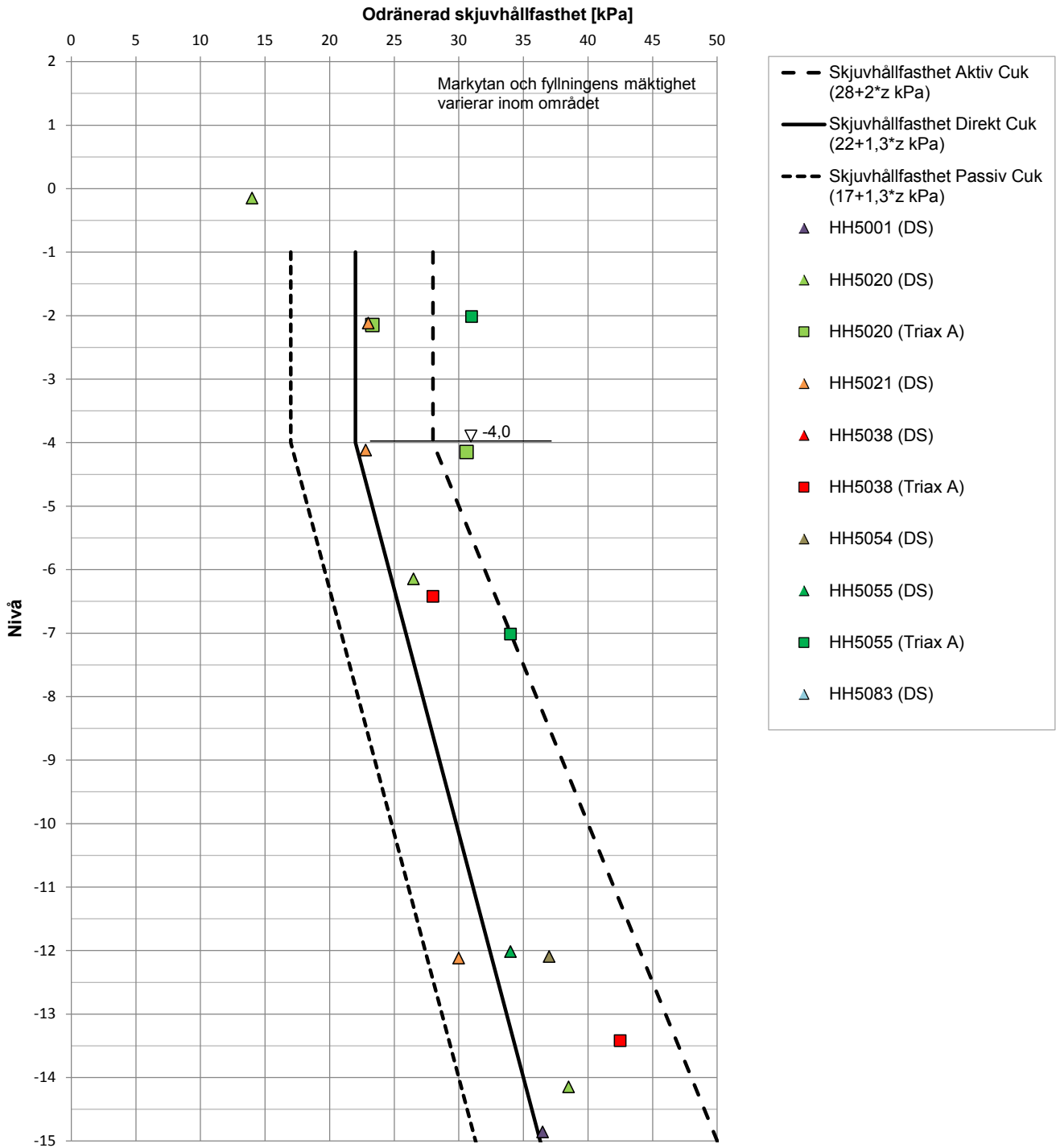
+9,5

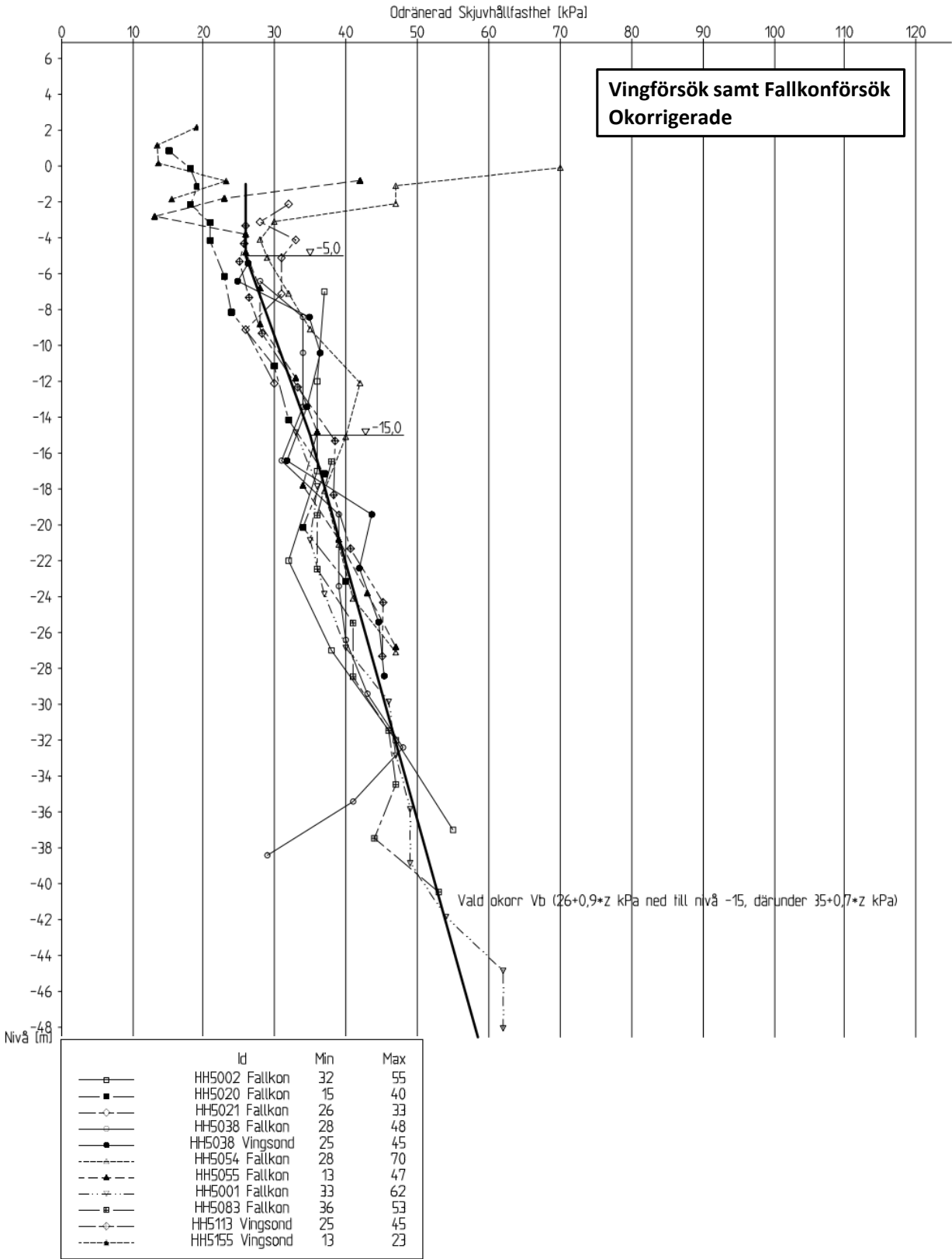


Frikationsjord som underlagrar leran
 $\rho_k = 1,9 \text{ t/m}^3$
 $\rho'_k = 1,1 \text{ t/m}^3$



Detalj - Övre delen av jordprofilen



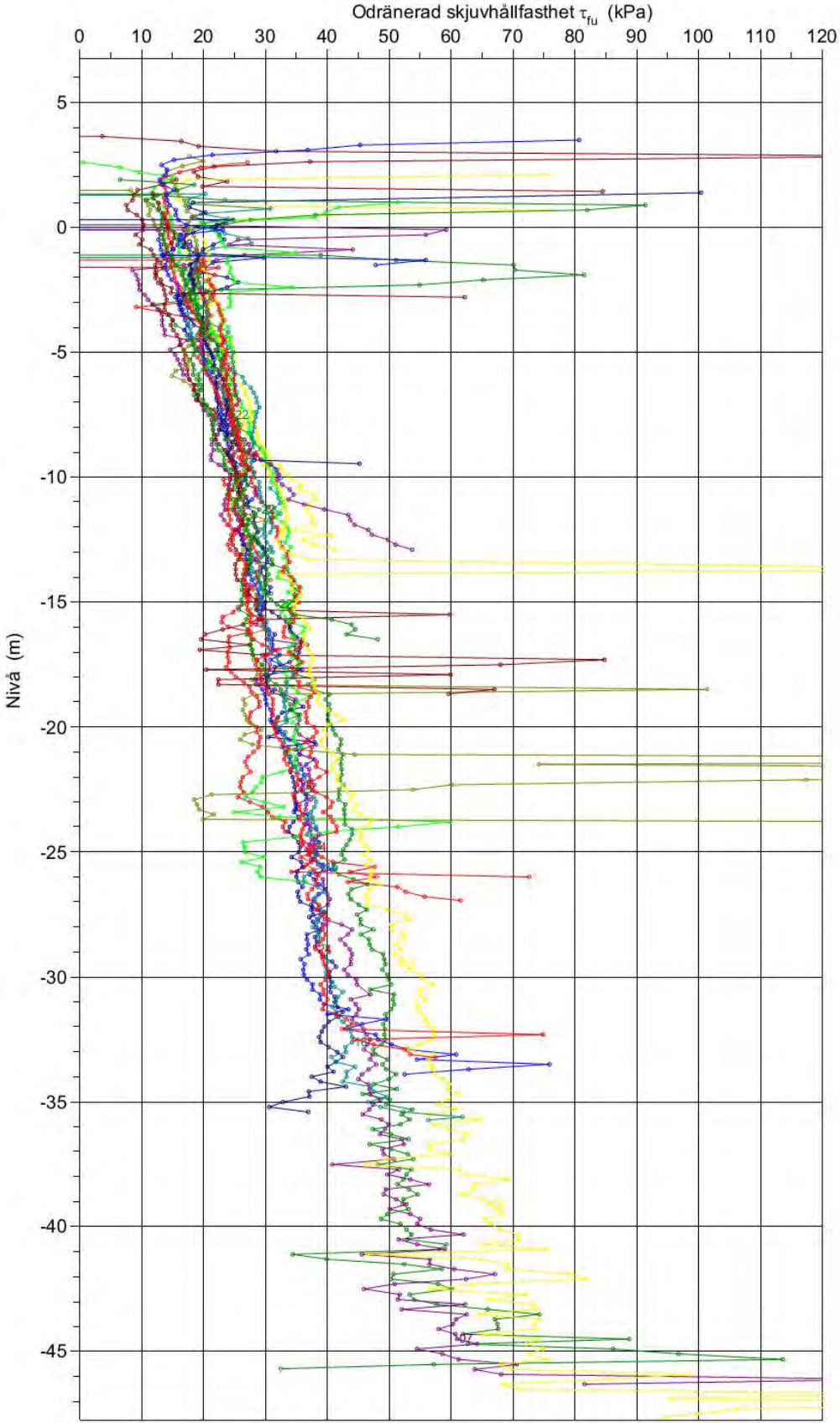


VÄSTLÄNKEN

ODRÄNERAD SKJUVHÅLLFASTHET
SAMMANSTÄLLNING AV UTVÄRDERADE CPT-SONDERINGAR
2013-09-30

STATION HAGA
km 458+800 - 459+100

BILAGA 12.1.2.3



- 01 HH5153
- 02 HH5083
- 03 HH5078
- 04 HH5073
- 05 HH5072
- 06 HH5056B
- 07 HH5055
- 08 HH5054
- 09 HH5041
- 10 HH5040
- 11 HH5025
- 12 HH5024
- 13 HH5016
- 14 HH5006
- 15 HH5002
- 16 HH5077
- 17 HH5075
- 18 HH5042
- 19 HH5039
- 20 HH5036
- 21 HH5034
- 22 HH5033
- 23 HH5027
- 24 HH5003

Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

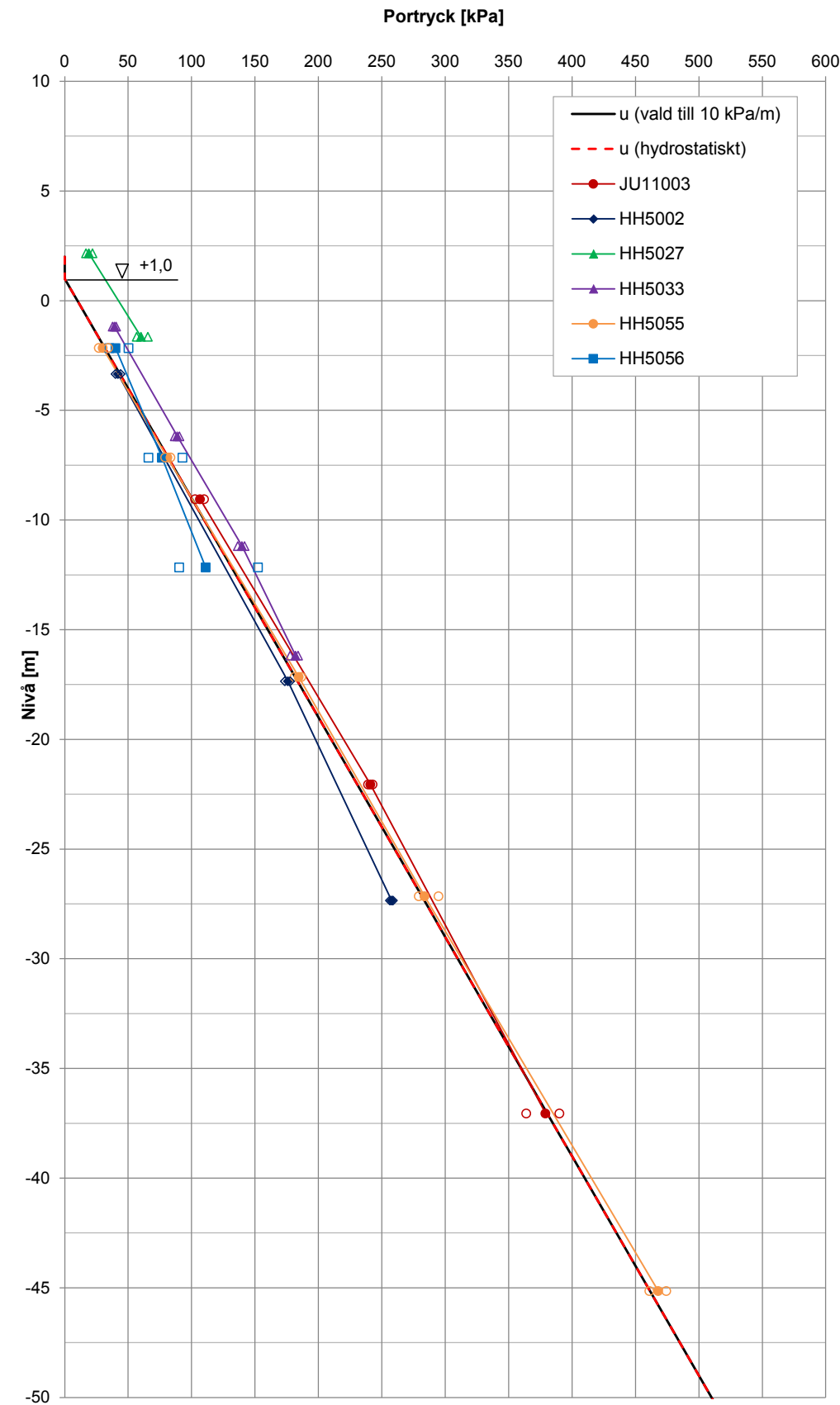
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

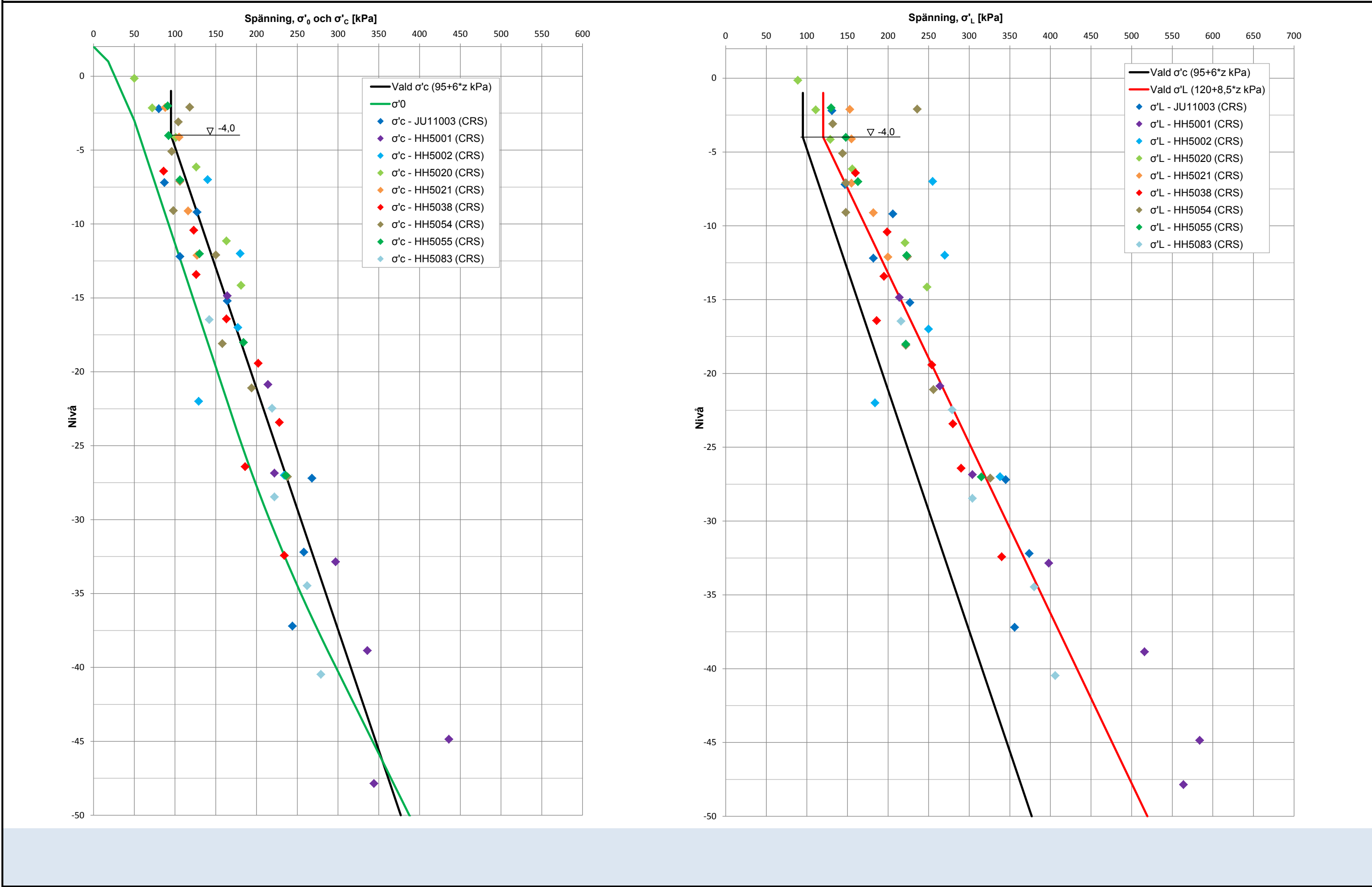
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

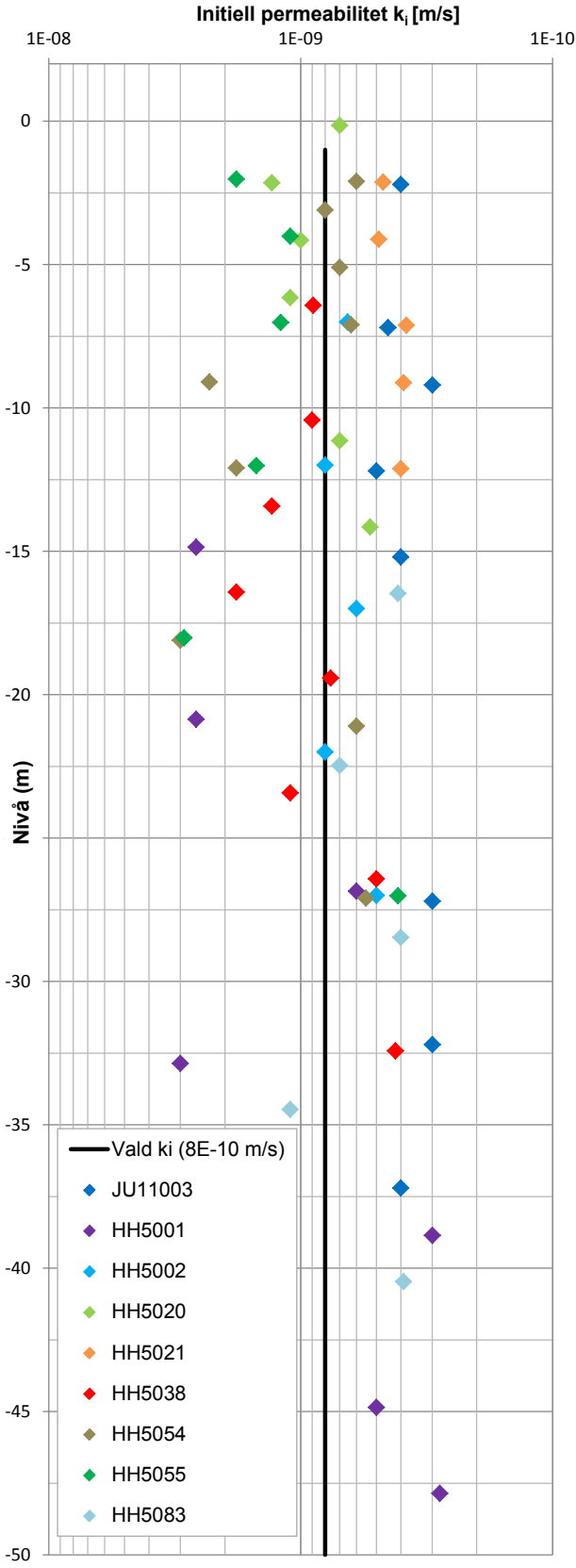
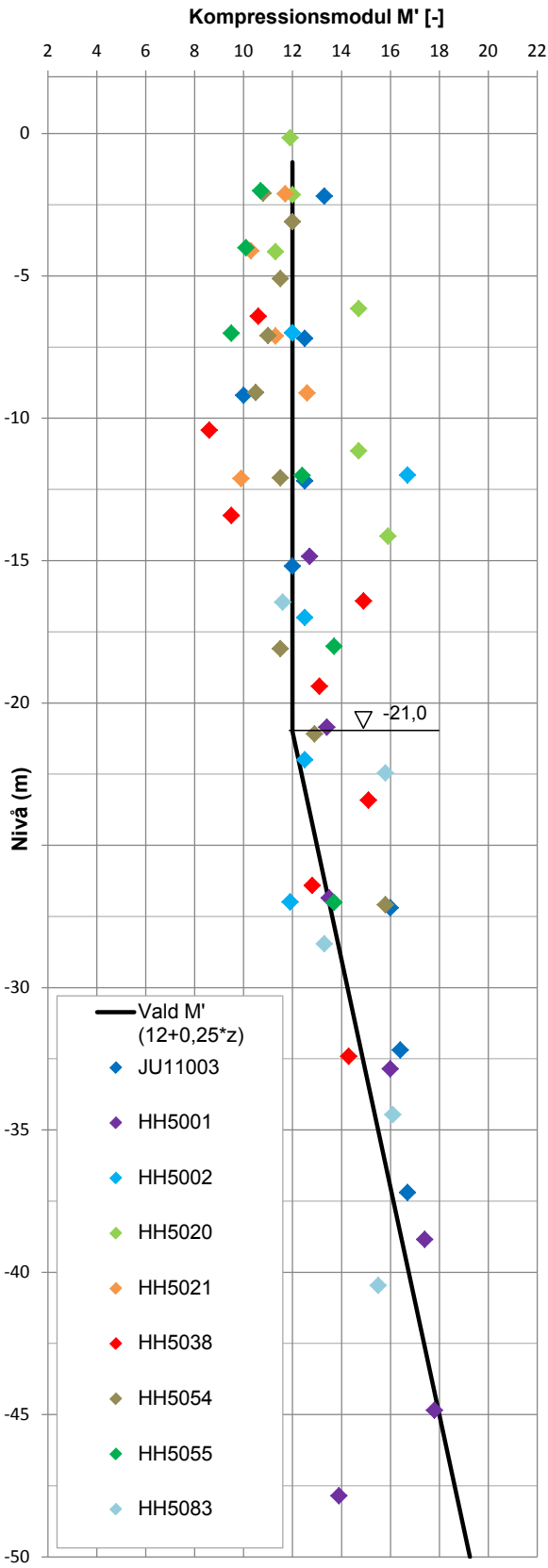
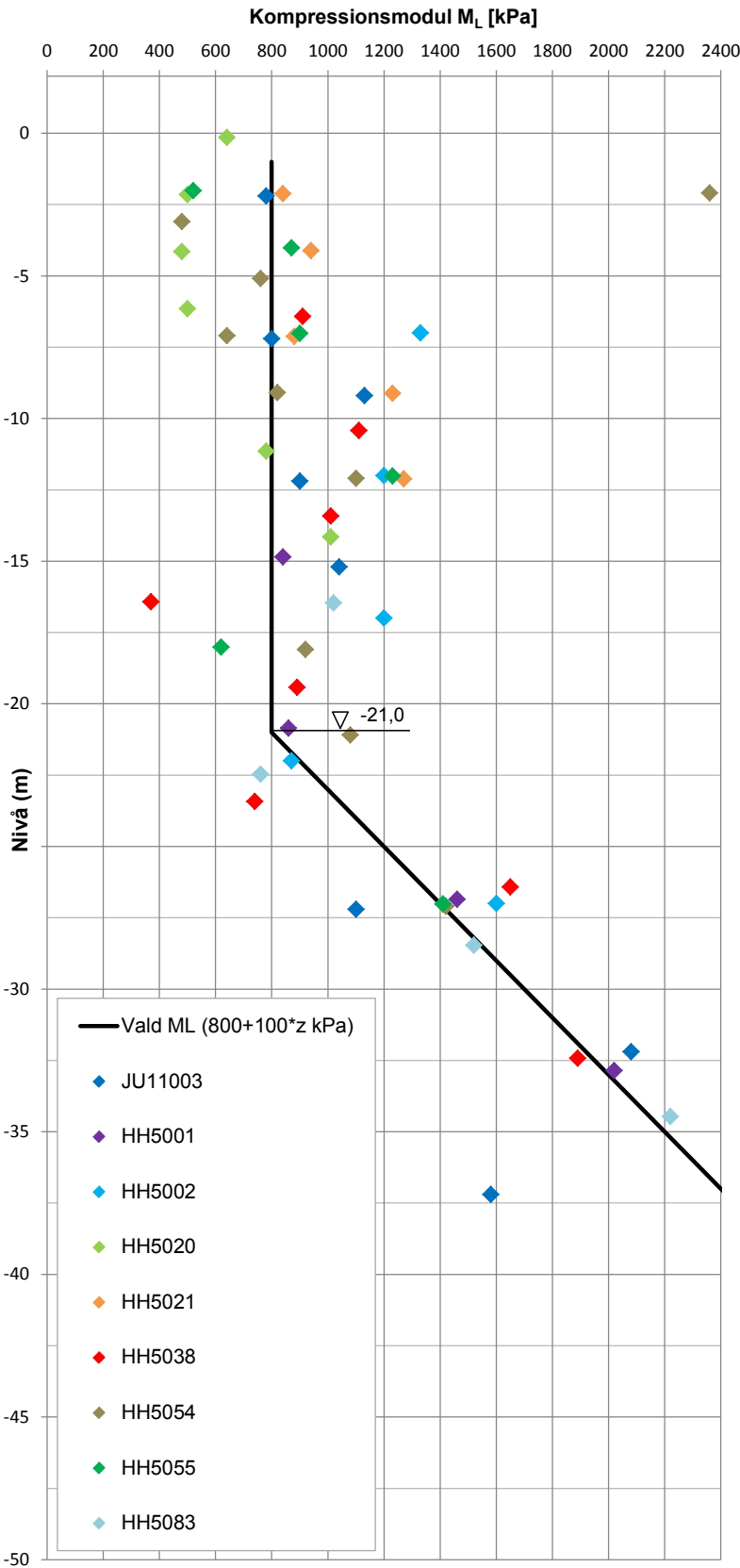
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min- och max-värde.

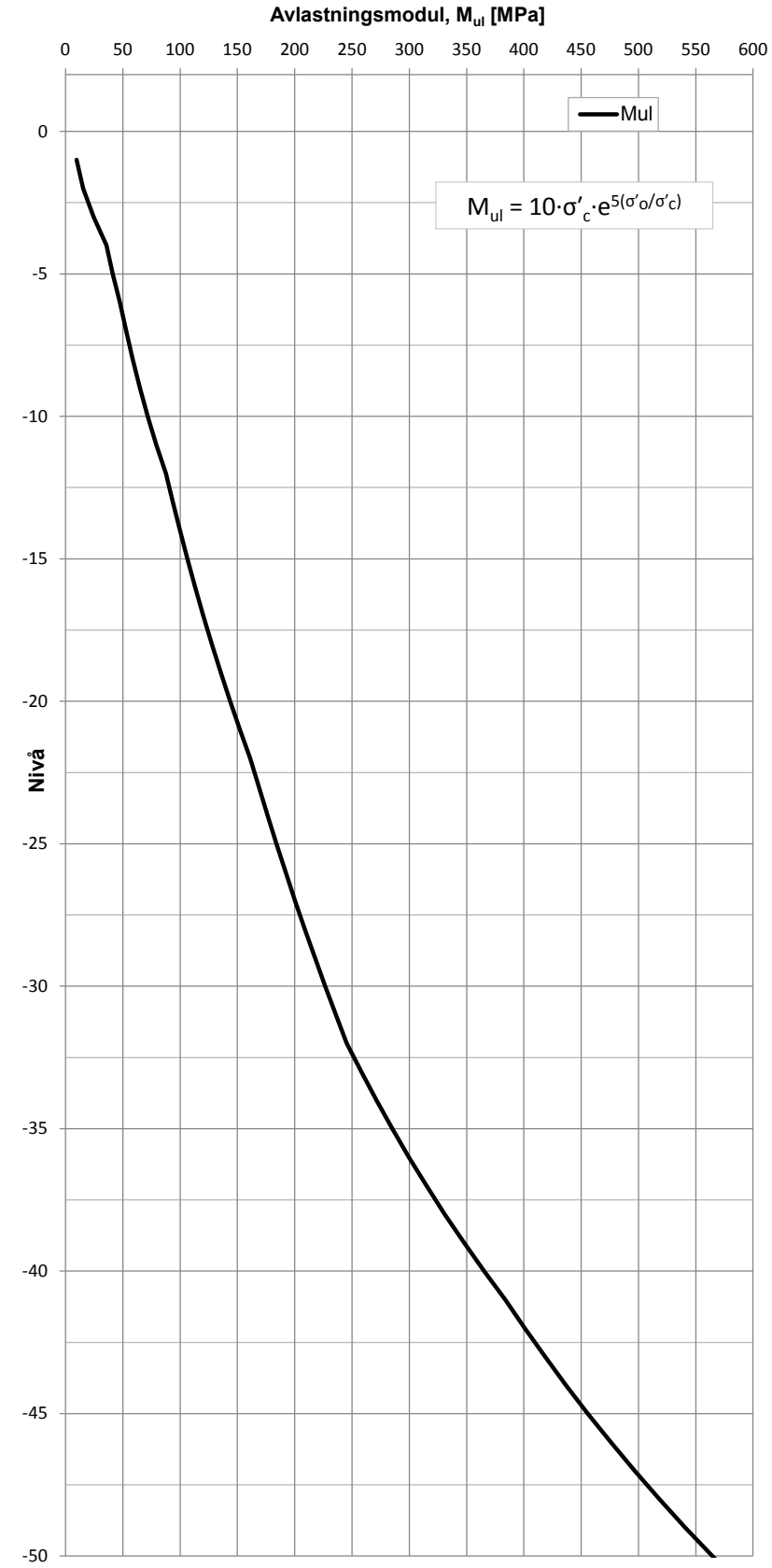
Mätperiod: 2005-03-07 - 2014-06-09





Kompressionsmodul, M_0 10 000 kPa ner till nivå -4,
därunder $M_0 = 10\,000 + 700 \cdot z$ kPa





VÄSTLÄNKEN

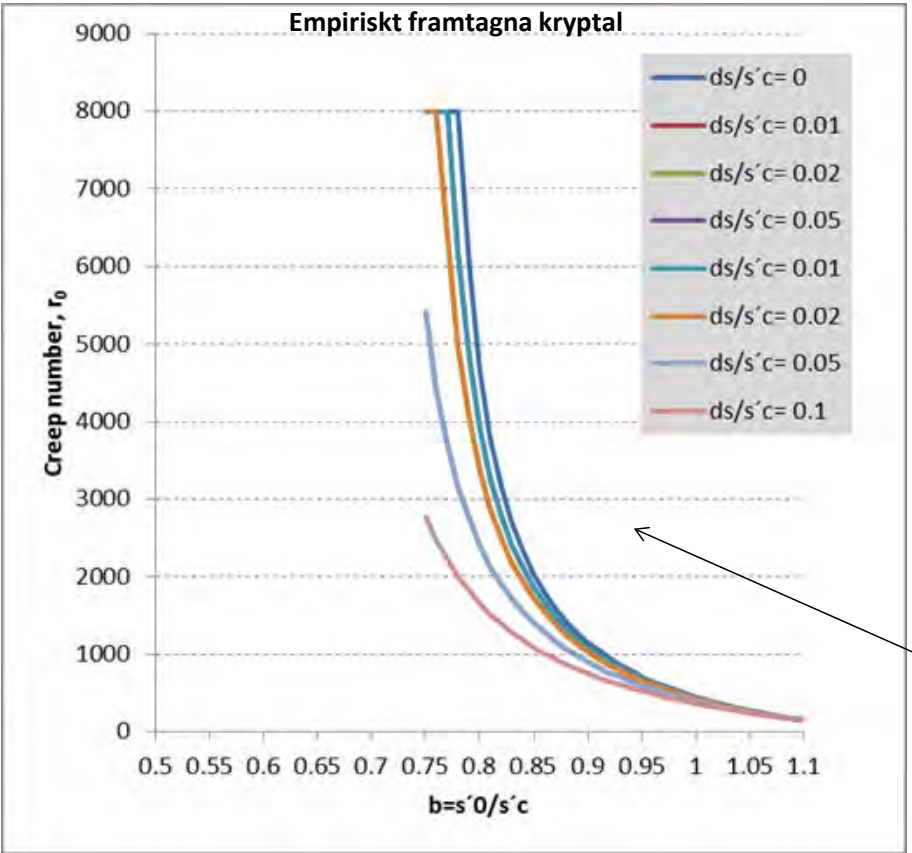
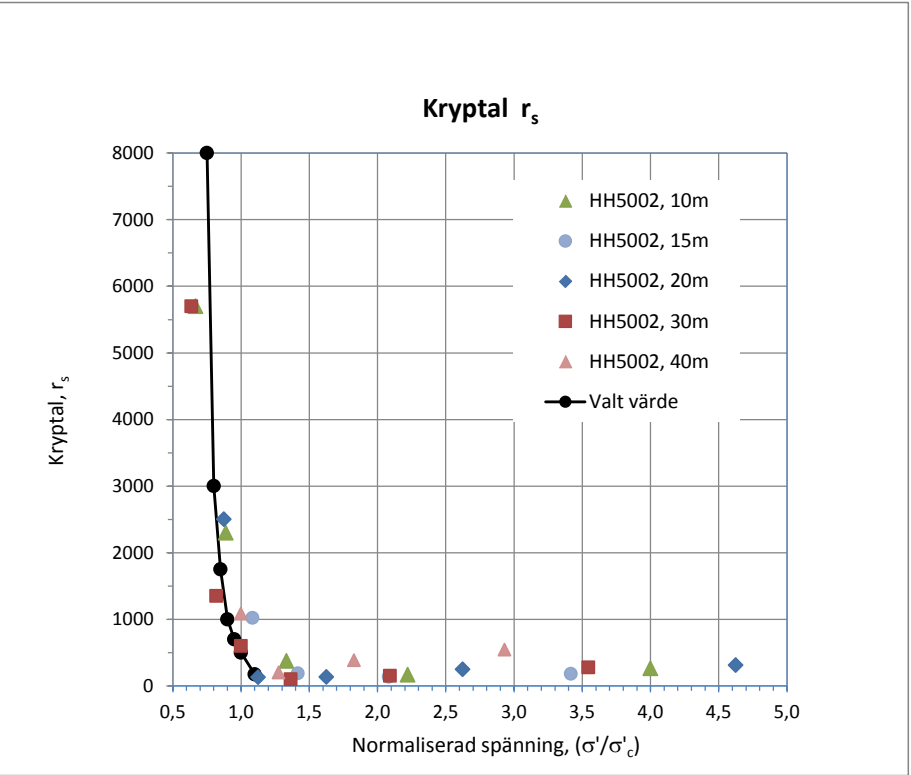
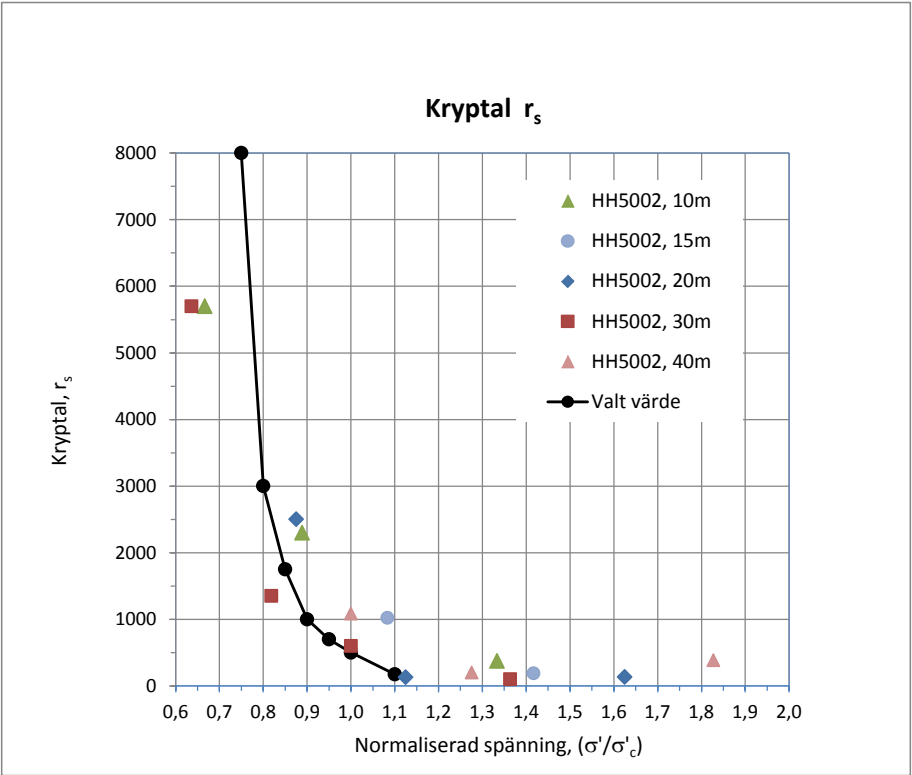
KRYPPPARAMETRAR
STEGVIS ÖDOMETER
2013-09-30

STATION HAGA
km 458+800 - 459+100

BILAGA 12.1.4.4

Parameter Värdet som ska användas vid beräkningar
(GS Settlements)

α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0	8000 vid $b_0 = 0,75$
r_0	3000 vid $b_0 = 0,8$
r_0	1750 vid $b_0 = 0,85$
r_0	1000 vid $b_0 = 0,9$
r_0	700 vid $b_0 = 0,95$
r_0	500 vid $b_0 = 1,0$
r_1	175
t_{ref}	-1 dag
β_K	4



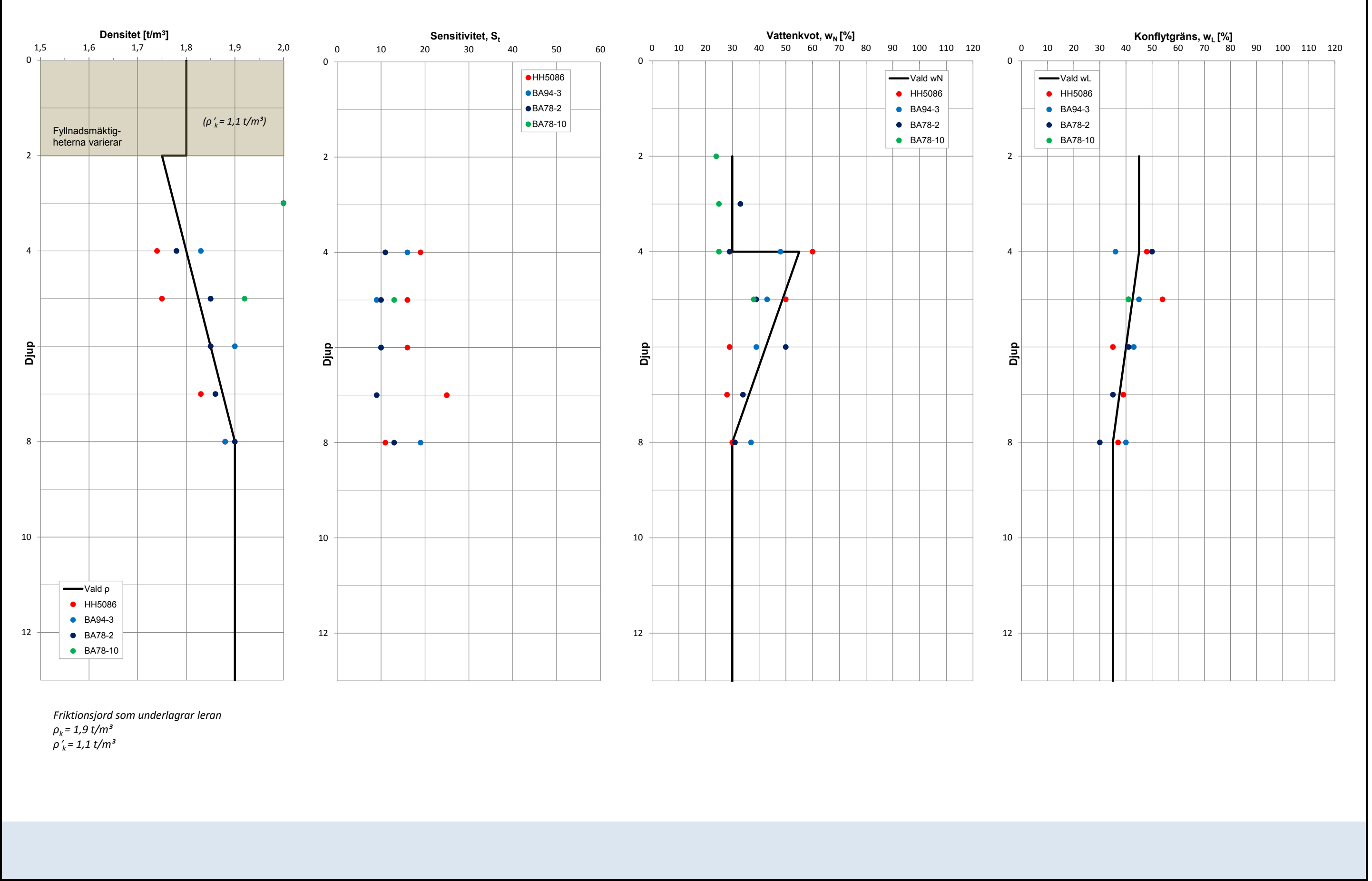
Valda värden från diagram ovan kan jämföras med empiriskt framtagna kryptal.

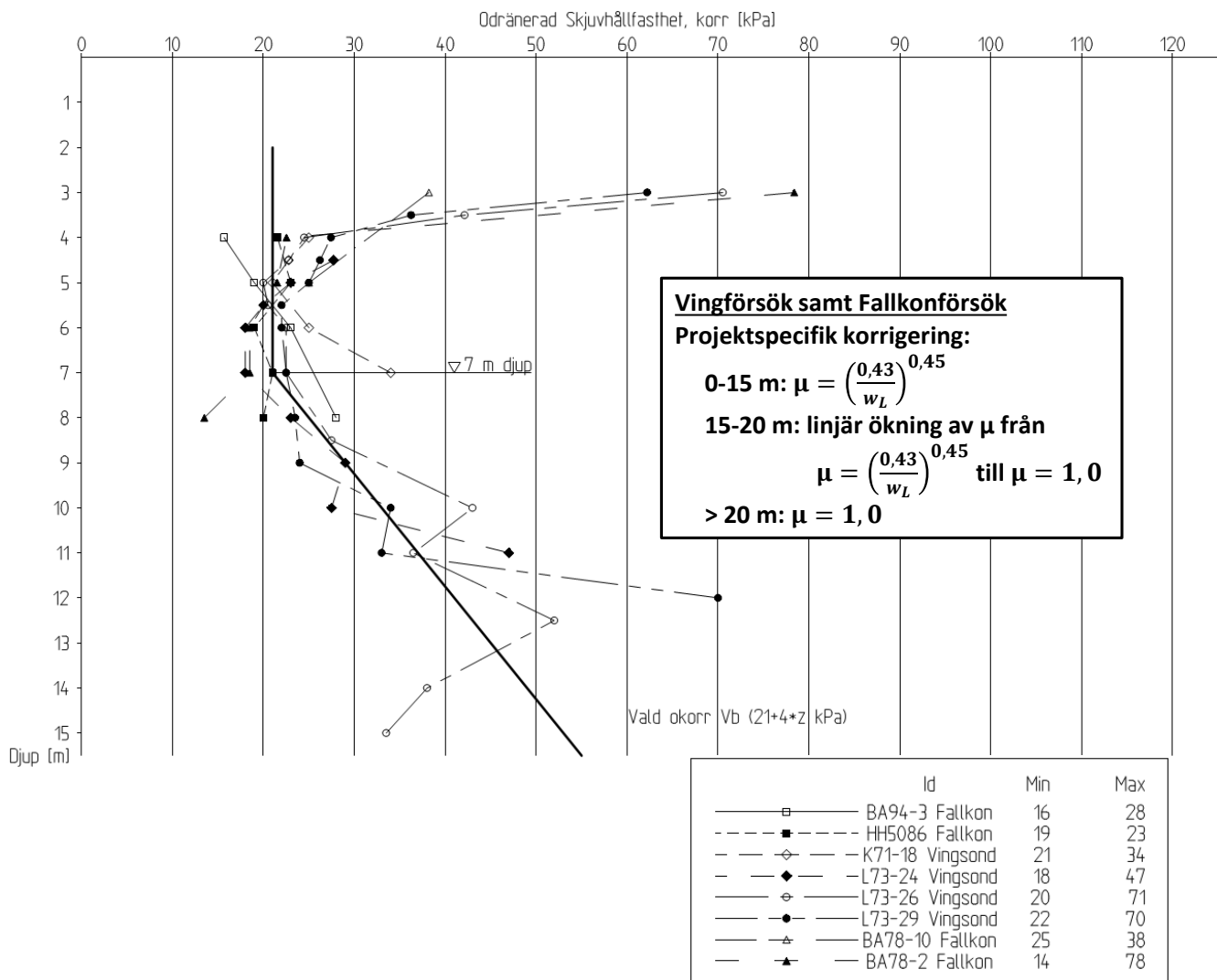
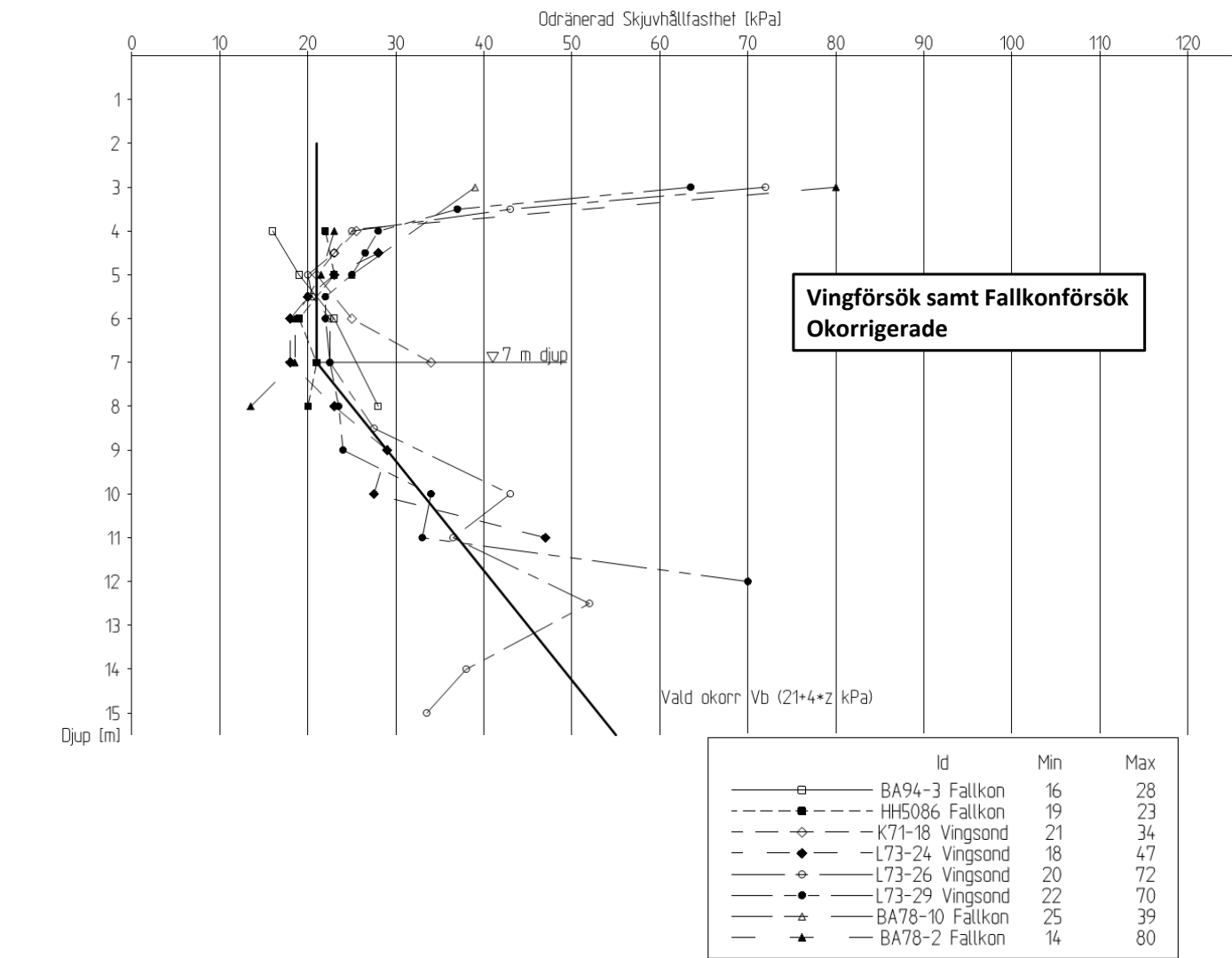
Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i "Val av kryptal för lösa plastiska leror", daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

$$r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0.75 - \frac{\Delta \sigma}{\sigma'_{c_{ref}}}} + r_1 \quad \text{max } r_0 = 8000$$

För $0.75 < b < b_1$
För $b \geq b_1$ gäller r_1

Där $b_1 = 1,1$ och $b_0 = \sigma'_0/\sigma'_c$





VÄSTLÄNKEN

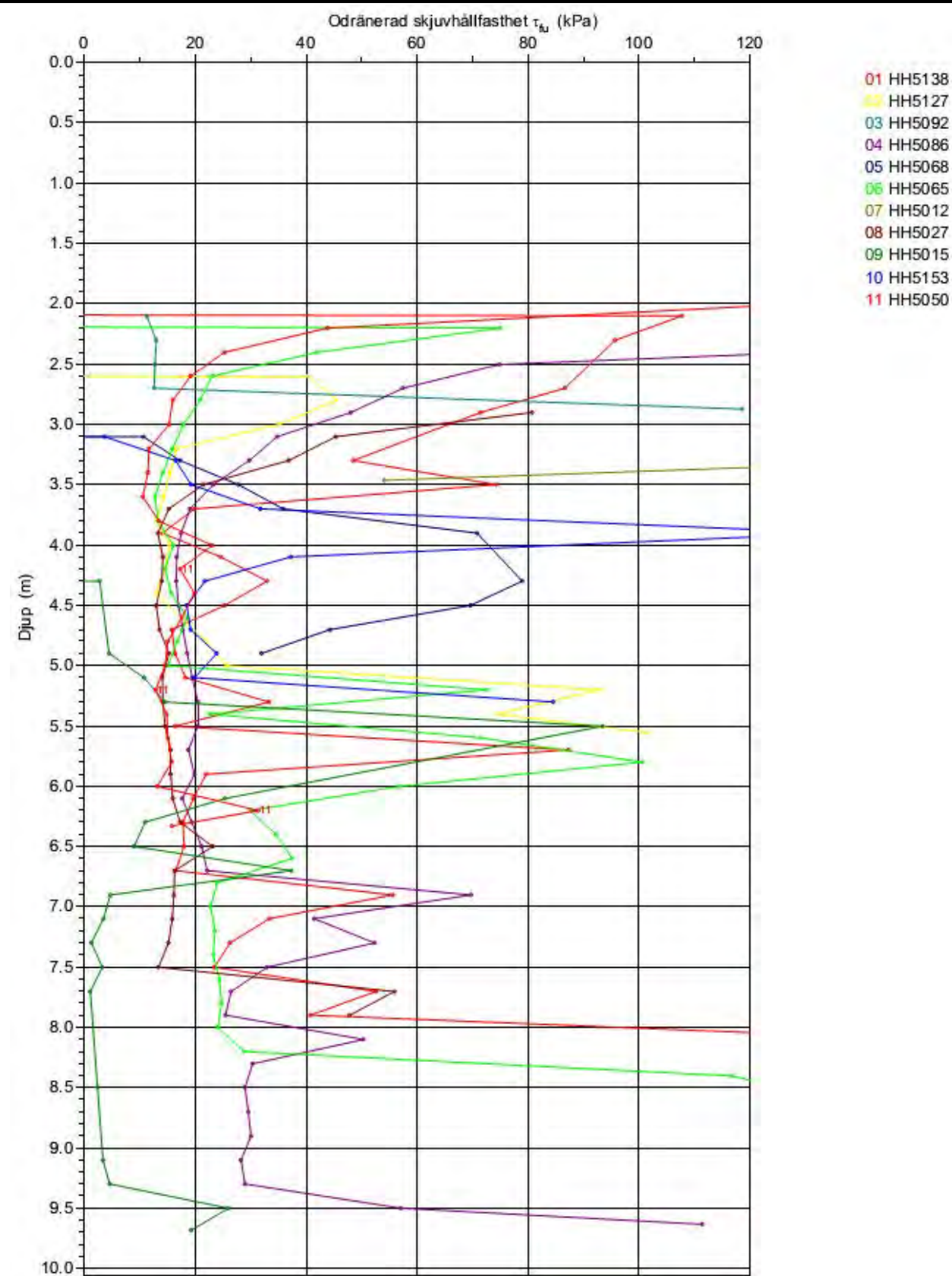
ODRÄNERAD SKJUVHÅLLFASTHET

SAMMANSTÄLLNING AV UTVÄRDERADE CPT-SONDERINGAR

2013-09-30

STATION HAGA
km 459+100 - 459+400

BILAGA 12.2.2.2



Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

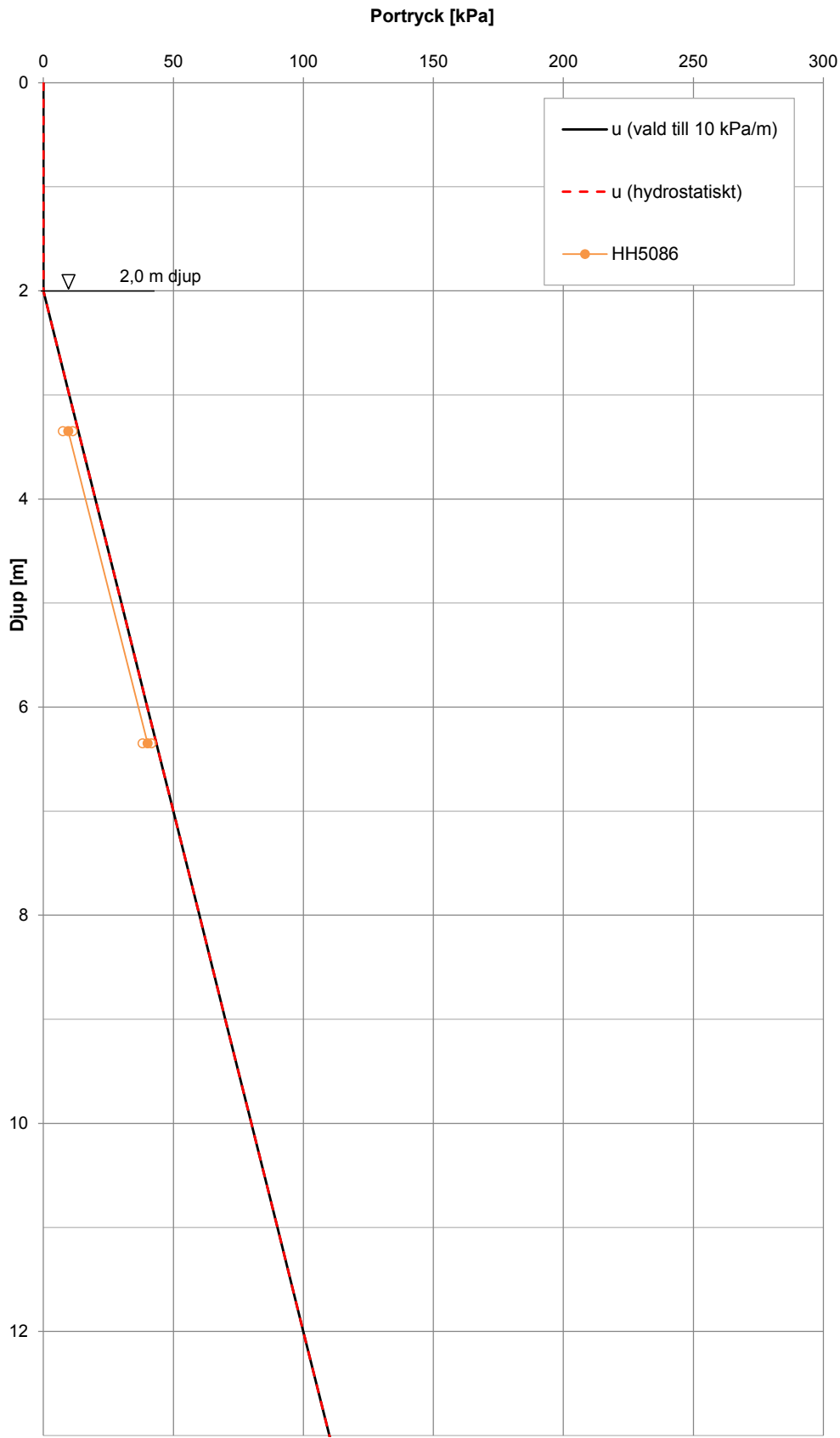
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

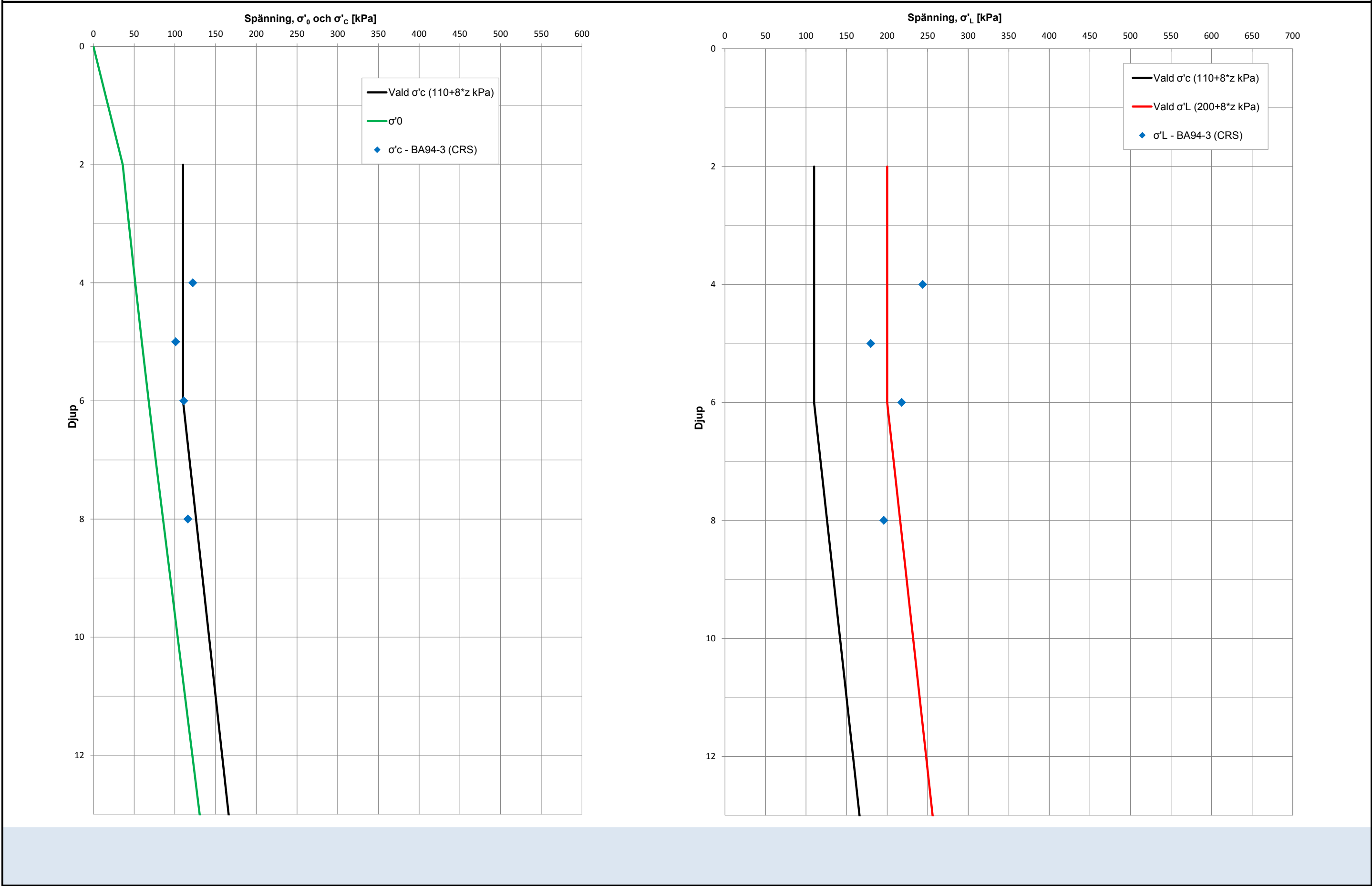
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

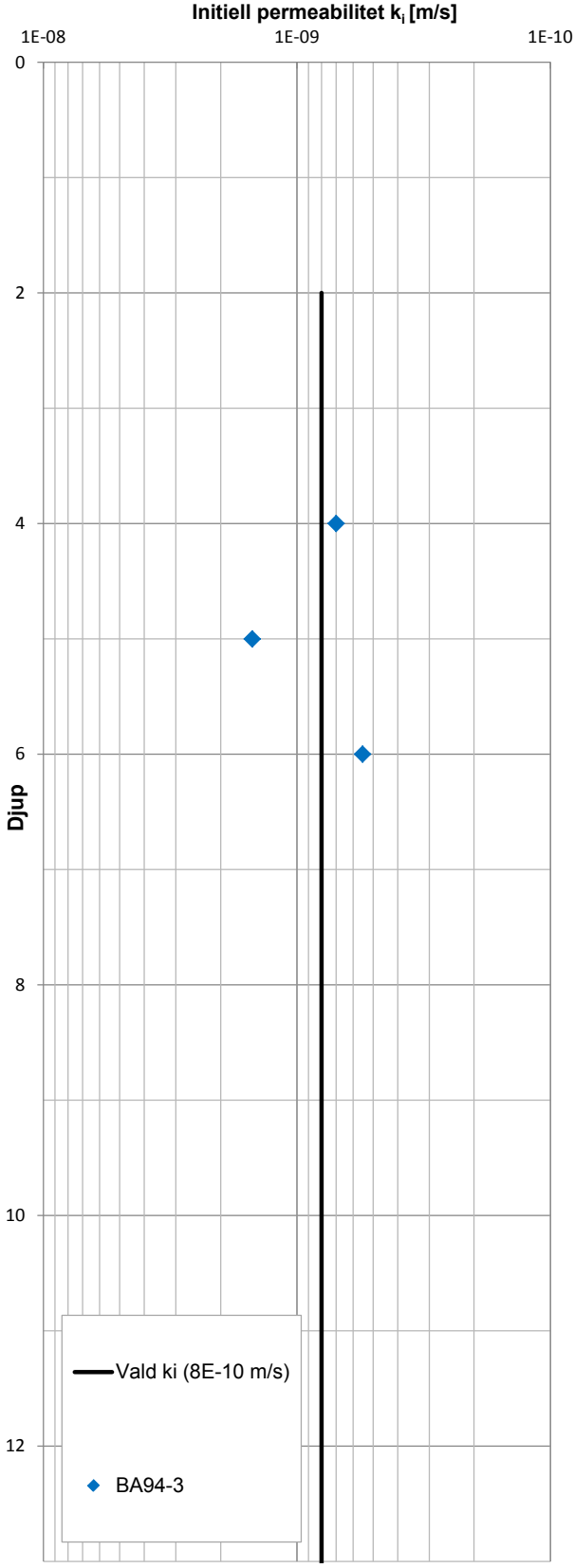
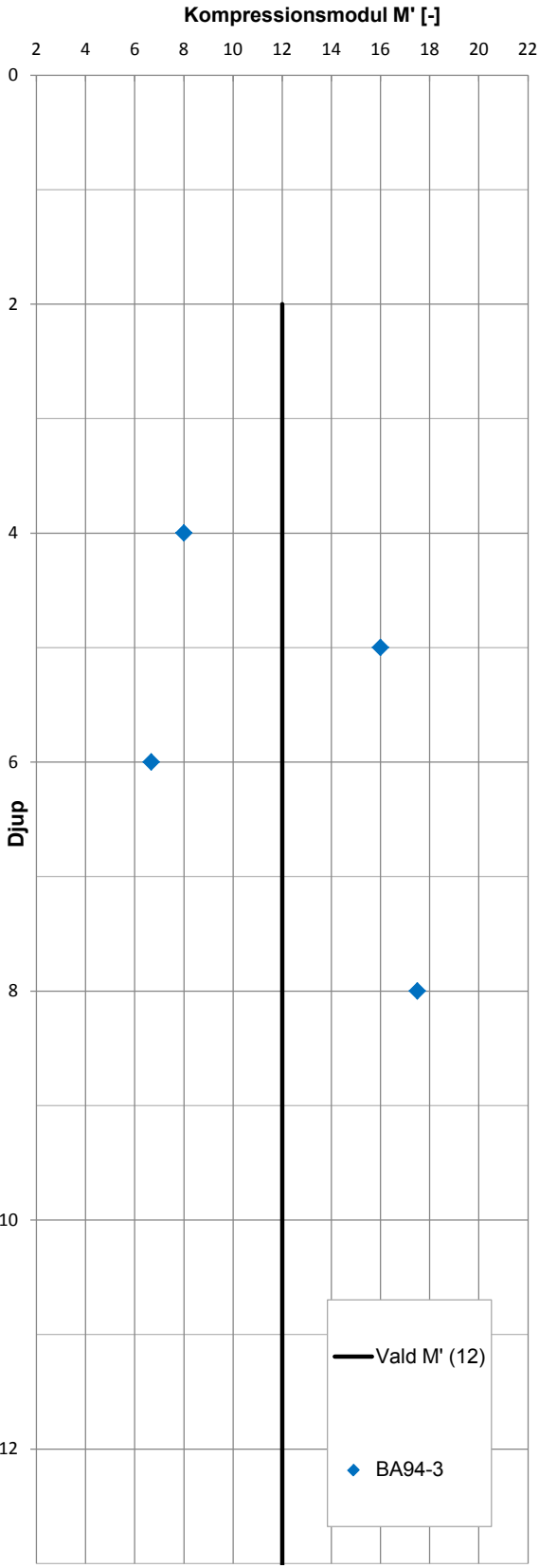
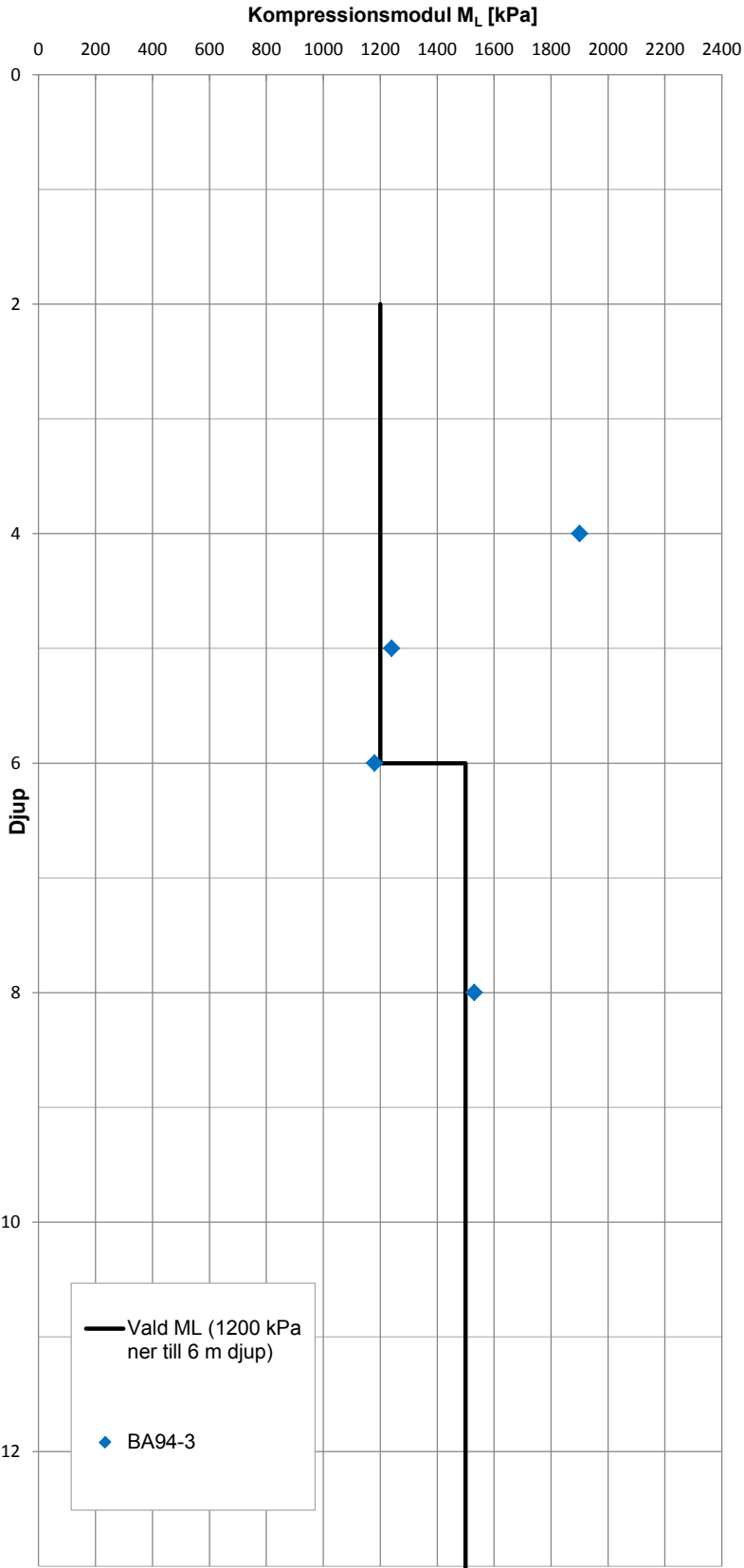
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min- och max-värde.

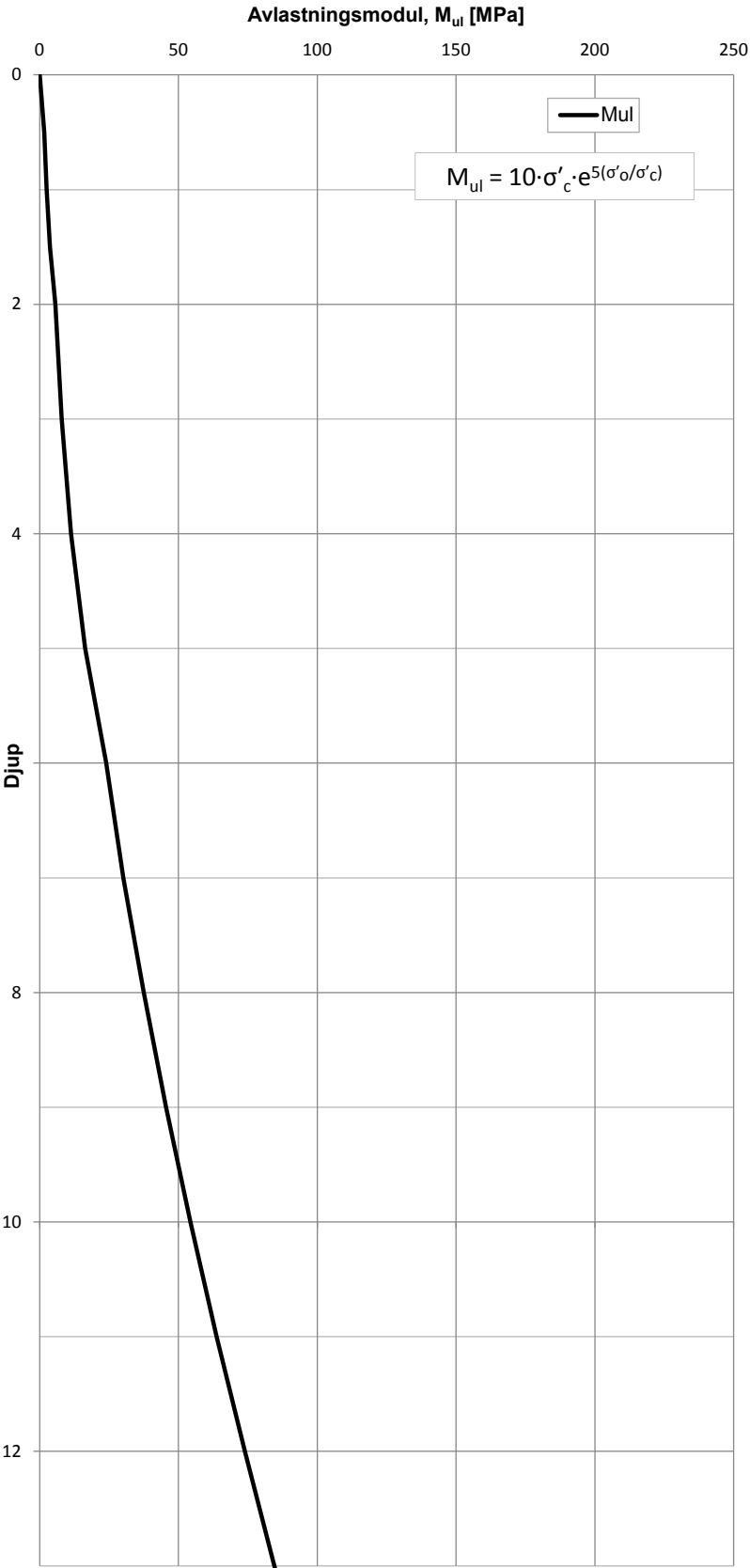
Mätperiod: 2013-03-06 - 2014-04-15

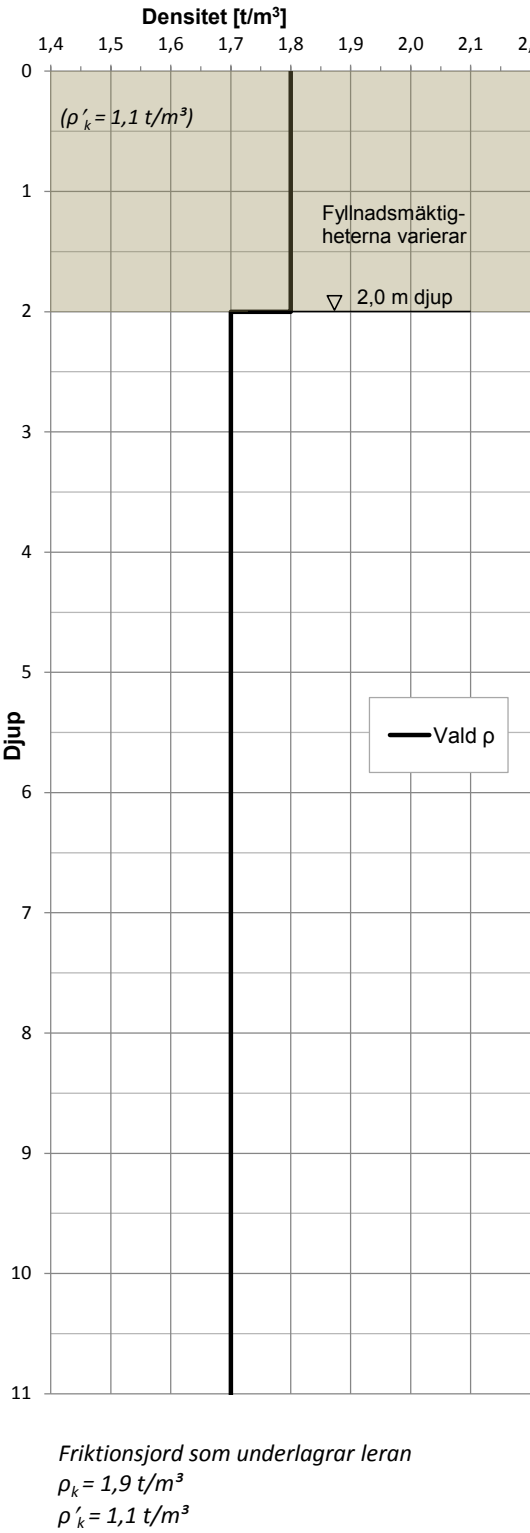


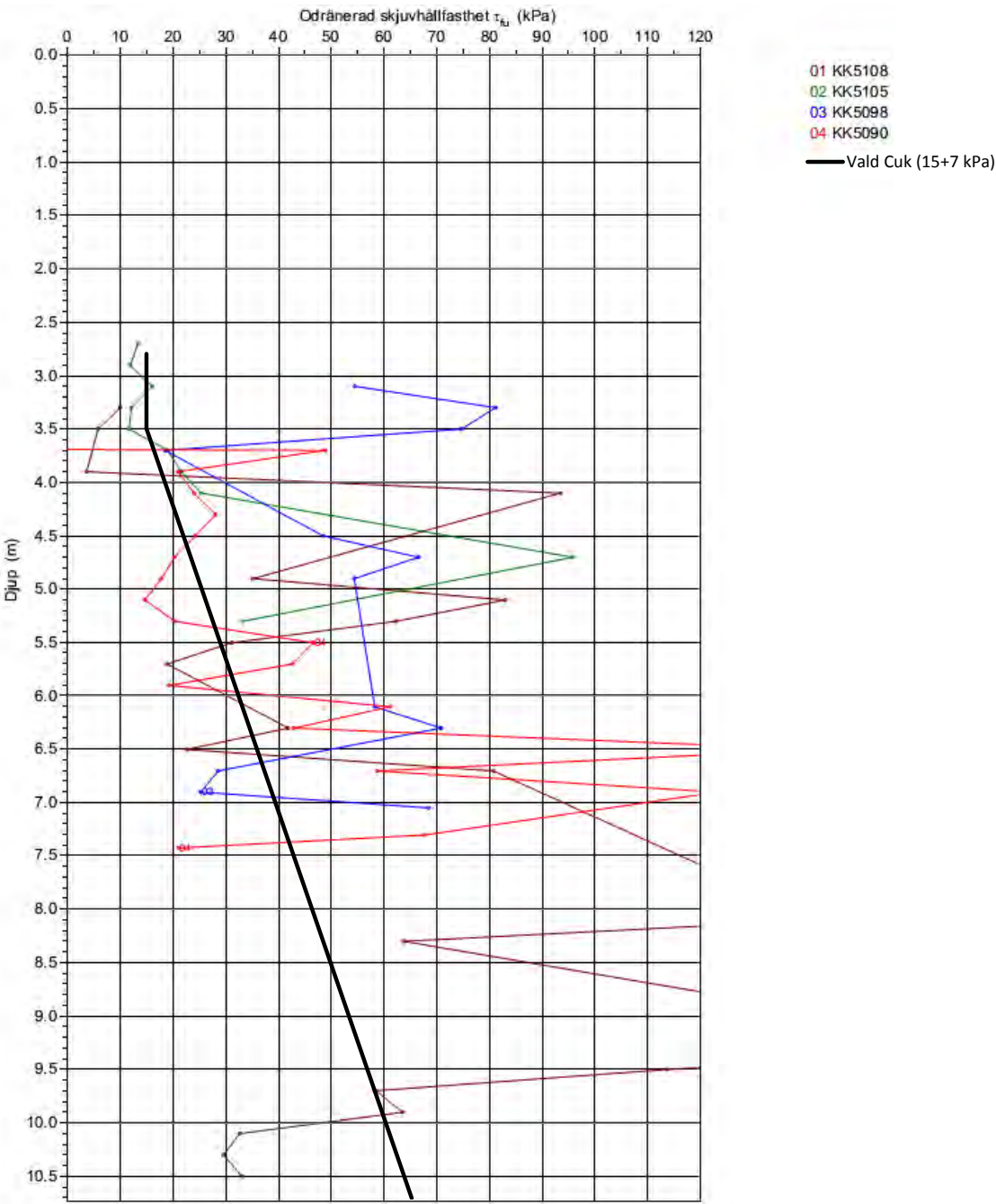


Kompressionsmodul, M_0 10500 kPa ner till 7 m djup,
därunder $M_0 = 10500 + 2000 \cdot z$ kPa









Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

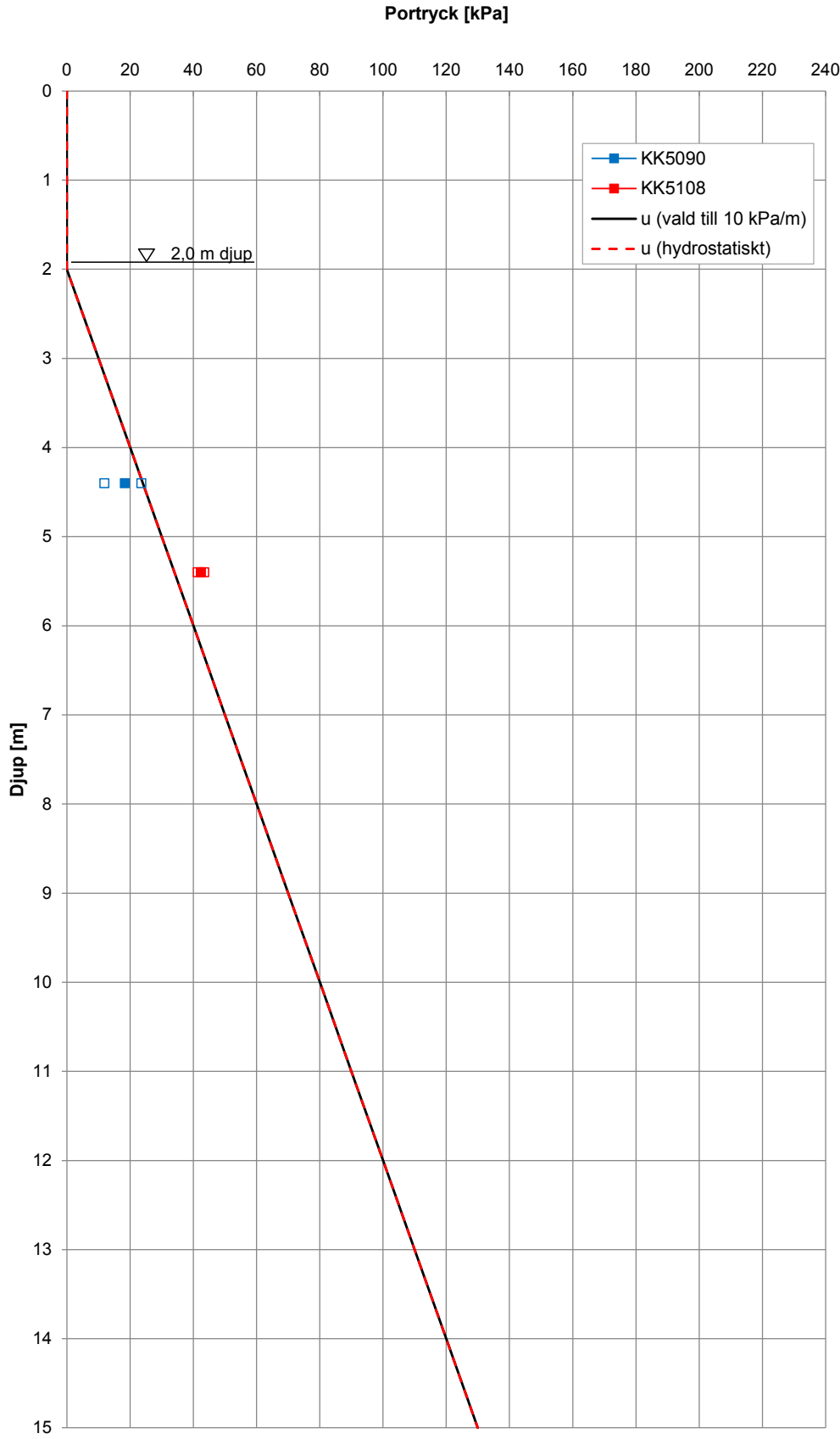
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

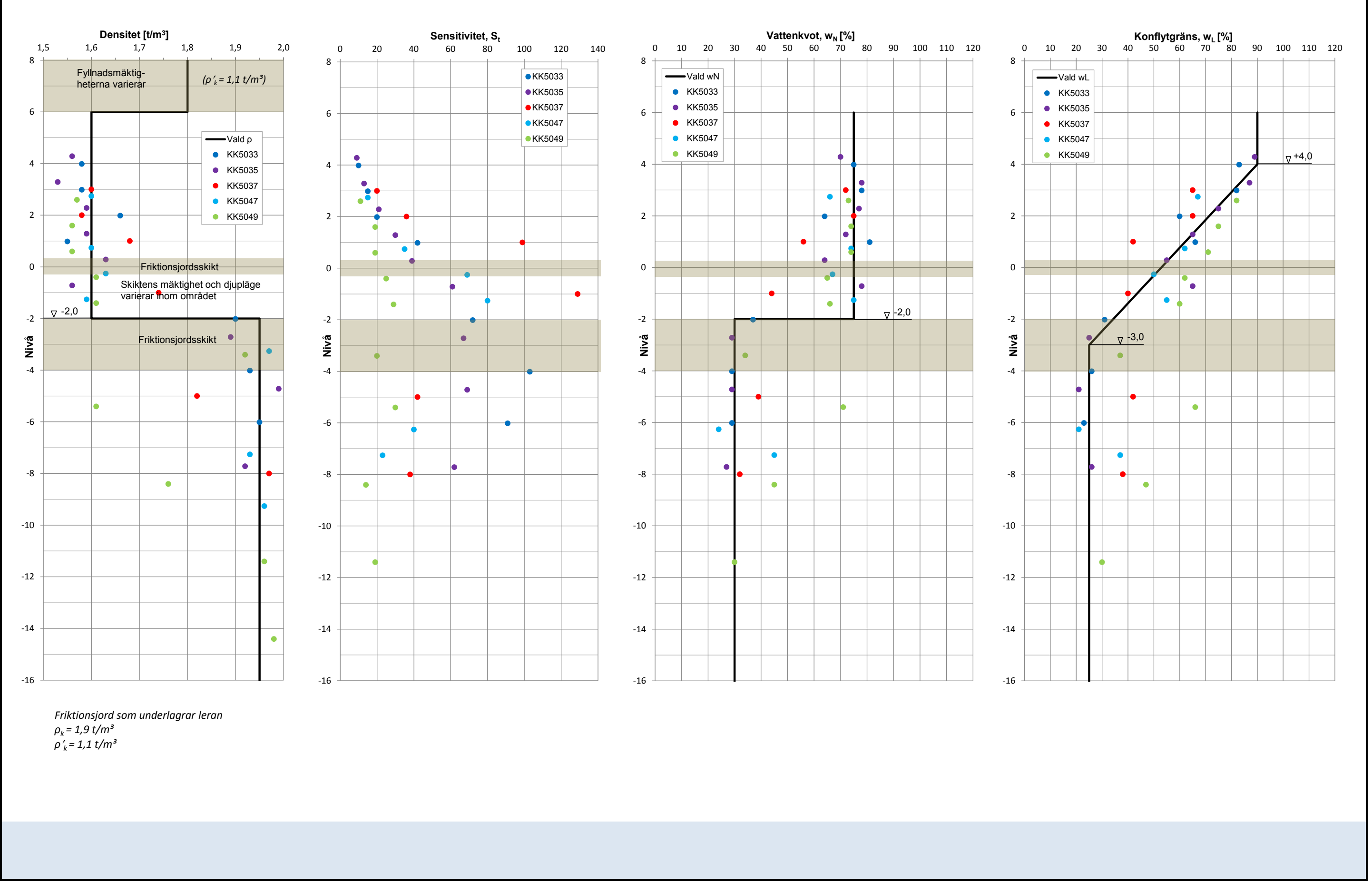
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

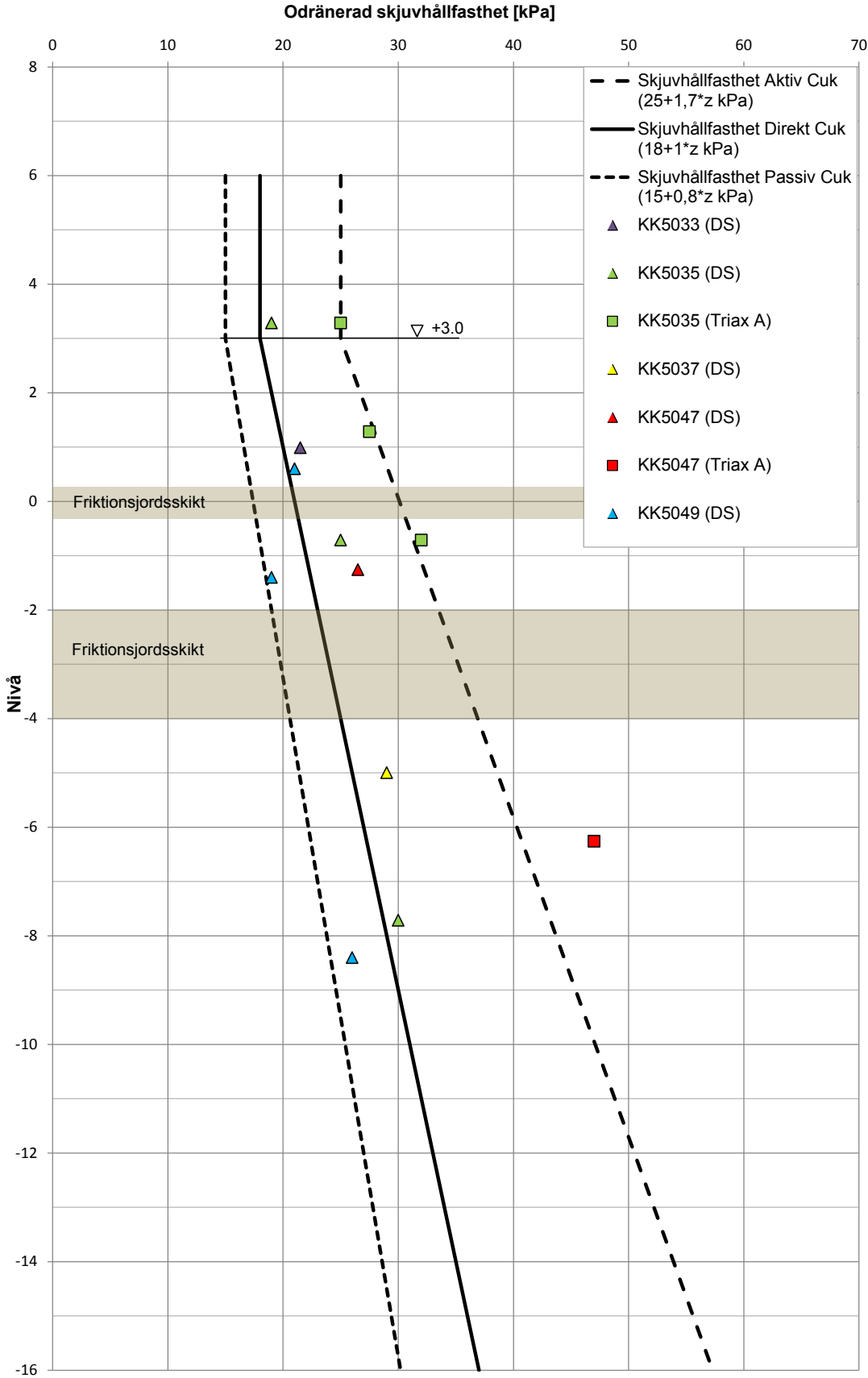
Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

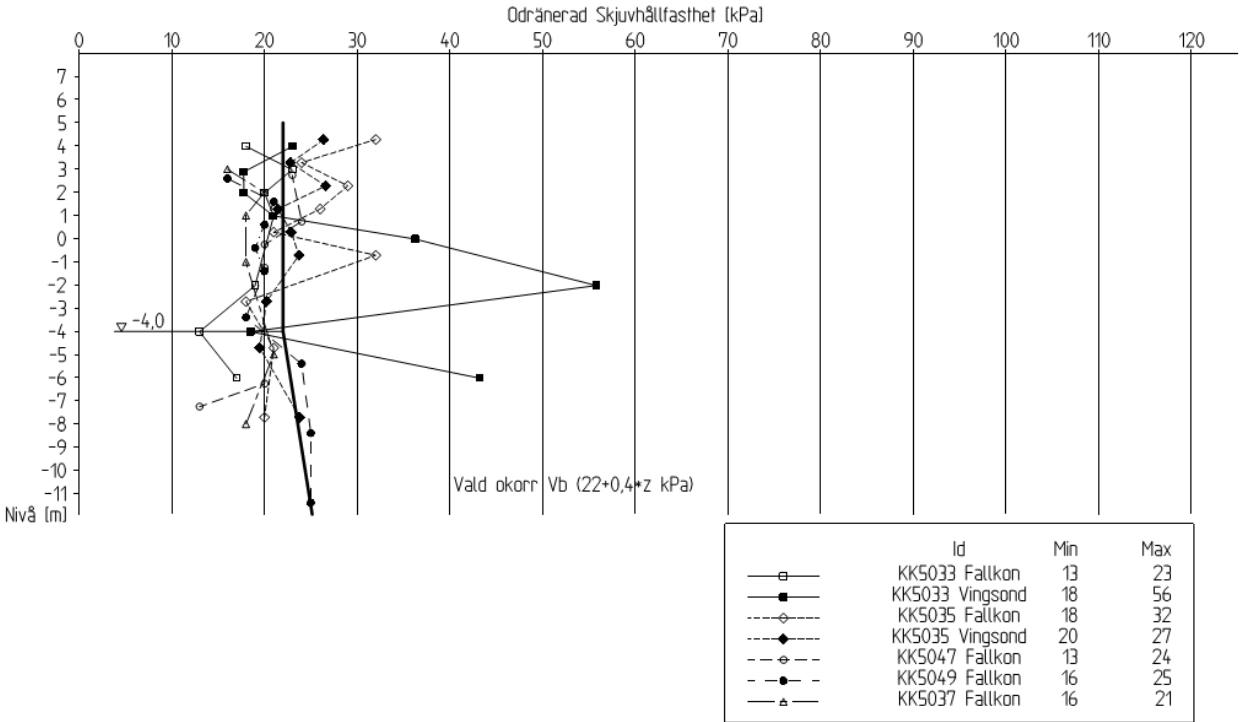
Linjer och fyllda symboler avser
medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.-
och max-värde.

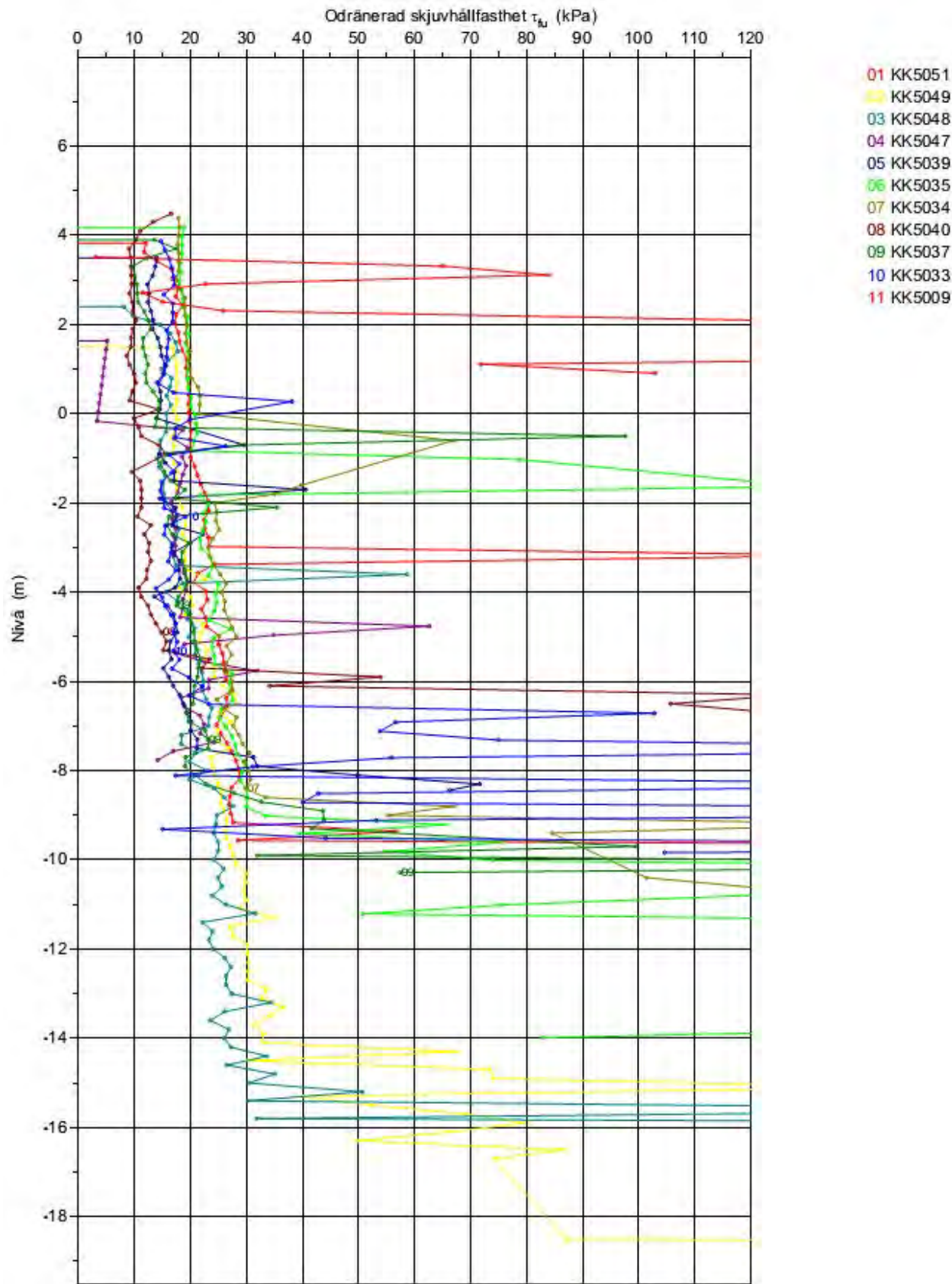
Mätperiod: 2013-02-12 - 2014-05-08











Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

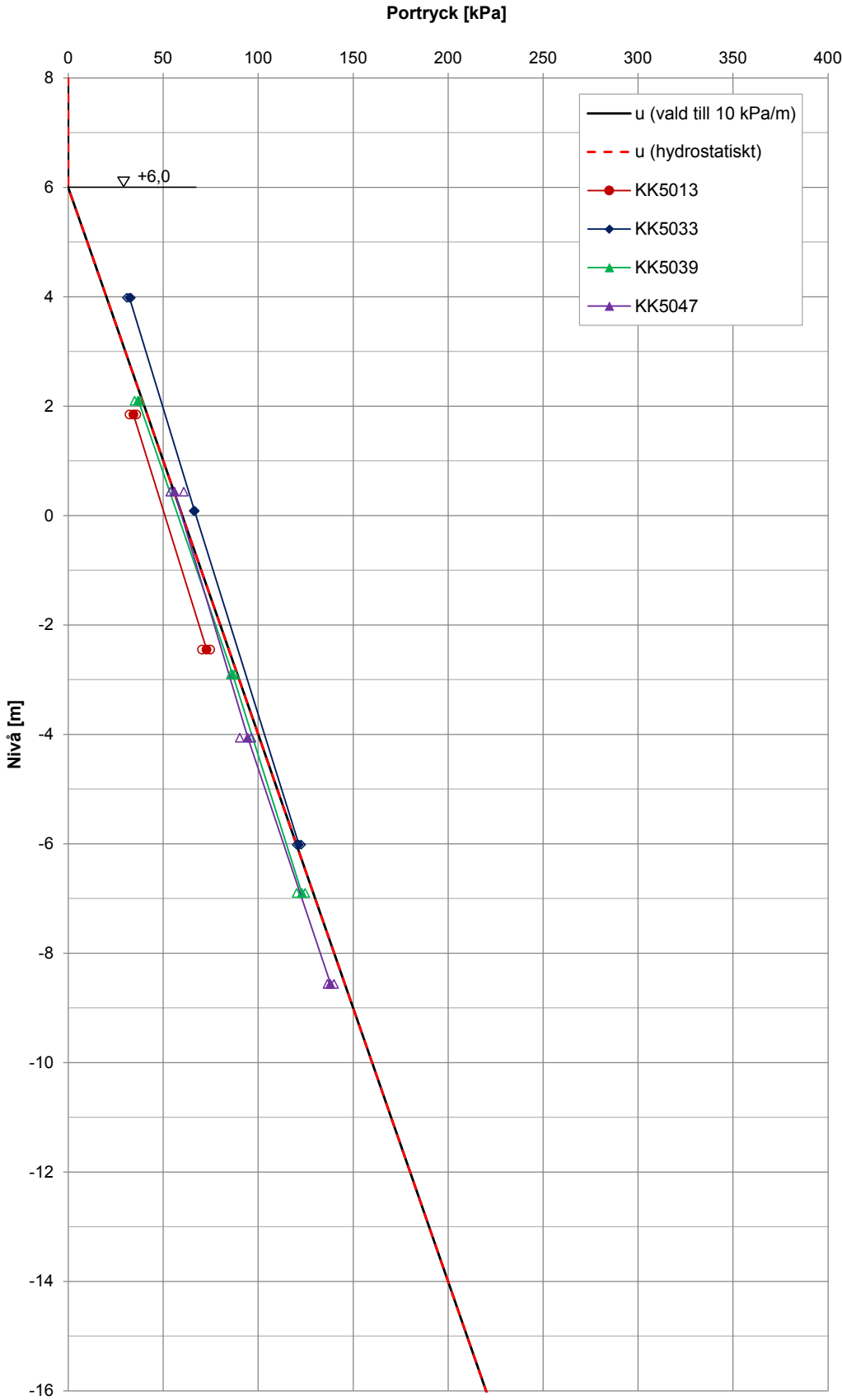
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

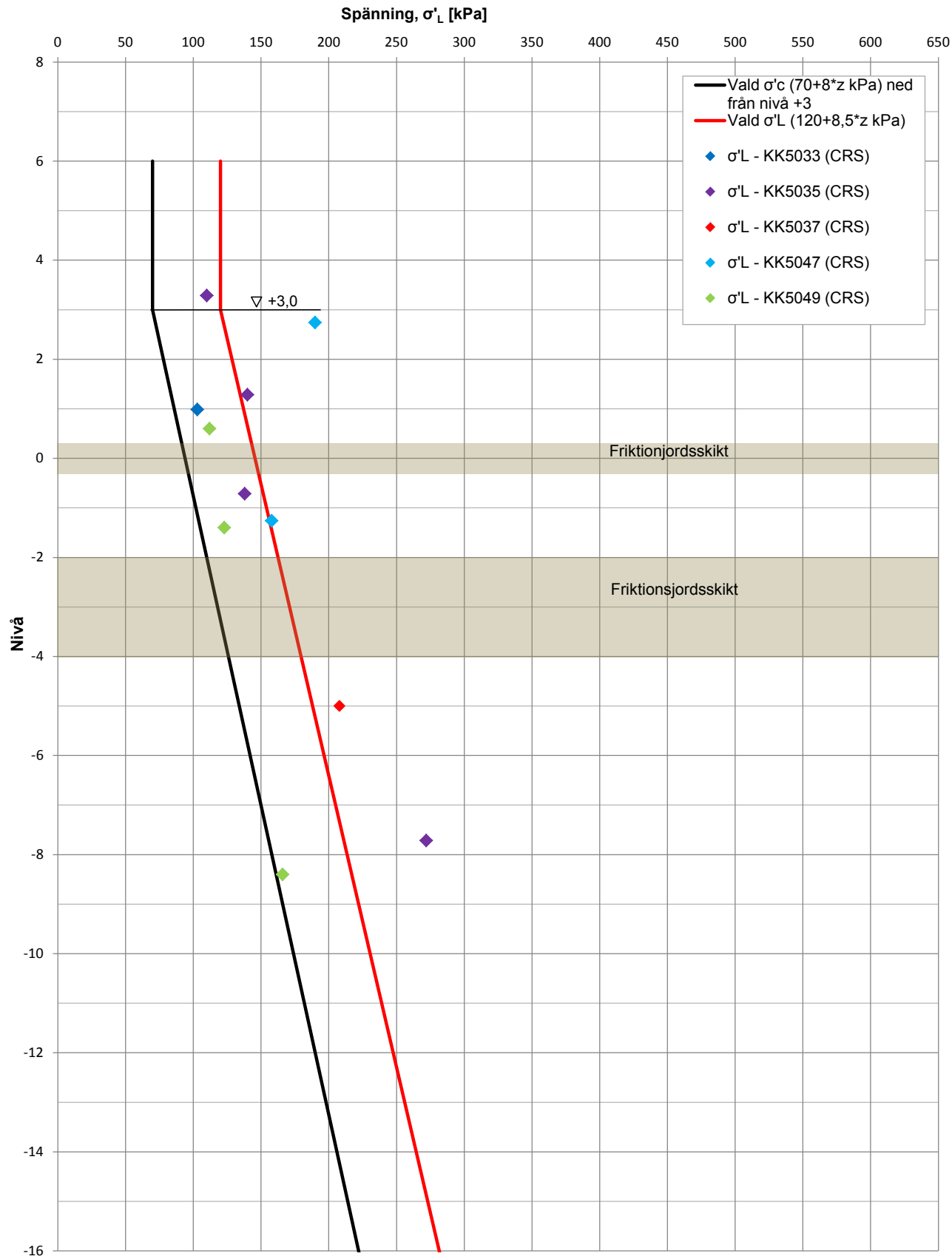
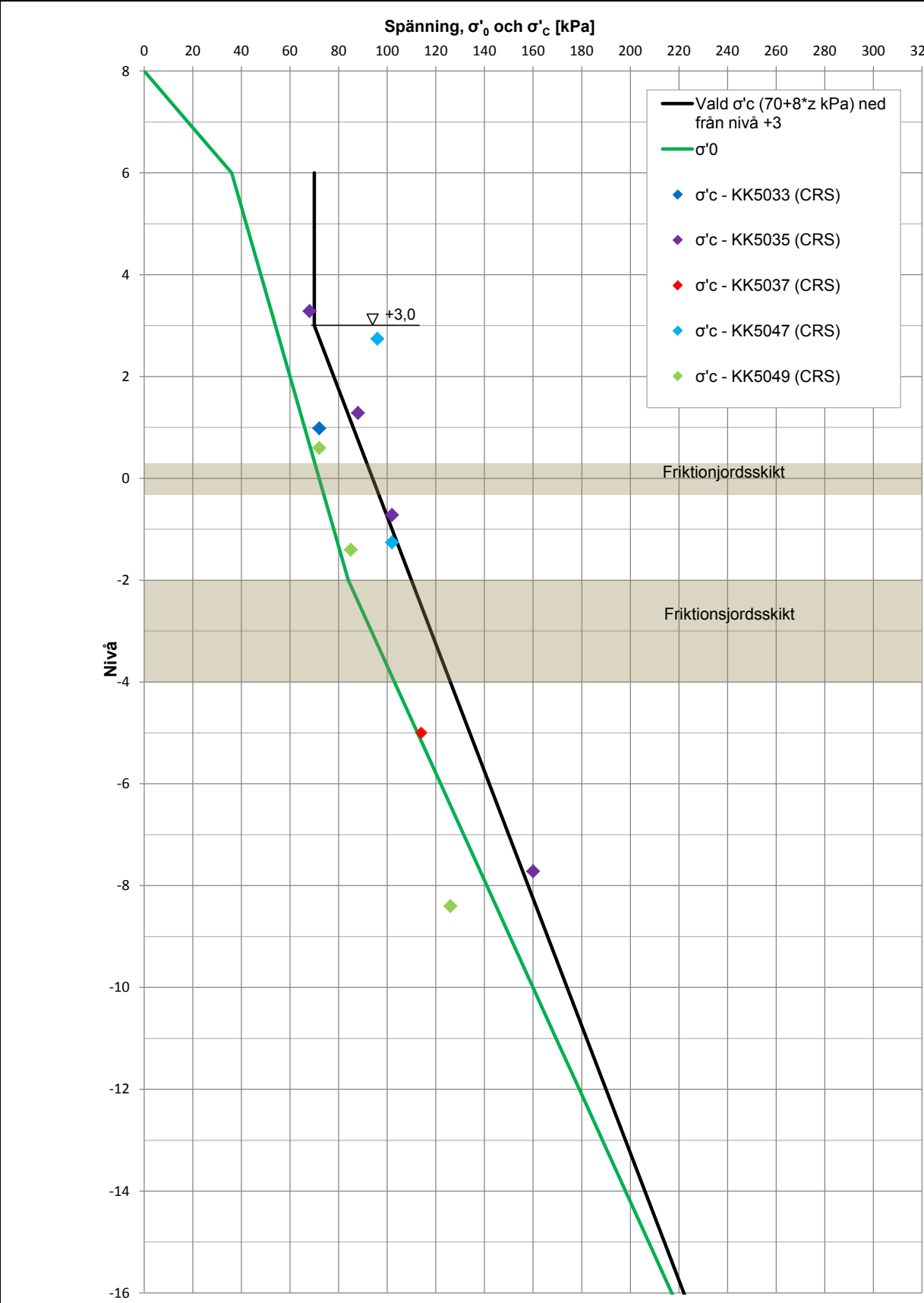
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

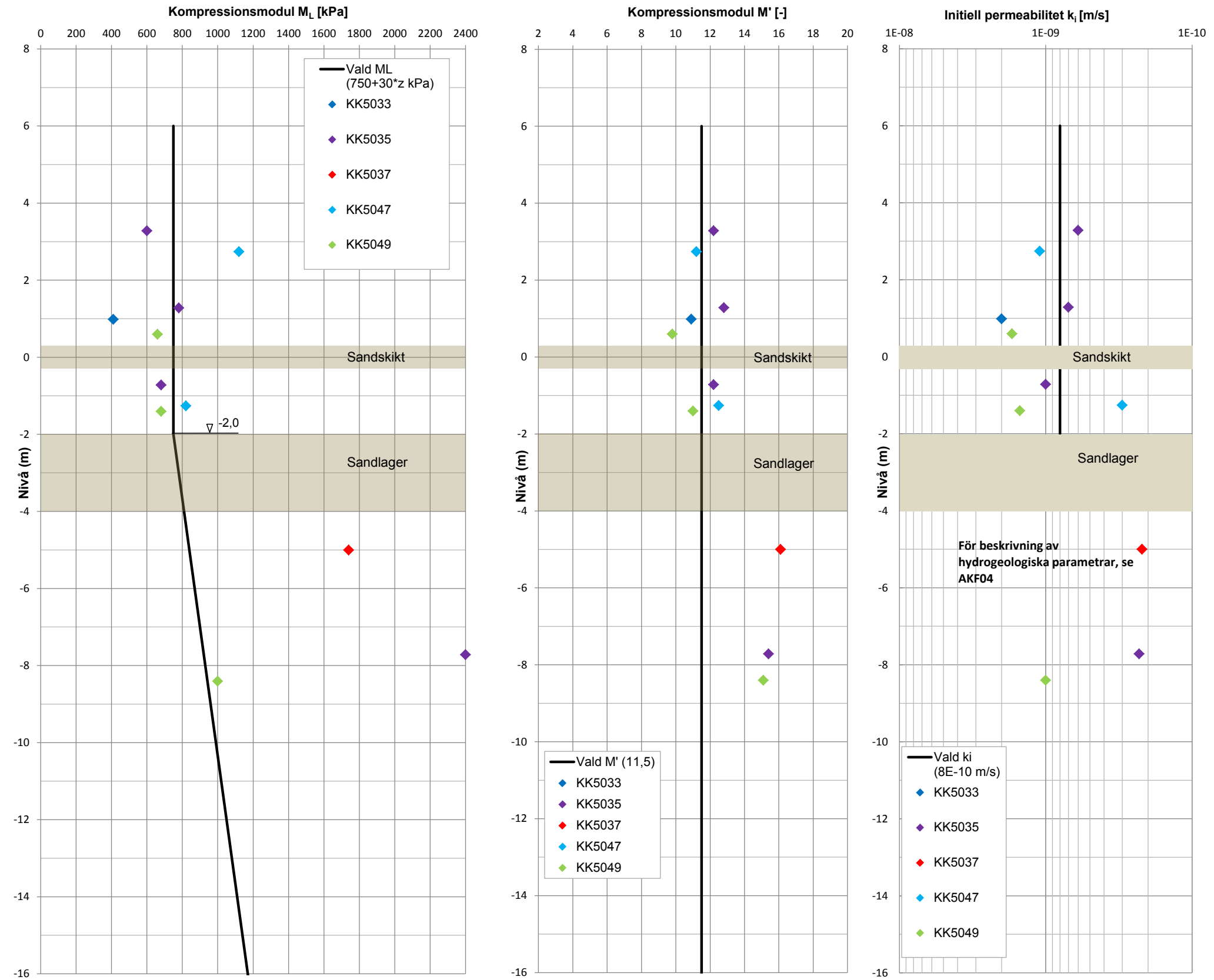
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

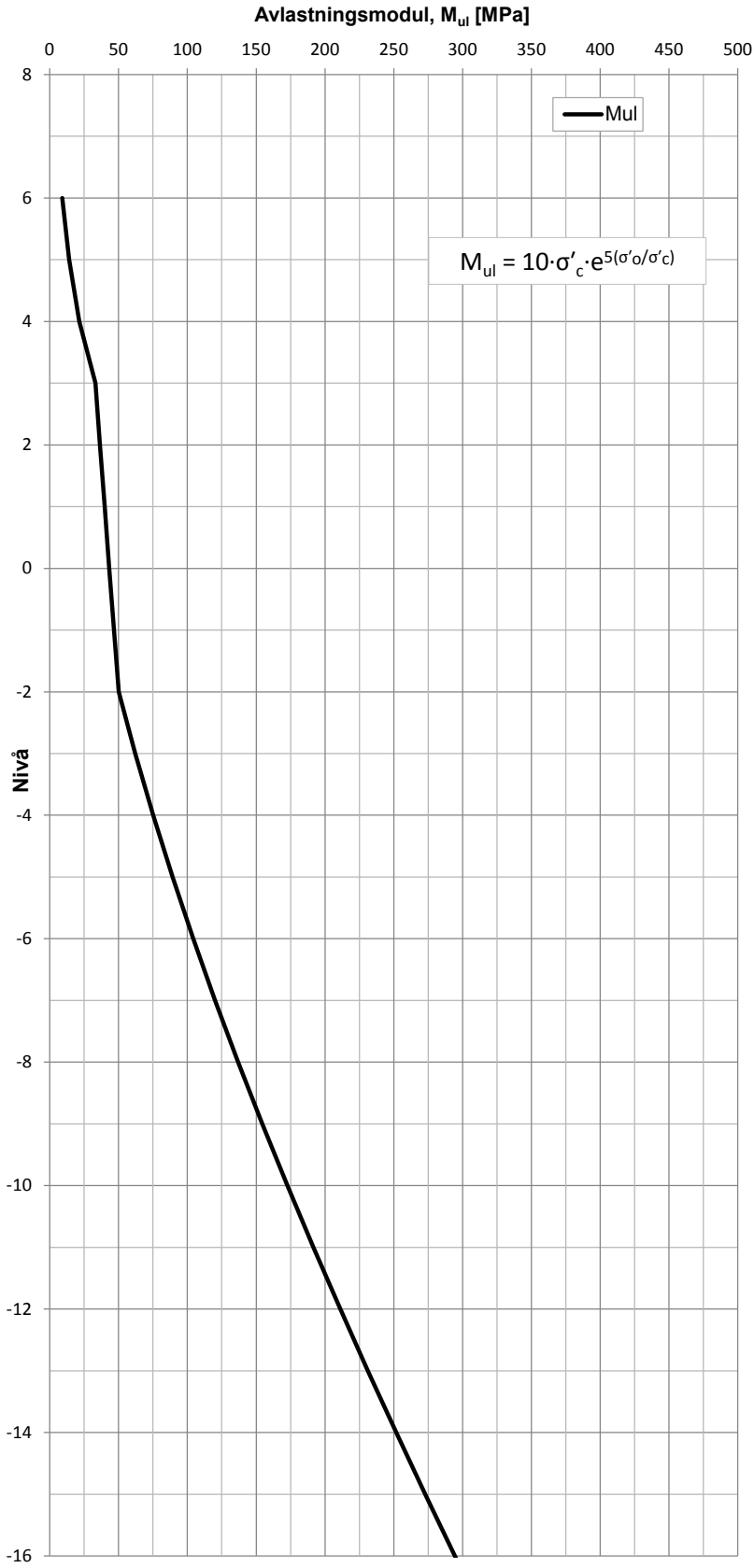
Mätperiod: 2012-08-30 - 2014-05-08





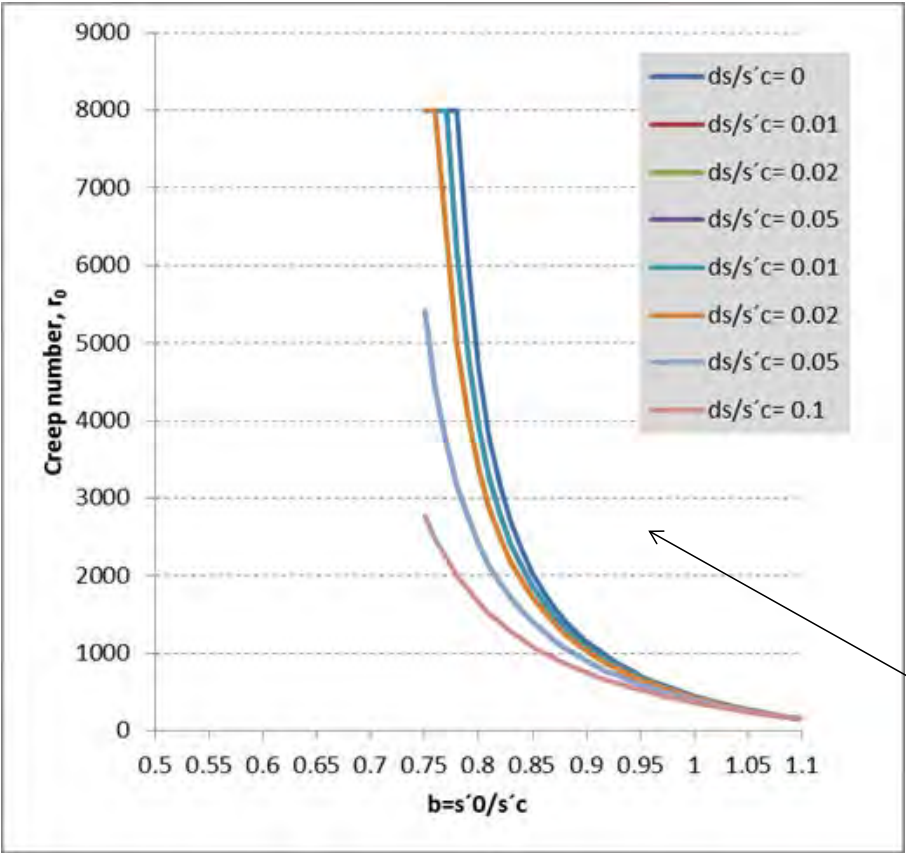
Kompressionsmodul, M_0 9000 kPa ner till nivån +3,0, därunder $M_0 = 9000 + 500 \cdot z$ kPa





Parameter	Värden som ska användas vid beräkningar (GS Settlements)
α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0^*	8000 vid $b_0 = 0,75$
r_0^*	3000 vid $b_0 = 0,8$
r_0^*	1750 vid $b_0 = 0,85$
r_0^*	1000 vid $b_0 = 0,9$
r_0^*	700 vid $b_0 = 0,95$
r_0^*	500 vid $b_0 = 1,0$
r_1	$\ln 10 / \alpha_s$ (kap. 5.2.2.3.6, TK Geo 11)
t_{ref}	-1 dag
β_K	4

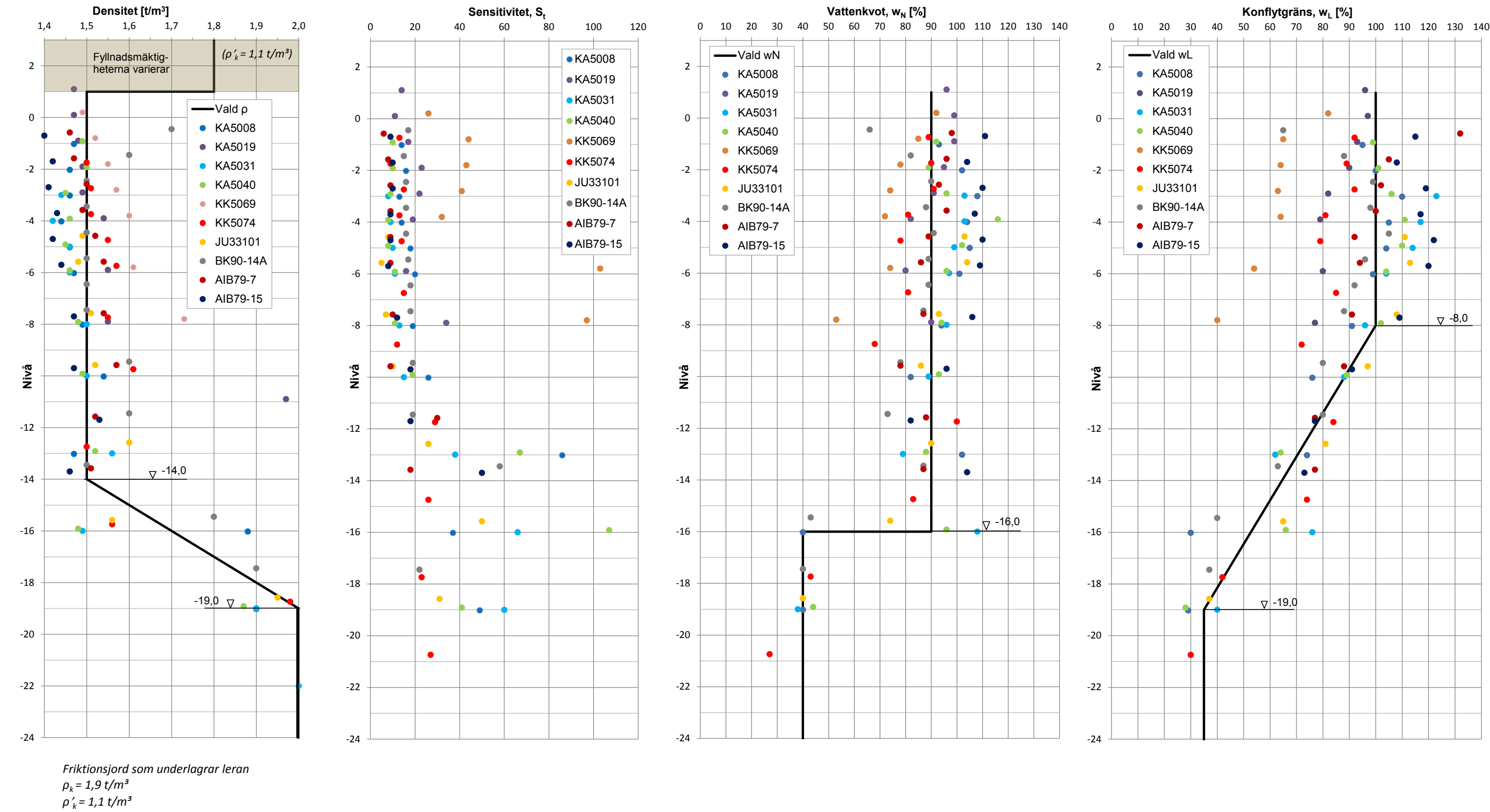
*Kryptal, r_0 har valts utifrån empiri i diagrammet till höger.

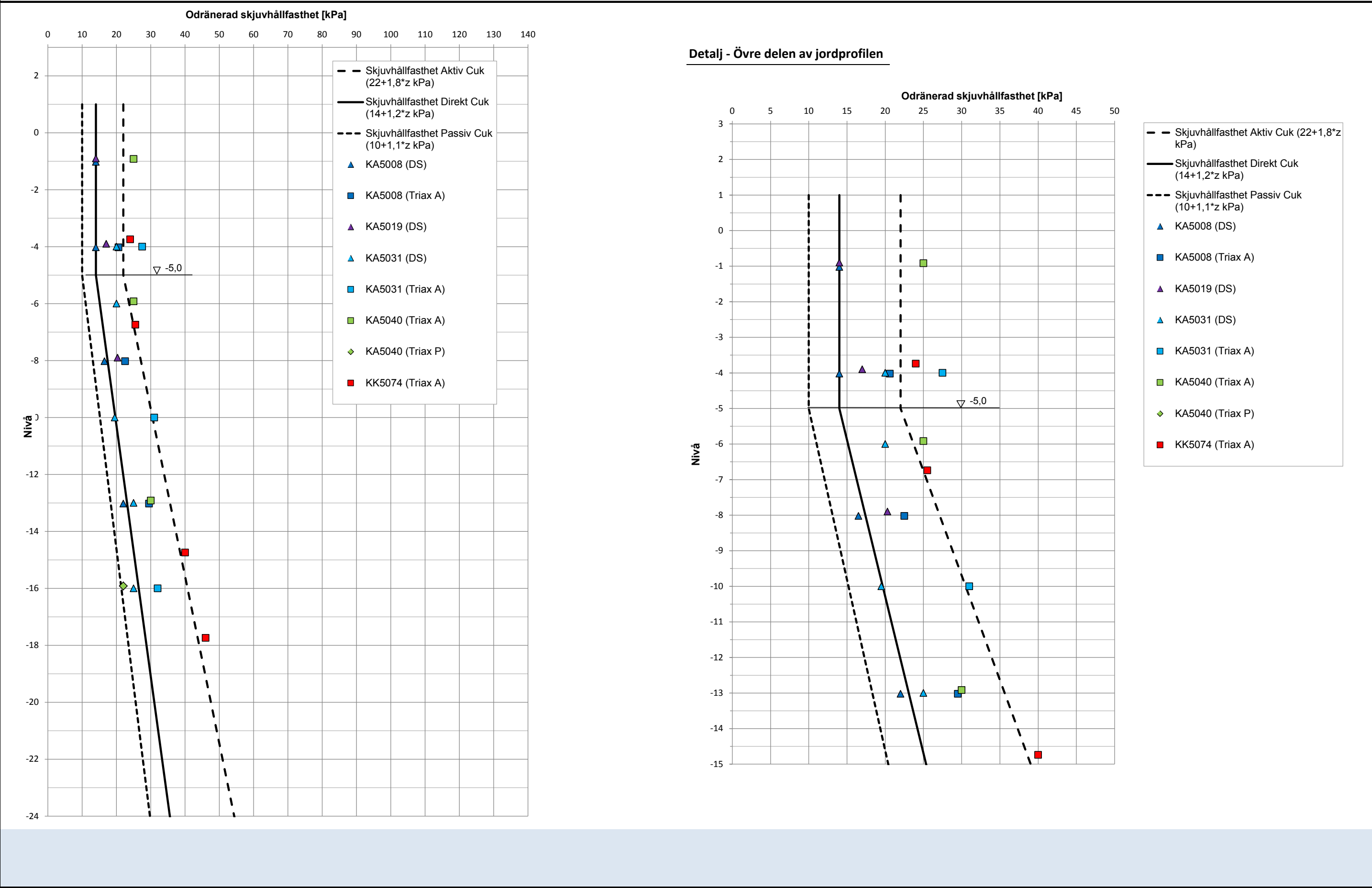


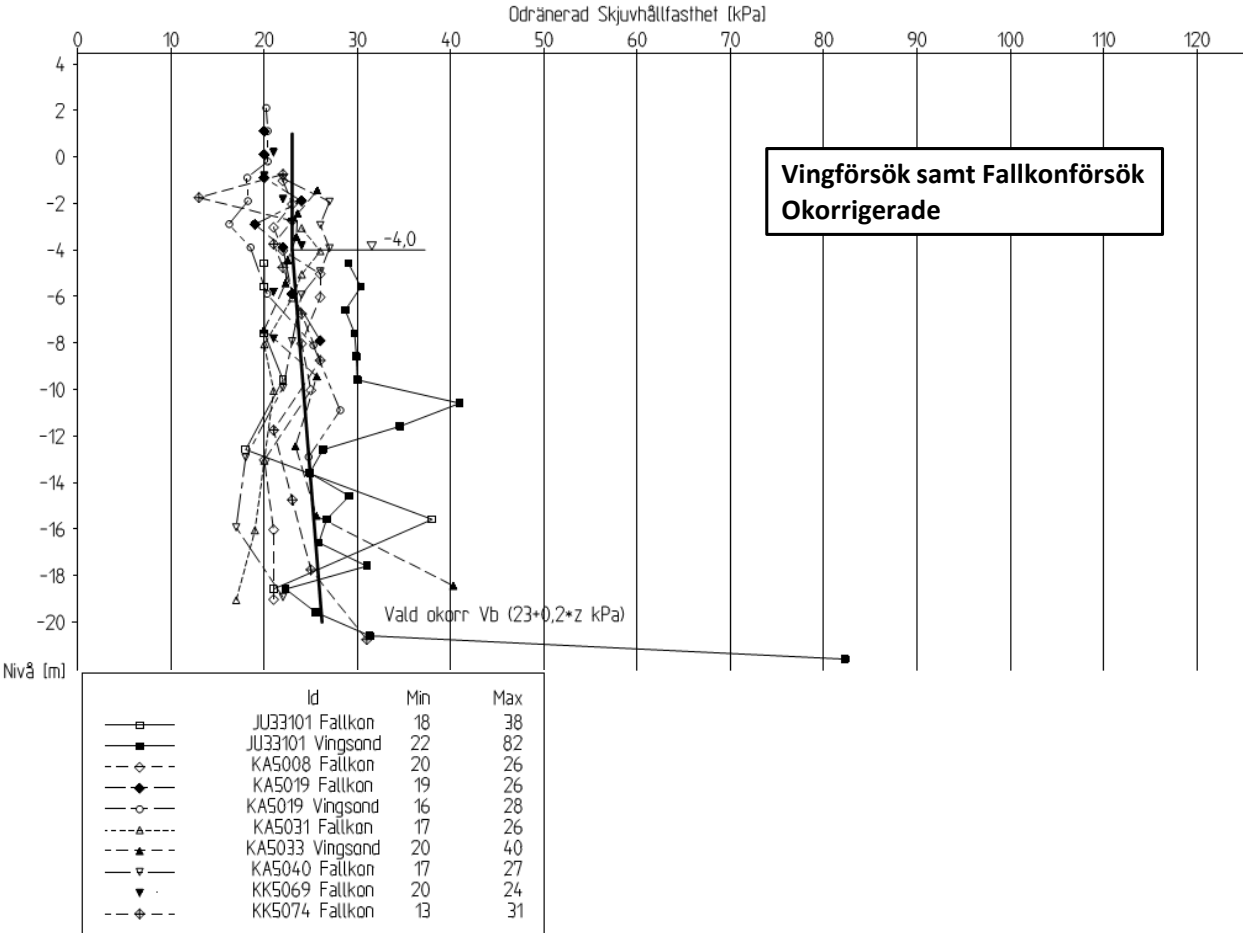
Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i "Val av kryptal för lösa plastiska leror", daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

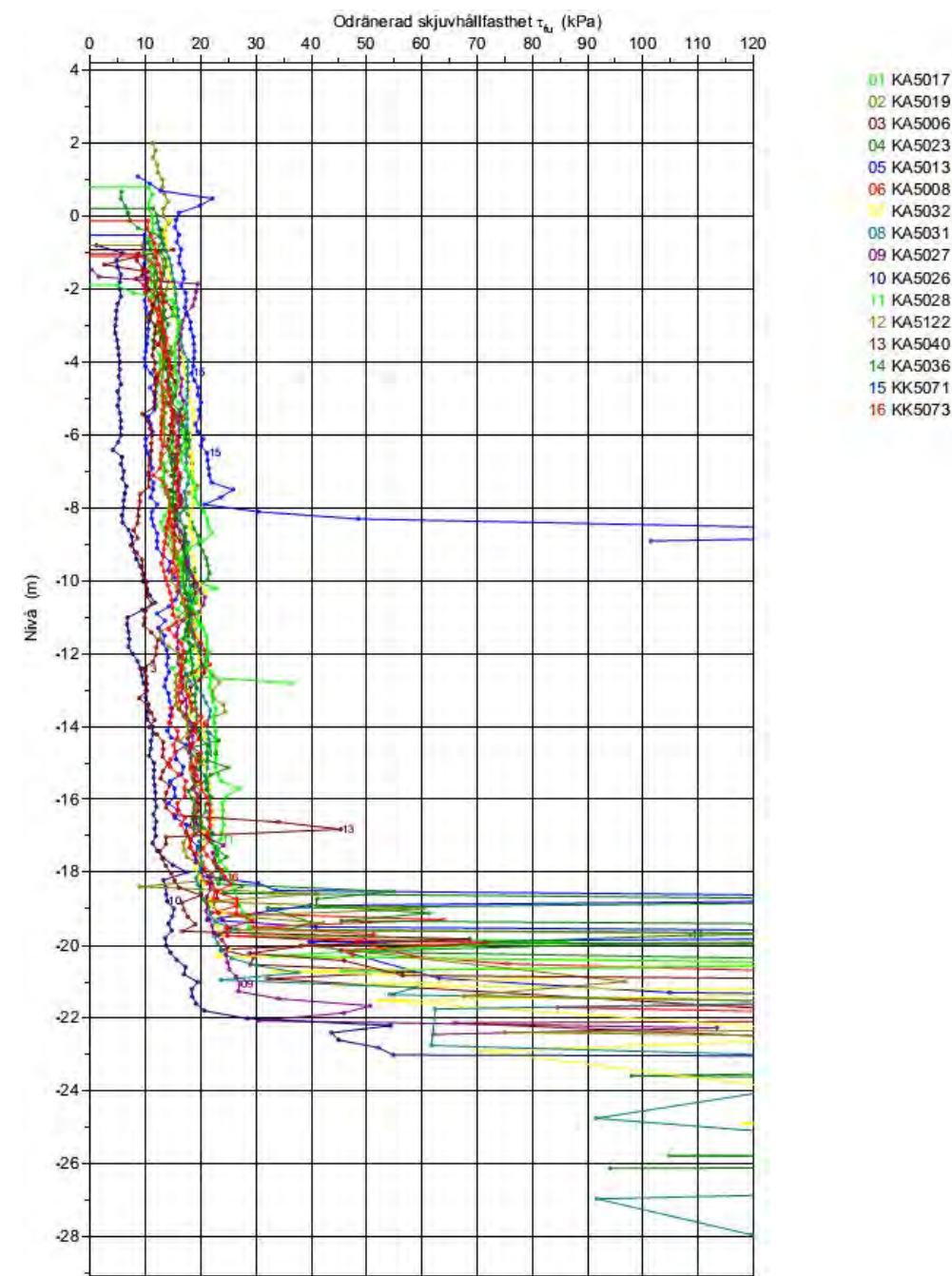
$$\begin{aligned} &\text{För } 0.75 < b < b_1 \\ &r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0.75 - \frac{\Delta\sigma}{\sigma'_{c_{sat}}}} + r_1 \quad \max r_0 = 8000 \\ &\text{För } b \geq b_1 \text{ gäller } r_1 \end{aligned}$$

Där $b_1=1,1$ och $b_0= \sigma'_0/\sigma'_c$









Dränerade hållfasthetsegenskaper i kohesionjord

Generellt gäller att vid dränerad analys ska för kohesionsjord antas att:
 $\varphi'_k = 30^\circ$
 $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$
där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet

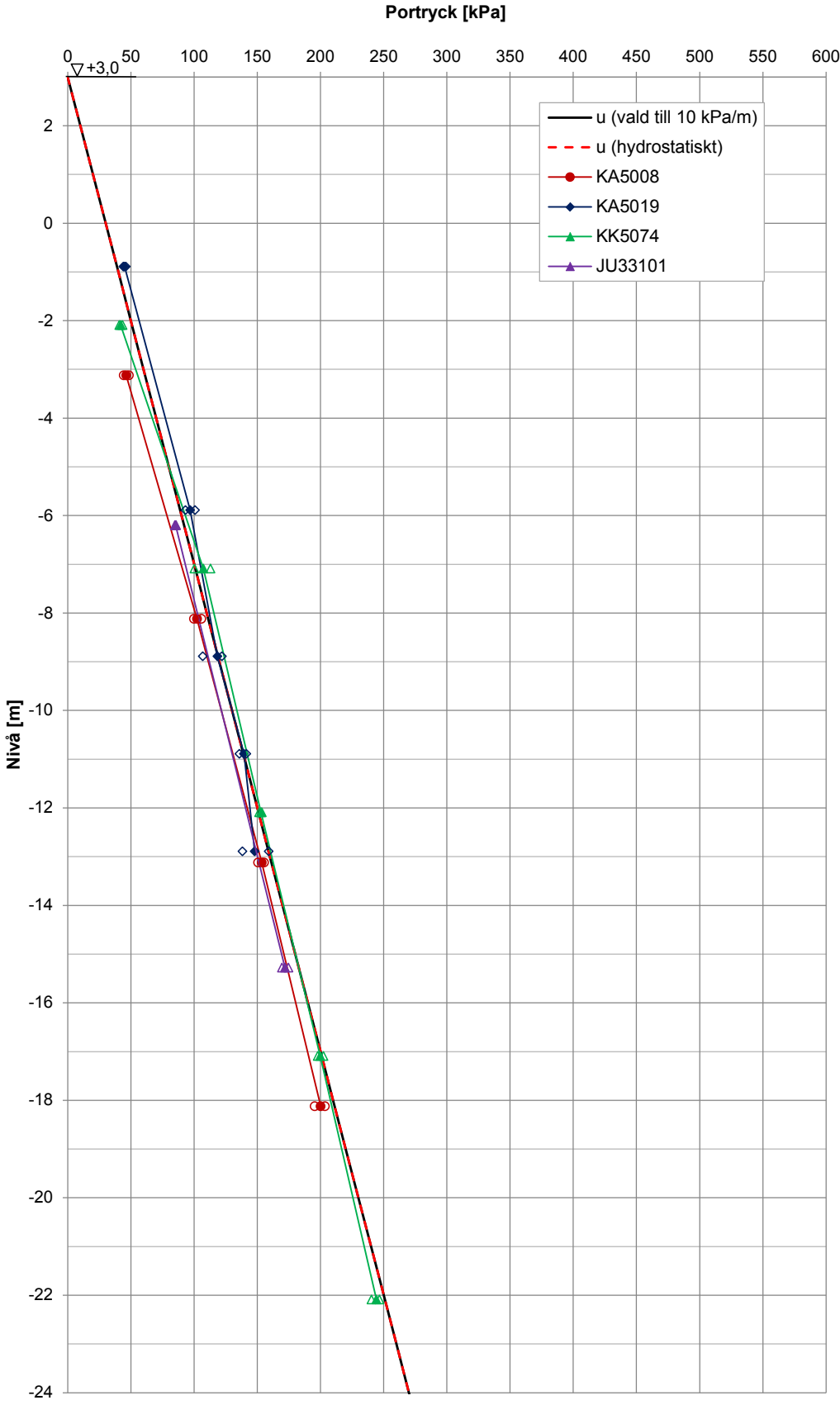
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

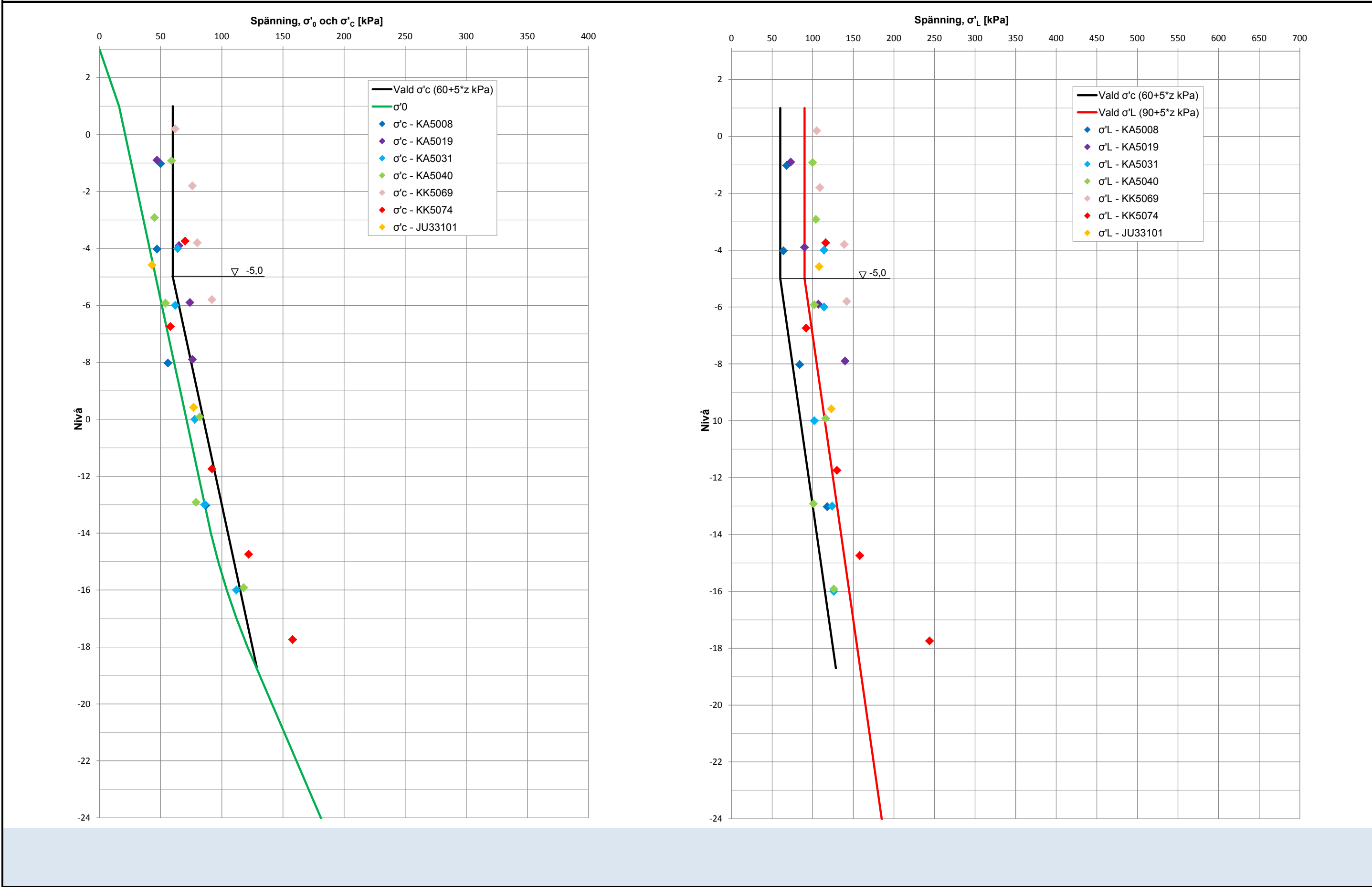
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

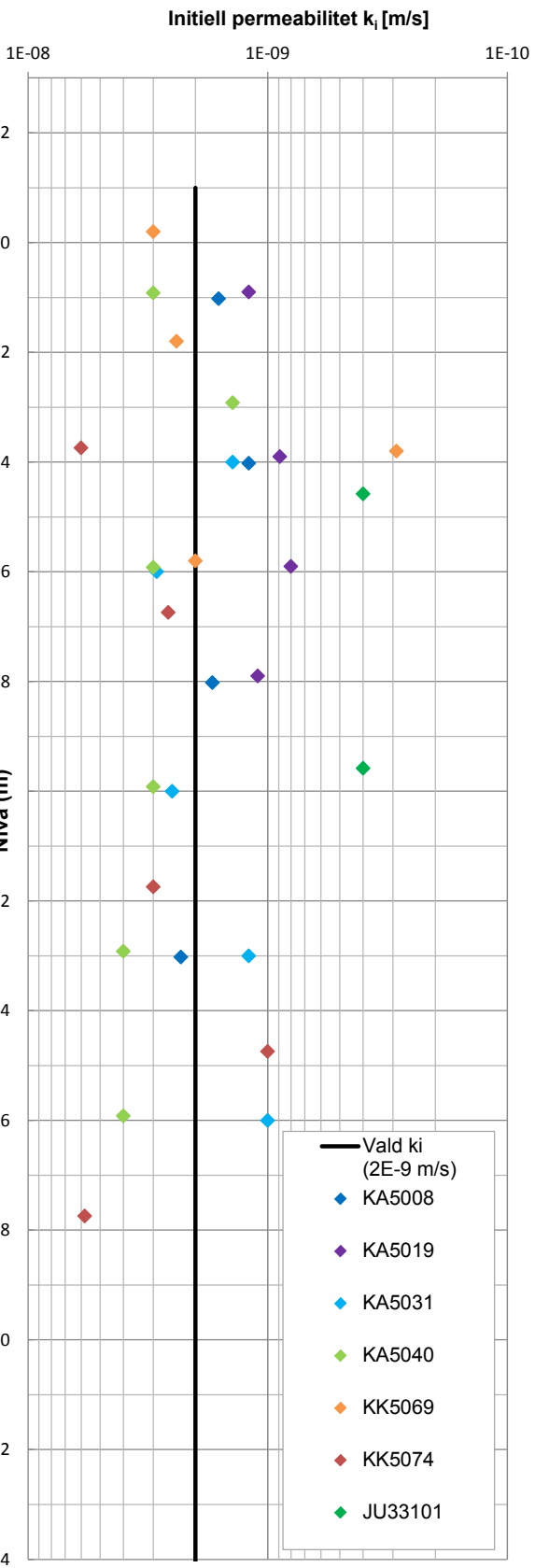
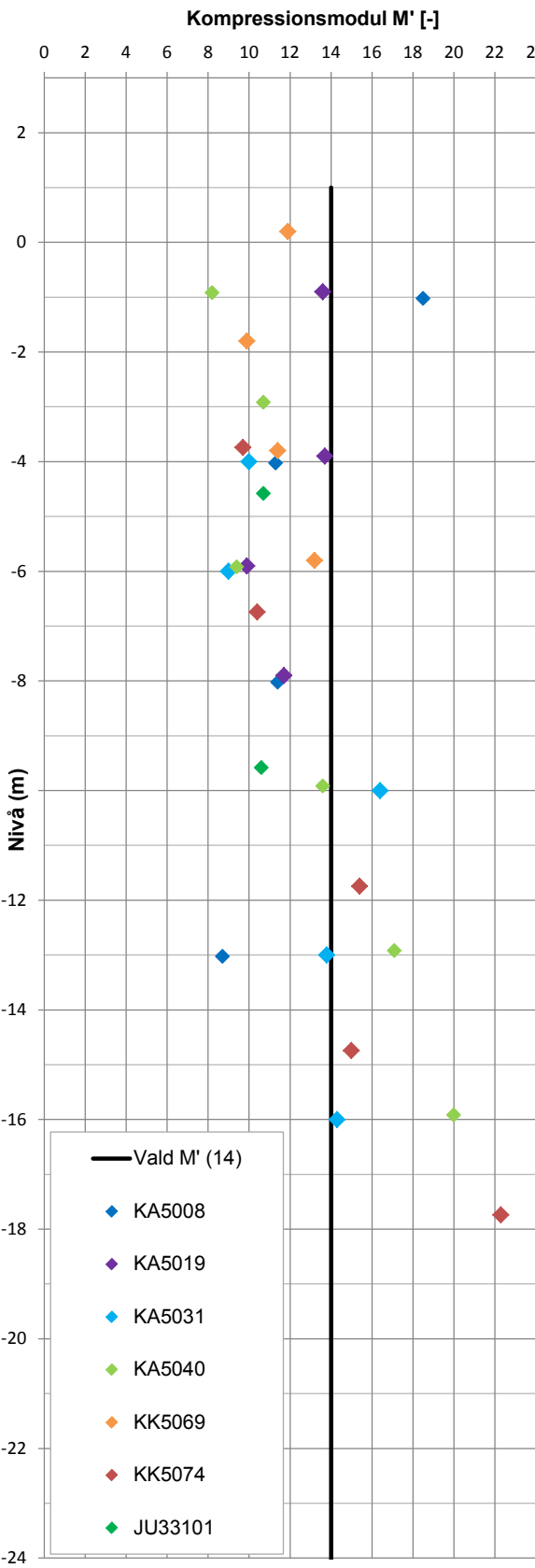
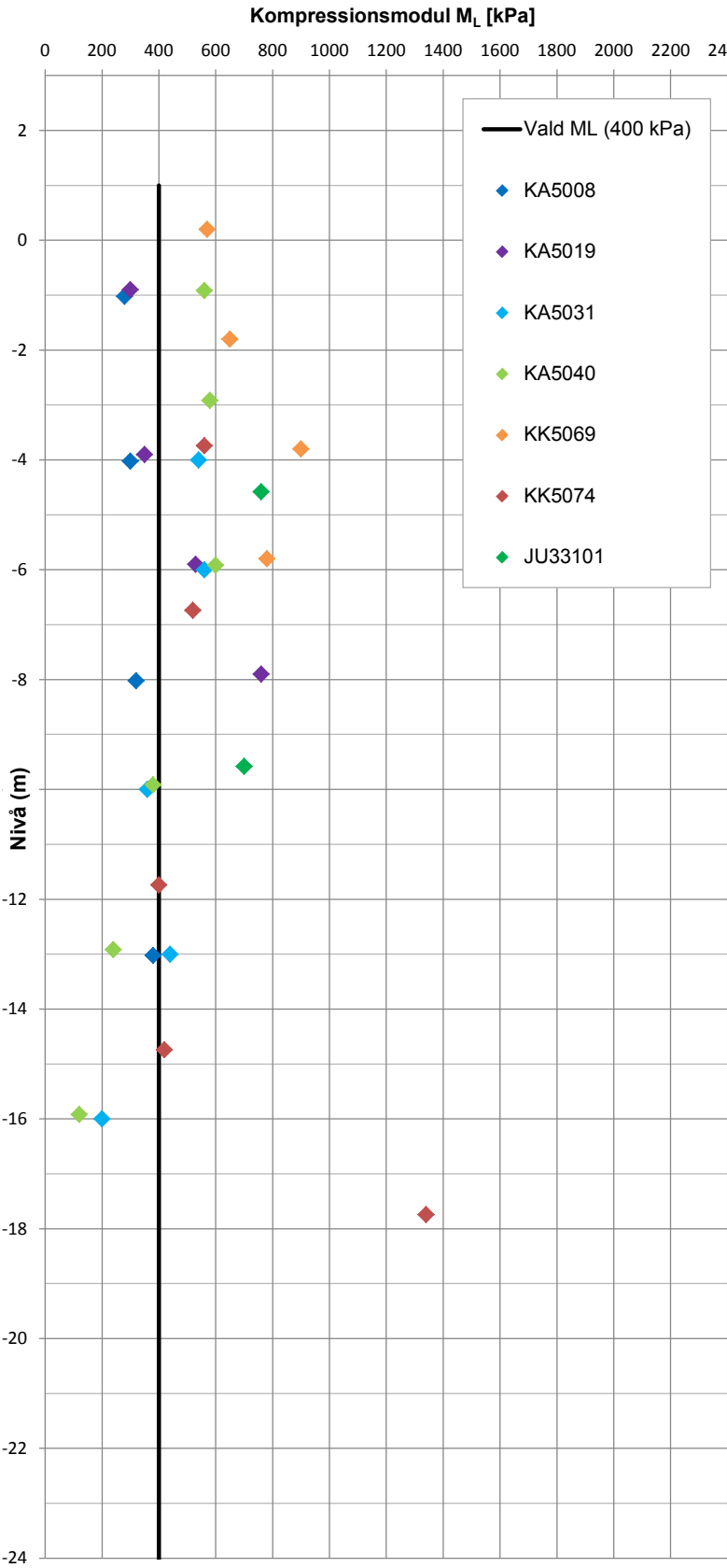
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

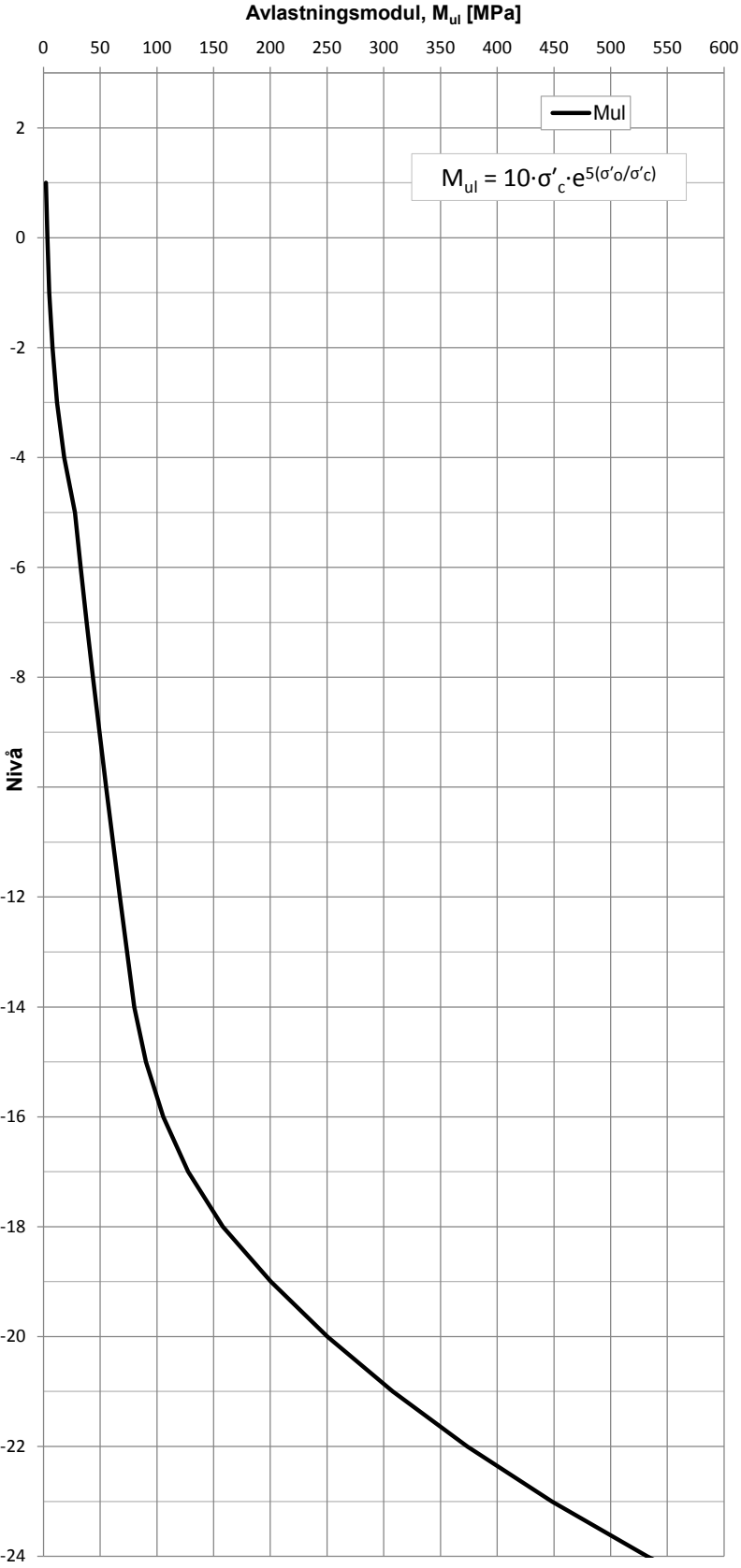
Mätperiod: 2012-10-10 - 2014-05-09





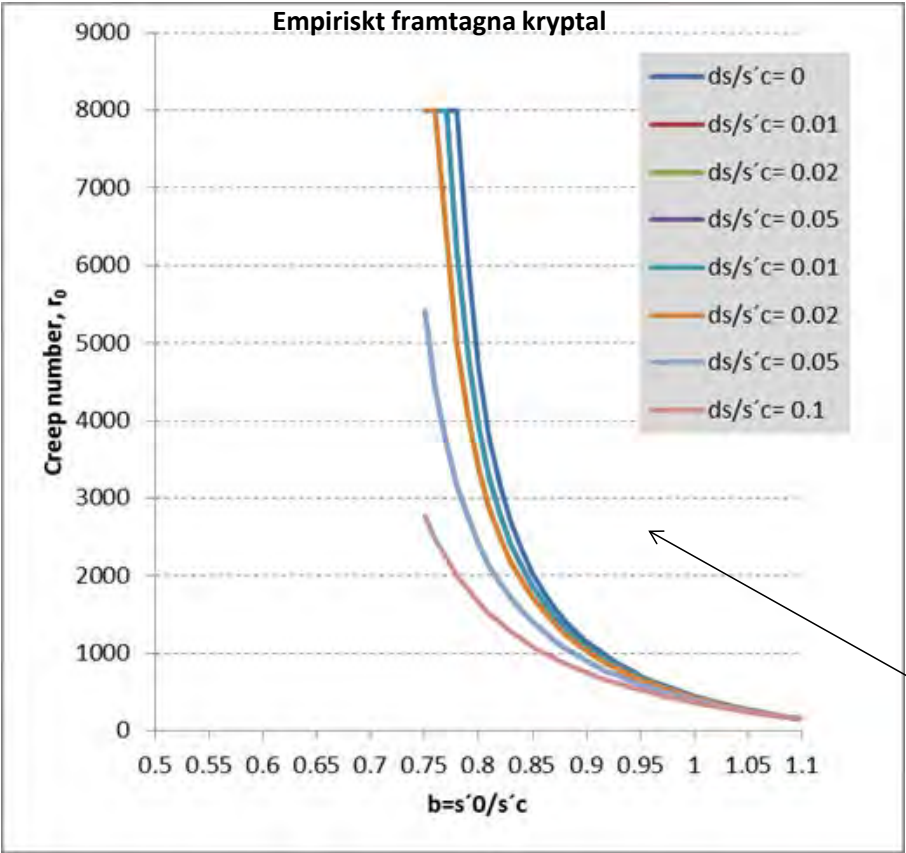
Kompressionsmodul, M_0 6000 kPa ner till nivå -4,
därunder $M_0 = 6000 + 600 \cdot z$ kPa





Parameter	Värden som ska användas vid beräkningar (GS Settlements)
α_{smax}	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
$\beta_{\alpha s}$	väljs enligt TK Geo 11, tabell 5.2-2
a_0	0,9
a_1	1,1
b_0	σ'_0/σ'_c
b_1	1,1
r_0^*	8000 vid $b_0 = 0,75$
r_0^*	3000 vid $b_0 = 0,8$
r_0^*	1750 vid $b_0 = 0,85$
r_0^*	1000 vid $b_0 = 0,9$
r_0^*	700 vid $b_0 = 0,95$
r_0^*	500 vid $b_0 = 1,0$
r_1	$\ln 10 / \alpha_s$ (kap. 5.2.2.3.6, TK Geo 11)
t_{ref}	-1 dag
β_K	4

*Kryptal, r_0 har valts utifrån empiri i diagrammet till höger.



Kurvorna i diagrammet baseras på empiriskt framtagna kryptal med utgångspunkt från empiriska relationer som utvecklats i samband med pågående doktorandprojekt på Chalmers (Mats Olsson). Den empiriska funktionen bygger på metod som beskrivs i ”Val av kryptal för lösa plastiska leror”, daterad 2009-02-13. Parametern r_0 kan genom denna empiriska relation bestämmas genom följande samband:

$$\begin{aligned} &\text{För } 0.75 < b < b_1 \\ &r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0.75 - \frac{\Delta\sigma}{\sigma'_{c_{ref}}}} + r_1 \quad \max r_0 = 8000 \\ &\text{För } b \geq b_1 \text{ gäller } r_1 \end{aligned}$$

Där $b_1=1,1$ och $b_0= \sigma'_0/\sigma'_c$

Bilaga 3

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitet befintliga förhållanden

BILAGA CC

Station Centralen

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

Innehåll

1	Allmänt.....	3
2	Geotekniska undersökningar.....	3
2.1	Tidigare utförda undersökningar och utredningar	3
2.2	Utförda undersökningar och utredningar	3
3	Geoteknisk översikt	4
3.1	Topografi och områdesbeskrivning	4
3.2	Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder	5
3.3	Geotekniska förhållanden	6
4	Stabilitet.....	9
4.1	Allmänt	9
4.2	Erforderlig säkerhetsfaktor	10
4.3	Beräkningsförutsättningar	10
4.4	Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden	10
4.5	Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser	12
5	Slutsatser och rekommendationer	12

Bilaga CC.1 Stabilitetsanalyser

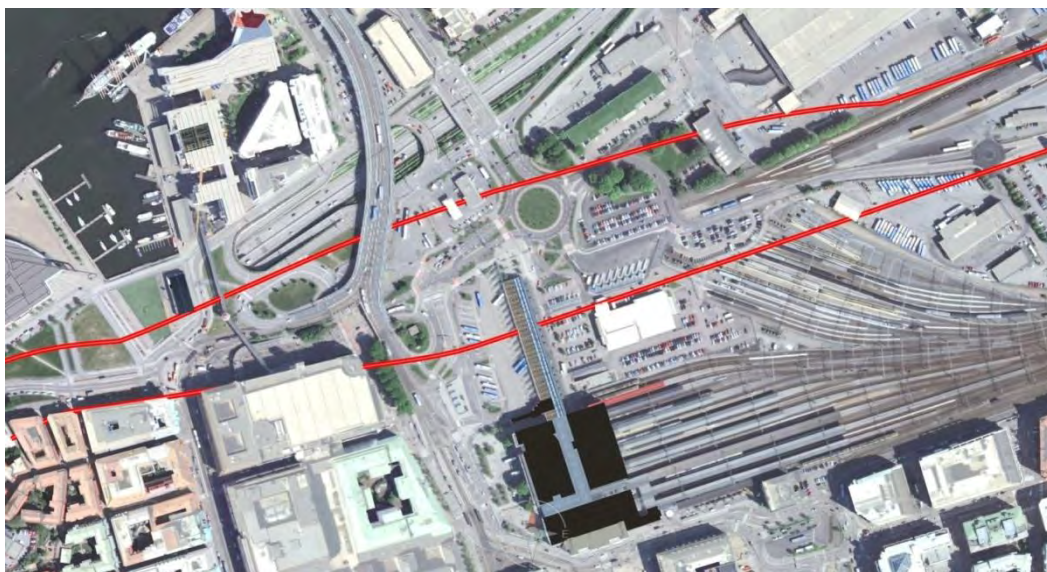


1 Allmänt

Inom uppdraget Västlänken AKF5 Geoteknik har den befintliga stabilitetssituationen längs med Västlänkens planerade sträckning analyserats. Utförda stabilitetutredningar/bedömningar syftar till att beskriva den befintliga stabiliteten i samband med upprättande av järnvägsplan, detaljplaner samt ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

Syftet med utredningen är att klarlägga stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden längs med Västlänkens sträckning.

Denna detaljerade stabilitetsutredning avser **delområde Station Centralen (CC)**. Området framgår av Figur 1.



Figur 1 Översiktskarta delområde Station Centralen.

Utredningen har utförts i enlighet med IEG Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)".

2 Geotekniska undersökningar

2.1 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

Inom och i anslutning till det aktuella undersökningsområdet har ett stort antal geotekniska undersökningar utförts under årens lopp. Materialet är mycket omfattande och innehåller såväl en stor mängd sonderingar som en stor mängd hållfasthetsbestämningar som underlag för nu utförda stabilitetsberäkningar. Tidigare undersökningar redovisas i *PM F 05 – 001 Inventering av tidigare utförda undersökningar* samt *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik för Västlänken* med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

2.2 Utförda undersökningar och utredningar

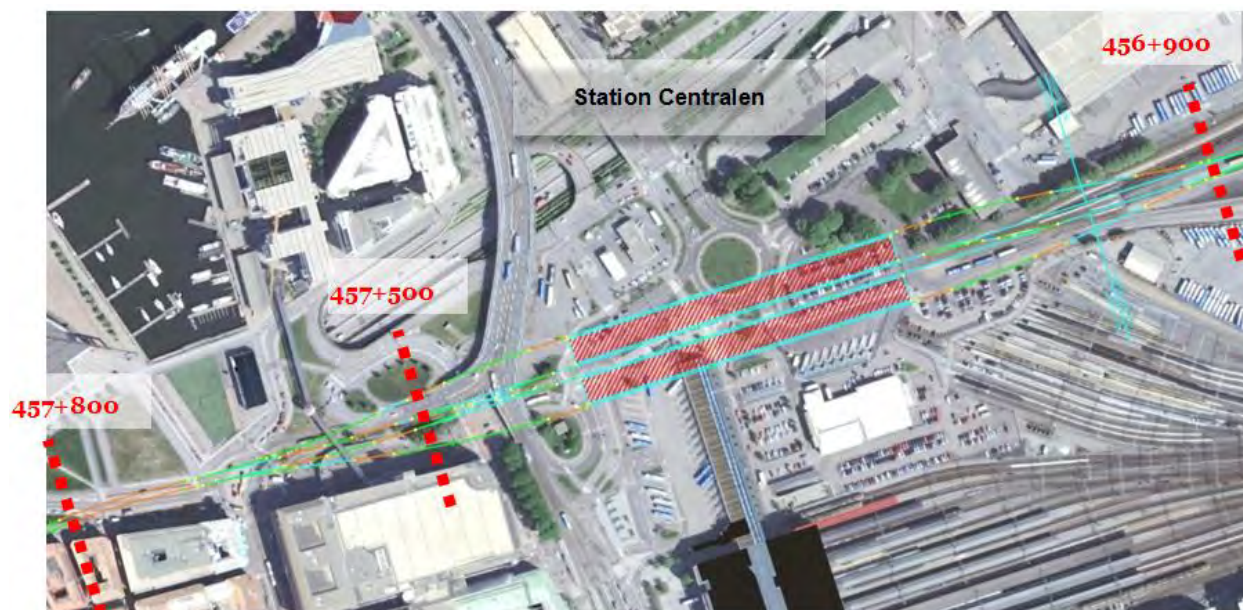
Ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har utförts inom ramen för projekt Västlänken. Nu utförda undersökningar redovisas i sin helhet i *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.



3 Geoteknisk översikt

3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Marken är relativt plan inom hela området, med undantag för tillfartsramperna till Götaälvbron. Markytan ligger som lägst på nivåerna ca +1,2 till +1,7 inom parken framför Regionens hus. Längs Kruthusgatan, omkring Nils Ericsonsterminalen och Kanaltorgsgatan ligger markytan på ca +2,0 till +2,5. Längs Sankt Eriksgatan stiger markytan uppåt, vid km 457+800 är marknivån ca +5. Tillfartsramperna till Götaälvbron ansluter till bron på nivå ca +7,2.



Figur 2 Översikt Station Centralen.

Stora delar av området för station Centralen utgörs av utfyllt vattenområde (sankmark). När stadens befästningar anlades på 1600-talet låg strandlinjen precis utanför Kvarnberget och Nordstan omgärdades av vatten både i norr och öster. Östra Hamnkanalen (nuvarande Östra Hamngatan) mynnade där gästhamnen vid Lilla Bommen ligger idag. Området vid Lilla Bommen och Centralen torrlades och fylldes ut under mitten av 1800-talet, se Figur 3. I samband med detta raserades befästningarna runt staden. Rester från de nedre delarna av befästningar, pålspärr, sänkverk finns kvar i marken under nuvarande gator och parkeringsytor. Även vallgraven mellan befästningsverken och Hultmans holme fylldes under mitten av 1800-talet.

Den inre delen av hamnbassängen vid Lilla Bommen och Östra Hamnkanalen fylldes igen 1936 och grundrester från de ursprungliga kajmurarna finns kvar under nuvarande gata.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1921 (med 1790 års karta inlagd i bakgrunden)

Figur 3 Historiska kartor som visar områdets utveckling och utfyllnader under 1800-talet (källa Göteborgs stadsmuseum).

3.2 Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder

Inom utredningsområdet har, genom åren, ett antal geotekniska förstärkningsåtgärder utförts. Förstärkningsåtgärderna utgörs exempelvis vid Götaälvsbronns södra landfäste av bankpålningar, lättfyllnader och kvarlämnad äldre grundläggning som kohesionspålar av trä. Då området varit exploaterat under en lång period och förändrats med tiden innebär det att det i marken finns grundrester från tidigare verksamheter (exempelvis fundament, pålar och äldre grundläggning). Övriga förstärkningsåtgärder samt en mer detaljerad beskrivning återfinns i "PM F 05 – 002 Befintliga grundförstärkningar och grundrester".



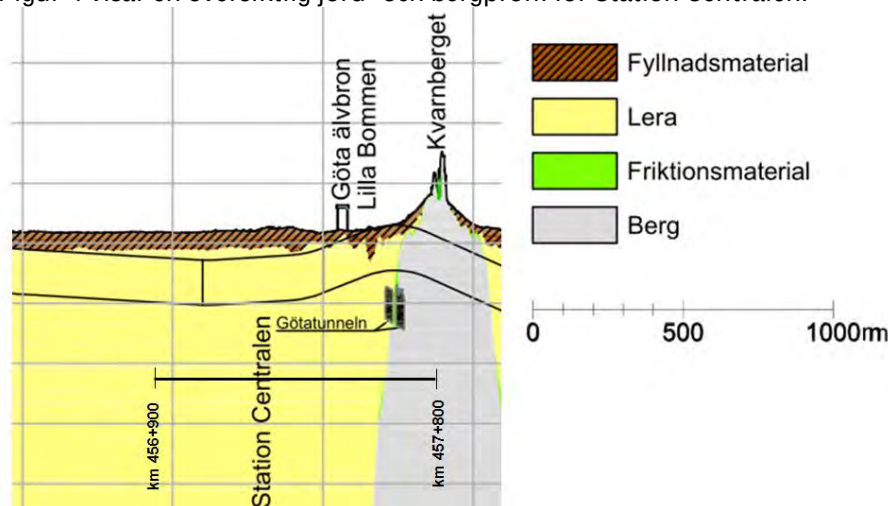
3.3 Geotekniska förhållanden

Utvärdering av de geotekniska förhållandena baseras på nu och tidigare utförda undersökningar i och i anslutning till området. De geotekniska egenskaperna för Station Centralen har delats upp i två delområden med en indelning som går från öster till väster, se Figur 2 sid. 4. Det första delområdet (km 456+900 - 457+500), benämns Centralen, sträcker sig fram till Götaälvbron och det andra delområdet (km 457+500 - 457+800), benämns Centralen - Kvarnberget, sträcker sig strax förbi korsningen med Östra Hamngatan.

De slänter som definierats som intressanta att analysera och beskriva ligger samtliga inom delområdet Centralen. I föreliggande rapport beskrivs därför endast de geotekniska förhållandena för detta delområde.

3.3.1 Jordlagerföljd

Figur 4 visar en översiktlig jord- och bergprofil för Station Centralen.



Figur 4 Översiktlig jord- och bergprofil för Station Centralen.

Jordlagren inom planområdet utgörs överst av *fyllning*. De naturligt avsatta jordlagren består av *lera* till stort djup som vilar på *friktionsjord* ovan *berg*.

Fyllning

Fyllnadsmäktigheterna är generellt ca 2,5-3 m. Fyllningsmaterialet utgörs generellt överst av ca 1-2 m mäktigt lager med sten, grus, sand, gatsten, makadam och rivningsrester som härrör från 1900-talet. Därunder följer finkornigare material såsom sand, silt och lera med tegel-, trä- och glasrester (som härrör från muddar- och schaktmassor från 1800-talet) samt grundrester från tidigare byggnadsverk. Även organisk jord förekommer i den äldre fyllningen.

Lera

Under fyllningen följer en naturligt avsatt lera till stort djup. Leran närmast under fyllningen är av torrskorpekaraktär (ca 1-2 m, dvs. ner till ca 3-5 m djup under markytan). Utförda CPT-sonderingar visar på en homogen lera utan någon förekomst av dränerande/ vattenförande skikt. Sonderingar har utförts till stopp i några punkter inom det aktuella området. Sonderingar som är utförda till stopp visar att lerans mäktighet är ca 85-100 m inom större delen av stationsläget.

Friktionsjord

Under leran följer ett lager friktionsjord (ej närmare undersökt) som vilar på berget.

Berg

Bergnivån inom området är ca -85 till -100.



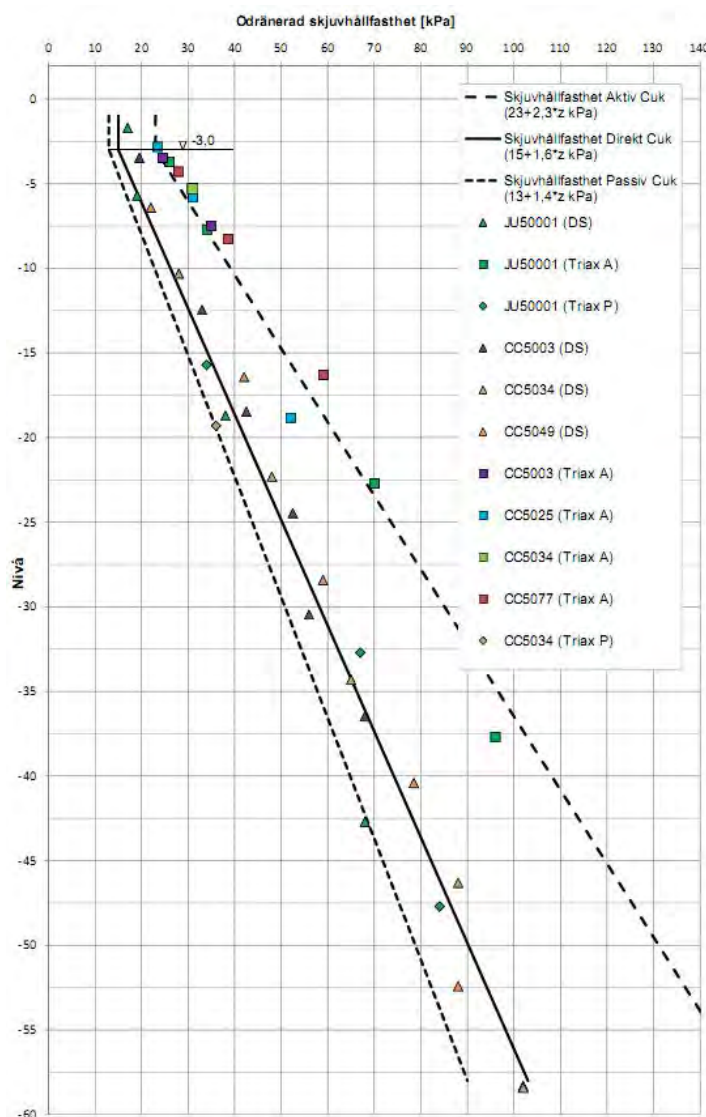
3.3.2 Densitet, vattenkvot och konflytgräns och sensitivitet

Lerans densitet är ca 1,6 t/m³ ner till nivån -18 för att därunder öka till ca 1,7 t/m³ vid nivån -60. Lerans vattenkvot är ca 60-90 %, där de högre värdena återfinns ner till ca 10 m djup. Leran är mellansensitiv med en sensitivitet som generellt varierar mellan 10-30.

3.3.3 Odränerad skjuvhållfasthet

Den odränerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats från utförda hållfasthetsbestämningar främst i form av en stor mängd utförda direkta skjuvförsök och triaxialförsök som kompletterats med empiriska beräkningar med utgångspunkt från en stor mängd utförda CRS-försök. Som ytterligare stöd för hållfasthetsbestämningen har även fallkonförsök, vingförsök samt CPT-sonderingar beaktats.

Den odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) har utvärderats till 15 kPa ner till nivån -3 för att därunder ha en hållfasthetstillväxt mot djupet med ca 1,6 kPa/m, se Figur 5.



Figur 5 Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för Station Centralen.

Leran är på nivån -3 överkonsoliderad med ca 20 kPa (ca OCR=1,4). Överkonsolideringen ökar mot djupet till att vara ca 100 kPa på nivå -50 (ca OCR=1,3).

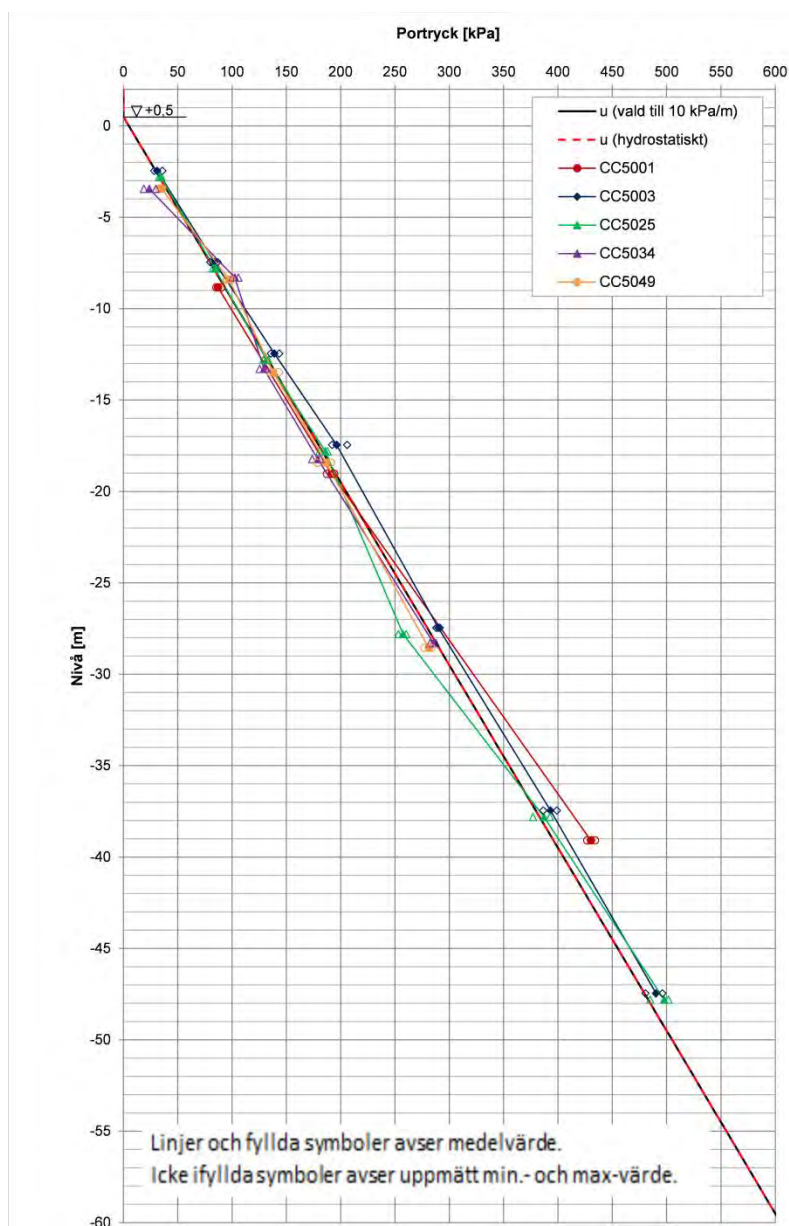


3.3.4 Grundvatten och portryck

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordslagren under de mäktiga lerlagren. Mätningar i det övre magasinet visar på att grundvattennivån ligger på nivåerna +0,5 till +1,5. Närheten till Göta Älv innebär att grundvattennivån i det övre magasinet beror av vattenståndet i älven.

Nu utförda och tidigare utförda portrycksmätningar visar att portrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta som ligger på nivån +0,5, se Figur 6. Mätning på stora djup visar på något högre trycknivåer, vilket indikerar en tendens till övertryck (trycknivåer motsvarande en grundvattennivå på ca +1 till +4).

Uppmätta portryck i punkten CC5003, djupet 20 m, avviker och visar på en onormalt stor spridning, varför dessa värden i dagsläget bedöms som något osäkra. Detsamma gäller för punkten OC5025, djupet 30 m.



Figur 6 Uppmätta portrycksnivåer inom området.



4 Stabilitet

4.1 Allmänt

Stabiliteten har bedömts inom hela det aktuella området. Ny beräkning har utförts i samband med framtagande av detaljplan för Station Centralen. Stabiliteten har analyserats för befintliga förhållanden i totalt 2 st sektioner med sektionslägen enligt Figur 7 nedan.

Tidigare utförda analyser vid Detaljplan Regionens Hus

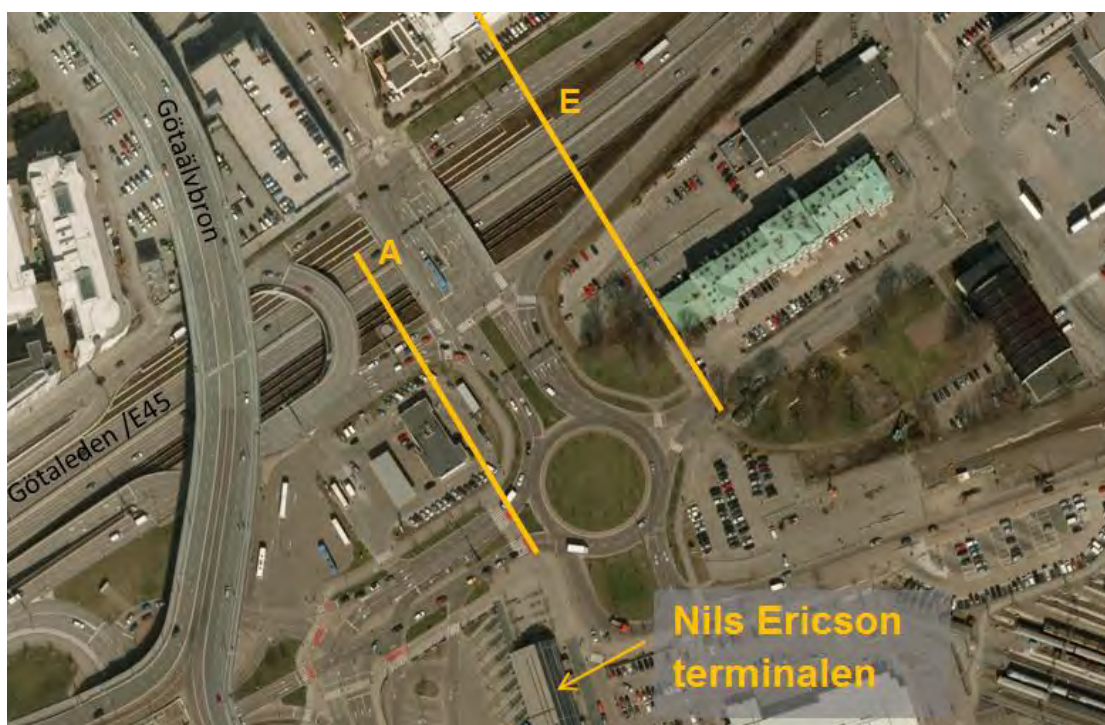
Norconsult har tidigare (år 2009) utfört stabilitetsanalys för befintliga förhållanden i en sektion inom den geotekniska utredningen för "Detaljplan Regionens hus". Resultatet från denna analys redovisas i detta PM. För utredningen i sin helhet hänvisas till:

- "Detaljplan Regionens hus, Göteborg – Geoteknisk undersökning: PM beträffande geotekniska förhållanden"
Norconsult, Revidering A 2010-06-02, uppdragsnr 101 24 18.

Sektionsläget för den beräknade sektionen (benämnd E) visas i Figur 7 nedan. Stabiliteten har i sektion E kontrollerats såväl mot Götaleden som för riktigt långa glidytor med en utbredning till Göta älv.

Nu utförd analys

Ny beräkning för planområdet har utförts i 1 st sektion (benämnd A), med ett sektionsläge enligt nedanstående figur. Använda materialparametrar för stabilitetsanalyserna redovisas i tabell på respektive stabilitetsberäkning i Bilaga CC.1.



Figur 7 Sektionslägen utförda stabilitetsanalyser.

Stabilitetsanalyserna har utförts med odränerad och kombinerad analys med programmet Slope/W version 8.0.9.6484 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod.

4.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s Rapport 4:2010, där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för Detaljerad stabilitetsutredning för markområden med markanvändningen "Befintlig bebyggelse och anläggning".

Enligt ovanstående gäller därmed följande rekommendation på säkerhetsfaktorn mot brott utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 1 Rekommenderade säkerhetsfaktorer enligt IEG:s rapport 4:2010, detaljerad utredning.

<i>Befintlig bebyggelse och anläggning</i>	
F_c	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5-1,3$

Rekommenderad säkerhetsnivå utgörs således av ett "spann" mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Erforderlig säkerhetsnivå som ställs för ett specifikt objekt bestäms utifrån ett stort antal faktorer som betecknas som "gynnsamma" eller "ogynnsamma". Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.

Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom de aktuella områdena rekommenderas nedanstående säkerhetsnivå med avseende på stabilitetsförhållandena.

Tabell 2 Rekommenderad säkerhet för befintliga förhållanden.

<i>Befintlig bebyggelse och anläggning</i>	
F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,3$

4.3 Beräkningsförutsättningar

4.3.1 Utformning och geometri

Som underlag till geometrin vid stabilitetsberäkningen har befintligt kartmaterial för området (digital primärkarta med 0,5 m ekvidistans) samt projekteringsritningar för Götatunneln använts.

4.3.2 Marklaster och schaktning

Markbelastningen inom gator har i stabilitetsanalyserna ansatts till 13 kPa på hela vägbredden och med obegränsad längd, enligt IEG Rapport 4:2010. Inom gång- och cykelvägar har markbelastningen ansatts till 5 kPa och inom parkerings- och uppställningsytor 10 kPa.

4.4 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

Stabiliteten för *befintliga förhållanden* har analyserats för de två sektionerna inom området. Inom området varierar såväl geometrin i form av höjd och lutning som jordlagerföljden något mellan sektionerna.

I följande kapitel beskrivs resultatet av nu utförd stabilitetsanalys (sektionsläge A). Resultat från tidigare utförd analys redovisas i avsnitt 4.5.



4.5 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser. Utförda stabilitetsanalyser redovisas i sin helhet i CC.1.

Tabell 3 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.
Fet text innebär att rekommenderad säkerhetsnivå för stabiliteten inte är uppfylld.

Sektion	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
Sektion A	1,55	1,55
Sektion E		
Lokalt (Götaleden)	1,57	1,57
Total (Göta älv)	8,1	8,1

Stabilitetssituationen för befintliga förhållanden för området uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå enligt IEG rapport 4:2010.

5 Slutsatser och rekommendationer

Denna *detaljerade* stabilitetsutredning visar att stabilitet inom rubricerat område CC är tillfredställande i enlighet med uppställda krav på erforderliga säkerhetsfaktor mot brott.

Föreliggande detaljerade stabilitetsutredning baseras på de idag rådande, kända, förutsättningarna inom aktuellt delområde. I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitetsanalyser Station Centralen BILAGA CC.1

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	David Stålsmeden	
Granskad av:	Urban Högsta	



OBJEKT	DP Station Centralen
SKEDE	Befintliga förhållanden
SEKTION	Sektion A
ANALYS	Kombinerad analys
BESKRIVNING	*
UPPDAG	DP Västlänken stationer
UPPDAGSNUMMER	1351220588
BESTÄLLARE	Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad
ANALYSDATA	Analystyp: Totalsäkerhetsanalys Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: Yes) GW & portryck: Piezometric Line Glidtyr: Grid and Radius, Left to Right Senast sparad: 2014-05-02; 12:50:35 C:\Project\2013\1370588 DP Västlänken Stationer\12_Beräkna_väg.gpz

BILAGA

SKALA

1:500

JORDLAGER OCH MATERIALPARAMETRAR

Name: Le1 (k)
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 17 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

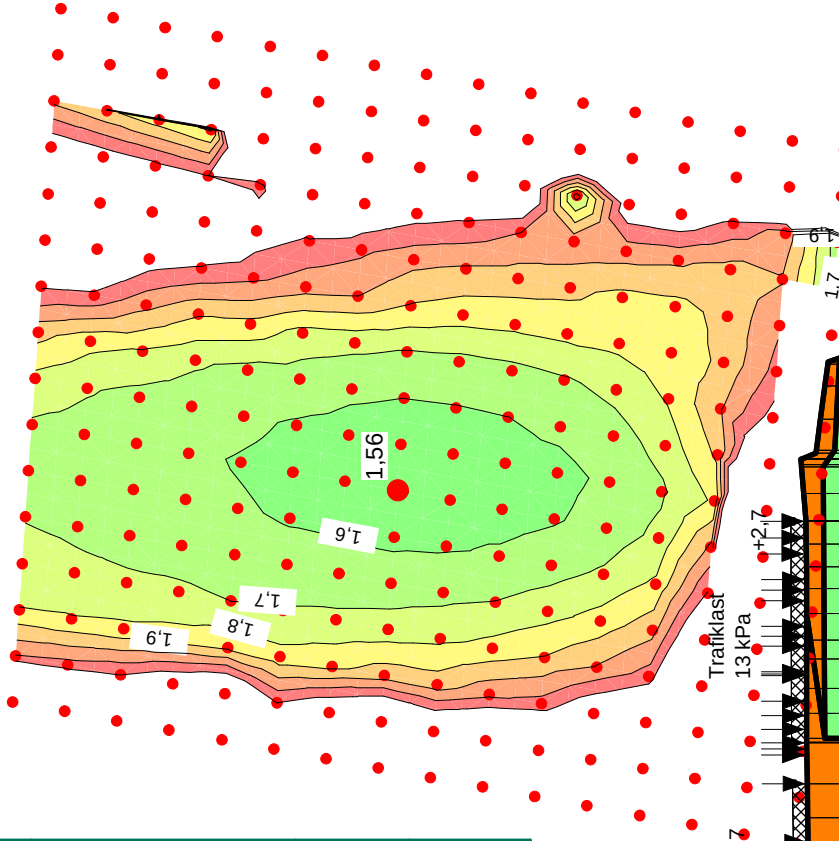
Name: Le2 (k)
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 17 kPa
Cu-Rate of Change: 1 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -4 m

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

Name: Cellplast
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.5 kN/m³

Name: Lättklinker
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 12 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 6.5 kN/m³

Constant Unit Wt. Above Water Table: 6.5 kN/m³



Trafiklast

Bensinstation/parkering ca +2,1-2,7

13 kPa

10 kPa

5

0

-5

-10

-15

-20

-25

-30

-35

-40

-45

-50

-55

-60

-65

-70

-75

-80

-85

-90

-95

-100

-105

-110

-115

-120

-125

-130

-135

-140

-145

-150

-155

-160

-165

-170

-175

-180

-185

-190

-195

-200

-205

-210

-215

-220

-225

-230

-235

-240

-245

-250

-255

-260

-265

-270

-275

-280

-285

-290

-295

-300

-305

-310

-315

-320

-325

-330

-335

-340

-345

-350

-355

-360

-365

-370

-375

-380

-385

-390

-395

-400

-405

-410

-415

-420

-425

-430

-435

-440

-445

-450

-455

-460

-465

-470

-475

-480

-485

-490

-495

-500

-505

-510

-515

-520

-525

-530

-535

-540

-545

-550

-555

-560

-565

-570

-575

-580

-585

-590

-595

-600

-605

-610

-615

-620

-625

-630

-635

-640

-645

-650

-655

-660

-665

-670

-675

-680

-685

-690

-695

-700

-705

-710

-715

-720

-725

-730

-735

-740

-745

-750

-755

-760

-765

-770

-775

-780

-785

-790

-795

-800

-805

-810

-815

-820

-825

-830

-835

-840

-845

-850

-855

-860

-865

-870

-875

-880

-885

-890

-895

-900

-905

-910

-915

-920

-925

-930

-935

-940

-945

-950

-955

-960

-965

-970

-975

-980

-985

-990

-995

-1000

-1005

-1010

-1015

-1020

-1025

-1030

-1035

-1040

-1045

-1050

-1055

-1060

-1065

-1070

-1075

-1080

-1085

-1090

-1095

-1100

-1105

-1110

-1115

-1120

-1125

-1130

-1135

-1140

-1145

-1150

-1155

-1160

-1165

-1170

-1175

-1180

-1185

-1190

-1195

-1200

-1205

-1210

-1215

-1220

-1225

-1230

-1235

-1240

-1245

-1250

-1255

-1260

-1265

-1270

-1275

-1280

-1285

-1290

-1295

-1300

-1305

-1310

-1315

-1320

-1325

-1330

-1335

-1340

-1345

-1350

-1355

-1360

-1365

-1370

-1375

-1380

-1385

-1390

-1395

-1400

-1405

-1410

-1415

-1420

-1425

-1430



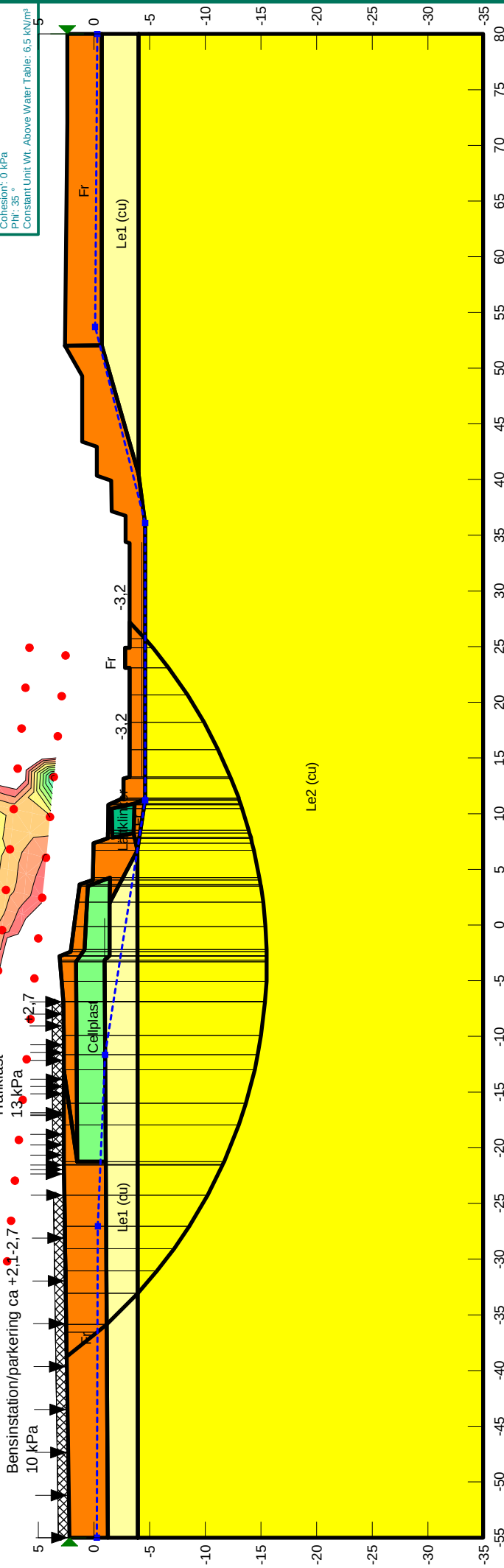
OBJEKT	DP Station Centralen
SKEDE	Befintlga förhållanden
SEKTION	Sektion A
ANALYS	Odränerad analys
BESKRIVNING	*
UPPDAG	DP Västlänken stationer
UPPDAGSNUMMER	1351220588
BESTÄLLARE	Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad
ANALYSDATA	Analystyp: Totalsäkerhetsanalys Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: Yes) GW & portryck: Piezometric Line Glidtyr: Grid and Radius, Left to Right Senast sparad: 2014-05-02; 12:50:35 C:\Project\2013\1370588 DP Västlänken Stationer\12_Beräkna_vg.gpz

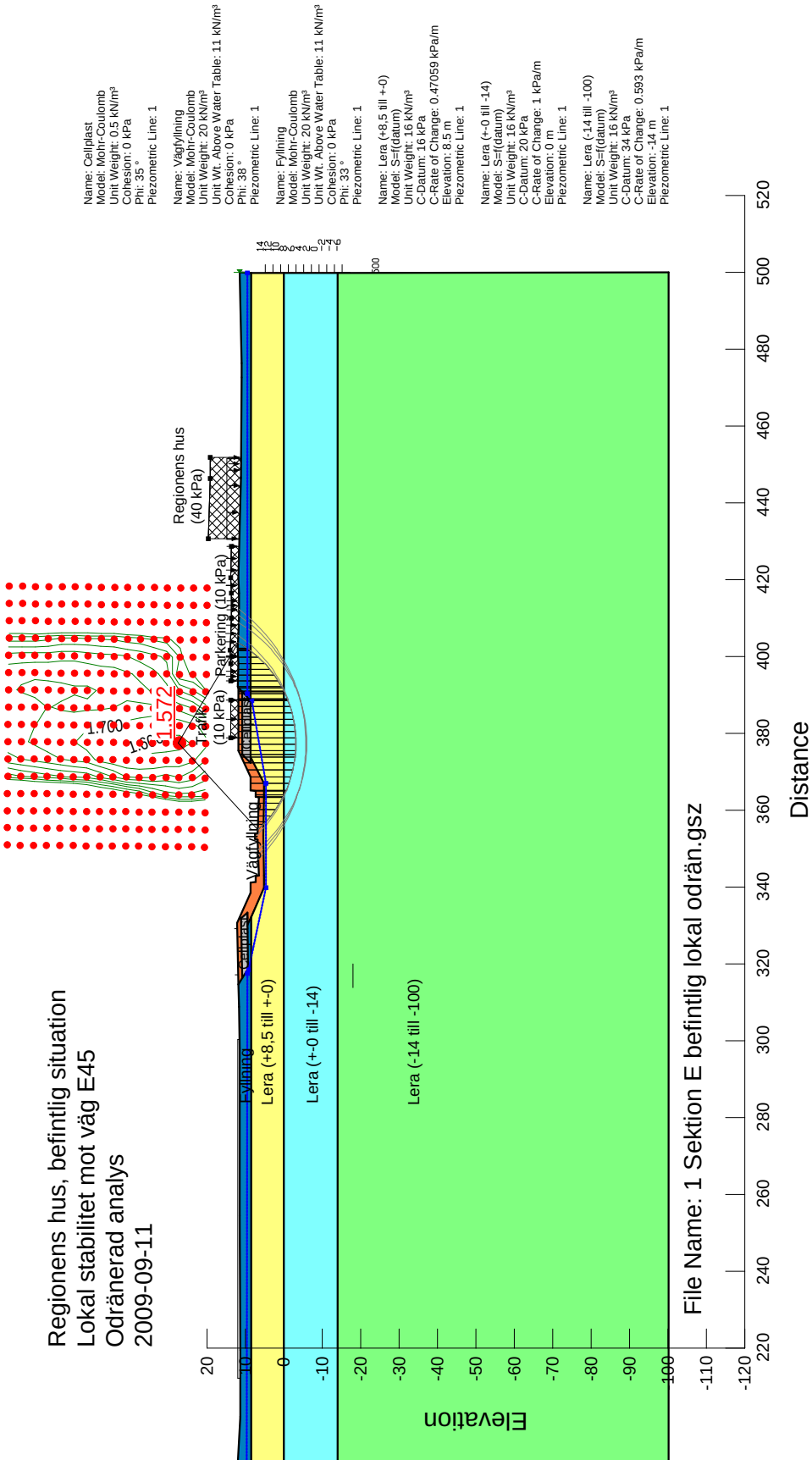
BILAGA

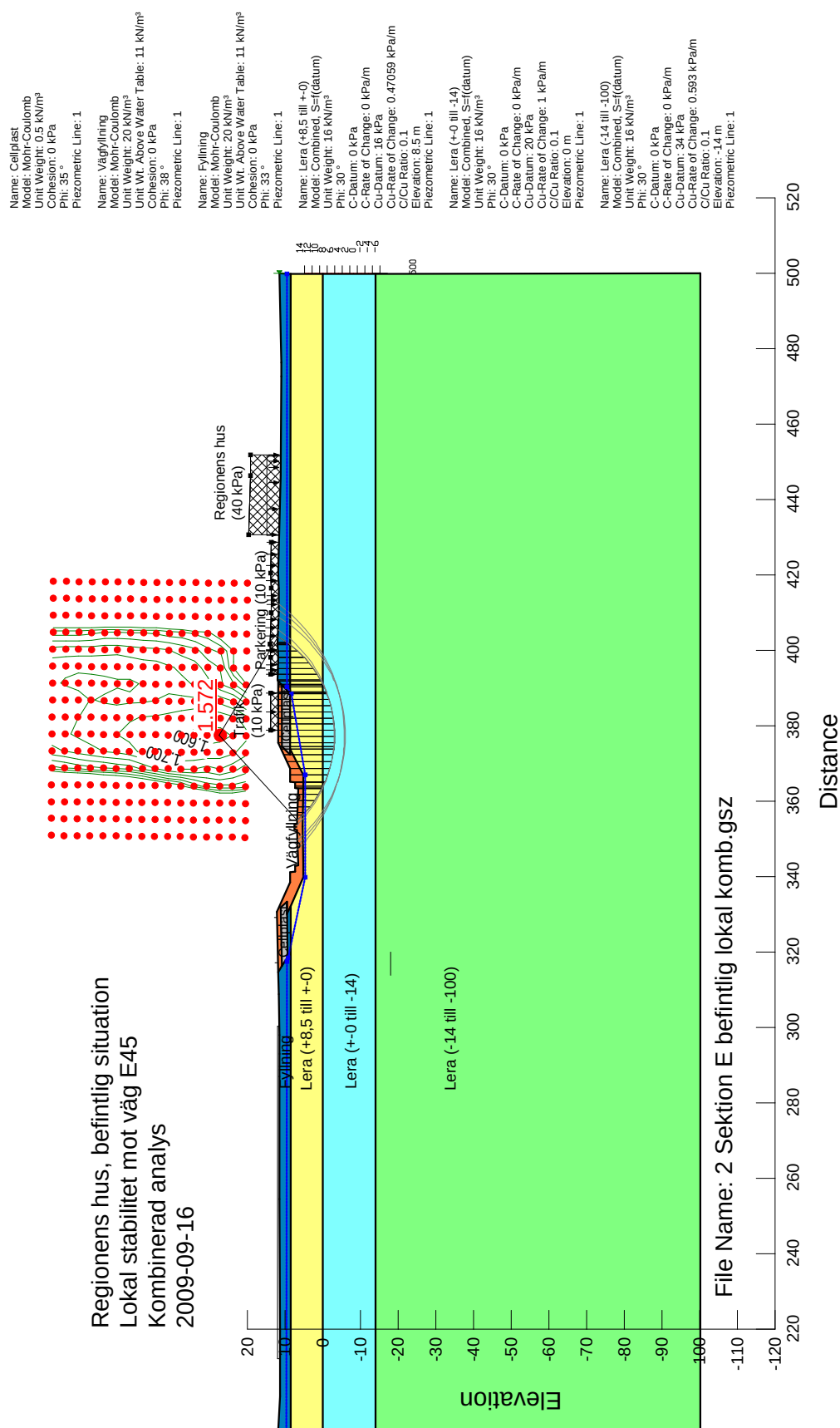
SKALA
1:500

JORDLAGER OCH MATERIALPARAMETRAR

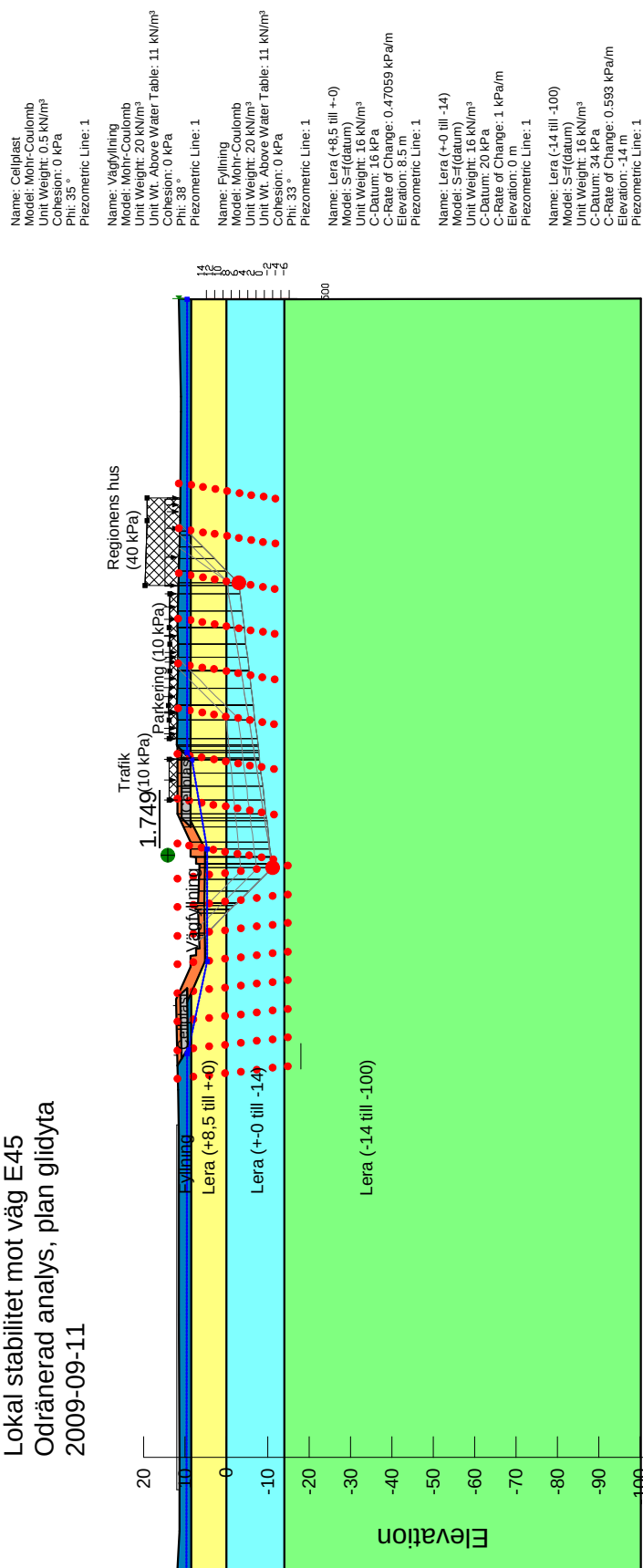
Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m ³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m ³
Name: Le1 (cu)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16 kN/m ³
Cohesion: 17 kPa
Name: Le2 (cu)
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m ³
C-Datum: 17 kPa
C-Rate of Change: 1 kPa/m
C-Maximum: 0 kPa
Datum (Elevation): -4 m
Name: Cellplast
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m ³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.5 kN/m ³
Name: Lättklinker
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 12 kN/m ³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 6.5 kN/m ³







Regionens hus, befintlig situation
Lokal stabilitet mot väg E45
Odränerad analys, plan glidyta
2009-09-11



Name: Cellplast
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 0.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Piezometric Line: 1

Name: Vädryllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 11 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 38 °
Piezometric Line: 1

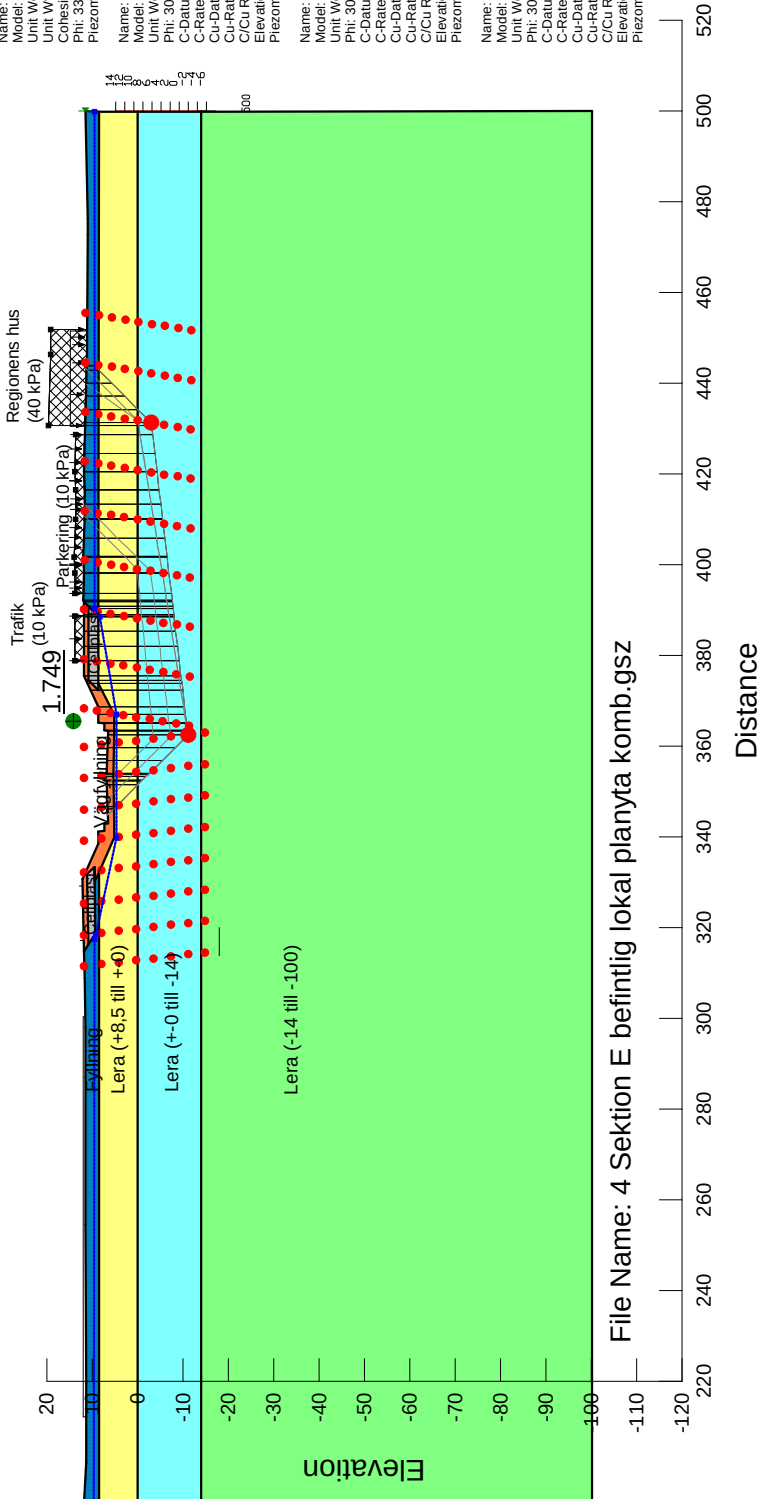
Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 11 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 33 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera (+8.5 till +0)
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 16 kPa
Cu-Rate of Change: 0.47059 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 8.5 m
Piezometric Line: 1

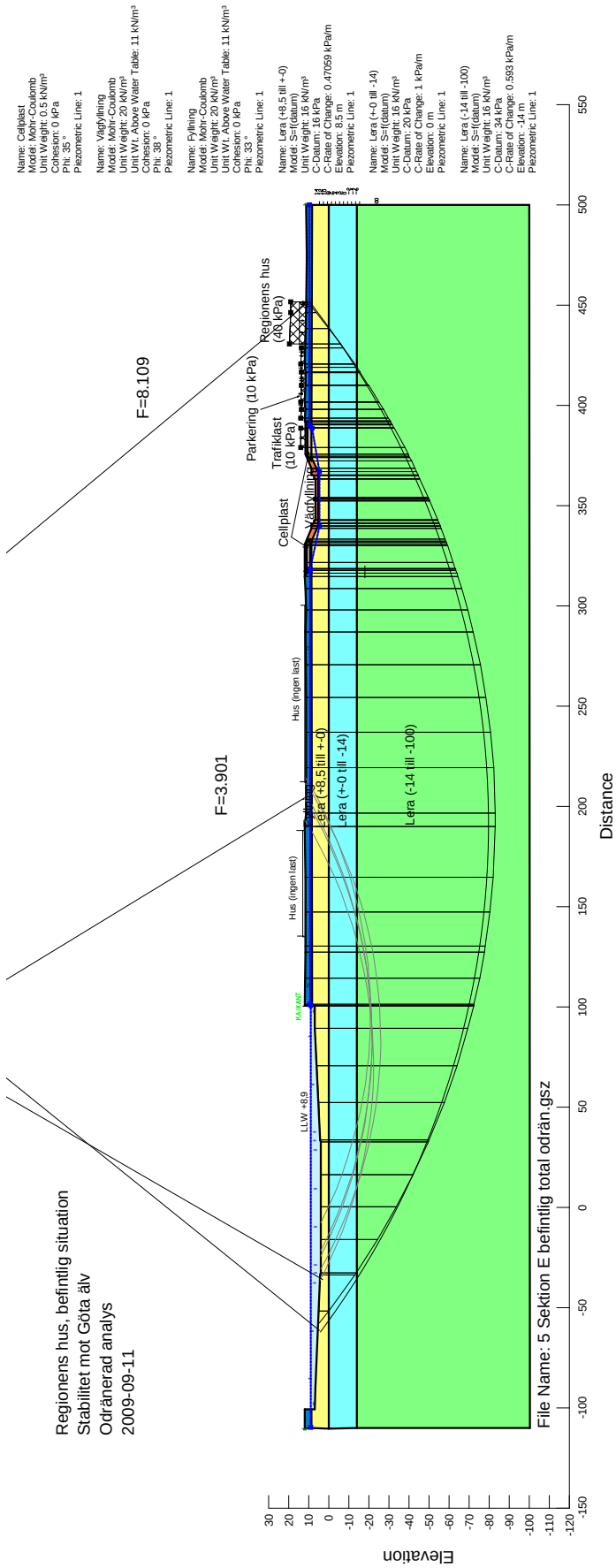
Name: Lera (±0 till -14)
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 20 kPa
Cu-Rate of Change: 1 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 0 m
Piezometric Line: 1

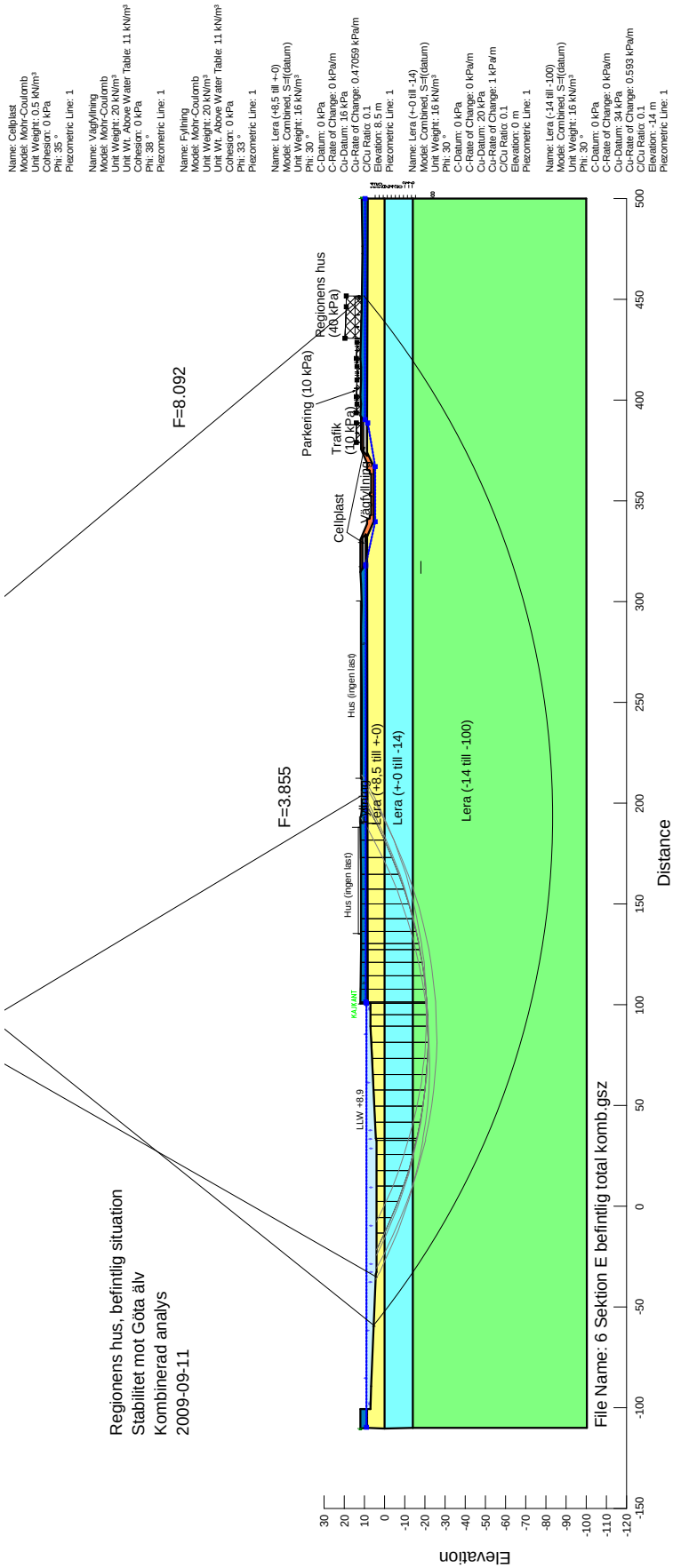
Name: Lera (-14 till -100)
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 34 kPa
Cu-Rate of Change: 0.593 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: -14 m
Piezometric Line: 1

Regionens hus, befintlig situation
Lokal stabilitet mot väg E45
Kombinerad analys, plan glidyta
2009-09-16

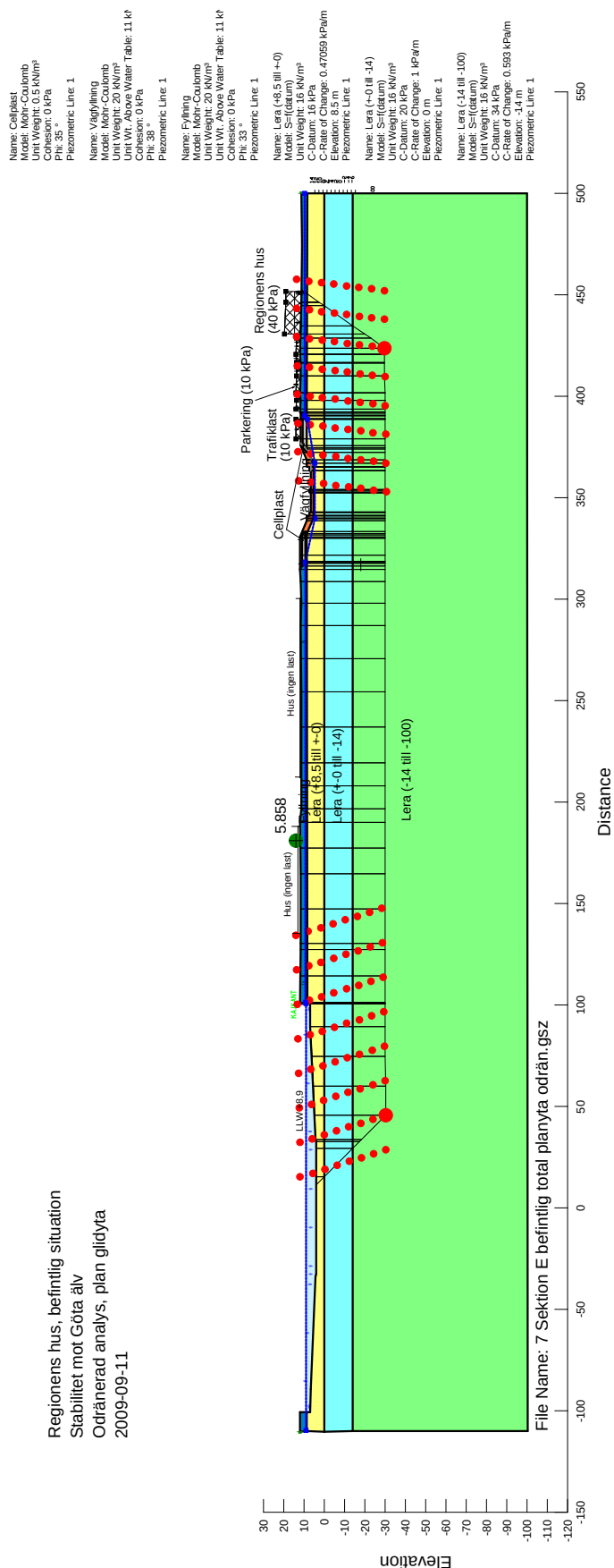


File Name: 4 Sektion E befintlig lokal planyta komb.gsz

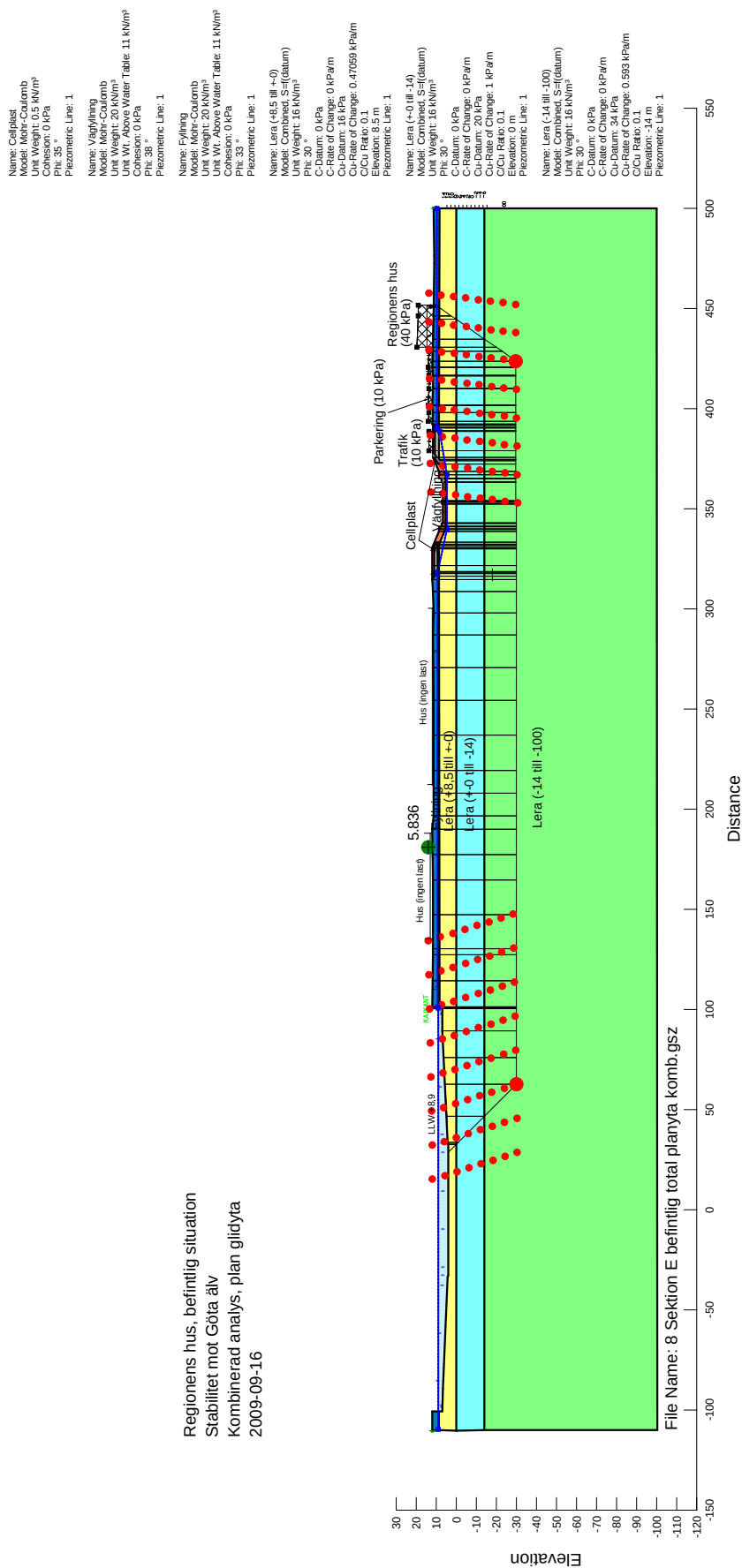




Regionens hus, befintlig situation
Stabilitet mot Göta älv
Odränerad analys, plan glidyta
2009-09-11



Regionens hus, befintlig situation
Stabilitet mot Göta älv
Kombinerad analys, plan glidyta
2009-09-16



Bilaga 4

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitet befintliga förhållanden

BILAGA CH

Linje Station Centralen – Station Haga

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

Innehåll

1	Allmänt.....	3
2	Geotekniska undersökningar.....	4
2.1	Tidigare utförda undersökningar och utredningar	4
2.2	Utförda undersökningar och utredningar	4
3	Geoteknisk översikt	4
3.1	Topografi och områdesbeskrivning	4
3.2	Befintliga kajkonstruktioner	6
3.3	Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder	12
3.4	Geotekniska förhållanden	13
4	Stabilitet	20
4.1	Allmänt	20
4.2	Erforderlig säkerhetsfaktor	20
4.3	Beräkningsförutsättningar	21
4.4	Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden.....	23
4.5	Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser	26
5	Slutsatser och rekommendationer	26

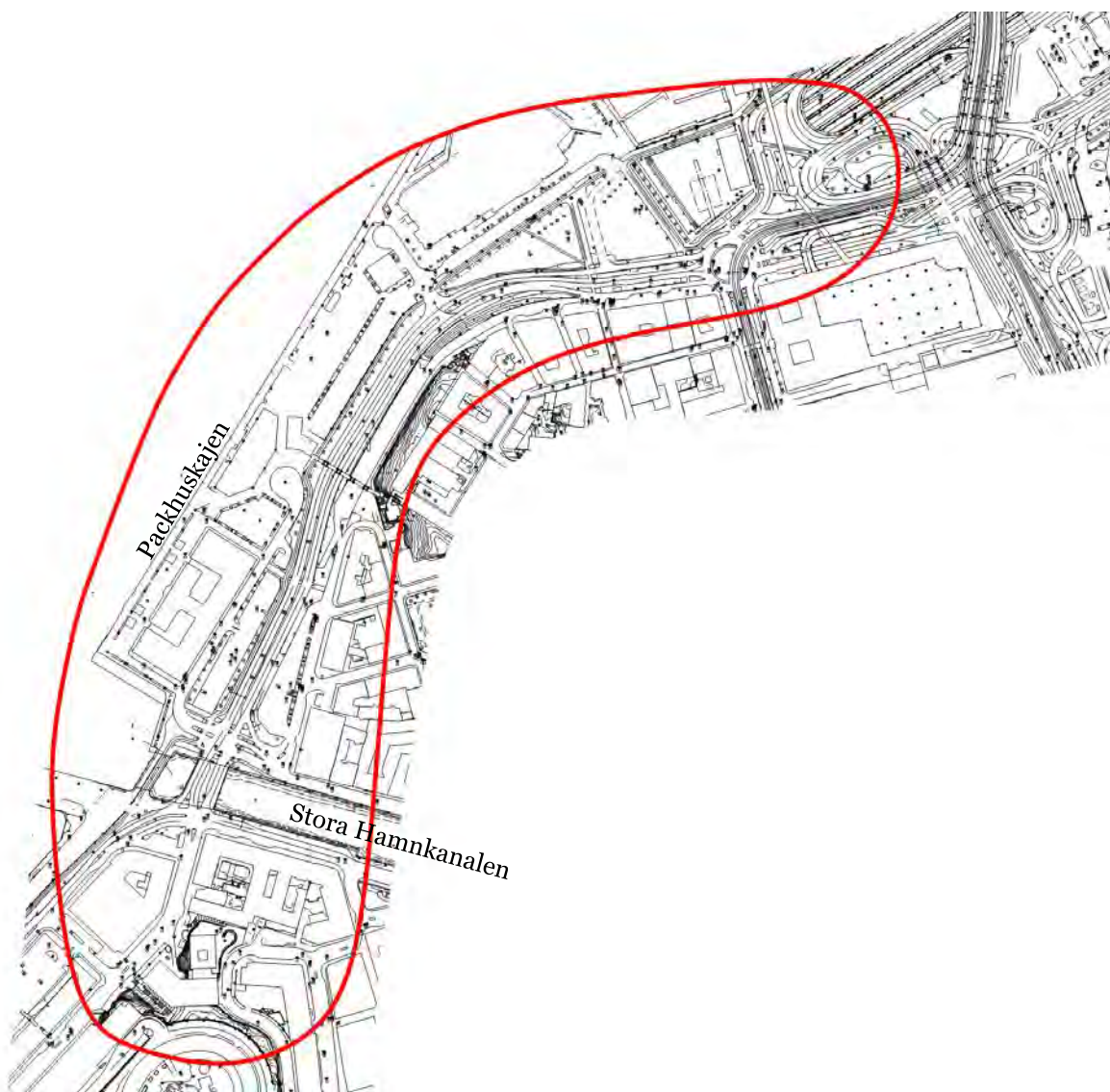


1 Allmänt

Inom uppdraget Västlänken AKF5 Geoteknik har den befintliga stabilitetssituationen längs med Västlänkens planerade sträckning analyserats. Utförda stabilitetutredningar/bedömningar syftar till att beskriva den befintliga stabiliteten i samband med upprättande av järnvägsplan, detaljplaner samt ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

Syftet med utredningen är att klarlägga stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden längs med Västlänkens sträckning.

Denna detaljerade stabilitetsutredning avser **delområde Linje Station Centralen – Station Haga (CH)**. Området framgår av Figur 1.



Figur 1 Översiktskarta över utredningsområdet.

Utredningen har utförts i enlighet med IEG Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)".



2 Geotekniska undersökningar

2.1 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

Inom och i anslutning till det aktuella undersökningsområdet har ett stort antal geotekniska undersökningar utförts under årens lopp. Materialet är mycket omfattande och innehåller såväl en stor mängd sonderingar som en stor mängd hållfasthetsbestämningar som underlag för nu utförda stabilitetsberäkningar. Tidigare undersökningar redovisas i *PM F 05 – 001 Inventering av tidigare utförda undersökningar*, *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* för Västlänken med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

Under 2011 utförde Sweco detaljerade stabilitetsutredningar dels längs Göta älv mellan Gullbergsvass och Stora Hamnkanalen och dels längs Stora Hamnkanalen mellan Brunnsparken och Residensbron. Utredningarna utfördes inom ramen för en stabilitetskartering på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad. Vidare utfördes även en geoteknisk utredning för en järnvägsplan till den nya spårväg som planeras inom ramen för projekt Skeppsbron. Samtliga av dessa utredningen har beaktats vid bedömning av stabilitetsförhållandena längs såväl Göta älv som Stora Hamnkanalen.

- *Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad, Delområde S114*
Sweco Infrastructure AB, 2011-09-15
- *Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad, Delområde S302*
Sweco Infrastructure AB, 2011-09-15
- *Järnvägsplan för spårväg Skeppsbron, Järntorget – Stenpiren – Lilla torget*
Sweco Infrastructure AB, 2011-09-14

2.2 Utförda undersökningar och utredningar

Ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har utförts inom ramen för projekt Västlänken. Nu utförda undersökningar redovisas i sin helhet i *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

3 Geoteknisk översikt

3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Utredningsområdet sträcker sig mellan Götatunnelns norra nedfart till Otterhällan. Området utgörs närmast älven av kaj- och hamnkonstruktioner. Vidare utgörs markytorna i huvudsak av gator, vägar, parkeringsytor och gångstråk. Marken närmast kajerna är relativt plan och marknivån ligger idag på nivån ca +2. Marknivån når upp till ca +20 på Kvarnberget och ca +35 på Otterhällan.

Området som idag utgörs av Packhusplatsen och Packhuskajen var vattenområde fram till i början av 1800-talet, då området började fyllas ut. Före utfyllnaden låg strandlinjen precis utanför befästningarna nedanför Kvarnberget, se Figur 2. Innanför bastionen vid nuvarande Packhusplatsen låg det en rektangelformad, ca 35 m bred, hamnbassäng (Kronans Masthamn) som anlades på 1600-talet. Hamnbassängen mynnade i Stora Hamnkanalen och sträckte sig norrut till i höjd med Kronhusgatan, se Figur 2. Masthamnen fylldes igen i mitten av 1800-talet. Rester från befästningarnas nedre delar och rester från kajmurarna för Masthamnen finns kvar under nuvarande gator och parkeringsytor.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890

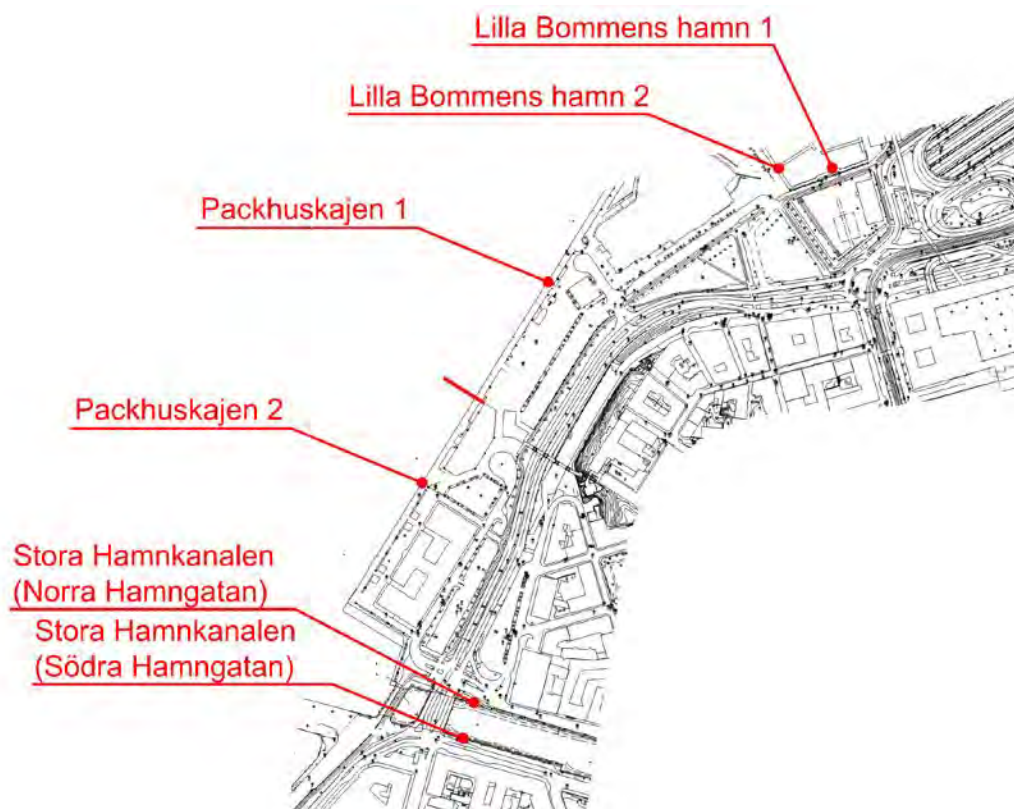


Göteborg år 1920

Figur 2 Historiska kartor som visar utreningsområdets utveckling och utfyllnader under 1800-talet.

3.2 Befintliga kajkonstruktioner

Längs Göra älv och Stora Hamnkanalen finns ett antal olika kajkonstruktioner som är byggda/renoverade under olika perioder. I detta avsnitt redovisas respektive kajkonstruktion och läget för de olika konstruktionerna illustreras geografiskt i Figur 3.



Figur 3 Indelning av kajerna längs området där varje del representerar en typ av kajkonstruktion.

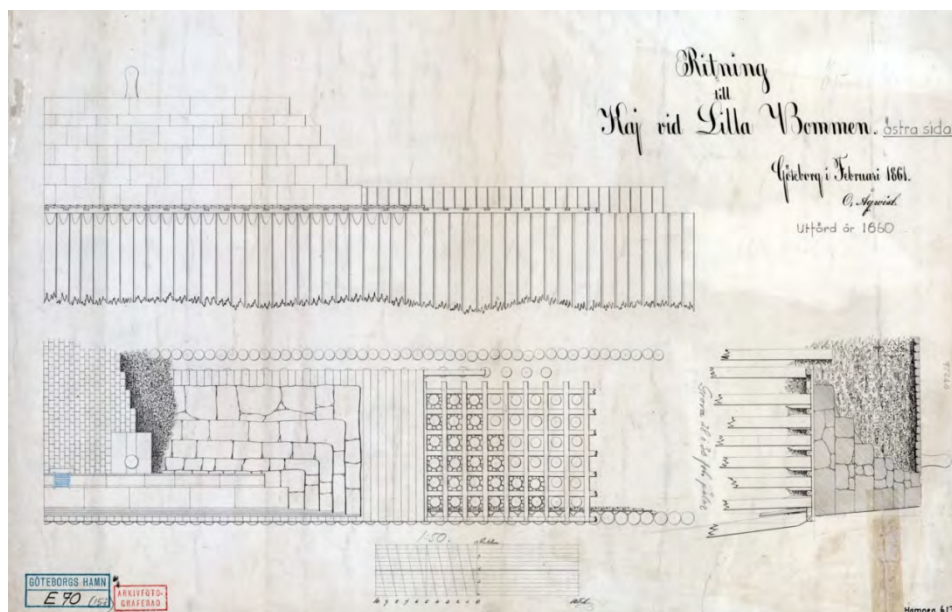
Lilla Bommens hamn

Området som benämns Lilla Bommen utgörs av kajer som ursprungligen byggdes mellan år 1855-1860. Till följd av ojämna och relativt stora sättningar utfördes en förstärkning av större delen av den västra kajen under 1920-talet (Lilla Bommens hamn 2 i Figur 3). Den ursprungliga kajens konstruktion (Lilla Bommens hamn 1 i Figur 3) består av en stenmur som pålats (träpålar) i fem pålrader. Pålningen innesluts på ömse sidor av pålsponten, se Figur 4. Figur 5 illustrerar hur sättningar medfört att den ursprungliga kajkonstruktionen börjat luta. Ombyggnaden bestod av att en ny pålrader med 12 m långa träpålar slogs utanför den ursprungliga konstruktionen där en ny frontmur av betong gjöts ovanpå. Dessutom slogs en ny träspont utanför den nya pålrader som förankrades i betongmuren.

År 1991 utfördes en inspektion (Skanska Teknik AB) av den ombyggda sträckan där det konstaterades att kajens skick generellt då var av god kvalitet. Enda anmärkningen bestod av att träspontens översta del var angripen av rötsvamp och därav något förrutnad.

Lilla Bommens hamn används till kommersiell båttrafik samt är en hållplats för Älvsnabben. Den västra delen av hamnen utgörs av flytbryggor för förtöjning av fritidsbåtar.

Hamnens innersta del ansluter till lokalvägar samt Götatunneln. Östra Hamnkanalen mynnade ursprungligen i Lilla Bommens hamn men fylldes igen år 1936 för att ge plats åt spårvägens utbyggnad.



Figur 4 Kajkonstruktion för kajerna vid Lilla Bommens hamn (Lilla Bommens hamn 1 i Figur 3).

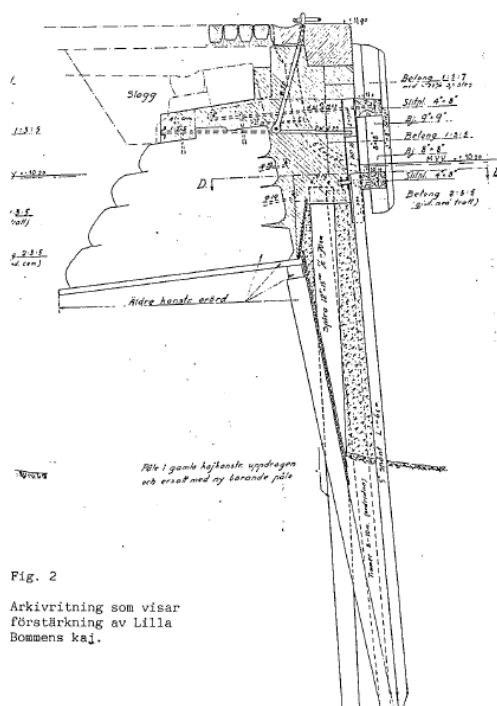


Fig. 2
Arkivritning som visar
förstärkning av Lilla
Bommens kaj.

Figur 5 Konstruktionsritning av den ombyggda kajen som utfördes under 1920-talet (Lilla Bommens hamn 2 i Figur 3).

Packhuskajen

Packhuskajen byggdes i två omgångar med två olika konstruktioner. Den södra delen (Packhuskajen 2 i Figur 3) stod klar år 1867 och den norra delen (Packhuskajen 1 i Figur 3) byggdes under 1870-talet. Konstruktionen inom den södra delen består av en stensatt mur som är grundlagd på träpålar i totalt sju pålrader, se Figur 6. Bakom muren är marken förstärkt med ytterligare fyra pålrader. Till följd av stora sättningar under kajens första år började kajen påtagligt att luta varpå marken bakom kajkonstruktionen

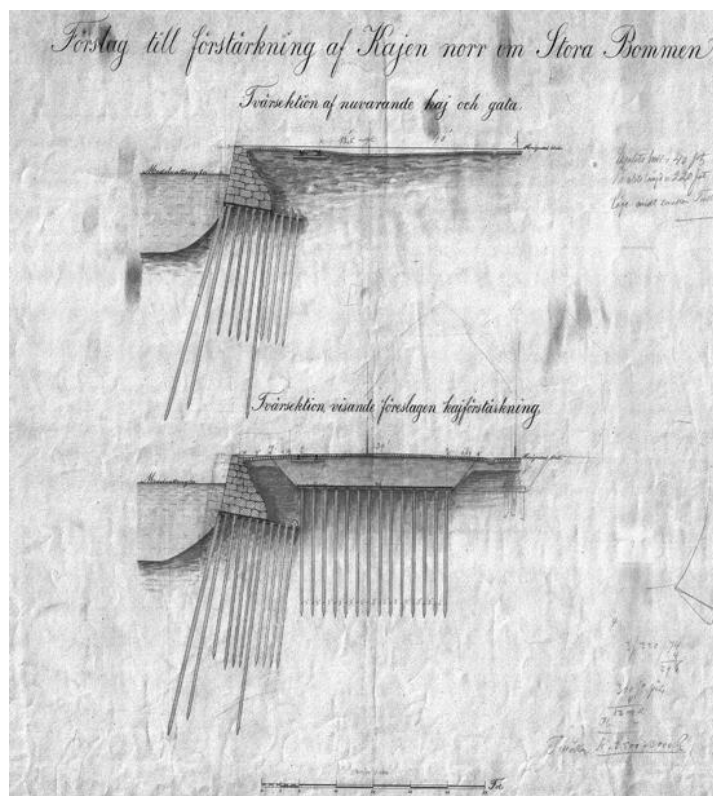
förstärktes med ett 7 m brett påldäck av träpålar. Pålarnas längd inom hela konstruktionen varierar mellan 5 och 8 meter.

Vidare utgörs konstruktionen inom den norra delen av Packhuskajen av en mur i granit vilken är grundlagd på 12 m långa träpålar i sex pålrader enligt Figur 7. Mellan pålarna och muren lades två lager virke för att fördela lasten från muren. Pålarna innesluts av korslagt virke till ett djup av 3,5 m under pålavskärningsnivån. Det korslagda virket bildar celler där varje cell innehåller 9 st pålar samt en grusfyllnad. Utanför pålarna finns en träspont och mot denna spont har en stödfyllning lagts ut. Bakom kajkonstruktionen har en bankpålning av träpålar med bredden ca 15 m utförts. Ovan denna pålning lades tre lager risfaskiner (risbäddar) i syfte att fördela lasten från ovanliggande fyllning.

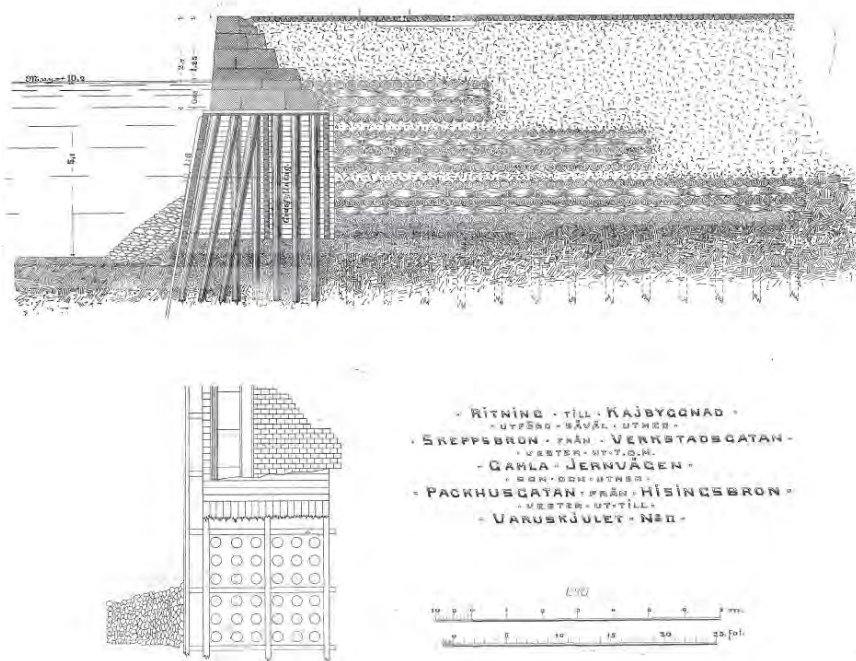
Inspektionen av den västra kajen inom Lilla Bommens kaj omfattade även hela Packhuskajen. Inspektionsrapporten visade att murens skick i stort sätt var intakt. Vidare konstaterades det att såväl pålarna som inneslutningen och virket ovan pålarna är hårt angripet av rötsvamp. Detta har medfört att anläggningen dels mellan pålarna och det ovanpåliggande virket respektive mellan det sistnämnda och muren inom stora delar av kajsträckan saknas. Sättningsmätningar som utfördes inom ramen för kajens inspektion visar på ojämna sättningar inom området samt att kajplanen troligen har satt sig mer en själva kajen. Sättningarna bedömdes vid tiden för inspektionen till 3-4 mm/år inom vissa delar av kajens sträckning.

Kajen längst i söder, mot Stor Hamnkanalen och Stenpiren, består innerst av motsvarande konstruktions-typ som gäller för den ursprungliga kajen i Lilla Bommens hamn. Utanför denna konstruktion har det byggts en 8 m bred träbrygga. Bryggan är grundlagd på träpålar som är kapade 0,5 m under medelvattenståndet och ansluts till bryggan med 2 m långa stålbalkar. En inspektion av denna del utfördes på uppdrag av Trafikkontoret under år 2006 och visar att framförallt stålbalkarna är av mycket dåligt skick. Restriktioner att inga fordon får beträda denna del av bryggan gäller sedan år 2007.

I den östra delen av området ligger Göteborgsoperan (invigd år 1994) som är grundlagd på långa kohesionspålar med mycket varierande längd. Inom den mittersta och sydvästra delen av Packhuskajen ligger Kajskjul 8 respektive kasinot. Båda dessa byggnader är pålade där kasinot är grundlagt på 18 m långa träpålar och Kajskjul 8 är grundlagd på träpålar med okänd längd.



Figur 6 Packhuskajens södra del inklusive förstärkningsåtgärd (Packhuskajen 2 i Figur 3).



Figur 7 Packhuskajens norra del (Packhuskajen 1 i Figur 3).

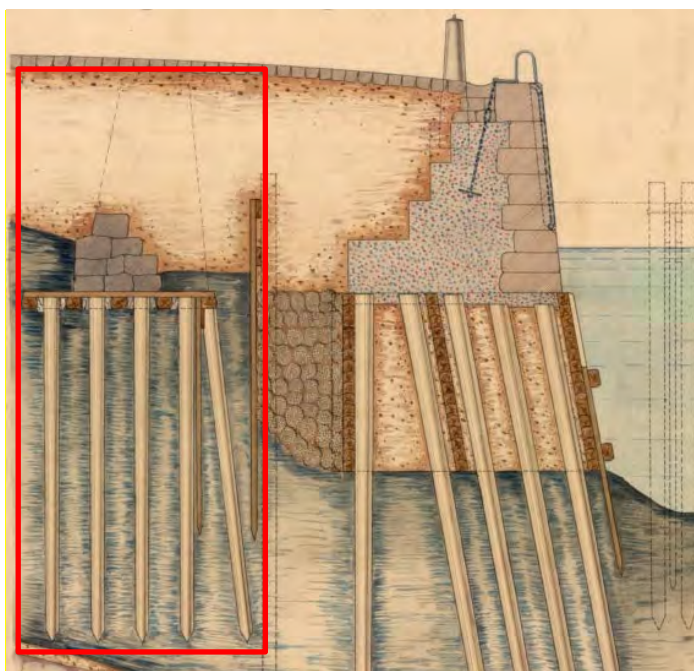


Stora Hamnkanalen (Norra Hamngatan)

Ett begränsat underlag finns gällande kajkonstruktioner längs Norra Hamngatan. Kajkonstruktionen bedöms utgöras av en murad kajmur som står på en rustbädd av korslagt virke vilken i sin tur är grundlagd på träpålar i 4-5 rader likt den rödmarkerade delen av Figur 8. Detta bedömda utförande stärks av en dykinspektion som utfördes år 2011 av FROG marinservice (*"Dykinspektion Hamnkanalen, Residensbron till Kämpebron – Göteborg, 2011-06-17"*). Dykinspektionen visar att såväl pålar som rustbädd generellt är skadade och att anläggningen mellan dessa på många ställen är bristfälliga.

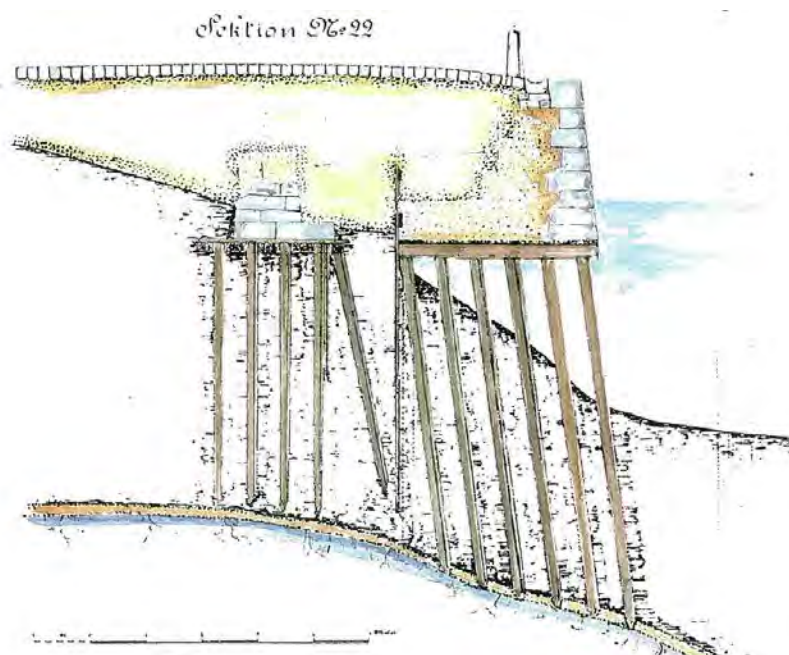
Stora Hamnkanalen (Södra Hamngatan)

Stora Hamnkanalen anlades under åren 1620-1622. Den ursprungliga kajkonstruktion illustreras inom den röda rutan i Figur 8 och består av en kajmur utav huggen granit som står på en rustbädd av trä. Rustbädden bärs upp av ca 5 m långa träpålar som är slagna i 5 rader.



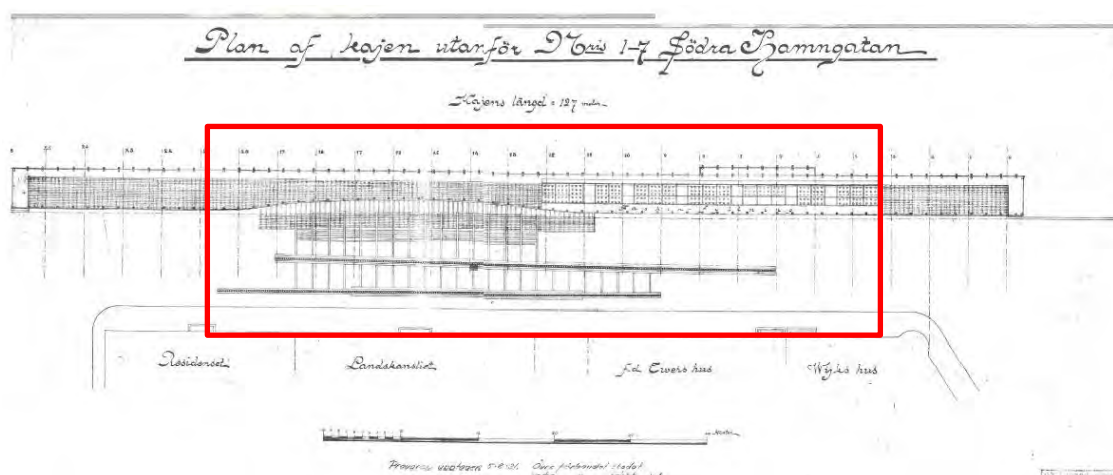
Figur 8 Röd ruta markerar ursprunglig kajkonstruktion längs Södra Hamngatan.

Vid kajsträckan mellan Residensbron och Lilla Torget utfördes det år 1893 en omfattande ombyggnation. Stadens dåvarande byggnadschef, Major Philip Åqvist tog beslutet år 1892 att bygga om kajen eftersom den ursprungliga kajen förflyttats 5 cm på 2 år ut mot kanalen. Ombyggnationen bestod av att en ny kajkonstruktion uppfördes ca 5 m utanför den ursprungliga som revs när bygget av den nya var färdigställt. Planen var från början att den nya kajkonstruktionen skulle uppföras enligt den som visas i Figur 9. Denna konstruktion består av en kajmur som till största del utgörs av betong men där fronten utgörs av huggen granit. Kajmuren är grundlagd på en rustbädd som står på träpålar som slagits i sex rader. Brädden på rustbädden är ca 3,5 m och pålarna är slagna till fast botten.



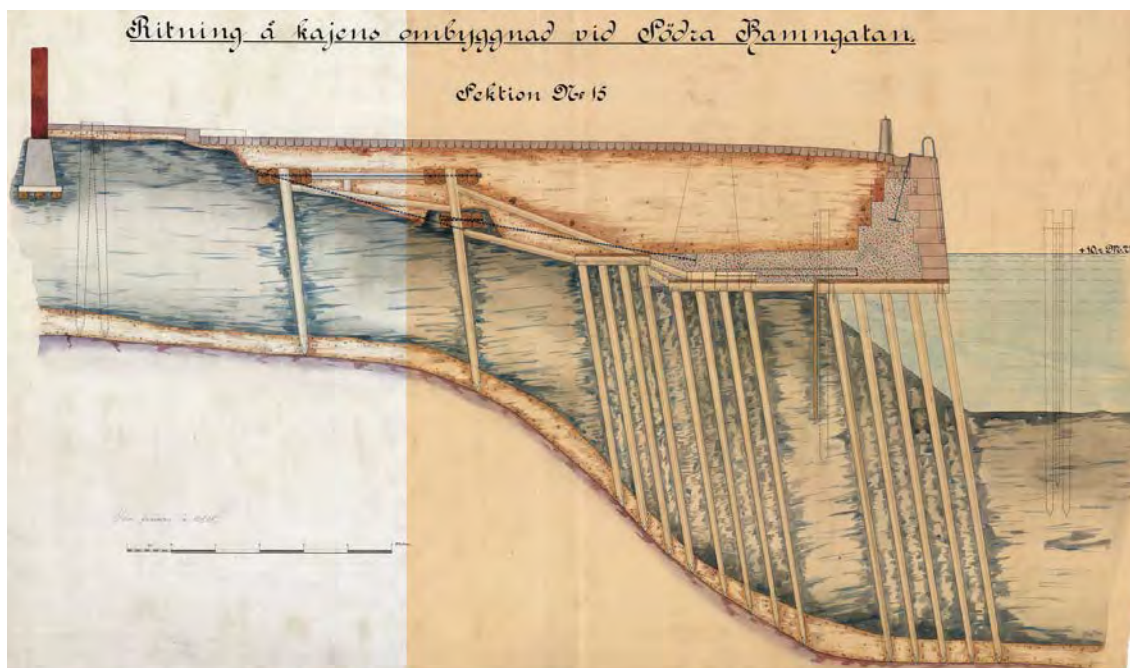
Figur 9 Kajkonstruktion för stora delar av den nuvarande kajen vid sträckan Residenset-Lilla Torget längs Södra Hamngatan.

Då arbetet fortskridit fram till Landskanslibyggnaden strax öster om Residenset uppstod förskjutningar när pålarna slogs. Detta medförde att ytterligare åtgärder var nödvändiga. Figur 10 illustrerar i plan de olika kajkonstruktionerna inom sträckan mellan Residenset och Lilla Torget. Den röda rutan markerar de delar av sträckan där förstärkningsåtgärderna utfördes.



Figur 10 Planritning illustrerande den ombyggda (nuvarande) kajen längs Södra Hamngatan mellan Residenset och Lilla Torget. Röd ruta markerar den sträcka där förstärkningar fick utföras till följd av stora förskjutningar under bygandet.

Förstärkningsåtgärderna utfördes i två olika utföranden. Den mest betydande förstärkningen utfördes enligt Figur 11 där betongdelen av kajmuren bräddades och grundlades på fler träpålar. Pålarna slogs även här till fast botten samt att ytterligare två pålrader slogs innanför och förankrades med dragstag i konstruktionen.



Figur 11 Kajkonstruktion vid den västra delen av den förstärkta kajsträckan mellan Residenset och Lilla Torget.

Andra delen av den förstärkta kajsträckan uppfördes i enlighet med den konstruktion som illustreras i Figur 8. Denna konstruktion bestod överst av en kajmur av i huvudsak betong men där fronten bestod av huggen granit. Denna mur grundlades på träpålar i fem pålrader till fast botten. Runt dessa pålars övre del byggdes stenkistor bestående av korslagt virke och där hålrummen fylldes med grus. En bit innanför stenkistan slogs en mindre spont och mellanrummet till stenkistan fylldes med virke i syfte att minska jordtrycket.

Tidigare nämnd dykinspektion visar att pålar och rustbädd även längs Södra Hamngatan bitvis är skadade samt att anläggningen mellan dessa båda konstruktionsdelar bitvis är bristfälliga.

Planerade åtgärder inom ramen för Projekt Skeppsbron

Omfattande åtgärder är planerade att utföras i Södra Hamngatan inom ramen för projekt Skeppsbron. Dessa planerade åtgärder kommer att utföras före anläggandet av Västlänken påbörjas varför de i det läget kommer att betraktas som befintliga, se vidare kapitel 3.3.

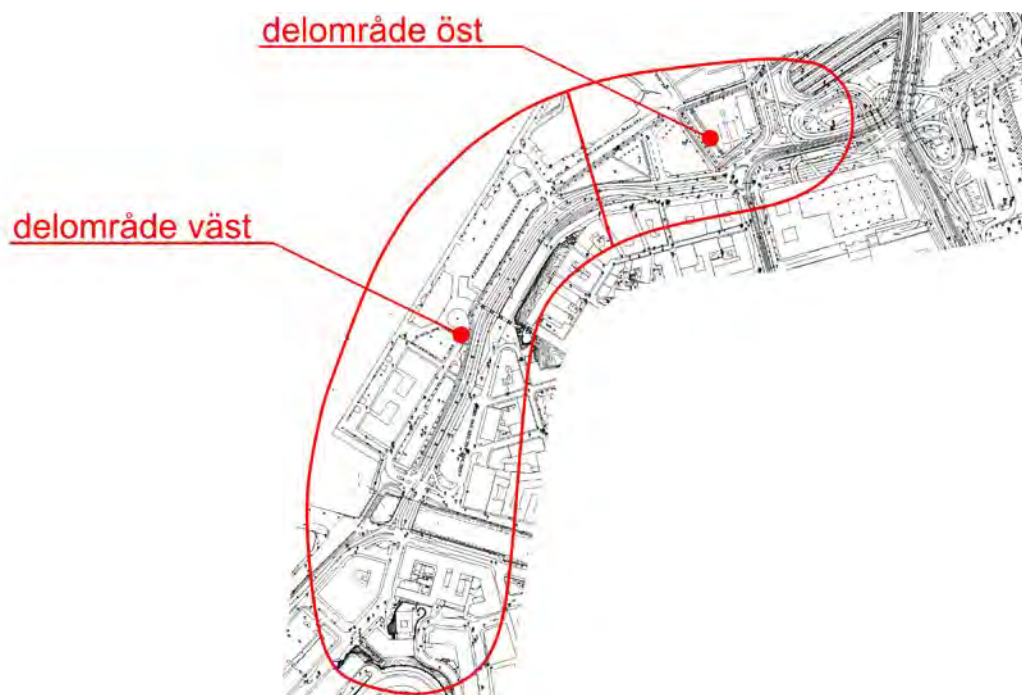
3.3 Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder

Inom utredningsområdet har ett flertal olika förstärkningsåtgärder utförts genom åren. Förstärkningsåtgärder utgörs i huvudsak av bankpålningar och påldäck men även lättfyllnader återfinns inom området. Nedan beskrivs översiktligt exempel på förstärkningsåtgärder som återfinns inom delområdet där stabiliteten inom denna utredning har analyserats. Övriga förstärkningsåtgärder samt en mer detaljerad beskrivning återfinns i "PM F 05 – 002 Befintliga grundförstärkningar och grundrester".

Bankpålning och lättklinkerfyllnad intill Lilla Bommens hamn

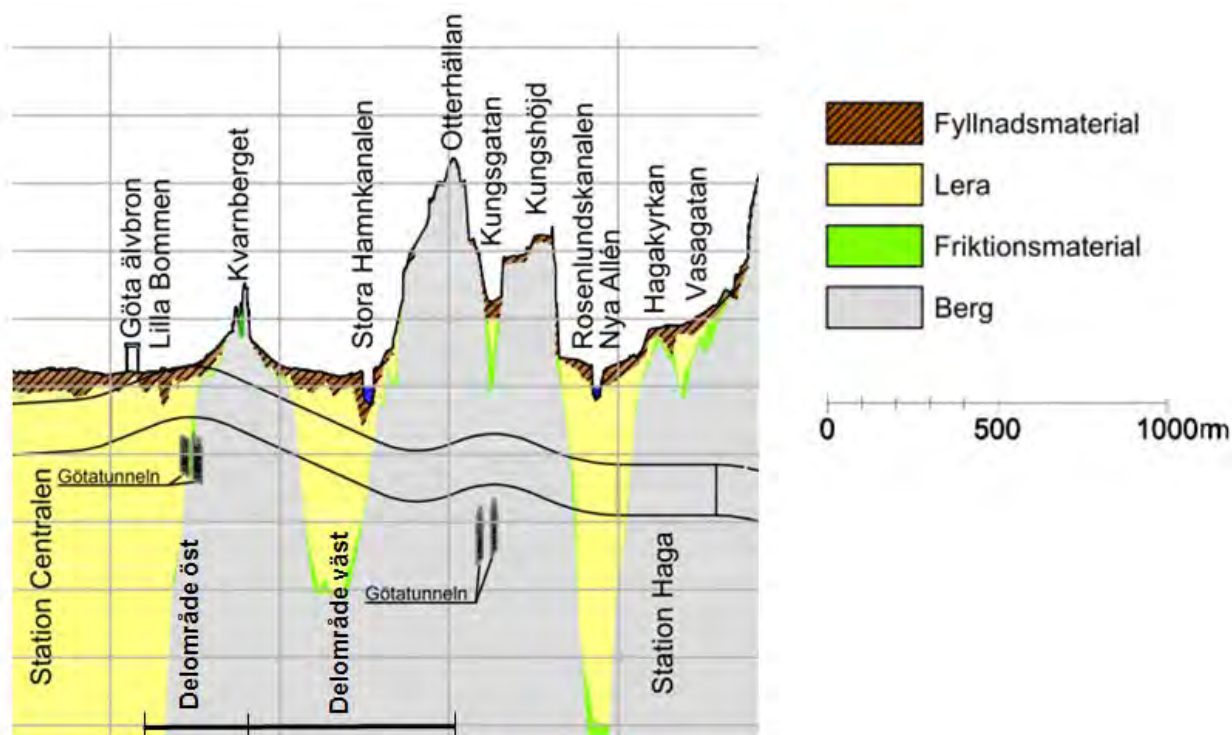
I anslutning till kajen längst in i Lilla Bommens hamn har ett flertal olika förstärkningsåtgärder utförts. Förstärkningsåtgärder utgörs av såväl bankpålningar som lättklinkerfyllnader. Bankpålningarna utgörs av träpålar med längder som varierar mellan 15-20 m med en utbredning enligt Figur 12. Inom det rödmarkerade området i Figur 12 har en lättklinkerfyllning utförts med en underkant belägen på 1-1,5 m djup. Lättklinkerfyllnadens mäktighet är inte känd men uppskattas till 0,5-1 m.

Utvärdering av de geotekniska förhållandena baseras på nu och tidigare utförda undersökningar i och i anslutning till området. Utredningsområdet har delats upp i mindre delområden till följd av variationer för de geotekniska förhållandena inom området. Figur 14 illustrerar den geografiska delområdesindelningen.



Figur 14 Delområdesindelning av utredningsområdet, CH

3.4.1 Jordlagerföljd



Figur 15 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Station Centralen – Station Haga.

**Delområde öst**

Jordlagerföljden inom delområde öst utgörs generellt överst av fyllnadsmaterial med mäktigheten 1,5-3 m. Inom de delar som tidigare utgjordes av Lilla Bommens hamn samt den kanal som var belägen strax norr om dagens köpcentrum Nordstan är mäktigheten på fyllnadsmaterialet mellan 5-7 m. Den översta metern utgörs främst av överbyggnadsmaterial i form av grus/makadam från gator och andra hårdgjorda ytor men även rivningsrester som härrör från 1900-talet. Därunder följer material av mer finkornig typ såsom sand, silt och lera som härrör från mudder- och schaktmassor från 1800-talet, men även organisk jord förekommer. I de äldre fyllnadslagren påträffas ofta tegel- och trärester. Östra Hamnkanalen och Lilla Bommens hamnbassäng fylldes igen med grus, sand, silt, lera samt tegel och trä.

Fyllningen underlagras av en naturligt avsatt lera till stort djup. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Sonderingar har utförts till stopp i ett flertal punkter inom det aktuella området. Sonderingar som är utförda till stopp visar att lerans mäktighet är ca 85-100 m strax öster om Östra Hamngatan. Vid korsningen med Östra Hamngatan grundar det snabbt upp och berget går i dagen vid Kvarnberget. Leran närmast under fyllningen är av torrskorpekaraktär (med mäktighet ca 1-2 m, till ca 3-5 m djup). Under leran följer generellt ett lager friktionsjord med några meters mäktighet som vilar på berget. Där berget grundar upp i västra delen av området är friktionsjordslagret tunt (0,5-1,5 m) eller saknas helt. Bergnivåerna ligger på ca -85 till -100 fram till strax innan korsningen med Östra Hamngatan. Där grundar berget snabbt upp till -28.

Delområde väst

Den översta delen av jordlagerföljden utgörs av fyllning. Uppe på Kvarnberget, längs Sankt Eriksgatan, utgörs fyllningen av överbyggnadsmaterial i form av grus/makadam med mäktighet ca 1 m ovan plansprängt berg.

Fyllnadsmäktigheterna inom området för Packhuskajen och Packhusplatsen ökar i riktning mot älven från ca 2 m till över 7 m närmast befintlig kajlinje, vilket innebär att överkant naturliga sediment återfinns på nivåer från ca +0 till -6 närmast kajlinjen. Inom den igenfyllda Masthamnen är fyllnadsmäktigheterna ca 3-3,5 m, vilket motsvarar en ursprunglig bottennivå på -0,5 till -1.5.

Den översta delen av fyllningen, ca 1-2 m mäktighet, utgörs generellt av vägoöverbyggnadsmaterial bestående av sten, grus, sand, gatsten och rivningsrester som härrör från 1900-talet. Under överbyggnadsmaterialet följer en äldre fyllning som består av ett mer finkornigt material såsom sand, silt och lera med trä- och tegelrester. Den äldre fyllningen utgörs av mudder- och schaktmassor från utfyllnaderna som utfördes under 1800-talet. Det äldre fyllnadsmaterialets mäktighet varierar mellan ca 1-4 m där den största mäktigheten återfinns i anslutning till kasinot.

Under fyllningen följer en naturligt avsatt lös till halvfast lera vars mäktighet är som minst i området kring Kvarnberget i norra delen av området och vid Residenset i den södra delen av området. Lerans mäktighet ökar generellt mot Göta Älv och är som störst ca 65 m i anslutning till Packhuskajens sydvästra hörn. Vid norra delen av Packhuskajen, intill Operan, är lerans mäktighet ca 15 m. Vid Packhusplatsen mellan Kronhusgatan och Stora Hamnkanalen varierar lerans mäktighet mellan 20-30 m. Vid den norra kanten av Stora Hamnkanalen är lermäktigheten ca 15 m för att sedan avta till ca 5-7 m längs med den södra kanten.

Under leran följer ett fast lager friktionsjord innan berget tar vid. Friktionsjordens mäktighet varierar mellan ca 0,5-1,5 m med en ökande mäktighet i riktning mot Göta Älv och Stora Hamnkanalen.

3.4.2 Densitet, vattenkvot och konflytgräns och sensitivitet

Delområde öst

Lerans densitet varierar mellan 1,55-1,65 t/m³ där de lägre värdet återfinns inom den ytligare delen av lerprofilen för att därunder öka svagt mot djupet. Vattenkvoten i leran är generellt ca 65 % ned till 40-45 m djup och minskar därunder något. Konflytgränsen är ca 70-75 % konstant genom lerprofilen. Leran är att betrakta som mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan 10-30.

Delområde väst

Lerans densitet är ca 1,65 t/m³ ner till nivån -10 och därunder 1,6 t/m³. Det kan noteras att densiteten i leran i den övre delen av jordprofilen, ner till nivån -10, varierar en hel del mellan de olika borrhöjningarna.

Vattenkvoten i leran är ca 60-80 % och konflytgränsen är ca 65-80 %, där de högre värdena generellt återfinns under nivån ca -10. Leran är att betrakta som mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan 8-20.

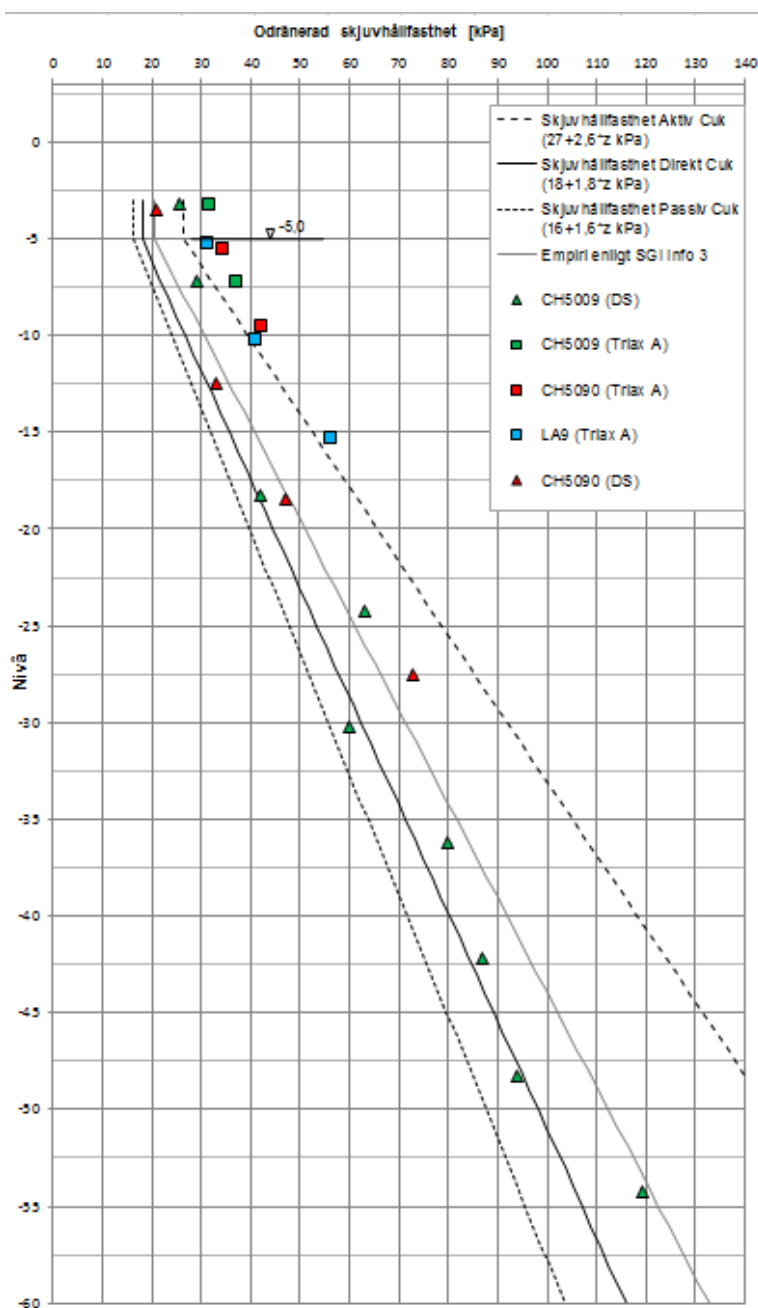
3.4.3 Odränerad skjuvhållfasthet

Den odränerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats från utförda hållfasthetsbestämningar främst i form av en stor mängd utförda direkta skjuvförsök och triaxialförsök som kompletterats med empiriska beräkningar med utgångspunkt från en stor mängd utförda CRS-försök. Som ytterligare stöd för hållfasthetsbestämningen har även fallkonförsök, vingförsök samt CPT-sonderingar beaktats.

Nedan redovisas utvärderade hållfastheter för respektive delområde.

**Delområde öst**

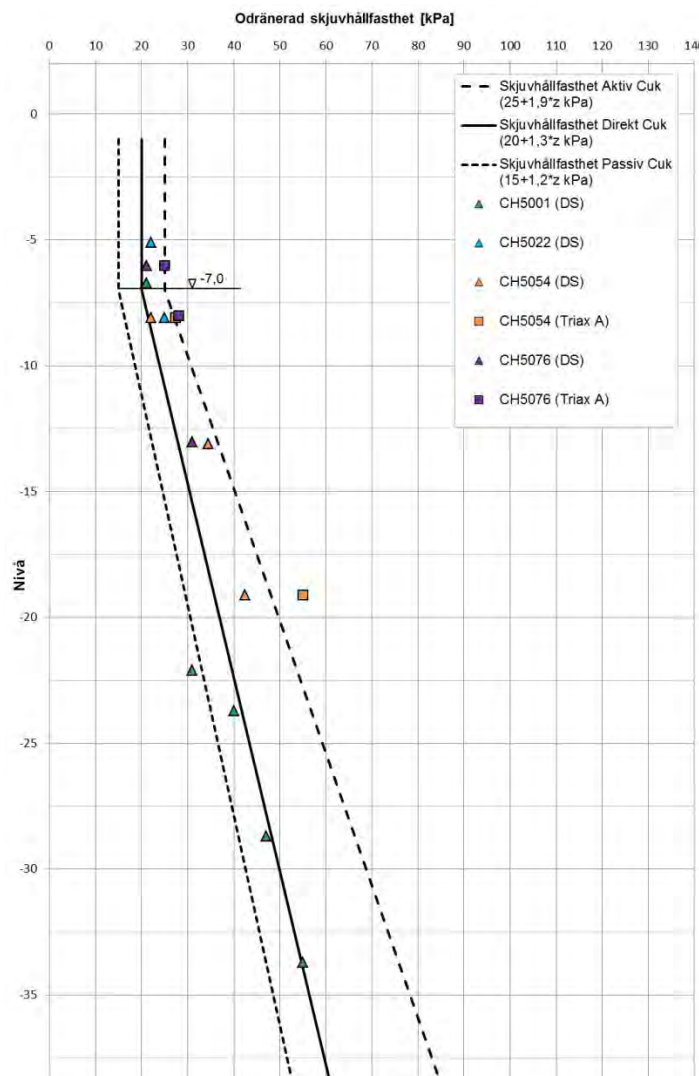
Inom delområde öst är den valda odränerade hållfastheten 18 kPa ned till nivån -5 därunder är tillväxten 1,8 kPa/m, se Figur 16. I figuren redovisas utförda odränerade skjuv- samt triaxialförsök tillsammans med empiri framtagen enligt riktlinjer i SGI Info 3. Inom området finns även en stor mängd vingförsök samt CPT-sonderingar, vilka redovisas i MUR Geoteknik (PM F 05 – 004) och PM F 05 – 010 (Geotekniska materialparametrar, Station Centralen).



Figur 16 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för delområde öst. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.

**Delområde väst**

Den valda odränerade hållfastheten är för detta delområde 20 kPa ned till nivån -7 och har vidare tillväxten 1,3 kPa/m mot djupet, se Figur 17.



Figur 17 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för delområde väst. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.

Under Göta älv är normalt lerans odränerade skjuvhållfasthet något lägre inom de ytligare delarna av lerprofilen under älvbotten än vad som gäller för motsvarande nivåer på land. Detta beror på den avlastning som erosionen medfört längs hela södra Göta älvdalen. Undersökningar som är utförda i älven inom utredningsområdet visar att detta fenomen även gäller inom detta område. Generellt är hållfastheten ca 7 kPa i ytan av bottensedimenten och har därunder en tillväxt på ca 3-5 kPa/m ner till som mest ca 3-4 m under älvbotten. Från denna nivå och mot djupet är skjuvhållfastheten i leran under älven densamma som inom älv- och landområdena.

Undersökningar som utförts inom Stora Hamnkanalen påvisar att motsvarande effekt även återfinns för leran inom de ytligare delarna av jordprofilen närmst kanalbotten. Lerans odränerade hållfasthet är ca 7 kPa närmast kanalbotten för att på djupet 2 m där under uppnå den hållfasthet som gäller för motsvarande nivå inom kajområdena.



3.4.4 Grundvatten och portryck

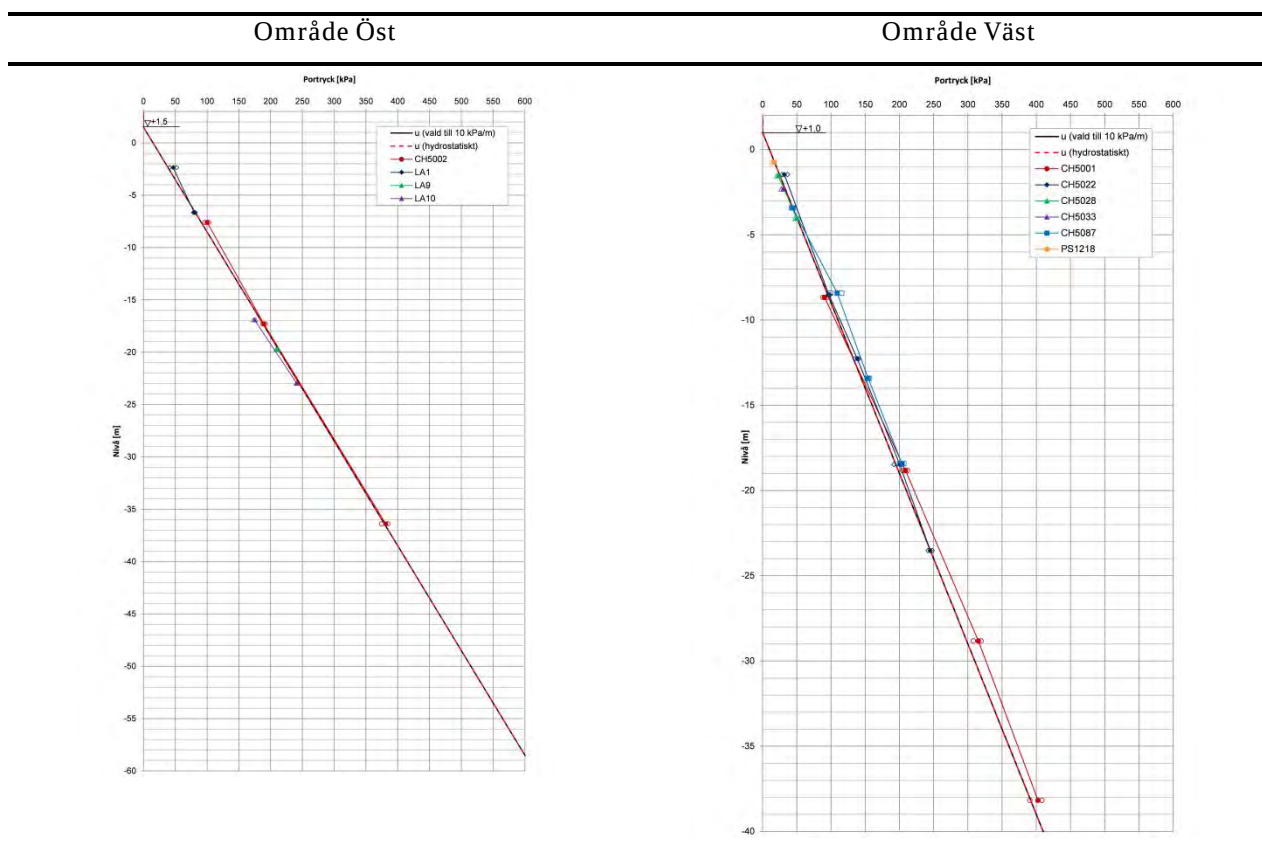
Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Göta älv och i Stora Hamnkanalen redovisas i nedanstående tabell (Tabell 1).

Tabell 1 Karakteristiska vattenståndsnivåer (lägsta lågvatten samt medellågvatten) (höjdsystem, RH2000) i Göta älv och i Stora Hamnkanalen

MLW	-0,58
LLW (100 år)	-1,00

Grundvattenytan inom utredningsområdet bedöms ligga i nivå med medelvattenytan för Göta älv och fluktuerar något med vattenståndsvariationerna.

Inom området finns ett antal portrycksstationer. Utförda portrycksmätningar visar att portrycksprofilen i leran har en hydrostatisk ökning mot djupet relaterat från bedömd grundvattenyta.



Figur 18 Portrycksfördelning för respektive delområde. Röd, streckad linje visar hydrostatisk fördelning och svart, heldragen linje visar vald portrycksfördelning.

3.4.5 Erosion

Generellt pågår ingen erosion inom utredningsområdet då samtliga delar i anslutning till vatten inom området utgörs av kajkonstruktioner. Dykinspektionen som utförts inom Stora Hamnkanalen visar att mindre urspolningar förekommer under rustbädden. Dessa urspolningar bedöms dock inte påverka stabiliteten eftersom rustbädden och den ovanpåliggande kajmuren vilar på pålar.



4 Stabilitet

4.1 Allmänt

Stabiliteten har bedömts inom hela det aktuella området. Nya Beräkningar har utförts längs Packhuskajen och Stora Hamnkanalen som ligger i direkt anslutning till planerad linje för Västlänken. Stabiliteten har för befintliga förhållanden analyserats i totalt sex stycken representativa sektioner med sektionslägen enligt Figur 19.



Figur 19 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

Stabilitetsförhållandena har analyserats för befintliga förhållanden. Stabilitetsanalyserna har utförts med odränerad och kombinerad analys med programmet Slope/W version 8.0.9.6484 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod.

4.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s, Rapport 4:2010, där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för *Detaljerad stabilitetsutredning* för markområden med markanvändningen "Befintlig bebyggelse och anläggning". Det skall dock här noteras att det geotekniska underlaget i form av utförda undersökningar är mycket stort och mer än väl uppfyller kraven för en fördjupad utrednings nivå.

Enligt ovanstående gäller därmed följande rekommendation på säkerhetsfaktorn mot brott utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 2 Säkerhetsrekommendation enligt IEG:s rapport 4:2010 för detaljerad utredning.

F_c	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5-1,3$

Säkerhetsrekommendationen utgörs således av ett "spann" mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Vilken rekommenderad erforderlig säkerhetsfaktor som råder inom ett projekt bestäms av ett stort antal faktorer som betecknas som "gynnsamma" eller "ogynnsamma". Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.

Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området mycket omfattande och är helt i linjen med de krav som ställs på en fördjupad utredningsnivå. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom det aktuella delområdet är mellansensitiv. Konsekvenserna av ett skred bedöms som relativt stora men förutsättningarna för att skred skall uppstå är liten med tanke på att alla slänter utgörs av uppbyggda konstruktioner.

Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom det aktuella området rekommenderas följande säkerhetsnivå för denna detaljerade stabilitetsutredning.

Tabell 3 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,3$

4.3 Beräkningsförutsättningar

4.3.1 Utformning och geometri

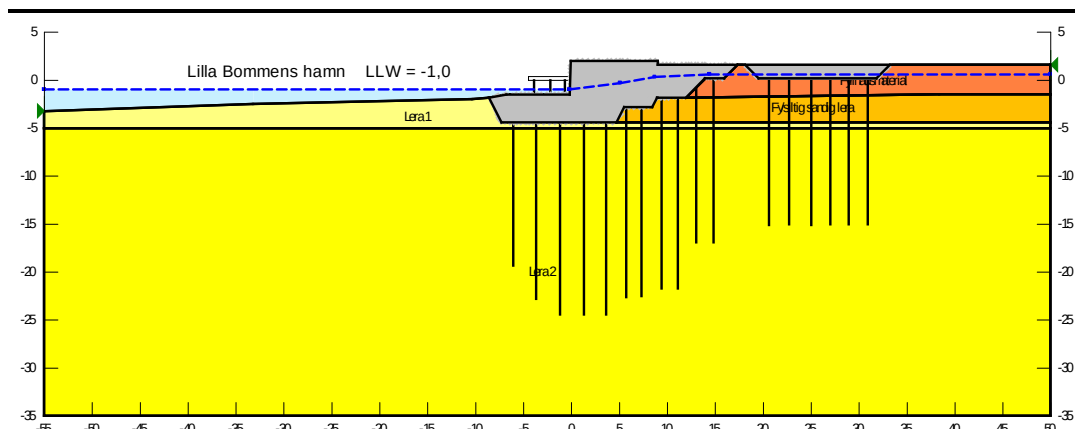
Underlag till utförda stabilitetsberäkningar för utredningsområdet har hämtats från den digitala primärkartan (0,5 m ekvidistans). Bottennivåerna inom Göta älv baseras på en ekolodning utförd av Göteborgs Hamn AB under år 2009.

4.3.2 Materialparametrar

Materialegenskaper samt jordlagrens mäktighet har utvärderats från nu och tidigare utförda geotekniska undersökningar. I nedanstående tabell redovisas de materialparametrar som använts vid stabilitetsberäkningarna. Valda materialparametrar för respektive beräkningssektion finns redovisade i sin helhet på respektive stabilitetsberäkning i Bilaga CH.1.



Tabell 4 Exempel på valda materialegenskaper, in detta fall inom område Öst.



Jordlager	Bedömda materialegenskaper	
Fyllnadsmaterial	Tunghet, γ	18 kN/m ³
	Friktionsvinkel, ϕ'	35°
Fylt siltig lera	Tunghet, γ	17 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, τ_{fu}	18 kPa
Lera 1	Tunghet, γ	15,5 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, τ_{fu}	18 kPa
Lera 2	Tunghet, γ	16,3 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, τ_{fu}	18+1,8·z kPa ¹⁾

¹⁾Tillväxt från nivån -5.

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

4.3.3 Grundvatten, porttryck och vattennivå

I denna utredning har vattenståndet i Göta älv och i Stora Hamnkanalen ansatts som lägsta lågvatten på nivån -1,0, enligt Tabell 1. Vid lägsta lågvatten är vattnets mothållande effekt som lägst vilket därmed utgör det farligaste fallet för stabiliteten (odränerad analys).

Det skall dock noteras att denna vattennivå inträffar mycket sällan och utgör ett extremfall för i fallet när befintliga förhållanden studeras. Mer rimligt är att för befintliga förhållanden i denna typ av stadsmiljö använda MLW vilket t.ex. är den nivå som Göteborgs Hamn använder i deras utredningar.

Grundvattenytan har i utförda stabilitetsberäkningar generellt bedömts ligga ca 1-2 m under markytan. Porttrycket i leran har en hydrostatisk ökning mot djupet från bedömd grundvattenyta.

4.3.4 Marklaster

Marklaster ansätts generellt i de fall där de befinner sig i aktivzonen, d v s i den pådrivande delen, av glidytor. Marklasterna har, inom de beräkningar som berörs, ansatts till 13 kPa för trafikerade gator och 10 kPa inom parkeringsytor.



4.4 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

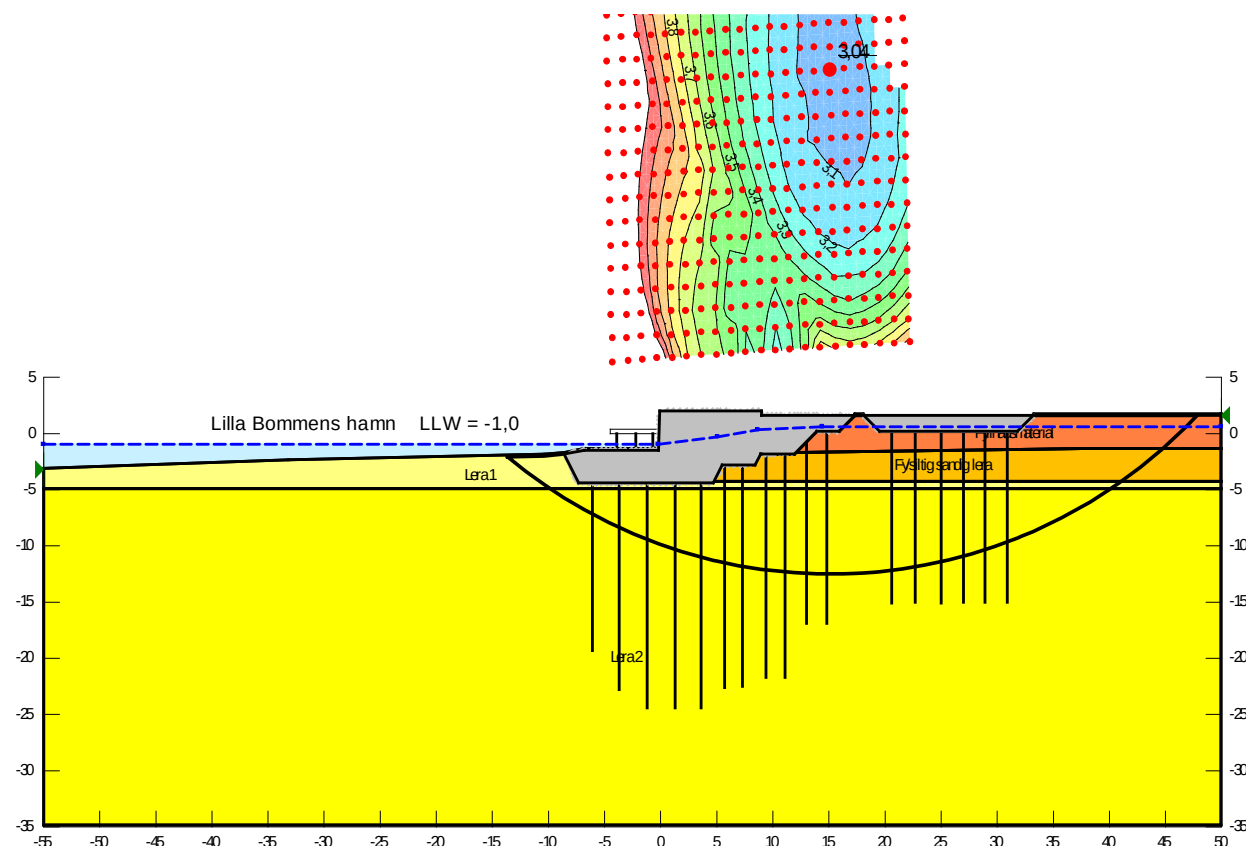
Stabiliteten för *befintliga förhållanden* har analyserats för de sex sektionerna inom området. Inom området varierar såväl geometrin i form av höjd och lutning som jordlagerföljden något mellan sektionerna.

I följande kapitel beskrivs resultaten av samtliga stabilitetsanalyser inom det aktuella utredningsområdet. Samtliga beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga CH.1.

Delområde öst

Stabiliteten har i en sektion (sektion CH 6) kontrollerats från Västlänkens planerade linjedragning mot Lilla Bommens hamn. Noteras skall att avståndet till hamnen är stort och 3-D effekterna för aktuellt sektionslägesväl är mycket stora. Analysen visar dock att stabiliteten är tillfredsställande och lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=3,1$ respektive ca $F_{komb}=3,0$, se Figur 20, vilket med marginal uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden enligt IEG rapport 4:2010. Den tillfredsställande stabiliteten beror främst på de omfattande förstärkningsåtgärder som utförts i anslutning till Lilla Bommens hamn.

Vidare har stabiliteten för östra respektive västra kajen mot Lilla Bommens hamn kontrollerats inom ramen för den tidigare detaljerade stabilitetsutredning, "Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad, Delområde S114". Analyserna visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott för sektionerna benämnda S114-K8 respektive S114-K9 är ca $F_c=1,2-1,3$ respektive ca $F_{komb}=1,2-1,3$. Den beräkningsmässigt något låga säkerheten längs den östra eller västra kajen bedöms dock ej påverka den totala stabiliteten för området som berör Västlänken.



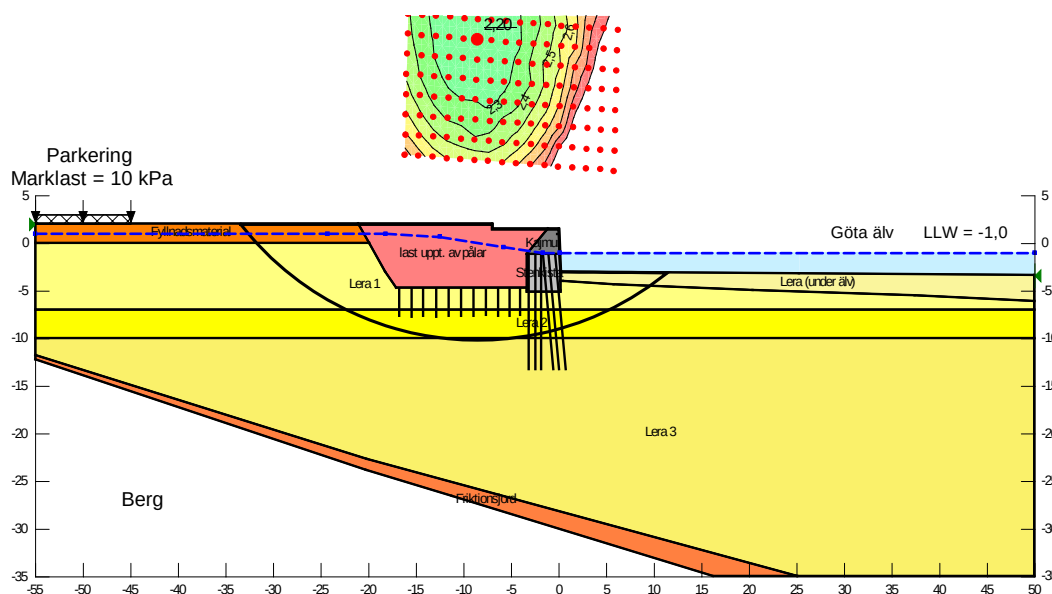
Figur 20 Stabilitetsberäkning sektion CH 6, kombinerad analys.

**Delområde väst***Packhuskajen*

Stabiliteten längs Packhuskajen har kontrollerats i tre stycken sektioner (CH 1, CH 2 och CH 3).

Analyserna visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=1,9-2,3$ respektive ca $F_{komb}=1,9-2,2$ vilket för befintliga förhållanden uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå enligt IEG:s rapport 4:2010. Exempel på glidyternas utseende illustreras i Figur 21. Glidyterna har generellt en utbredning på 50-60 m och når ett största djup mellan ca 10-20 m under markytan.

Stabiliteten längs såväl norra delen (vid Göteborgsoperan) som södra delen (vid Kasinot) av Packhuskajen bedöms representeras av sektionerna CH 1 till CH 3. Såväl Operan som Kasinot är grundlagda på pålar och tillför därmed ingen belastning på marken inom gliytorna. Därav är ingen av beräkningssektionerna placerade inom läget för dessa byggnader.

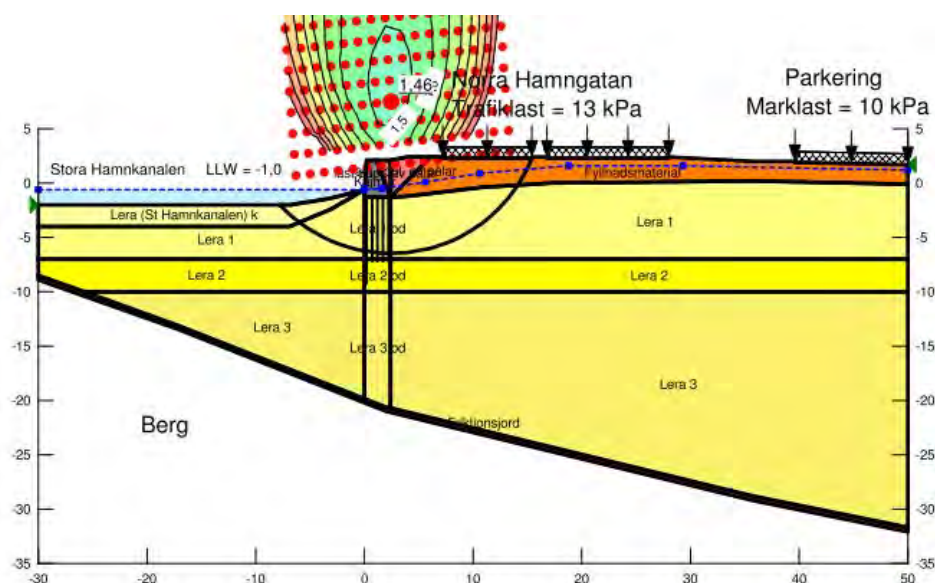


Figur 21 Stabilitetsberäkning sektion CH 1, kombinerad analys.

Stora Hamnkanalen

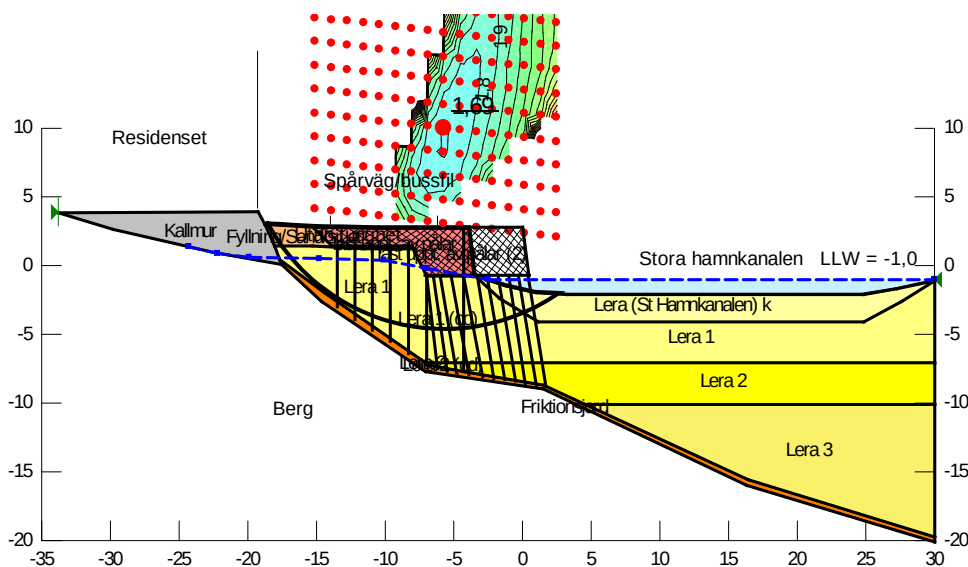
Stabiliteten mot Stora Hamnkanalen har kontrollerats i två stycken sektioner, sektion CH 4 längs Norra Hamngatan och sektion CH 5 längs Södra Hamngatan. Dessa båda sektioner bedöms representera stabilitetsförhållandet på ömse sidor Stora Hamnkanalen inom det område där Västlänkens planerade linjeföring kommer placeras.

Stabilitetsanalysen i sektion CH 4 längs Norra Hamngatan visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=1,55$ respektive ca $F_{komb}=1,45$ vilket innebär att rekommenderad nivå på erforderlig säkerhetsfaktor för befintliga förhållanden är uppfyllt, se Figur 22.



Figur 22 Stabilitetsberäkning sektion CH 4, kombinerad analys.

Stabiliteten längs Södra Hamngatan har analyserats utifrån det befintliga förhållande som kommer att råda vid byggandet av Västlänken. Detta innebär att de förstärkningar i form av nytt påldäck och cellplastfyllnad som idag är under utförande för den nya spårvägen mellan Järntorget och Lilla Torget beaktas. Stabilitetsanalysen för sektion CH 5 längs Södra Hamngatan visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är $F_c=2,0$ respektive $F_{komb}=1,7$ och således uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden.



Figur 23 Stabilitetsberäkning sektion CH 5, kombinerad analys.

Längs Södra Hamngatan förekommer uppmätta hållfasthetsvärden som är något lägre (mest på grund av att underlaget är mer begränsat) än den generella hållfasthet som gäller inom delområdet. Med anledning av detta har en stabilitetskontroll utförts utifrån hållfastheten 18 kPa ned till nivån -5 med tillväxt på 0,7 kPa därunder. Denna hållfasthet motsvarar den valda hållfasthet som användes vid projekteringen av de förstärkningsåtgärder som nu anläggs inom "Projekt Skeppsbron". Stabilitetskontrollen visar att lägsta säkerhetsfaktor mot brott är $F_c=1,9$ respektive $F_{komb}=1,6$, vilket innebär att slänten är stabil även med en lägre vald hållfasthet.

4.5 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

Utförda beräkningssektioner är placerade med syfte att täcka in och representera de *befintliga* stabilitetsförhållandena inom det aktuella delområdet.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser. Stabilitetsanalyserna redovisas i sin helhet i bilaga. Utförda stabilitetsberäkningar för det rubricerade utredningsområdet, visar på att säkerhetsfaktorn mot brott i samtliga sektioner uppfyller stabilitetsrekommendationerna för en detaljerad stabilitetsutredning enligt IEG:s Rapport 4:2010.

Tabell 5 *Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna. Fet text innebär att rekommenderad säkerhetsnivå för stabiliteten inte är uppfylld.*

Sektion	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
CH 1	2,3	2,2
CH 2	2,0	1,9
CH 3	2,0	2,0
CH 4	1,55	1,45
CH 5	2,0	1,7
CH 6	3,1	3,0

5 Slutsatser och rekommendationer

Denna *detaljerade* stabilitetsutredning visar att stabilitet inom rubricerat område CH är tillfredställande i enlighet med uppställda krav på erforderliga säkerhetsfaktor mot brott.

Denna utredning avser endast beskrivning av stabilitetssituationen för befintliga förhållanden. Anläggandet av Västlänken kommer medföra stora konsekvenser på området som helhet. Stabiliteten måste beaktas i samband med planeringen i kommande såväl projekterings- som utförandeskeden.

Denna stabilitetsutredning har utförts i syfte att beskriva stabiliteten i området. Kajmurarnas kondition och konstruktiva kondition har inte bedömts i samband med denna utredning.

Föreliggande detaljerade stabilitetsutredning baseras på de idag rådande, kända, förutsättningarna inom aktuellt delområde. I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitetsanalyser Linje Station Centralen – Station Haga

BILAGA CH.1

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Magnus af Petersens	
Granskad av:	Urban Högsta	

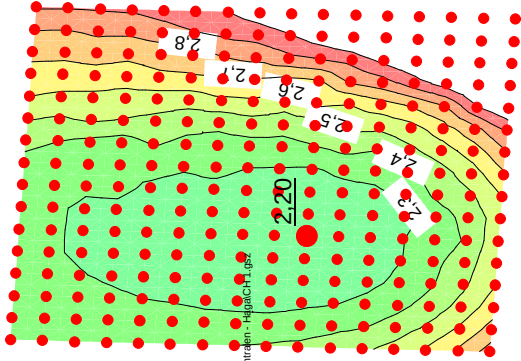


Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 1
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gridtyor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 1.qsz
Senast sparad: 2013-08-27; 15:14:40

P:\123212326478_AKF5 Västlänken\00_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet_Delfigga förhållanden\CH Centralkn - HögstCH1.qsz



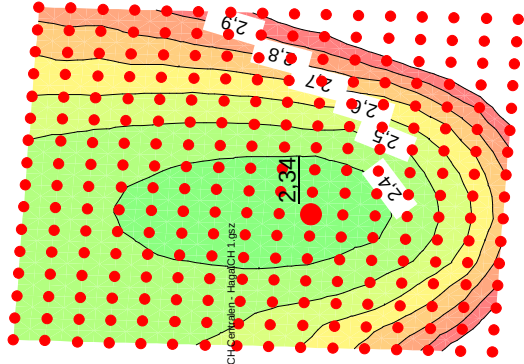


Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 1
Odränerad analys

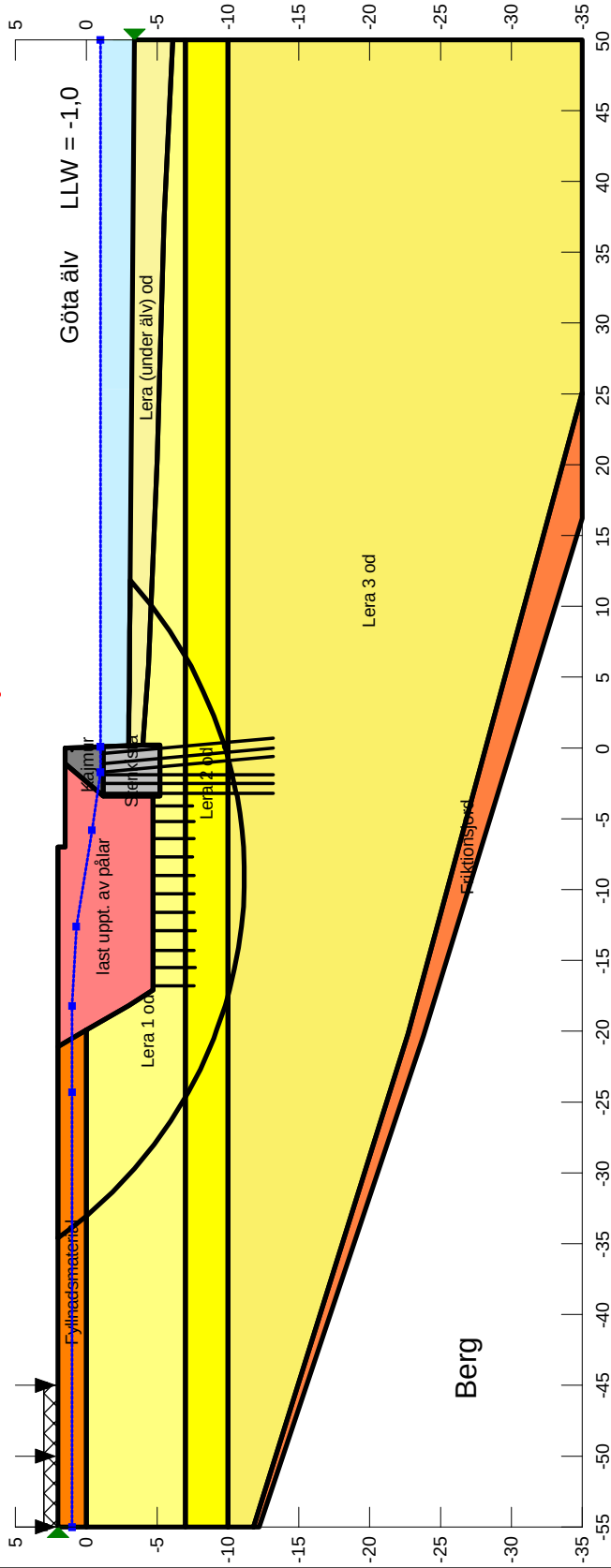
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 1.gsz
Senast sparad: 2013-08-27; 15:14:40

P:\1221205478_AKF5 Västlänken\00_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilisat...
...förläggningen\CH 1\CH 1.gsz



Parkering
Marklast = 10 kPa



- Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Anisotropic Strength Fni: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: Srf(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1.3 kPa/m
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fni: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 37°
Unit Wt. Above Water Table: 0.1 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera (under älv) od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 0
Spatial Fni: Påverkade sediment
Phi: 0°
Piezometric Line: 1

Name: Stenkista
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

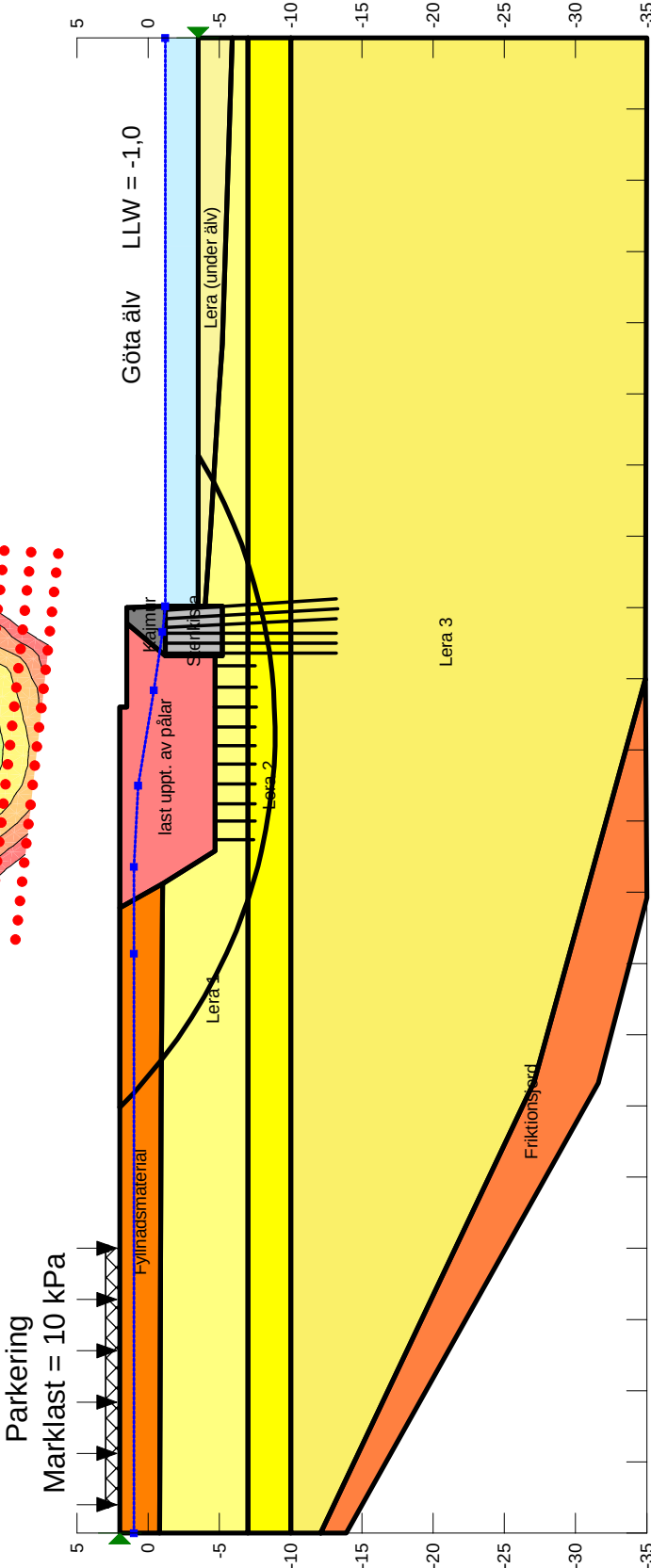
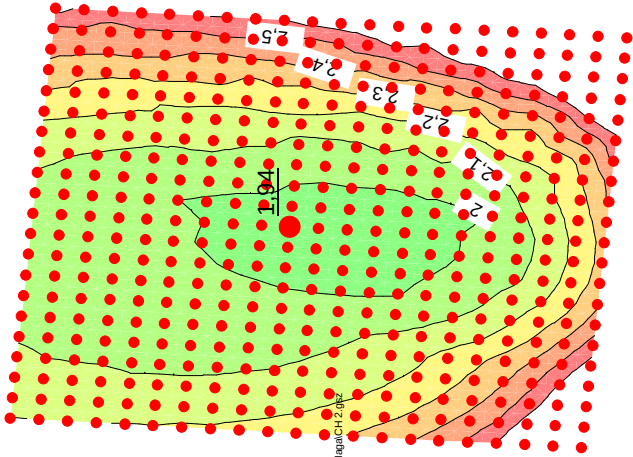
Name: Lera 3 od
Model: Srf(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 23.9 kPa
C-Rate of Change: 1.3 kPa/m
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fni: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 2
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 2.qsz
Senast sparad: 2013-08-27; 15:25:43

P:\3231236478_AKF5 Västlänken\13BERÄKNING\AKF 05 - 005 Studienet_Differentiella förhållanden\CH Contraien - Haga\CH 2.qsz



Name: Lera 1
Model: Combined, S=(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 20 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera (under älv)
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 1.6 kPa
Phi: 30°
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 20 kPa
Cu-Rate of Change: 1.3 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 37°
Unit Wt. Above Water Table: 0.1 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Stenkista
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

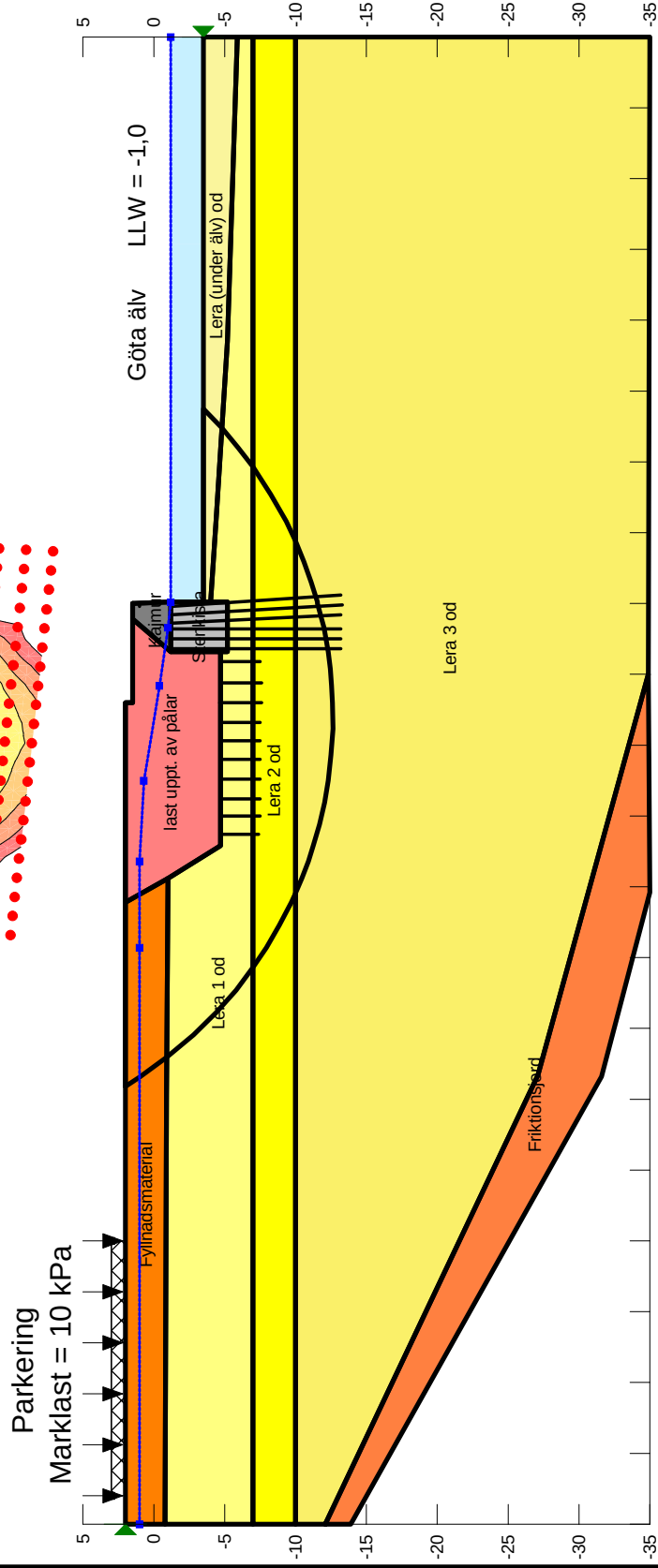
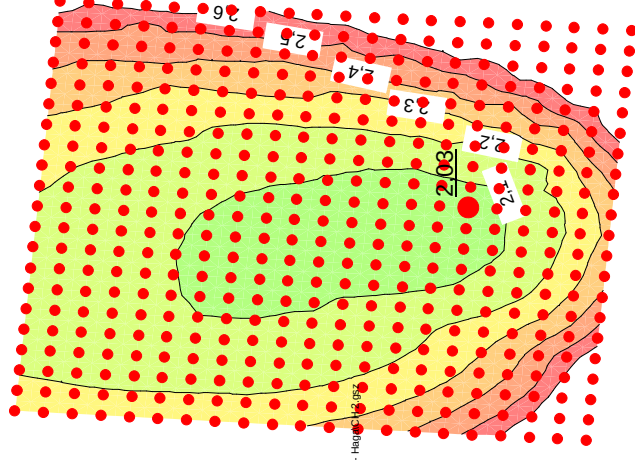
Name: Lera 3
Model: Combined, S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 23.9 kPa
Cu-Rate of Change: 1.3 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 2
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysenmethode: Morgenstern-Preis
 Glidyltor: Grid und Radius (Optimierung: No)
 GW & portyck: Piezometrische Linie
 Filnamn: CH 2.gsz
 Senast sparat: 2013-08-27: 15:25:43

P:1232112305478_AKF5 Västlänken\1000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet_bearbetninga för hållanden\CH Centralen - Hagastaden\CH2.qsz



Name: Friktionsjörd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi': 35 °
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Cohesion : 20 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1.3 kPa/m
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength F_n: K₀=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmür
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion¹: 2 000 kPa
Phi²: 40 °
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 37°
Unit Wt. Above Water Table: 0.1 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera (under älv) od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fn: Påverkade sediment
Phi: 0°
Piezometric Line: 1

Name: Stenkista
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

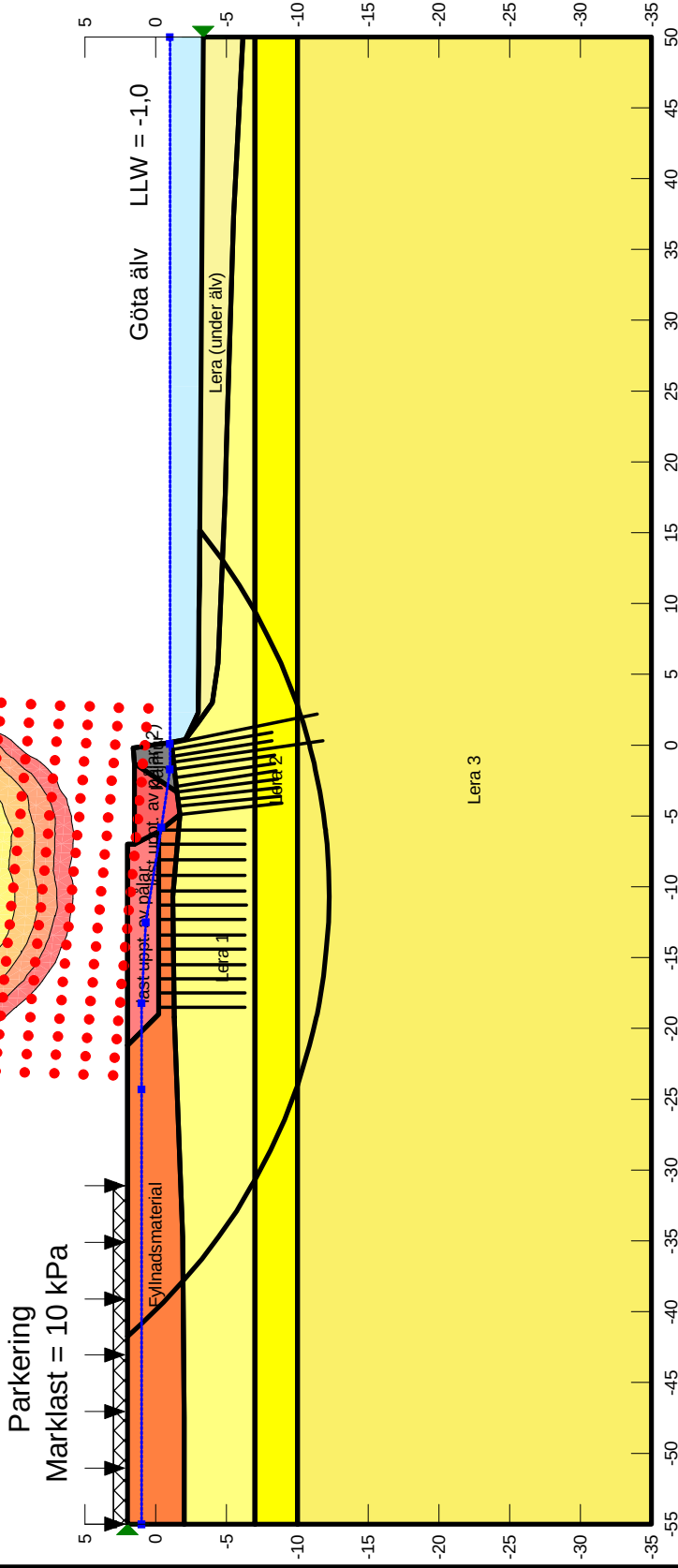
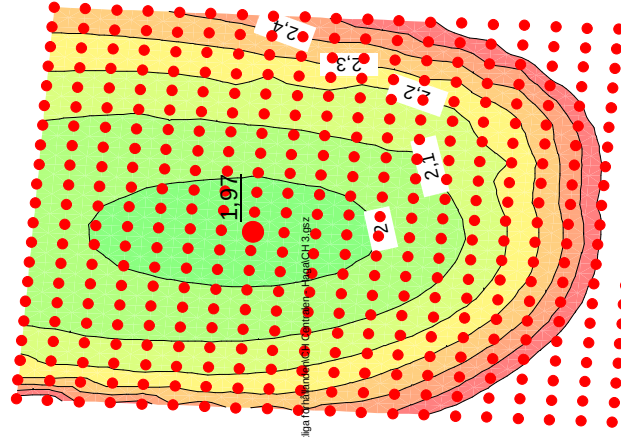
Name: Lera 3 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 23,9 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation) : -10 m
Anisotropic Strength Fn: k0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 3
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
 Glidytor: Grid and Radius (optimization: No)
 GW & porttyck: Piezometric Line
 Filnamm: CH 3.gsz
 Senast sparatid: 2013-08-27: 15:35:40

P:\2321\2305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet ber



Name: Lera 1
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30 °
Cu-Top of Layer: 20 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera (under älv)
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 1.6 kPa

Phi: 30 °
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 16,5 kN/m³

Cu-Datum: 20 kPa
 Cu-Rate of Change: 1, 3 kPa/m
 C/Cu Ratio: 0.1
 Datum (Elevation): -7 m
 Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
 Piezometric Line: 1

Name: Kajmür
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40 °
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33 °
Unit Wt. Above Water Table: 0.001 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30 °
Cu-Datum: 23.9 kPa
Cu-Rate of Change: 1.3 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fr: K=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

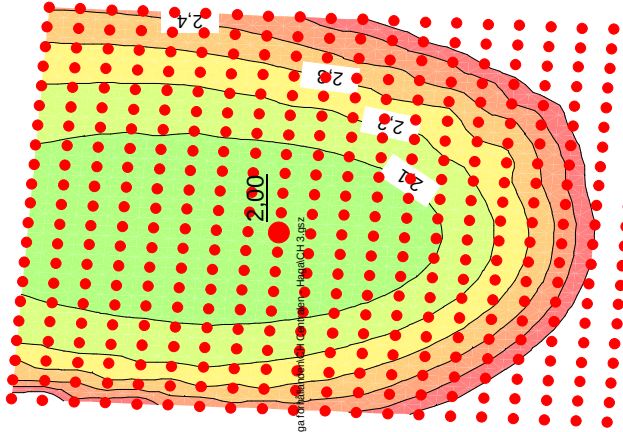


Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 3
Odränerad analys

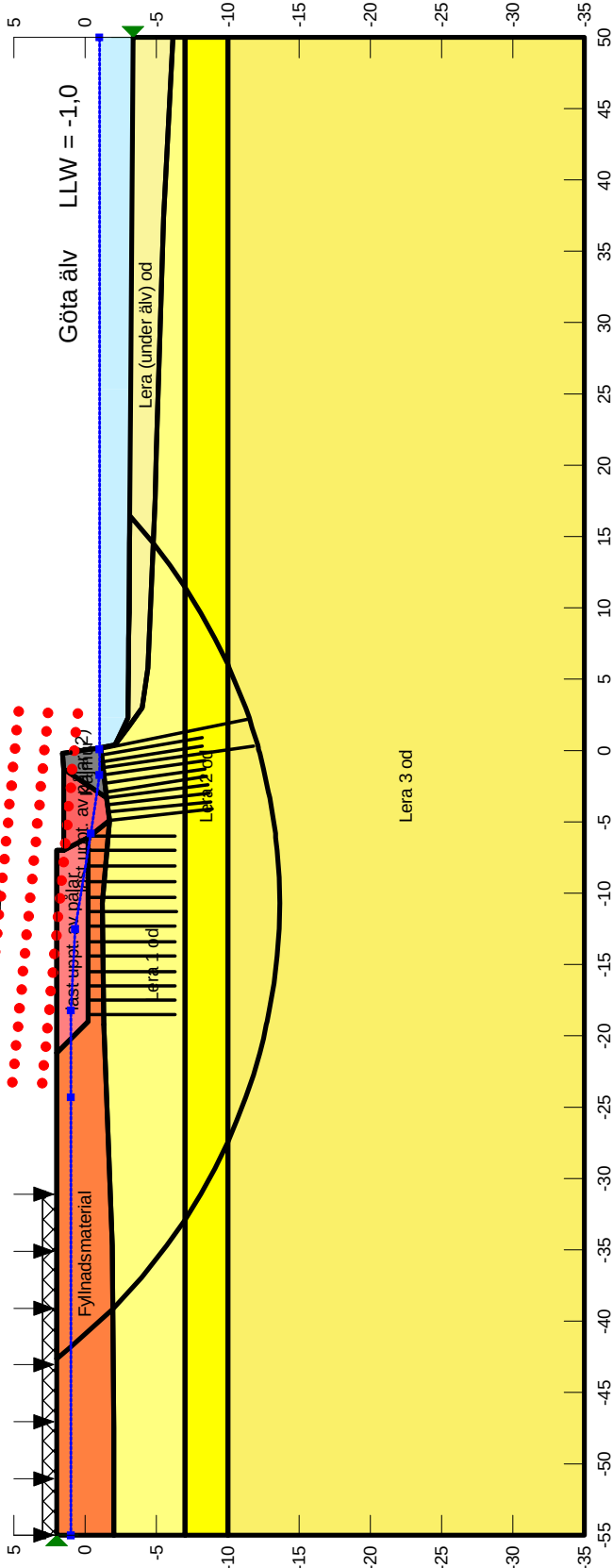
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gridtyor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 3.gsz
Senast sparad: 2013-08-27; 15:35:40

P:\12212205478_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilhet, Dränerad



Parkering
Marklast = 10 kPa



Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera (under älv) od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fr: Påverkade sediment
Phi: 0
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Datum: 23,9 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Göteborg C - Haga station
CH 4

Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidvör: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 4.gsz
Senast sparad: 2014-07-02; 17:15:48

G:\Projekter\2013\70425 Västlänken - AKF\SL2BERAKNINGAR\CH - Haga\CH 4.gsz

Name: Lera 1
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 1.2 kPa
Phi-B: 0°
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30°
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 20 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Friktingsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 30°
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²)/m
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

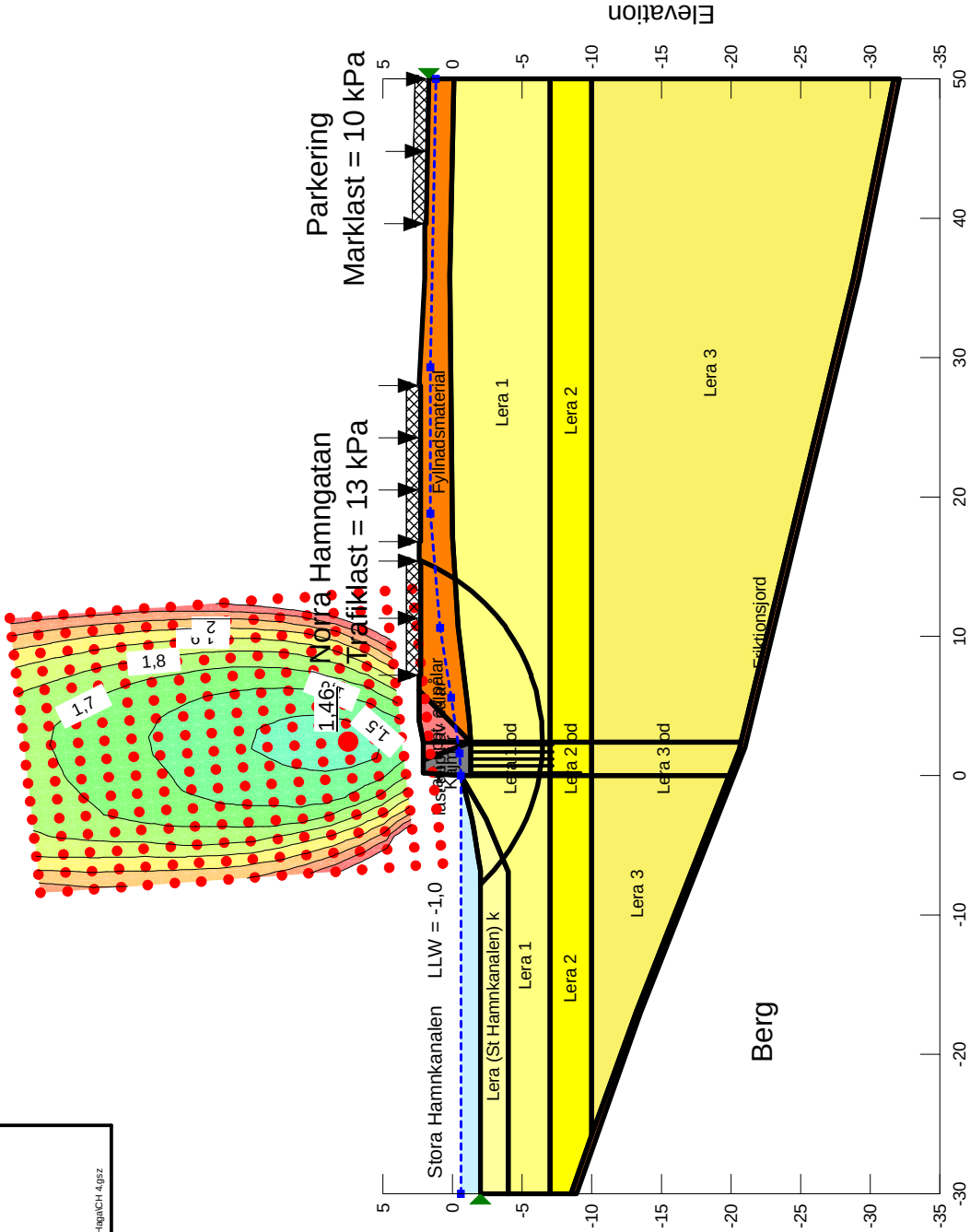
Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pölar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0,001 k/m
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30°
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Datum: 23.9 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 23.9 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²)/m
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1



Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Göteborg C - Haga station

CH 4

Odränerad analys

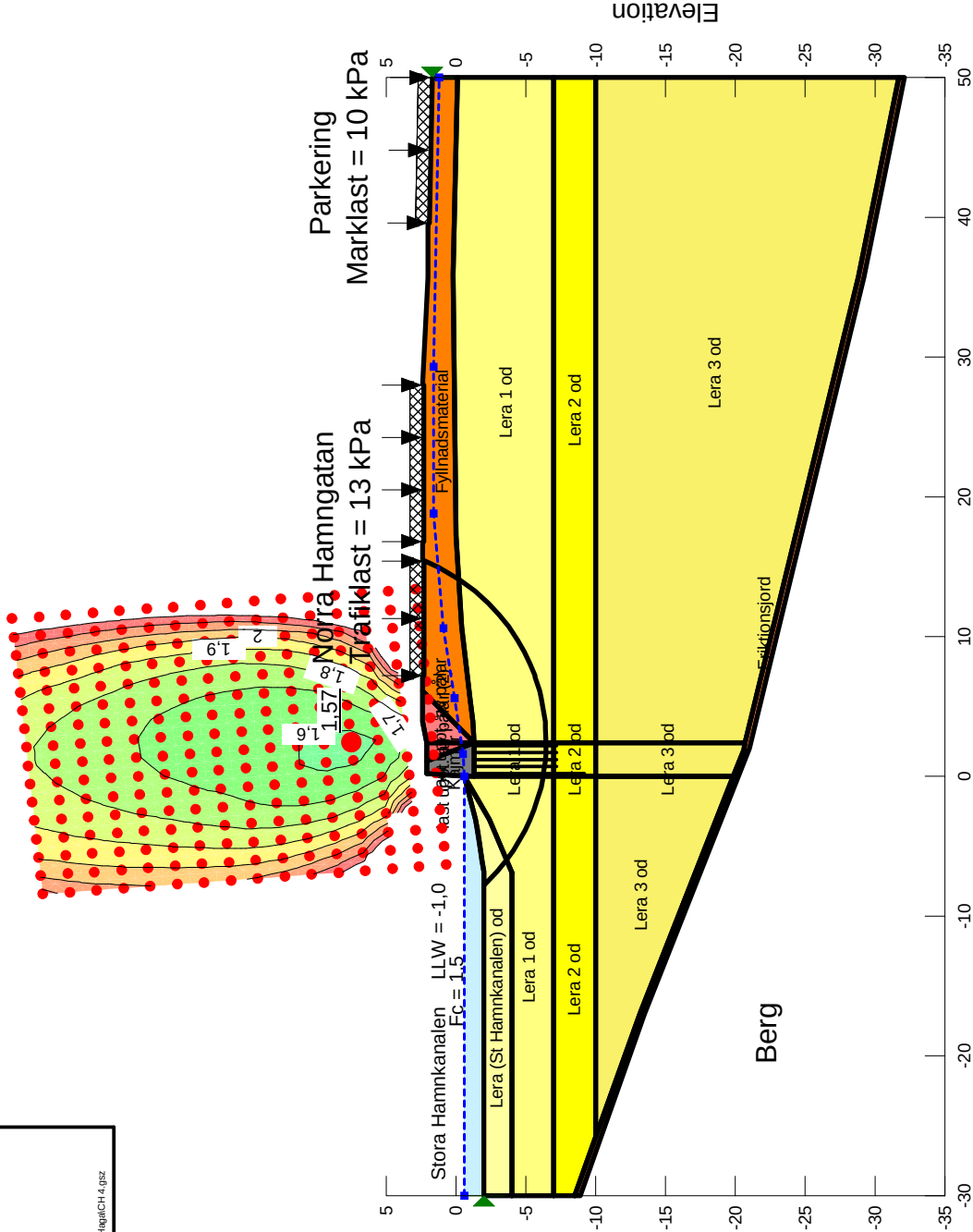
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gidtyör: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 4.gsz
Senast sparad: 2014-07-02; 17:15:48

G:\Projek\2013\1370425 Västlänken, AKF05\BERÄKNINGAR\CH Centrifal - HagalCH 4.gsz



Name: Friktingsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²/m)
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³
Piezometric Line: 1

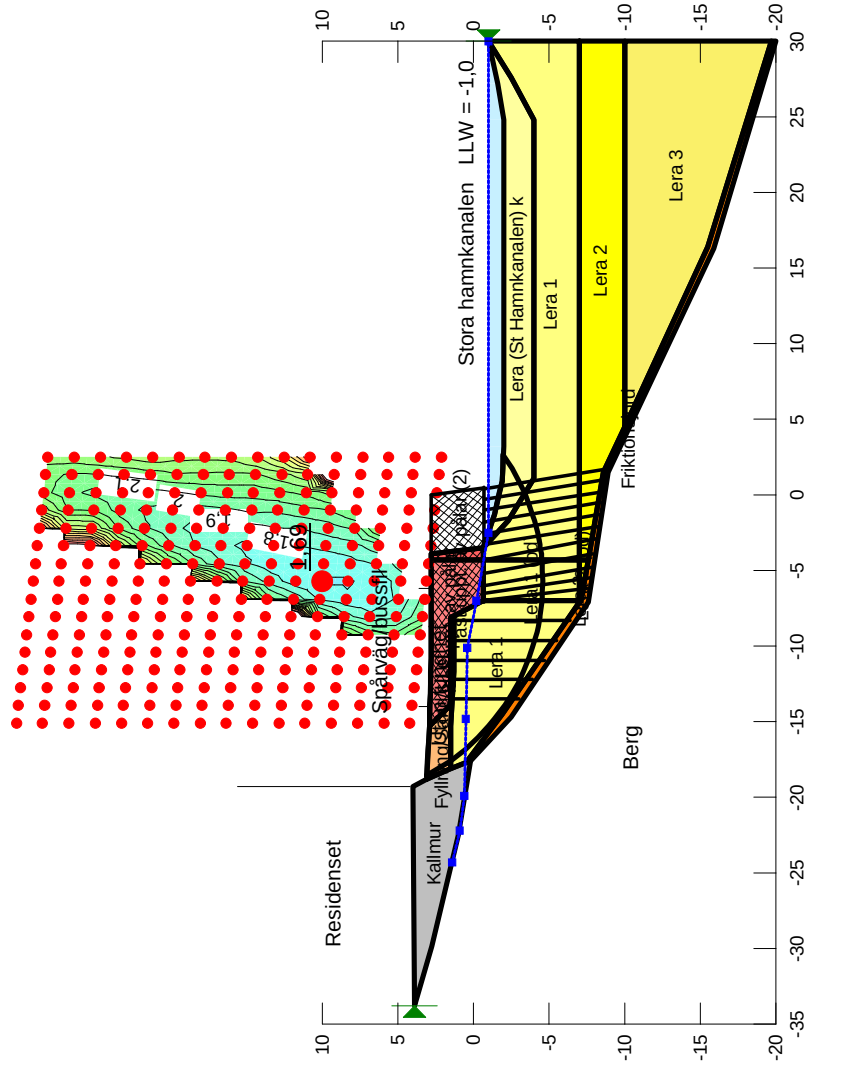
Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 23.9 kPa
C-Rate of Change: 1.3 (kN/m²/m)
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera (St Hamnkanalen) od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fn: New Cohesion Function
Phi: 30°
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Område med raster representerar pålad konstruktion.



Name: Fyllning/Sand/siLet Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 35° Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³ Piezometric Line: 1
Name: Lera 1 Model: Combined, S=(depth) Unit Weight: 16,5 kN/m³ Phi: 30° Cu-Top of Layer: 20 kPa Cu-Rate of Change: 0 kPa/m C/Cu Ratio: 0,1 Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Lera 2 Model: Combined, S=(datum) Unit Weight: 16,5 kN/m³ Phi: 30° Cu-Datum: 20 kPa Cu-Rate of Change: 1,3 kPa/m C/Cu Ratio: 0,1 Datum (Elevation): -7 m Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Friktningsjord Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 21 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 35° Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³ Piezometric Line: 1
Name: Lera 1 (od) Model: S=(depth) Unit Weight: 16,5 kN/m³ Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Kallmur Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20 kN/m³ Cohesion: 1 000 kPa Phi: 0° Piezometric Line: 1
Name: Lera 2 (od) Model: S=(datum) Unit Weight: 16,5 kN/m³ Datum (Elevation): -7 m Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: last uppt. av pålar Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 15 kN/m³ Cohesion: 1 000 kPa Phi: 35° Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³ Piezometric Line: 1
Name: last uppt. av pålar (2) Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 15 kN/m³ Cohesion: 1 000 kPa Phi: 35° Piezometric Line: 1
Name: Lera 3 Model: Combined, S=(datum) Unit Weight: 16 kN/m³ Phi: 30° Cu-Datum: 23,9 kPa Cu-Rate of Change: 1,3 kPa/m C/Cu Ratio: 0,1 Datum (Elevation): -10 m Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Lera (St Hamnkanalen) k Model: Spatial Mohr-Coulomb Unit Weight: 16 kN/m³ Cohesion: 1,2 kPa Phi: 30° Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right) Piezometric Line: 1



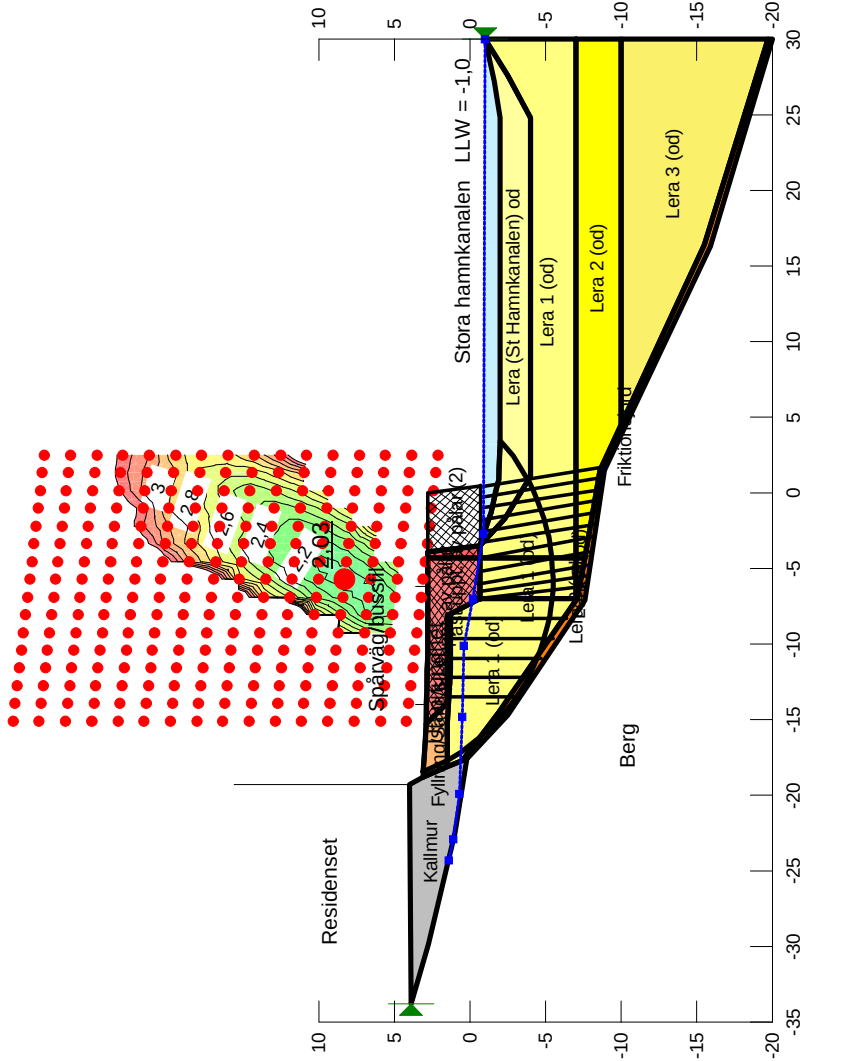
Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 5
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gildtyor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 5.gsz
Senast sparad: 2013-08-26: 17:02:13

Projektförteckning: 005 Studien - Beräkning - Högskola

Område med raster representerar pålad konstruktion.



Name: Fyllning/Sand/sLet
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Friktningsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 20 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kallmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 0°
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 (od)
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Datum: 20 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation): -7 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 35°
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 (od)
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 23,9 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation): -10 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera (St Hamnkanalen) od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fn: New Cohesion Function
Phi: 30°
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1



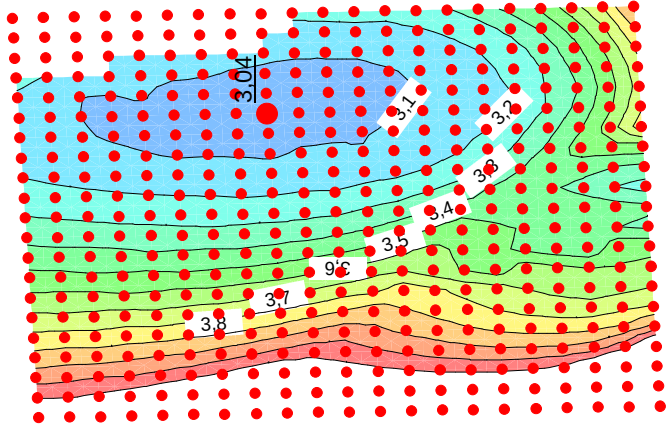
Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 6
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gridtyor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: CH 6.gsz
Senast sparad: 2013-06-12; 08:45:06

P:\23212305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet Beräkninga förhållanden\CH Centralen - Haga\CH 6.gsz

 Last upptagen
av bankpålning

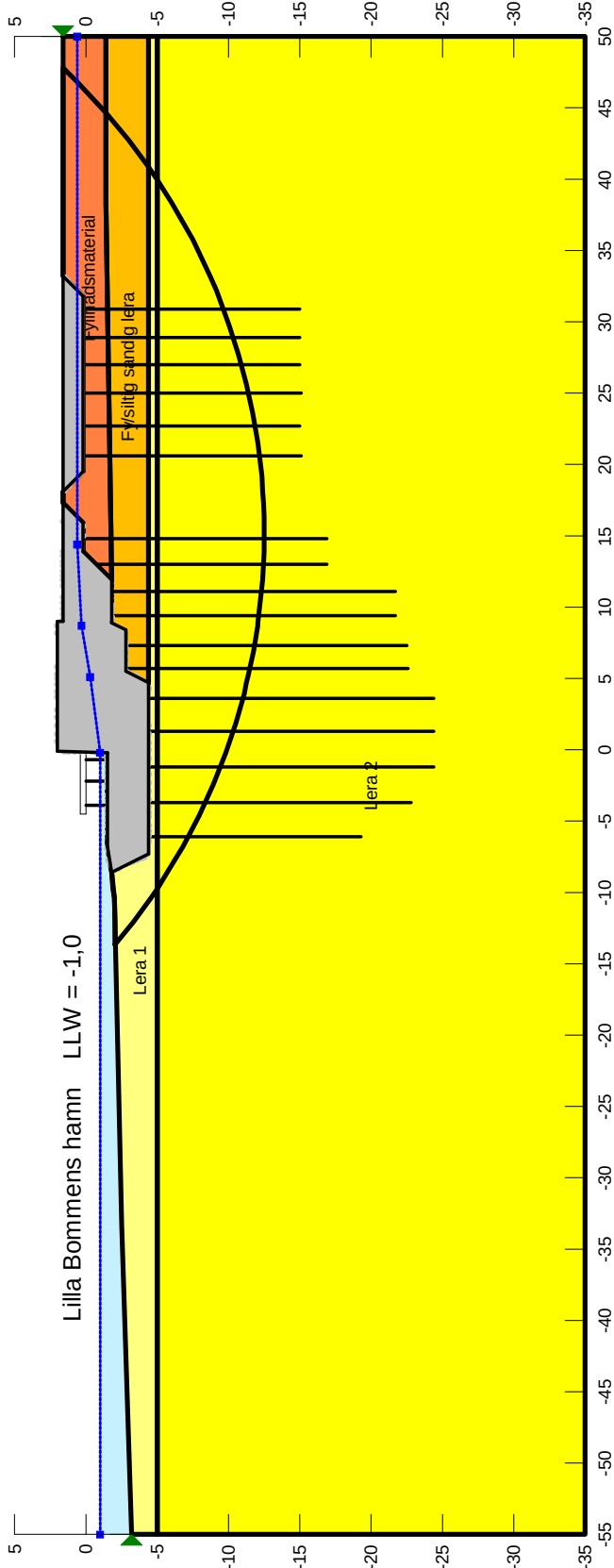


Name: Fyllsligt sandig lera
Model: Combined, S=((depth)
Phi: 32°
Unit Weight: 17 kN/m³
Cu-Top of Layer: 18 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1
Model: Combined, S=((depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 18 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: KO=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=((datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 18 kPa
Cu-Rate of Change: 1.8 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: KO=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1





Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Göteborg C - Haga station
CH 6
Odränerad analys

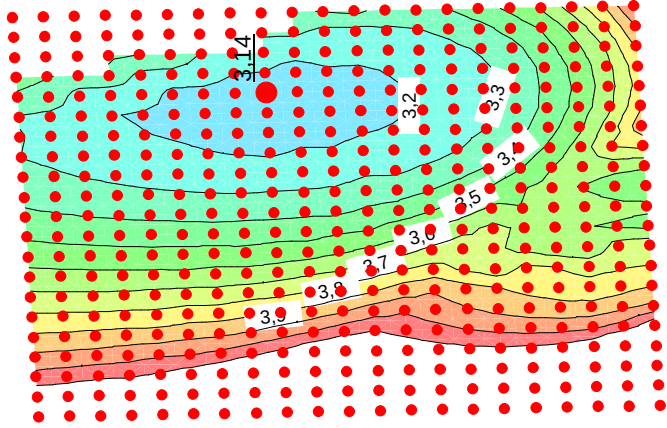
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porttyck: Piezometric Line
Filnamn: CH 6.gsz
Senast sparad: 2013-06-12; 08:45:06

P:\23212305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet.Dgn

Intiga förhållanden\CH Centralen - Haga\CH 6.gsz

 Last upptagen
av bankpålnig

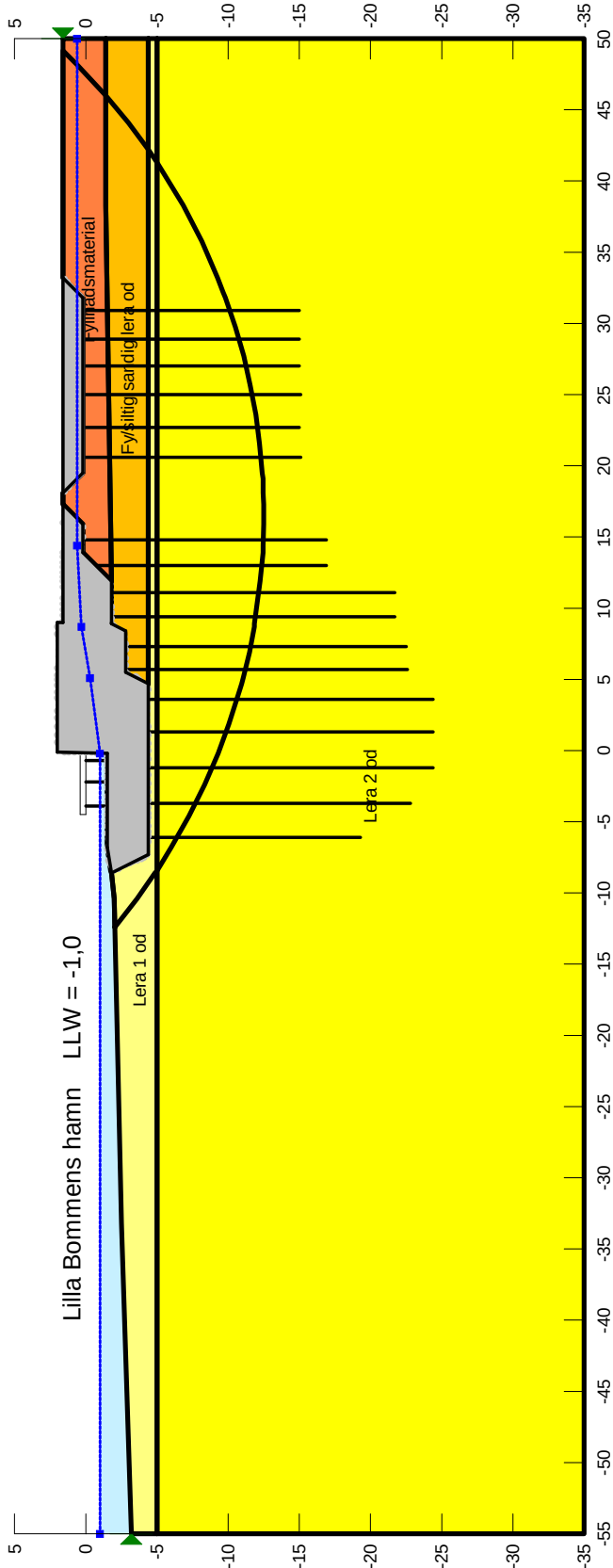


Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Cohesion: 18 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
C-Datum: 18 kPa
C-Rate of Change: 1.8 kPa/m
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Fyllsiltig sandig lera od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Piezometric Line: 1



Bilaga 5

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitet befintliga förhållanden

BILAGA HH

Linje Station Haga

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

Innehåll

1	Allmänt.....	3
2	Geotekniska undersökningar.....	4
2.1	Tidigare utförda undersökningar och utredningar	4
2.2	Utförda undersökningar och utredningar	4
3	Geoteknisk översikt	4
3.1	Topografi och områdesbeskrivning	4
3.2	Befintliga kajkonstruktioner	5
3.3	Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder	8
3.4	Geotekniska förhållanden	9
4	Stabilitet	14
4.1	Allmänt	14
4.2	Erforderlig säkerhetsfaktor	14
4.3	Beräkningsförutsättningar	15
4.4	Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden	16
4.5	Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser	18
5	Slutsatser och rekommendationer	18

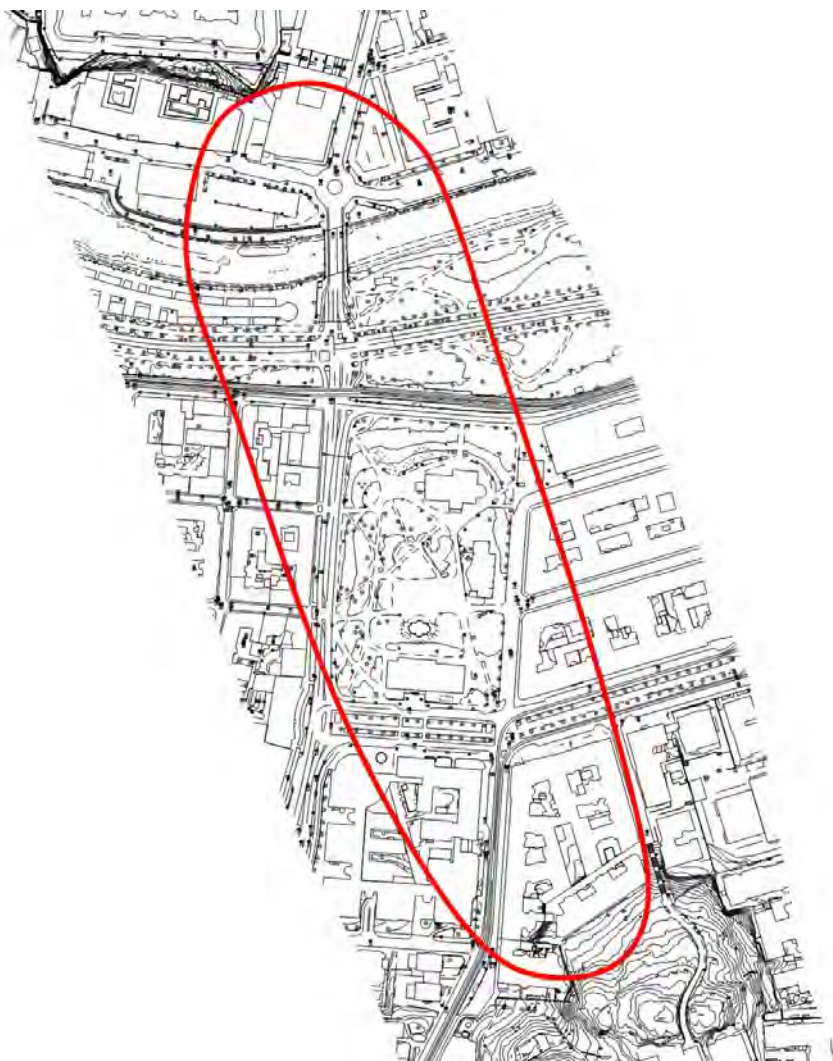


1 Allmänt

Inom uppdraget Västlänken AKF5 Geoteknik har den befintliga stabilitetssituationen längs med Västlänkens planerade sträckning analyserats. Utförda stabilitetutredningar/bedömningar syftar till att beskriva den befintliga stabiliteten i samband med upprättande av järnvägsplan, detaljplaner samt ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

Syftet med utredningen är att klarlägga stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden längs med Västlänkens sträckning.

Denna detaljerade stabilitetsutredning avser **delområde Station Haga (HH)**. Området framgår av Figur 1.



Figur 1 Översiktskarta över utredningsområdet.

Denna PM utgör underlag för att beskriva den befintliga stabiliteten inom hela det område som benämns HH. Det skall dock noteras att stora delar området utgörs av berg vilket innebär att stabilitetsproblematiken i praktiken handlar om stabiliteten längs Rosenlundskanalen/Vallgraven.

Utredningen har utförts i enlighet med IEG Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)".

2 Geotekniska undersökningar

2.1 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

Inom och i anslutning till det aktuella undersökningsområdet har ett stort antal geotekniska undersökningar utförts under årens lopp. Materialet är mycket omfattande och innehåller såväl en stor mängd sonderingar som en stor mängd hållfasthetsbestämningar som underlag för nu utförda stabilitetsberäkningar. Tidigare undersökningar redovisas i *PM F 05 – 001 Inventering av tidigare utförda undersökningar*, *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* för Västlänken med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

Under 2011 utförde Sweco en detaljerad stabilitetsutredning längs Vallgraven och Rosenlundskanalen. Utredningen utfördes inom ramen för en stabilitetskartering på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad. Utredningen har beaktats vid bedömning av stabilitetsförhållandena inom området

- *Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad, Delområde S109*
Sweco Infrastructure AB, 2011-09-15

2.2 Utförda undersökningar och utredningar

Ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har utförts inom ramen för projekt Västlänken. Nu utförda undersökningar redovisas i sin helhet i *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

3 Geoteknisk översikt

3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Det aktuella området sträcker sig från Kungshöjd i norr till bergsområdet (Utsiktsplatsen) som är beläget strax söder om Vasagatan. Området utgörs idag dels av hårdgjorda ytor som gator, torg och parkeringsytor och dels av parkområdena kring Allén, Hagakyrkan och Utsiktsplatsen.

Utredningsområdet korsas av Rosenlundskanalen/Vallgraven (väster om Rosenlundsbron heter kanalen Rosenlundskanalen). Ursprungligen kallades vattendraget Vallgraven längs hela dess sträcka från Drottningtorget i öster till Göta älv i väster. Vallgraven grävdes i samband med att staden Göteborg bildades i början av 1600-talet. Vallgraven sicksackade sig fram längs 8 av de 10 bastioner som utgjorde fundamentet till det omfattande befästningsverk som omringade staden. Mellan majoriteten av bastionerna fanns även ytterligare befästningsdelar som kallades raveliner. Vallgraven omgärdade ursprungligen ravelinerna från alla håll, se mitten av den övre, vänstra bilden i Figur 2.

I samband med att befästningarna runt staden började rivas under första hälften av 1800-talet grävdes även Vallgraven om i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan. Omgrävningen utfördes i omgångar under 1800-talet och i huvudsak rätades Vallgraven ut väster om dagens Rosenlundsbron och döptes om till Rosenlundskanalen. Inom utredningsområdet, i anslutning till Vallgraven/Rosenlundsbron, finns således såväl rester från det gamla befästningsverket som utfyllda områden där den ursprungliga Vallgraven var belägen.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 2 Historiska kartor som visar utreningsområdets utveckling och Vallgravens/Rosenlundskanalens omgrävningar under slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

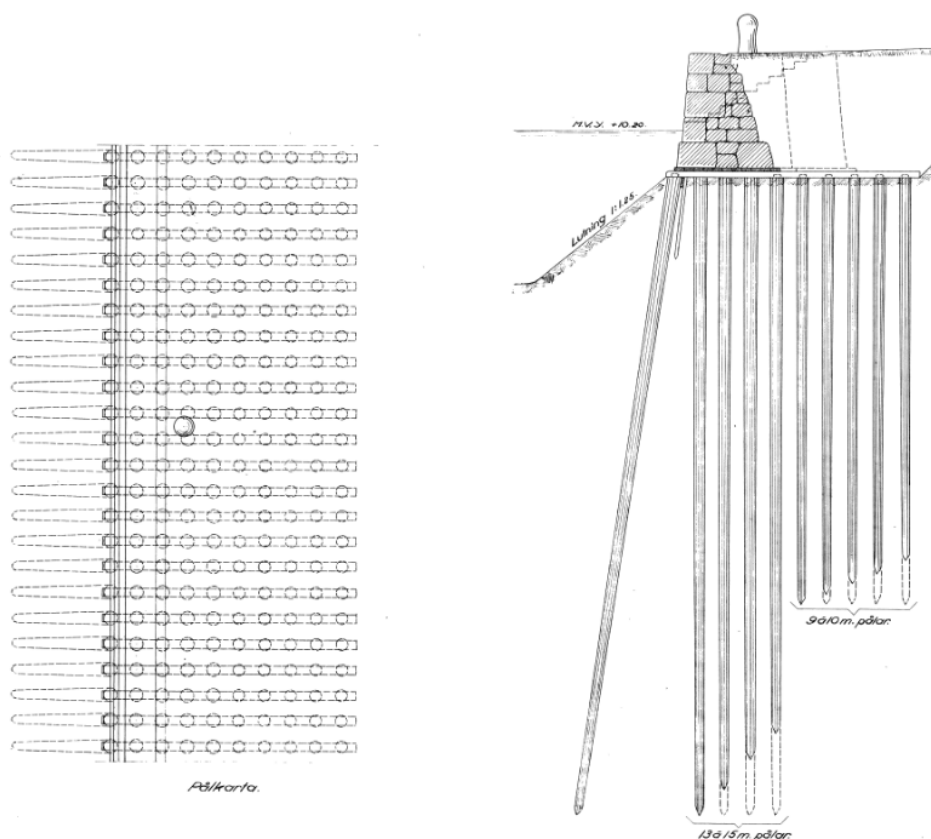
Berget stupar brant från nivån ca +12 uppe på Kungshöjd ner till nivån ca +4 vid Skattehuset (Inom Vallgraven 37:21). Därifrån sluttar markytan svagt i riktning mot Rosenlundskanalen/Vallgraven till nivån ca +2,5 vid kajlinjen. Vallgraven är ca 30 m bred och ca 3,5-4 m djup i förhållande till omgivande markyta. Södra kajkanten av Vallgraven ligger på nivån ca +1,5. Markytan stiger i riktning söderut upp mot Hagakyrkan där marknivån är ca +8.

3.2 Befintliga kajkonstruktioner

På norra sidan av Vallgraven och på ömse sidor av Rosenlundskanalen återfinns kajkonstruktioner. En omfattande arkivstudie har inom denna utredning utförts för att bestämma konstruktionernas typ och vilka konstruktioner som förekommer på vilka sträckor. I samband med arkivstudien har dock endast ett fåtal ritningar hittats.

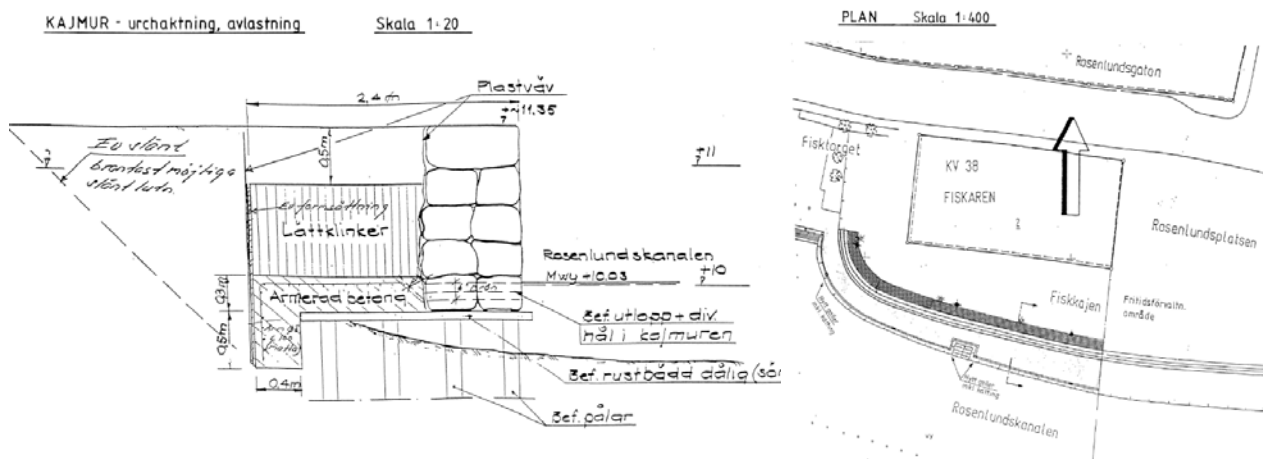


För kajen på västra sidan av Rosenlundsbron och södra sidan av Rosenlundskanalen gäller sannolikt kajkonstruktionen som illustreras i Figur 3. Konstruktionen utgörs av en murstenskaj som vilar på en ca 6 m bred rustbädd. Rustbädden är grundlagd på träpålar i 10 rader där den yttersta pålraden lutar 1:8. De fem raderna närmast kanalen har en pållängd som varierar mellan 13-15 m medan pålarna inom de inre fem raderna är 9-10 m långa.



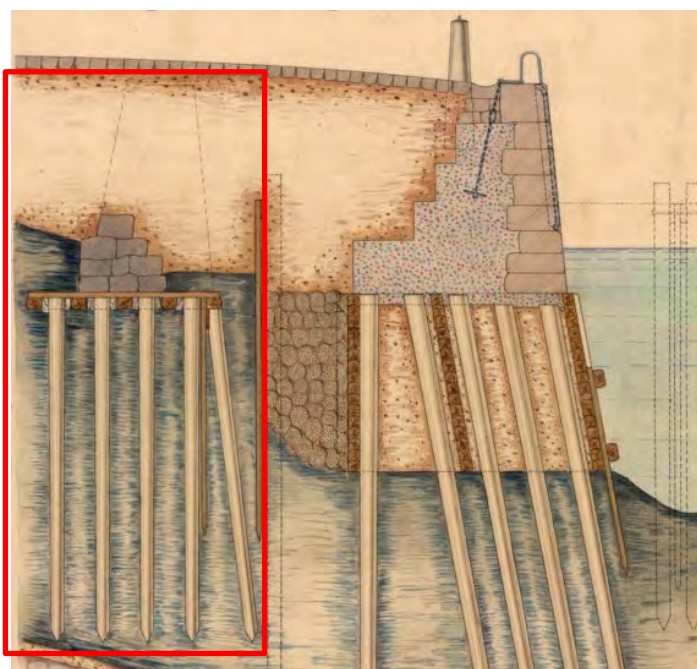
Figur 3 Kajkonstruktion längs södra sidan av Rosenlundsbron väster om Rosenlundsbron

På norra sidan av Rosenlundskanalen mellan Rosenlundsbron och Fêskekyrkan illustreras kajkonstruktionen på en ritning (daterad 1994-06-14) som upprättades av Gatubolaget i samband med en förstärkning av kajen mellan Rosenlundsplatsen och Fêskekyrkan, se Figur 4. Kajkonstruktionen utgörs av en kajmur vilken vilar på en rustbädd. Rustbädden är grundlagd på träpålar i 4 rader. Förstärkningen som illustreras i figuren består av att en armerad betongplatta har gjutits ovan rustbädden innanför kajmuren samt att en ca 1 m tjock lättklinkerfyllning anlagts ovan betongplattan. Sannolikt har dock inte denna förstärkning utförts mellan Rosenlundsplatsens västra ände och Rosenlundsbron.



Figur 4 Kajkonstruktion på norra sidan av Rosenlundsgraben, väster om Rosenlundsbron. Den vänstra delen av figuren visar den förstärkning som utfördes 1994 och den högra figuren visar inom vilken sträcka förstärkningen utfördes.

Gällande kajkonstruktionen på norra sidan av Vallgraven, öster om Rosenlundsbron har inga ritningar påträffats. Erfarenhetsmässigt bedöms sannolikt en liknande konstruktionsprincip som illustreras inom den röda rutan i Figur 5 gälla. Figuren visar den ursprungliga kajkonstruktionen längs Södra Hamngatan vilken troligtvis är uppförd under samma tid som kajen längs norra sidan Vallgraven. Konstruktionsprincipen styrks av en undersökning av kajkonstruktionerna längs Vallgraven som utfördes av Gatubolaget under 2010. Det är dock svårt att avgöra hur bred rustbädden är, hur många pålrader som återfinns och hur långa pålarna är. Sannolikt är att det rör sig om 4-5 pålrader och att pålarna är 5 m långa eller längre.



Figur 5 Röd ruta markerar sannolik konstruktionstyp för kajmuren längs norra sidan Vallgraven, öster om Rosenlundsbron. Bilden visar en ursprunglig riven kajmur respektive befintlig kajmur vid Södra Hamngatan.

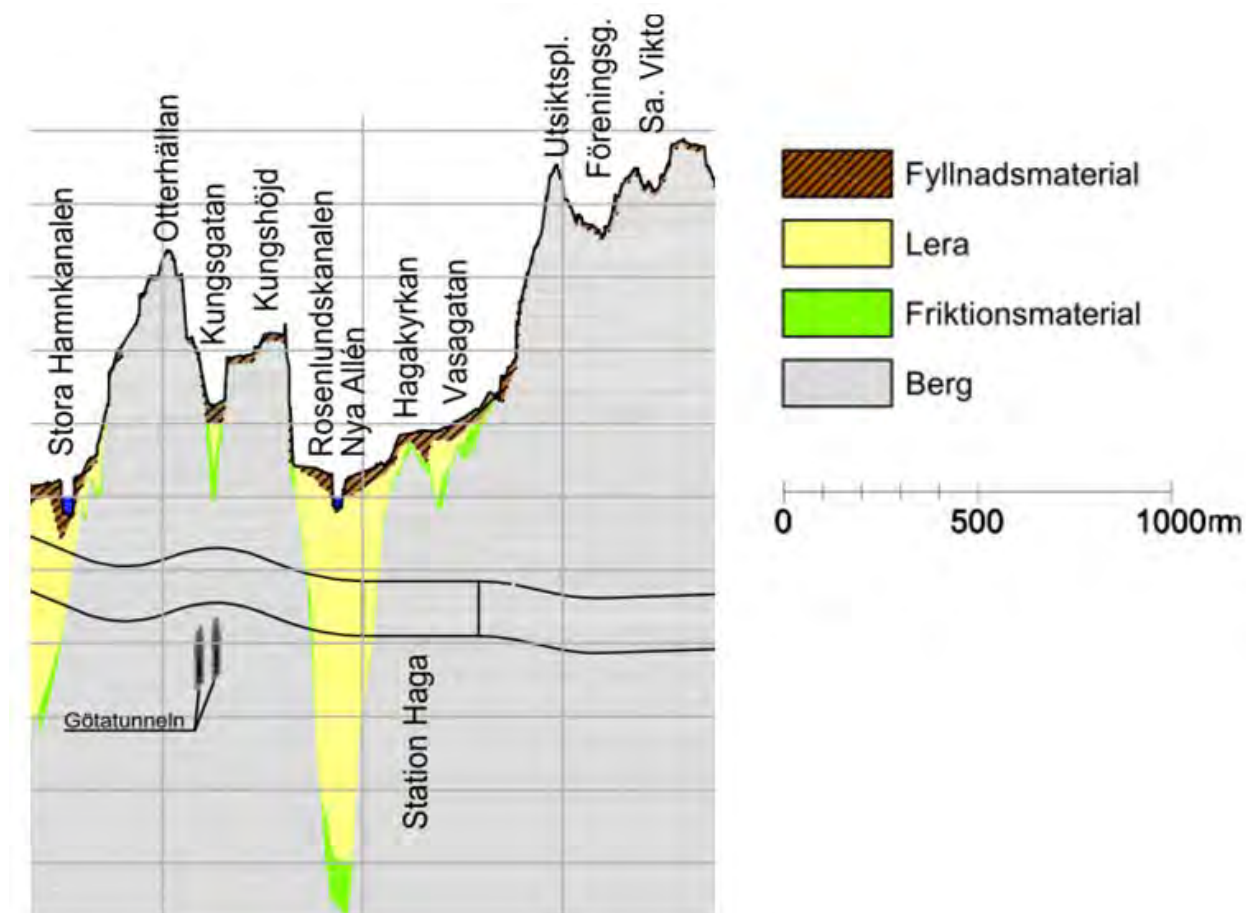
Figur 6 Rosenlundsbron över Rosenlundskanalen byggd 1999, ritning 1480-1029-1@03. Bankpålning och lättklinkerfyllning bakom landfästen.

3.4 Geotekniska förhållanden

Utvärdering av de geotekniska förhållandena inom utredningsområdet baseras på nu och tidigare utförda undersökningar.

3.4.1 Jordlagerföljd

I Figur 7 redovisas en profil som översiktligt visar jordlagerföljden inom området.



Figur 7 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Station Haga.

Norra Sidan av Vallgraven

På norra sidan av Vallgraven utgörs jordlagren generell överst av 1-2 m fyllning. Fyllnadsmaterialet utgörs främst av överbyggnadsmaterial i form av grus och makadam för gator och andra hårdgjorda ytor. Med anledning av att Vallgraven grävts om några gånger under årens lopp finns mäktigare fyllnadslager lokalt längs Vallgraven. Strax öster om Rosenlundsbron har fyllnadsmäktigheter på ca 5-6 m påträffats vilket bedöms sammanfalla med tidigare igenfyllnad av Vallgraven.

Under fyllningen följer en naturligt avsatt, lös till halvfast och svagt överkonsoliderad, lera med varierande mäktighet. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en relativt homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Lermäktigheten ökar generellt mot sydöst. Vid Rosenlundsplatsen vilar fyllningen direkt på berg och vid Hvitfeldtsplatsen är lerans mäktighet ca 30 m. Närmast Vallgraven är lermäktigheterna ca 30 m i väster och ökar till ca 50 m strax öster om Rosenlundsbron.

Under leran följer generellt ett lager friktionsjord bestående av framförallt fast lagrad sand och grus men även block har påträffats i friktionsjorden. Mäktigheten ökar från ca 0,5 m i väster till ca 5 m öster om Rosenlundsbron närmast Vallgraven.

Berget är plansprängt i området kring Skattehuset vid Rosenlundsplatsen. Bergnivån ligger på ca +2 till +4 m vid Rosenlundsplatsen och sluttar därefter i sydvästligriktning ner mot Vallgraven. Bergnivån vid Vallgraven ligger på ca -40 i väster för att ligga som lägst strax öster om Rosenlundsbron på nivån ca -60.

Södra sidan av Vallgraven

På södra sidan av Vallgraven varierar utfyllnadens mäktighet en hel del inom området med anledning av att Vallgraven grävts om några gånger under årens lopp. Fyllnadsmäktigheterna varierar från nästan ingen alls inom vissa grönytor till närmare 6-7 m i Vallgravens tidigare läge.

Under fyllningen följer en naturligt avsatt, lös till halvfast och svagt överkonsoliderad, lera. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en relativt homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Närmast Vallgraven är lerans mäktighet ca 40-50 m med de största mäktigheterna öster om Rosenlundsbrons landfäste. Lermäktigheterna avtar generellt mot söder för att strax nedanför Haga kyrka ha en mäktighet på ca 2-4 m.

Under leran följer ett lager friktionsjord där mäktigheten generellt är mellan ca 0,5-2,0 m. Närmast Vallgraven ökar dock den underliggande friktionsjordens mäktighet från ca 0,5-1,0 m i väster till uppemot ca 8-14 m öster om Rosenlundsbronslandfäste. Friktionsjorden utgörs i huvudsak av hårt packad sand och grus.

Bergnivån närmast Vallgraven ligger på nivån ca -45 till -60 där bergnivåerna avtar mot öster. Vidare grundar berget upp mot söder där berget i slänten strax nedanför Haga kyrka ligger på nivån ca -2 till +4.

3.4.2 Densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet

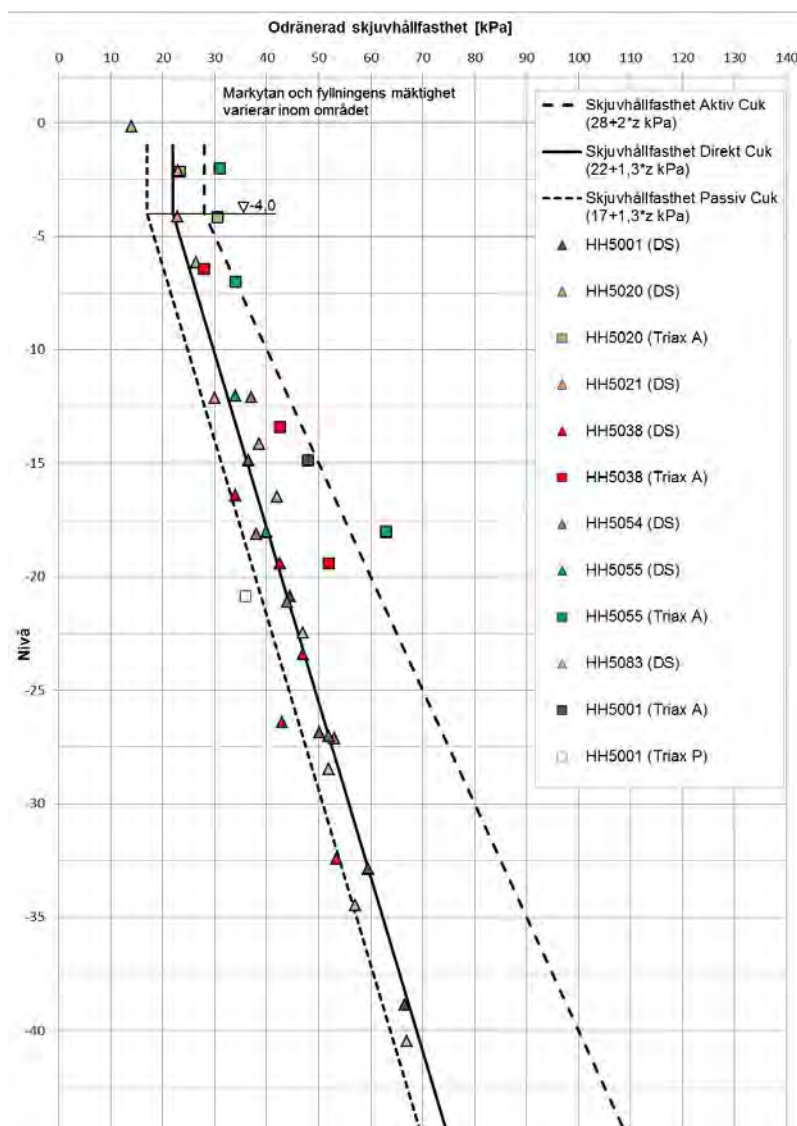
Lerans densitet varierar mellan 1,6-1,65 t/m³ ned till ca 20 m djup för att därunder öka till 1,9 t/m³ vid 40 m djup. Lerans vattenkvot är ca 70 % ned till 20 m djup. Därunder minskar vattenkvoten till 40 % vid 35 m djup vilket även gäller vidare mot djupet. Konflytgränsen är ca 75 % ned till djupet 20 m för därunder minskar till 50 % vid 35 m djup. Vidare är sedan konflytgränsen 50 % mot djupet. Leran är mellansensitiv ($s_r=10-20$) genom hela lerprofilen.

3.4.3 Odränerad skjuvhållfasthet

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats från utförda hållfasthetsbestämningar i form av främst en stor mängd utförda direkta skjuvförsök och triaxialförsök som kompletterats med empiriska beräkningar med utgångspunkt från en stor mängd utförda CRS-försök. Som ytterligare stöd för hållfasthetsbestämningen har även fallkonförsök, vingförsök samt CPT-sonderingar beaktats.

Nedan redovisas utvärderade hållfasthet. I figuren redovisas utförda odränerade skjuv- samt triaxialförsök tillsammans med empiri framtagen enligt riktlinjer i SGI Info 3. Inom området finns även en stor mängd vingförsök samt CPT-sonderingar, vilka redovisas i MUR Geoteknik (PM F 05 – 004) och PM F 05 – 012 (Geotekniska materialparametrar, Station Haga).

Inom området är den valda odränerade hållfastheten 22 kPa ned till nivån -4 därunder är tillväxten 1,3 kPa/m, se Figur 8.



Figur 8 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för området. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.

Under Rosenlundskanalen bedöms lerans odränerade skjuvhållfasthet vara något lägre inom de yttligare delarna av lerprofilen under kanalbotten än vad som gäller för motsvarande nivåer längs kanalens sidor. Detta beror på den avlastning som grävningen av kanalen medfört. Tidigare utförda undersökningar som

är utförda i kanalen inom utredningsområdet visar att hållfastheten generellt är ca 7 kPa i ytan av bottensedimenten och för att vid som mest 1,5 m under kanalbotten nå motsvarande hållfasthetsvärde som gäller för samma nivå inom kajområdena längs kanalens sidor.

3.4.4 Grundvatten och portryck

Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Vallgraven/Rosenlundskanalen redovisas i nedanstående tabell (Tabell 1).

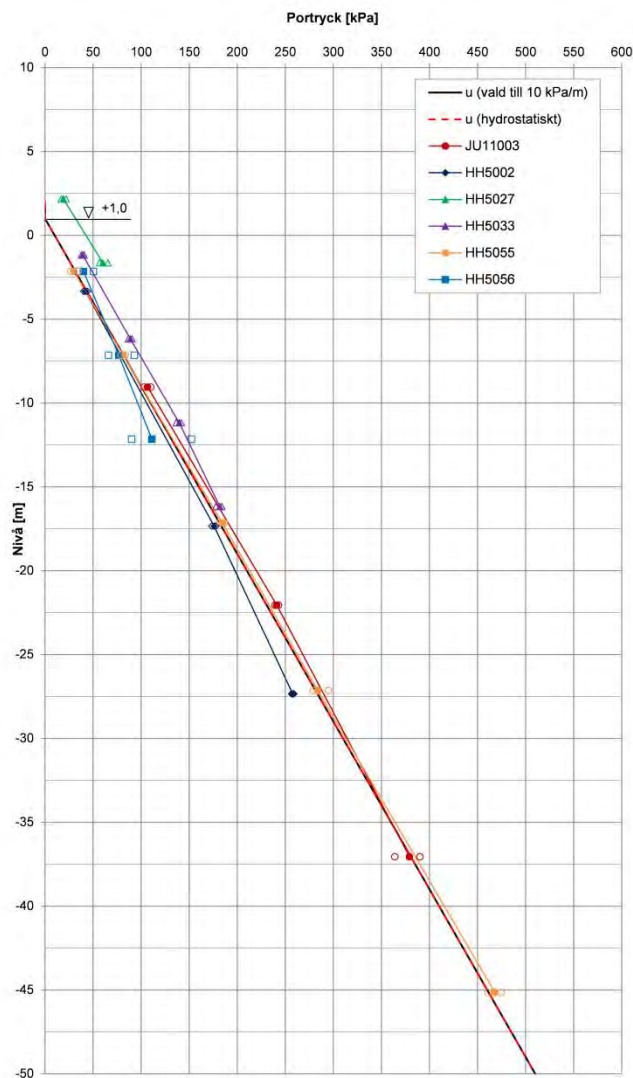
Tabell 1 *Karakteristiska vattenståndsnivåer(lägst lågvatten samt medellågvatten) (höjdsystem, RH2000) i Vallgraven/Rosenlundskanalen.*

MLW	-0,58
LLW (100 år)	-1,00

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordslagren under lerlagren. Mätningar i det övre magasinet visar på att grundvattennivån ligger på nivåerna +7 till + 8, strax söder om Haga Kyrkan. Grundvattennivån i det övre magasinet, i området närmast Rosenlundskanalen, styrs av nivåerna i kanalen som i sin tur styrs av Göta Älv.



Nu utförda och tidigare utförda portrycksmätningar visar att trycknivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån ca +1,0 i området kring Rosenlundskanalen, ca +4 strax söder om Haga-Kyrkan och ca +9 vid Vasagatan. Portrycksmätningar visar på en i princip hydrostatisk portrycksprofil.



Figur 9 Portrycksfördelning för utredningsområdet. Röd, streckad linje visar hydrostatisk fördelning och svart, heldragen linje visar vald portrycksfördelning.

3.4.5 Erosion

Generellt pågår ingen erosion inom utredningsområdet då de delar som angränsar till vatten inom området utgörs av kajkonstruktioner. Slanten på södra sidan av Vallgraven öster om Rosenlundsbron är längs vattenlinjen skyddad med erosionsskydd i form av utlagd sten. Erfarenhetsmässigt förekommer viss underspolning av kajkonstruktionerna längs kanalerna inom centrala Göteborg. Dessa urspolningar är vanligtvis inte omfattande och bedöms inte påverka stabiliteten eftersom rustbädden och den ovanpåliggande kajmuren vilar på pålar.



4 Stabilitet

4.1 Allmänt

Stabiliteten har bedömts inom hela det aktuella området. Nya Beräkningar har utförts längs Vallgraven/Rosenlundskanalen i anslutning till planerad linje för Västlänken. Stabiliteten har för befintliga förhållanden analyserats i totalt 6 stycken representativa sektioner med sektionslägen enligt Figur 10.



Figur 10 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

Stabilitetsförhållandena har analyserats för befintliga förhållanden. Stabilitetsanalyserna har utförts med odränerad och kombinerad analys med programmet Slope/W version 8.12.3.7901 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod.

4.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG projekt, Rapport 4:2010, där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för *Detaljerad stabilitetsutredning* för mark-områden med markanvändningen "Befintlig bebyggelse och anläggning". Det skall dock här noteras att det geotekniska underlaget i form av utförda undersökningar är mycket stort och mer än väl uppfyller kraven för en fördjupad utredning.

Enligt ovanstående gäller därmed följande rekommendation på säkerhetsfaktorn mot brott utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 2 Säkerhetsrekommendation enligt Skredkommissionens anvisningar, Rapport 3:95 (Tabell 8:1).

F_c	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5-1,3$

Säkerhetsrekommendationen utgörs således av ett "spann" mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Vilket krav på erforderlig säkerhetsfaktor som råder inom ett projekt bestäms av ett stort antal faktorer som betecknas som "gynnsamma" eller "ogynnsamma". Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.



Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området omfattande. Omfattningen är helt i linjen med de krav som ställs på en fördjupad utredning. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom det aktuella delområdet är mellansensitiv. Konsekvenserna av ett skred bedöms som relativt stora men förutsättningarna för att skred skall uppstå är liten med tanke på att alla slänter utgörs av uppbyggda konstruktioner.

Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom det aktuella området rekommenderas följande säkerhetsnivå för denna detaljerade stabilitetsutredning.

Tabell 3 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,3$

4.3 Beräkningsförutsättningar

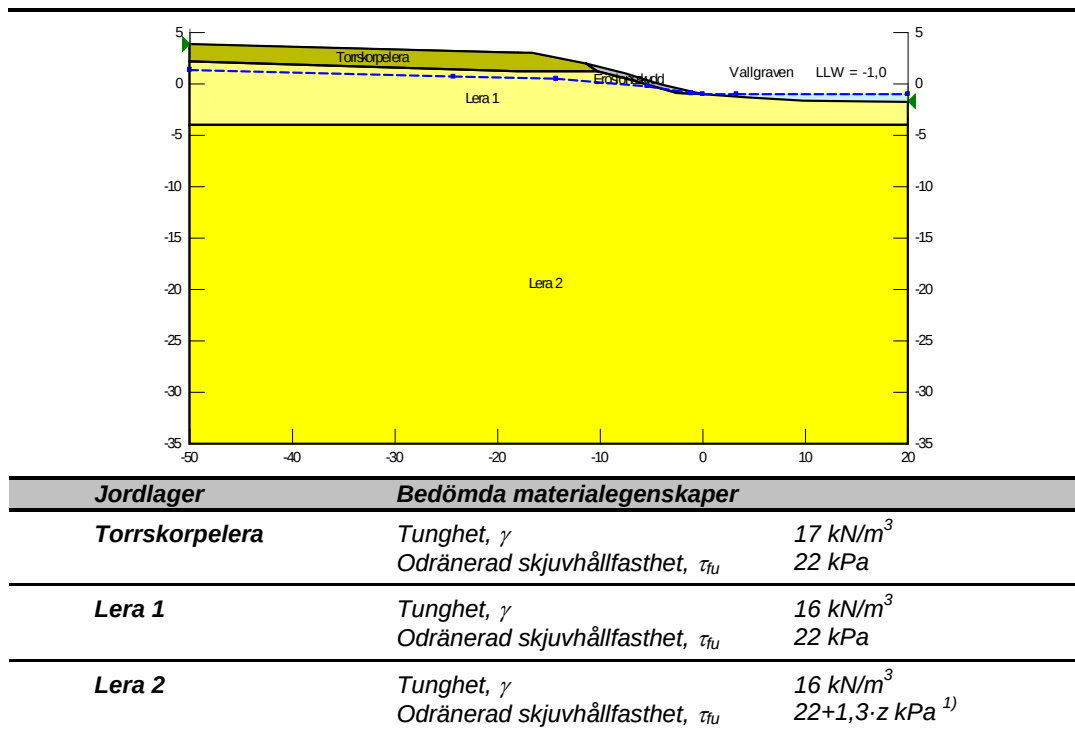
4.3.1 Utformning och geometri

Underlag till utförda stabilitetsberäkningar för utredningsområdet har hämtats från den digitala primärkartan (0,5 m ekvidistans).

4.3.2 Materialparametrar

Materialegenskaper samt jordlagrens mäktighet har utvärderats från nu och tidigare utförda geotekniska undersökningar. I nedanstående tabell redovisas de materialparametrar som använts vid stabilitetsberäkningarna. Valda materialparametrar för respektive beräkningssektion finns redovisade i sin helhet på respektive stabilitetsberäkning i Bilaga HH.1.

Tabell 4 Exempel på valda materialegenskaper.



¹⁾Tillväxt från nivån -4.



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

4.3.3 Grundvatten, porttryck och vattennivå

I denna utredning har vattenståndet i Vallgraven/Rosenlundskanalen ansatts som lägsta lågvatten på nivån -1,0, enligt Tabell 1. Vid lägsta lågvatten är vattnets mothållande effekt som lägst vilket därmed utgör det farligaste fallet för stabiliteten (odränerad analys).

Det skall dock noteras att denna vattennivå inträffar mycket sällan och utgör ett extremfall för i fallet när befintliga förhållanden studeras. Mer rimligt är att för befintliga förhållanden i denna typ av stadsmiljö använda MLW vilket t.ex. är den nivå som Göteborgs Hamn använder i deras utredningar.

Grundvattenytan har i utförda stabilitetsberäkningar generellt bedömts ligga ca 2,5-4 m under markytan. Porttrycket i leran har en hydrostatisk tryckprofil mot grundvattenytan.

4.3.4 Marklaster

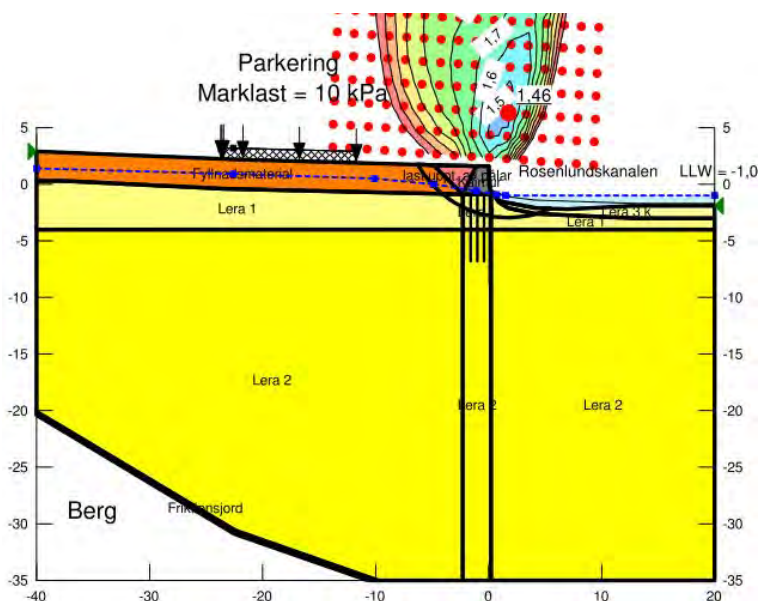
Marklaster ansatts generellt i de fall där de befinner sig i aktivzonen, d v s i den pådrivande delen, av glidytor. Marklasterna har, inom de beräkningar som berörs, ansatts till 13 kPa för trafikerade gator och 10 kPa för parkeringsytor.

4.4 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

Stabiliteten för *befintliga förhållanden* har analyserats för de sex sektionerna inom området. Inom området varierar såväl geometrin i form av höjd och lutning som jordlagerföljden något mellan sektionerna.

I följande kapitel beskrivs resultaten av samtliga stabilitetsanalyser inom det aktuella utredningsområdet. Samtliga beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga HH.1.

Stabiliteten har kontrollerats i två sektioner mot Rosenlundskanalen på västra sidan av Rosenlundsbron (sektionerna HH 1 och HH 3). Analyserna visar att stabiliteten är tillfredsställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden i enlighet med IEG rapport 4:2010. Lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,0$ respektive ca $F_{komb}=1,5-1,7$ se Figur 11.



Figur 11 Stabilitetsberäkning sektion HH 3, kombinerad analys.

Figur 13 Stabilitetsberäkning sektion HH 6, kombinerad analys.

4.5 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

Utförda beräkningssektioner är placerade med syfte att täcka in och representera de *befintliga* stabilitetsförhållandena på ömse sidor Vallgraven/Rosenlundskanalen.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser. Stabilitetsanalyserna redovisas i sin helhet i Bilaga HH.1.

Utförda stabilitetsberäkningar för det rubricerade utredningsområdet, visar på att säkerhetsfaktorn mot brott inom utredningsområdet uppfyller stabilitetsrekommendationerna för en detaljerad stabilitetsutredning enligt IEG:s Rapport 4:2010.

Tabell 5 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.

Sektion	Odränerad analys,	Kombinerad analys,
	F_c	F_{komb}
HH 1	2,0	1,7
HH 2	1,6	1,5
HH 3	2,0	1,5
HH 4	2,0	1,8
HH 5	1,7	1,5
HH 6	2,0	1,8

5 Slutsatser och rekommendationer

Denna *detaljerade* stabilitetsutredning visar att stabilitet inom rubricerat område HH är tillfredställande i enlighet med uppställda krav på erforderlig säkerhetsfaktor mot brott.

Denna stabilitetsutredning har utförts i syfte att beskriva stabiliteten i området. Kajmurarnas kondition och konstruktiva kondition har inte bedömts i samband med denna utredning.

Föreliggande detaljerade stabilitetsutredning baseras på de idag rådande, kända, förutsättningarna inom aktuellt delområde. I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitetsanalyser Linje Station Haga

BILAGA HH.1

Revideringen avser:

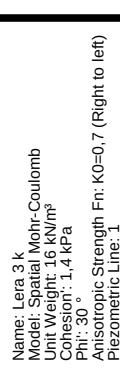
Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Magnus af Petersens	
Granskad av:	Urban Högsta	

AKF 05 Geotechnik

111

G:\Projek1\2013\1370425 Västlänken, AKF5\12BERÄK NINGAR\HH Haga Station\HH 1.qsz



Västlänken

AKF 05 Geotechnik

Haqa station

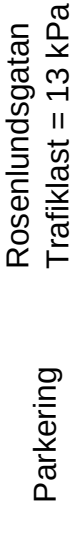
III

Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gldtylor: Grid and Radius (optimization: No)
 GW & porttyck: Piezometric Line
 Filnamn: HH 1.gsz
 Senast sparad: 2014-06-04; 09:38:47

G:\Projek1\2013\1370425 Västlänken, AKF5\12BERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 1.qsz



Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi': 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained ($\Phi=0$)
Unit Weight: 16,3 kN/m³
Cohesion: 22 kPa
Anisotropic Strength Fr: $K_0=0,7$ (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16,3 kN/m³
C-Datum: 22 kPa
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m
Datum (Elevation): -4 m
Anisotropic Strength Fn: K0=C
Piezometric Line: 1

Name: Kajmúr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesionⁿ: 2 000 kPa
Phiⁱ: 40 °
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesionⁿ: 1 000 kPa
Phiⁱ: 33 °
Constant Unit Wt. Above
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesionⁿ: 1 000 kPa
Phiⁱ: 33 °
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fn: New Cohesion Function
Phi: 30 °
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Haga station

HH 2

Kombinerad analys

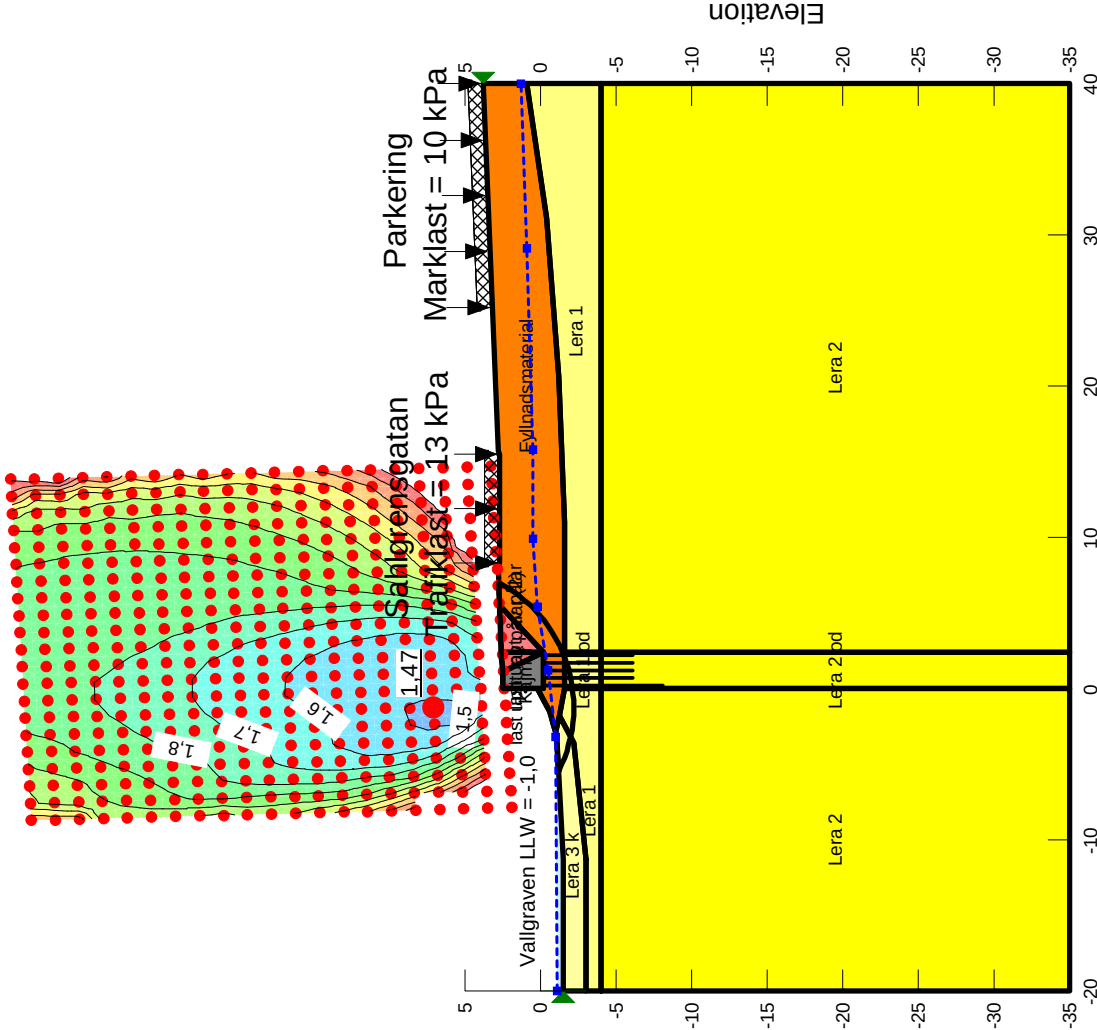
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gidtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: HH 2.gsz
Senast sparad: 2014-06-04, 09:59:12

G:\Proj\420213\70425 Västlänken, AKF05\2BERÄKNINGAR\HH-Haga Station\HH 2.gsz



Name: Lera 1
Model: Combined, S=((depth)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Phi: 30°
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Cohesion: 22 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=((datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Phi: 30°
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 1.3 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -4 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=((datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
C-Datum: 22 kPa
C-Rate of Change: 1.3 kPa/m
Datum (Elevation): -4 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.001 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 k
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 1.4 kPa
Phi: 30°
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Haga station

HH 2

Odränerad analys

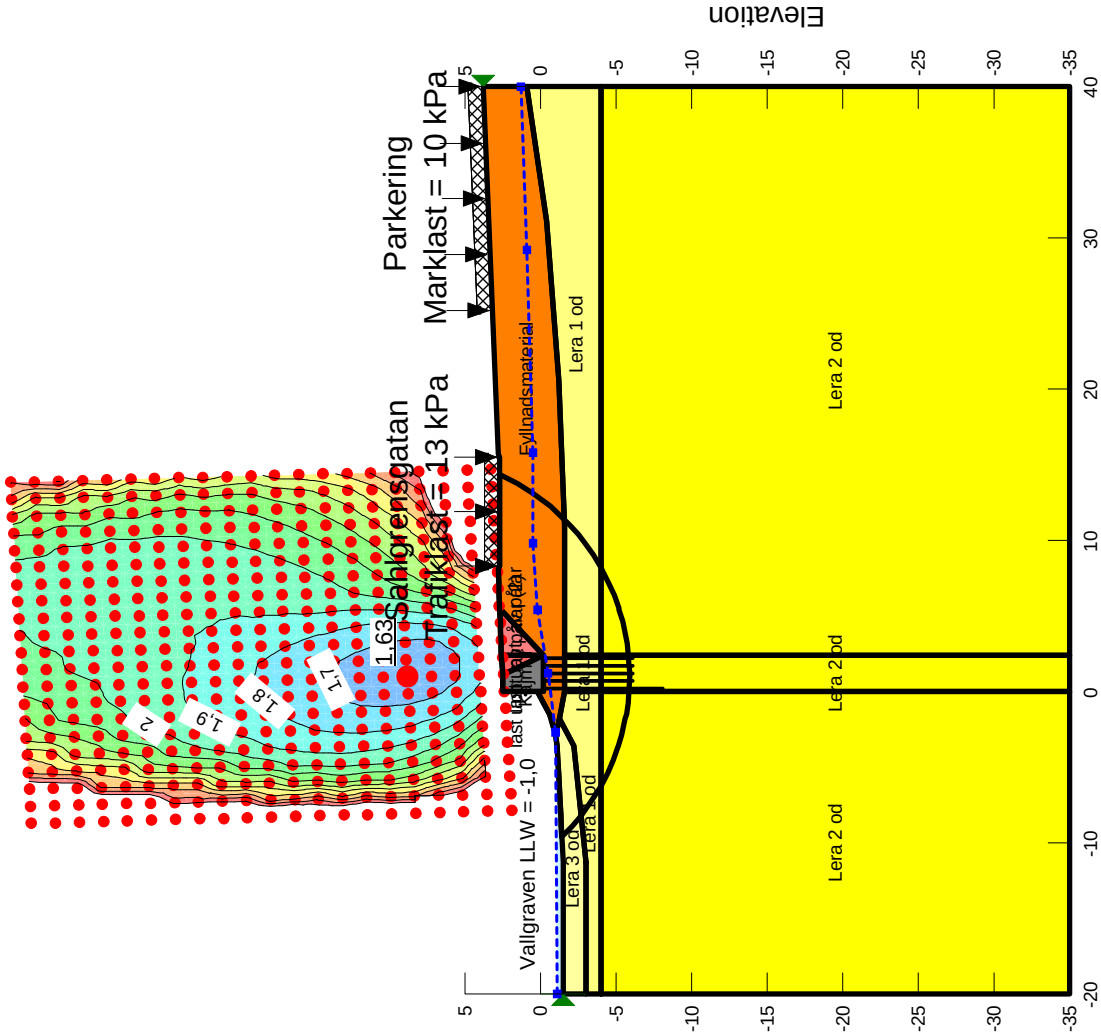
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gidtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: HH 2.gsz
Senast sparad: 2014-06-04; 09:59:12

G:\Proj\402013\1370425 Västlänken, AKF05\2BERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 2.gsz



Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Cohesion: 22 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=(datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
C-Datum: 22 kPa
C-Rate of Change: 1.3 kPa/m
Datum (Elevation): -4 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.001 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: last uppt. av pålar (2)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33°
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

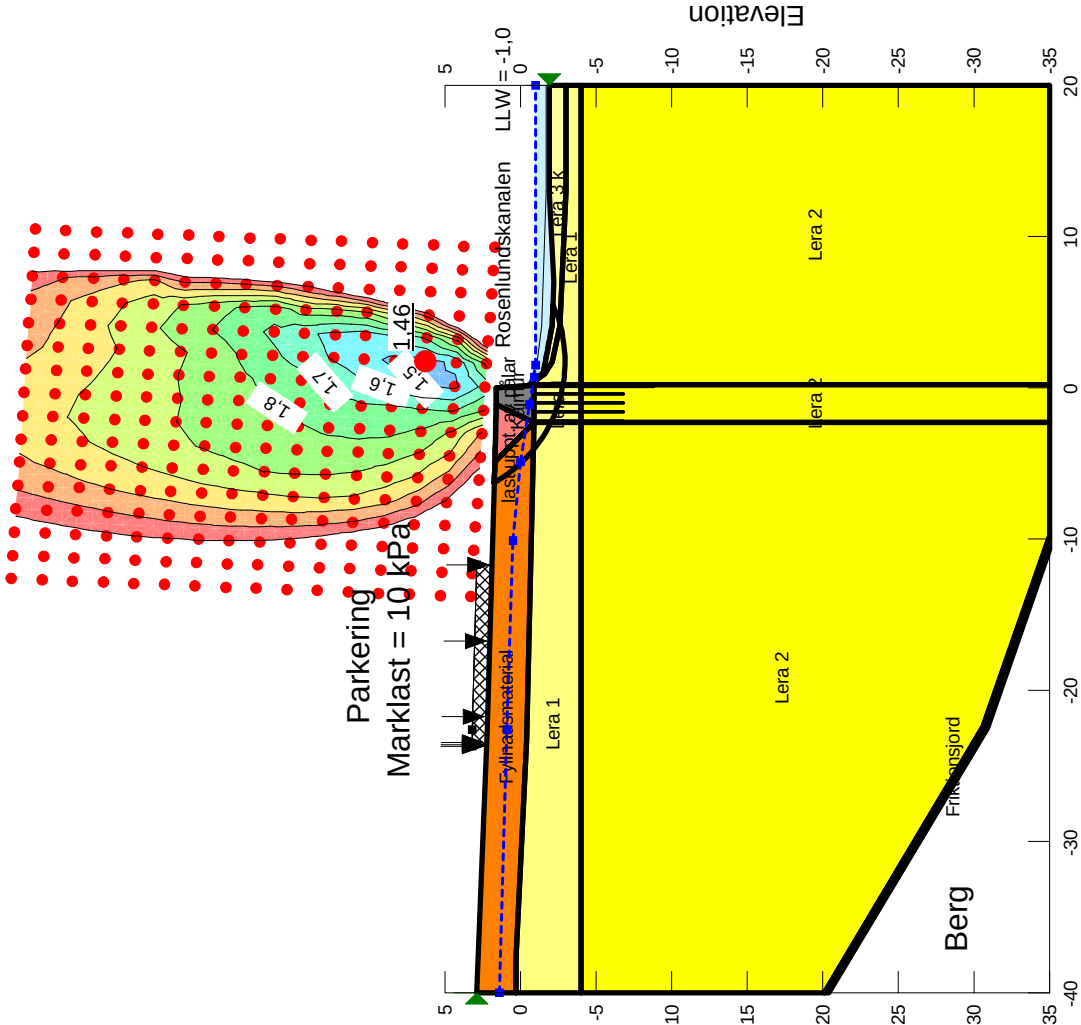
Name: Lera 3 od
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion Spatial Fn: New Cohesion Function
Phi: 30°
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

DP Haga
Haga Station
Befintliga förhållanden
HH 3
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gildtyd: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: HH 3_bef.gsz
Senast sparad: 2014-06-03; 13:25:21

G:\Proj\4020131370425 Västlänken_AKF05\2BEFÄKÄNINGAR\HH Haga Station\HH 3_bef.gsz



Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Phi: 30 °
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Friktingsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 16.3 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 1.3 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -4 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Kajmur
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40 °
Piezometric Line: 1

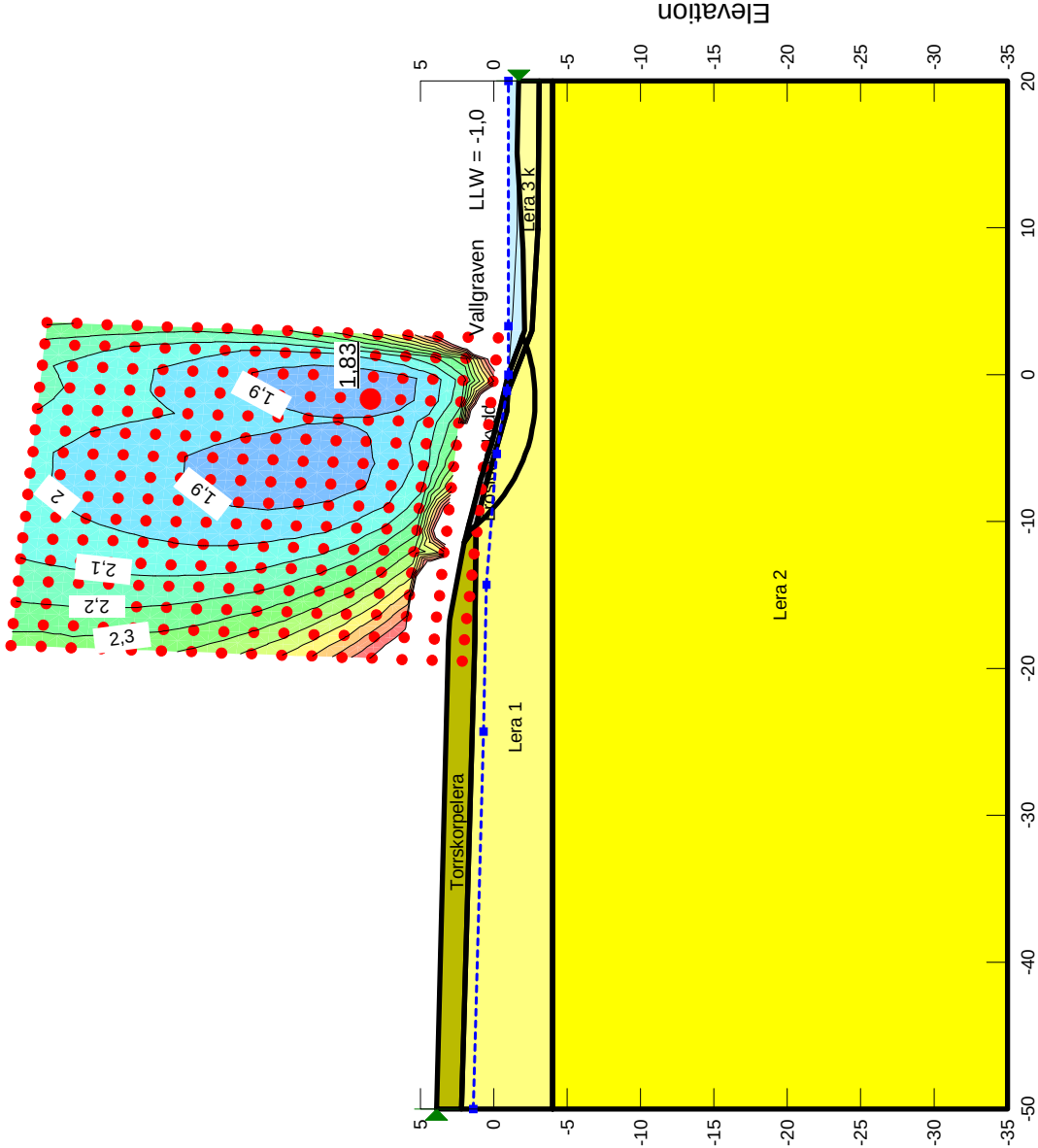
Name: last uppt. av pålar
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 1 000 kPa
Phi: 33 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3 k
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 1.4 kPa
Phi: 30 °
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

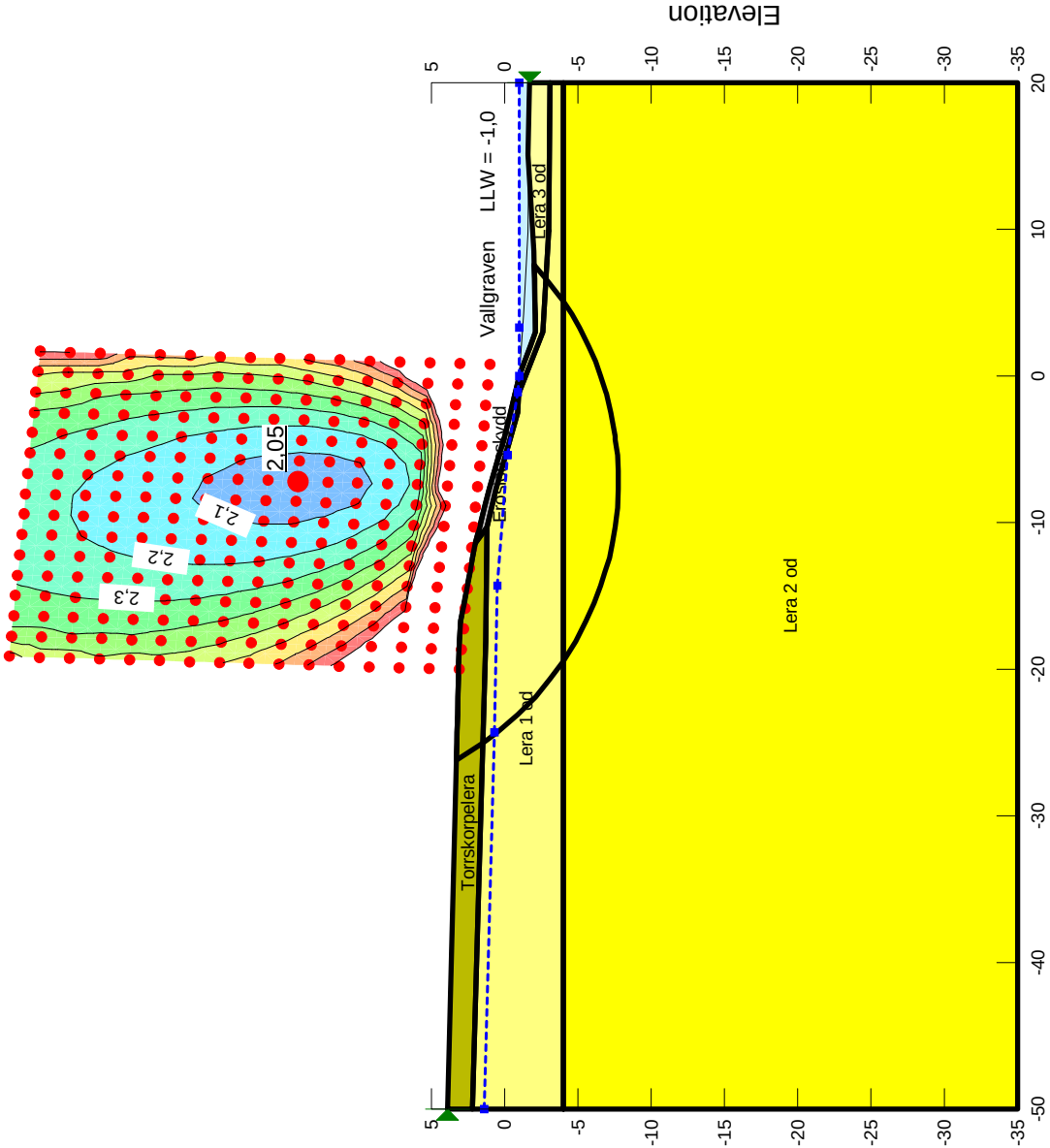
DP Haga	
Haga station HH 4	
Kombinerad analys	
Uppdrag: DP Haga, Västlänken	
Beställare: Göteborg Stad (SBK)	
Skala (A4): 1:500	
Analysmetod: Morgenstern-Price	
Girdytor: Grid and Radius (optimization: No)	
GW & porryck: Piezometric Line	
Filnamn: HH 4_bef.gsz	
Senast sparad: 2014-06-03; 13:30:03	
G:\Projekter\2013\7025 Västlänken\ANFÖRSLIBERÄNNINGAR\HH Haga Station\HH 4_bef.gsz	

Name: Torrsorpelera	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 17 kN/m³	
Phi: 30 °	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 1	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi: 30 °	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2	
Model: Combined, S=(datum)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi: 30 °	
C-Datum: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Datum: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 1,3 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Datum (Elevation): -4 m	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Erosionsskydd	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 23 kN/m³	
Cohesion: 0 kPa	
Phi: 45 °	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 3 k	
Model: Spatial Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 16 kN/m³	
Cohesion: 1,4 kPa	
Phi: 30 °	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	



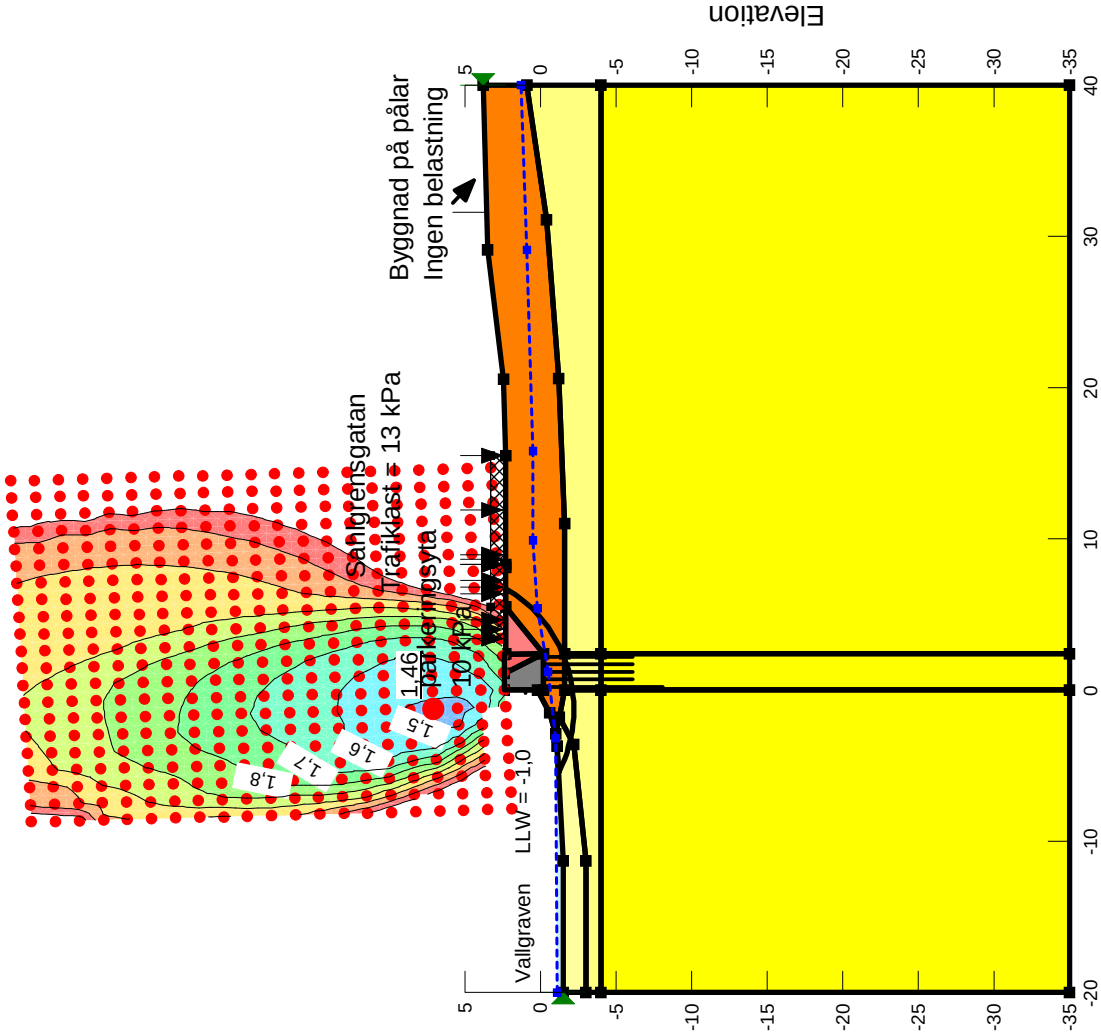
DP Haga	
Haga station HH 4 Odränerad analys	
Uppdrag: DP Haga, Västlänken	
Beställare: Göteborg Stad (SBK)	
Skala (A4): 1:500	
Analysmetod: Morgenstern-Price	
Glidtyr: Grid and Radius (optimization: No)	
GW & porryck: Piezometric Line	
Filnamn: HH 4_bef.gsz	
Senast sparad: 2014-06-03; 13:30:03	
G:\Projekter\2013\7025 Västlänken\ANFÄLLZBEFÄNNINGAR\HH Haga Station\HH 4_bef.gsz	

Name: Torrsorpelera	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 17 kN/m³	
Phi: 30 °	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 1 od	
Model: Undrained (Phi=0)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Cohesion: 22 kPa	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2 od	
Model: S=(datum)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
C-Datum: 22 kPa	
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m	
Datum (Elevation): -4 m	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Erosionsskydd	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 23 kN/m³	
Cohesion: 0 kPa	
Phi: 45 °	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 3 od	
Model: Spatial Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Cohesion Spatial Fr: New Cohesion Function	
Phi: 30 °	
Anisotropic Strength Fr: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	



Västlänken	
AKF 05 Geoteknik	
Haga station	
HH 5	
Kombinerad analys	
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik	
Beställare: Trafikverket	
Skala (A4): 1:500	
Analysmetod: Morgenstern-Price	
Glidytor: Grid and Radius (optimization: No)	
GW & portryck: Piezometric Line	
Filnamn: HH 5.qsz	
Senast sparad: 2014-06-04; 08:43:57	
G:\Projek\2013\1370425 Västlänken, AKF05\BERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 5.qsz	

Name: Lera 1	
Model: Combined, S=f(depth)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi': 30 °	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 1 od	
Model: Undrained (Phi=0)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Cohesion: 22 kPa	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2	
Model: Combined, S=f(depth)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi': 30 °	
C-Datum: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Datum: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 1,3 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Datum (Elevation): -4 m	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2 od	
Model: S=f(depth)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
C-Datum: 22 kPa	
C-Rate of Change: 1,3 kPa/m	
Datum (Elevation): -4 m	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Kajmur	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 21 kN/m³	
Cohesion: 2 000 kPa	
Phi': 40 °	
Piezometric Line: 1	
Name: last uppt. av pålar	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 15 kN/m³	
Cohesion: 1 000 kPa	
Phi': 33 °	
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³	
Piezometric Line: 1	
Name: last uppt. av pålar (2)	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 15 kN/m³	
Cohesion: 1 000 kPa	
Phi': 33 °	
Piezometric Line: 1	
Name: Fyllnadsmaterial	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 20 kN/m³	
Cohesion: 0 kPa	
Phi': 35 °	
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 3 k	
Model: Spatial Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 16 kN/m³	
Cohesion: 1,4 kPa	
Phi': 30 °	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	



Västlänken

AKF 05 Geotechnik

Haga station

HH5

Odränerad analys

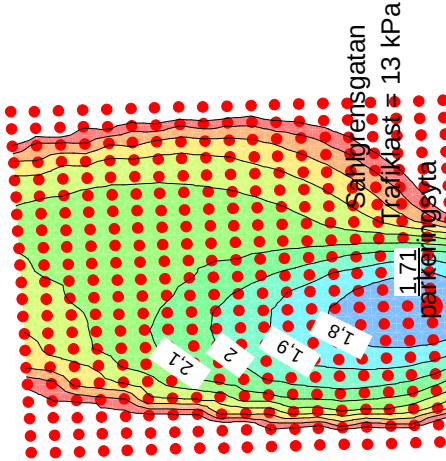
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
 Glidtyör: Grid and Radius (optimization: No)
 GW & porttyrk: Piezometric Line
 Filnamn: HH 5.gsz
 Senast sparad: 2014-06-04; 08:43:57

G:\Projekt\2013\1370425 Västlänken, AKF5\12BERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 5.gsz



Byggnad på pålar
Ingen belastning

 $LLW = -1,0$

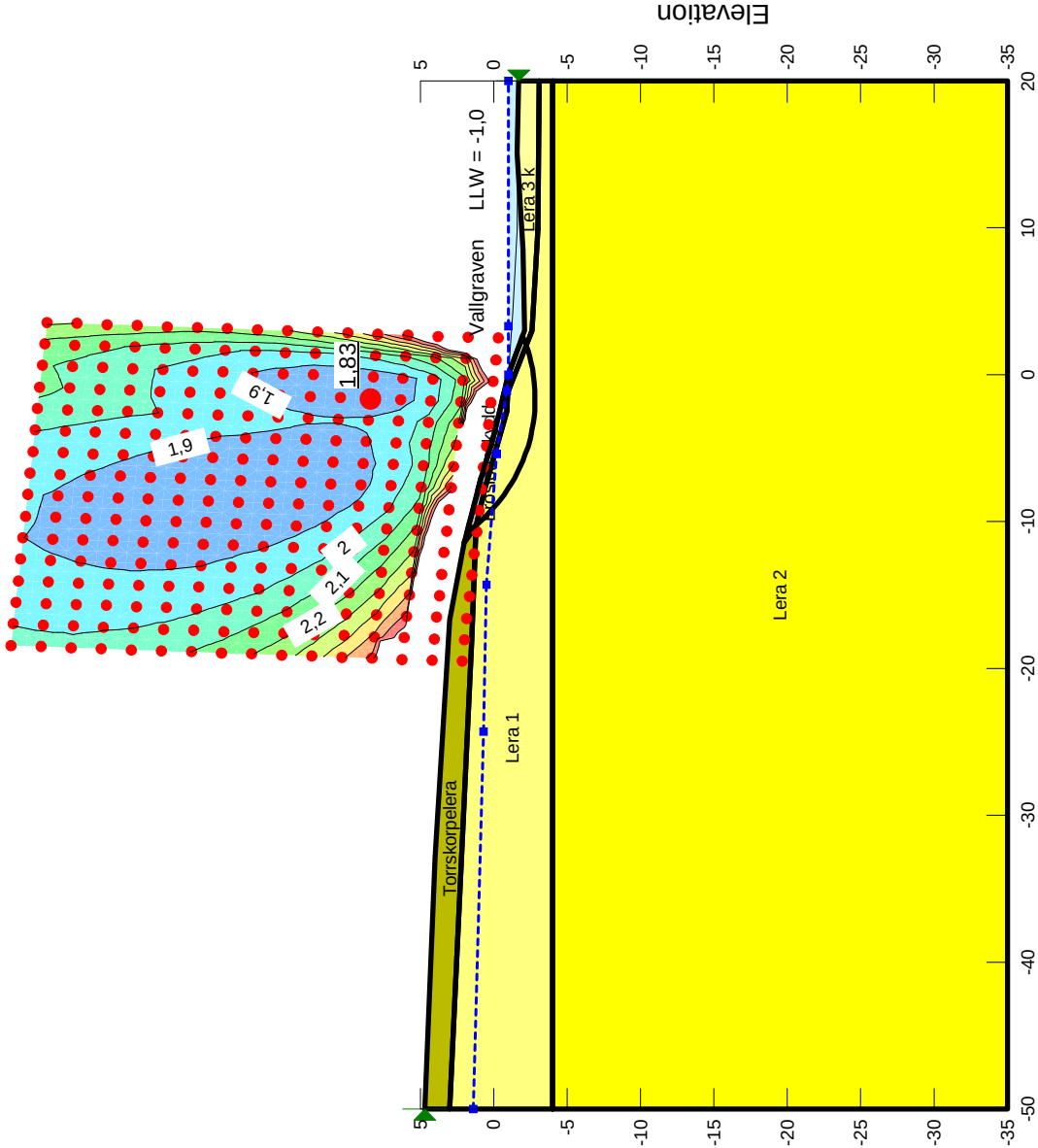
1

-10

Name: Lera 1 od Model: Undrained (Phi=0) Unit Weight: 16,3 kN/m³ Cohesion: 22 kPa Atmospheric Strength F_n: K0=0,7 (Right to left) Piezometric Line: 1	Name: Lera 2 od Model: S=(datum) Unit Weight: 16,3 kN/m³ C-Datum: 22 kPa C-Rate of Change: 1,3 kPa/m Datum (Elevation): -4 m Atmospheric Strength F_n: K0=0,7 (Right to left) Piezometric Line: 1	Name: Kajmur Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 21 kN/m³ Cohesion: 2 000 kPa Phi: 40° Piezometric Line: 1	Name: last uppt. av pålar Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 15 kN/m³ Cohesion: 1 000 kPa Phi: 33° Constant Unit Wt. Above Water Table: 0,001 Piezometric Line: 1	Name: last uppt. av pålar (2) Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 15 kN/m³ Cohesion: 1 000 kPa Phi: 33° Piezometric Line: 1	Name: Fyllnadmateriäl Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 35° Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³ Piezometric Line: 1	Name: Lera 3 od Model: Spatial Mohr-Coulomb Unit Weight: 16 kN/m³ Cohesion Spatial F_n: New Cohesion Function Phi: 30° Atmospheric Strength F_n: K0=0,7 (Right to left) Piezometric Line: 1
---	--	--	---	---	---	---

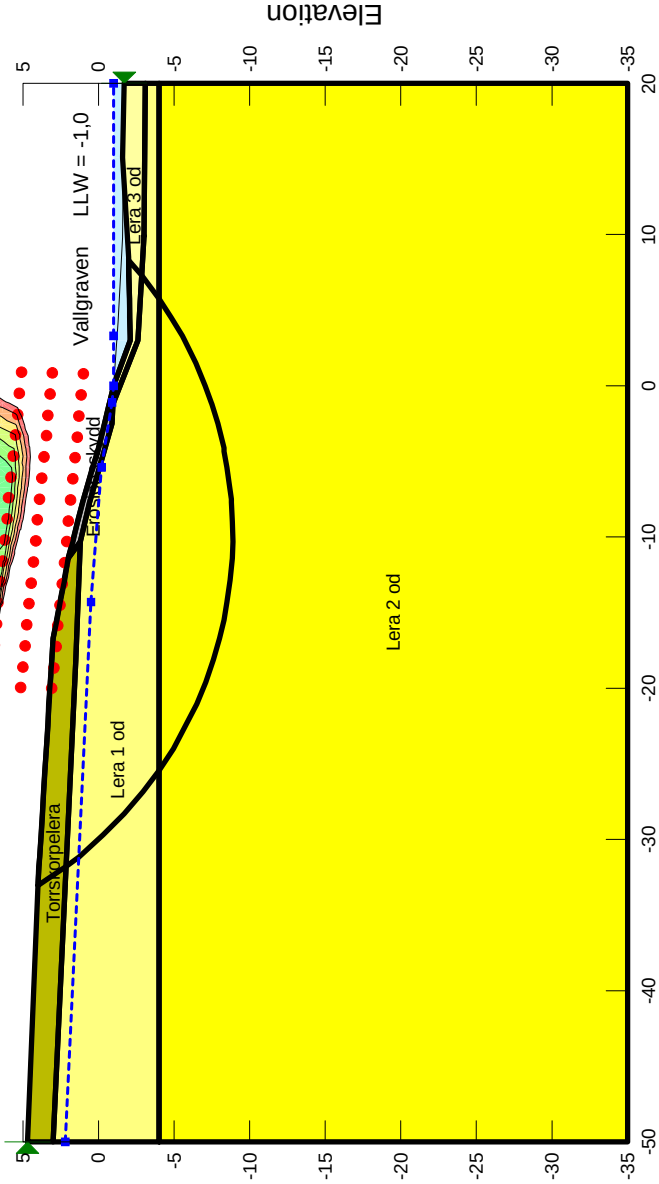
DP Haga	
Haga station HH 6 Kombinerad analys	
Uppdrag: DP Haga, Västlänken	
Beställare: Göteborg Stad (SBK)	
Skala (A4): 1:500	
Analysmetod: Morgenstern-Price	
Girdtyor: Grid and Radius (optimization: No)	
GW & porryck: Piezometric Line	
Filnamn: HH 6_bef.gsz	
Senast sparad: 2014-06-02; 17:43:34	
G:\Projekter\2013\7025 Västlänken\ANFÖRSLIBERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 6_bef.gsz	

Name: Torrkorpelera	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 17 kN/m³	
Phi': 30°	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 1	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi': 30°	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Top of Layer: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2	
Model: Combined, S=(datum)	
Unit Weight: 16,3 kN/m³	
Phi': 30°	
C-Datum: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 kPa/m	
Cu-Datum: 22 kPa	
Cu-Rate of Change: 1,3 kPa/m	
C/Cu Ratio: 0,1	
Datum (Elevation): -4 m	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	
Name: Erosionsskydd	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 23 kN/m³	
Cohesion': 0 kPa	
Phi': 45°	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 3 k	
Model: Spatial Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 16 kN/m³	
Cohesion': 1,4 kPa	
Phi': 30°	
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)	
Piezometric Line: 1	



DP Haga
Haga station HH 6 Odränerad analys
Uppdrag: DP Haga, Västlänken Beställare: Göteborg Stad (SBK) Skala (A4): 1:500
Analysmetod: Morgenstern-Price Gldtyör: Grid and Radius (optimization: No) GW & porryck: Piezometric Line Filnamn: HH 6_bef.gsz Senast sparad: 2014-06-02; 17:43:34 G:\Projek\K013137025 Västlänken\ANFSL2BERÄKNINGAR\HH Haga Station\HH 6_bef.gsz

Name: Torrskorpelera Model: Combined, S _u =(depth) Unit Weight: 17 kN/m ³ Phi: 30 C-Top of Layer: 0 kPa C-Rate of Change: 0 kPa/m Cu-Top of Layer: 22 kPa Cu-Rate of Change: 0 kPa/m C/Cu Ratio: 0.1 Piezometric Line: 1
Name: Lera 1 od Model: Undrained (Phi=0) Unit Weight: 16.3 kN/m ³ Cohesion: 22 kPa Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Lera 2 od Model: S=(d,d _{ult}) Unit Weight: 16.3 kN/m ³ C-Rate: 22 kPa C-Rate of Change: 1.3 kPa/m D _{ult} (Elevation): 4.1 m Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right) Piezometric Line: 1
Name: Erosionsskydd Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 23 kN/m ³ Cohesion: 0 kPa Phi: 45 Piezometric Line: 1
Name: Lera 3 od Model: Spatial Mohr-Coulomb Unit Weight: 16.3 kN/m ³ Cohesion: Spatial Fr: New Cohesion Function Phi: 30 Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right) Piezometric Line: 1



Bilaga 6

Västlänken

PM F 05 – 018
Stabilitet befintliga förhållanden

BILAGA KA Linje Station Korsvägen – Almedal

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

Innehåll

1	Allmänt.....	3
2	Geotekniska undersökningar.....	4
2.1	Tidigare utförda undersökningar och utredningar	4
2.2	Utförda undersökningar och utredningar	4
3	Geoteknisk översikt	4
3.1	Topografi och områdesbeskrivning	4
3.2	Befintliga kajkonstruktioner	5
3.3	Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder	5
3.4	Geotekniska förhållanden	6
4	Stabilitet	12
4.1	Allmänt	12
4.2	Erforderlig säkerhetsfaktor	12
4.3	Beräkningsförutsättningar	13
4.4	Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden	14
4.5	Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser	16
5	Slutsatser och rekommendationer	17

Bilaga KA.1 Stabilitetsanalyser



1 Allmänt

Inom uppdraget Västlänken AKF5 Geoteknik har den befintliga stabilitetssituationen längs med Västlänkens planerade sträckning analyserats. Utförda stabilitetutredningar/bedömningar syftar till att beskriva den befintliga stabiliteten i samband med upprättande av järnvägsplan, detaljplaner samt ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

Syftet med utredningen är att klarlägga stabilitetssituationen för befintliga förhållanden längs med Västlänkens sträckning.

Denna detaljerade stabilitetsutredning avser **delområde Station Korsvägen – Almedal (KA)**. Området framgår av Figur 1.



Figur 1 Översiktskarta över utredningsområdet.

Utredningen har utförts i enlighet med IEG Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)".



2 Geotekniska undersökningar

2.1 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

Inom och i anslutning till det aktuella undersökningsområdet har ett stort antal geotekniska undersökningar utförts under årens lopp. Materialet är mycket omfattande och innehåller såväl en stor mängd sonderingar som en stor mängd hållfasthetsbestämningar vilket utgör underlag för nu utförda stabilitetsberäkningar. Tidigare undersökningar redovisas i *PM F 05 – 001 Inventering av tidigare utförda undersökningar*, *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* för Västlänken med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

Under 2011 utförde Sweco en detaljerad stabilitetsutredning längs Mölndalsån. Utredningen utfördes inom ramen för en stabilitetskartering på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad. Utredningen har beaktats vid bedömning av stabilitetsförhållandena inom området

- *Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad, Delområde S123*
Sweco Infrastructure AB, 2011-09-15

2.2 Utförda undersökningar och utredningar

Ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har utförts inom ramen för projekt Västlänken. Nu utförda undersökningar redovisas i sin helhet i *PM F 05 – 004 Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik* med tillhörande ritningar och digitala geoarkiv.

3 Geoteknisk översikt

3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Utredningsområdet sträcker sig från Lisebergs spårvagnshållplats i väster längs Örgrytevägen och norra delen av Lisebergs nöjespark österut för att vidare korsa Mölndalsån och sedan vika av söderut längs E6:an och Örgryte strax söder om Kallebäcksmotet. Stora delar av området utgörs av bebyggelse i form av nöjeslokaler och kontorsfastigheter i västra delen av området och bostäder inom östra delen av området. Vidare består även stora delar av området av gator och vägar.

Längs Örgrytevägen är markytan generellt belägen på nivån +3-(+4). Inom västra delen av Lisebergsområdet återfinns ett berg (Geteberget) vars topp är belägen på nivån ca +30. Berget sluttar i östlig riktning ned mot gångvägen direkt väster om Lisebergshallen. Längs denna gångväg är marknivån ca +4 och vidare lutar marken svagt österut för att längs Mölndalsån ligga på nivån ca +2. På östra sidan av Mölndalsån lutar markytan från nivån ca +2 närmast ån till ca +4 strax väster om E6:an. Vägbanan för E6:an är inom norra delen av området belägen på nivån ca +9 och i södra delen på nivån +11 och där av- och påfart för Riksväg 40 ligger något högre. Inom området öster om E6:an varierar marknivån stort. Inom de bebyggda delarna varierar markytan mellan +10 i den nordöstra delen till +35 i den sydvästra delen. Berget söder om bebyggelsen har sin topp belägen på nivån ca +40 och sluttar ned mot E6:an samt avfarten för Riskväg 40.

Mölndalsån har, inom området, en bredd av ca 8-12 m och ett djup på 2 m i relation till omgivande markyta.

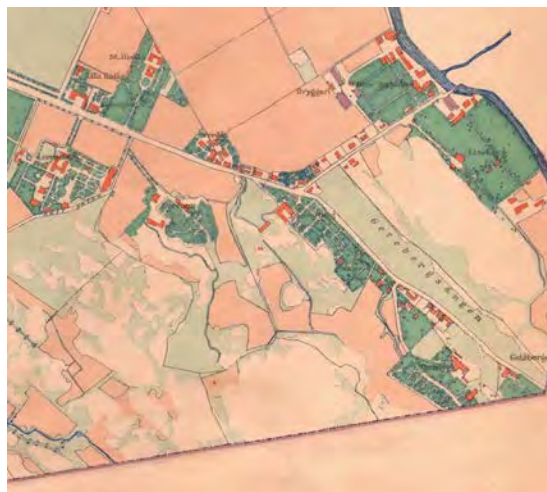
Området var länge en del av landsbygden utanför staden Göteborg och det var inte förrän på slutet av 1800-talet och tidigt 1900-tal som bebyggelsen påbörjades. Stora delar av det, som idag är nöjesparken Liseberg, utgjordes ursprungligen av ängs- och åkermark. Figur 2 visar utvecklingen inom området mellan sent 1700-tal till tidigt 1900-tal.



Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 2 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

3.2 Befintliga kajkonstruktioner

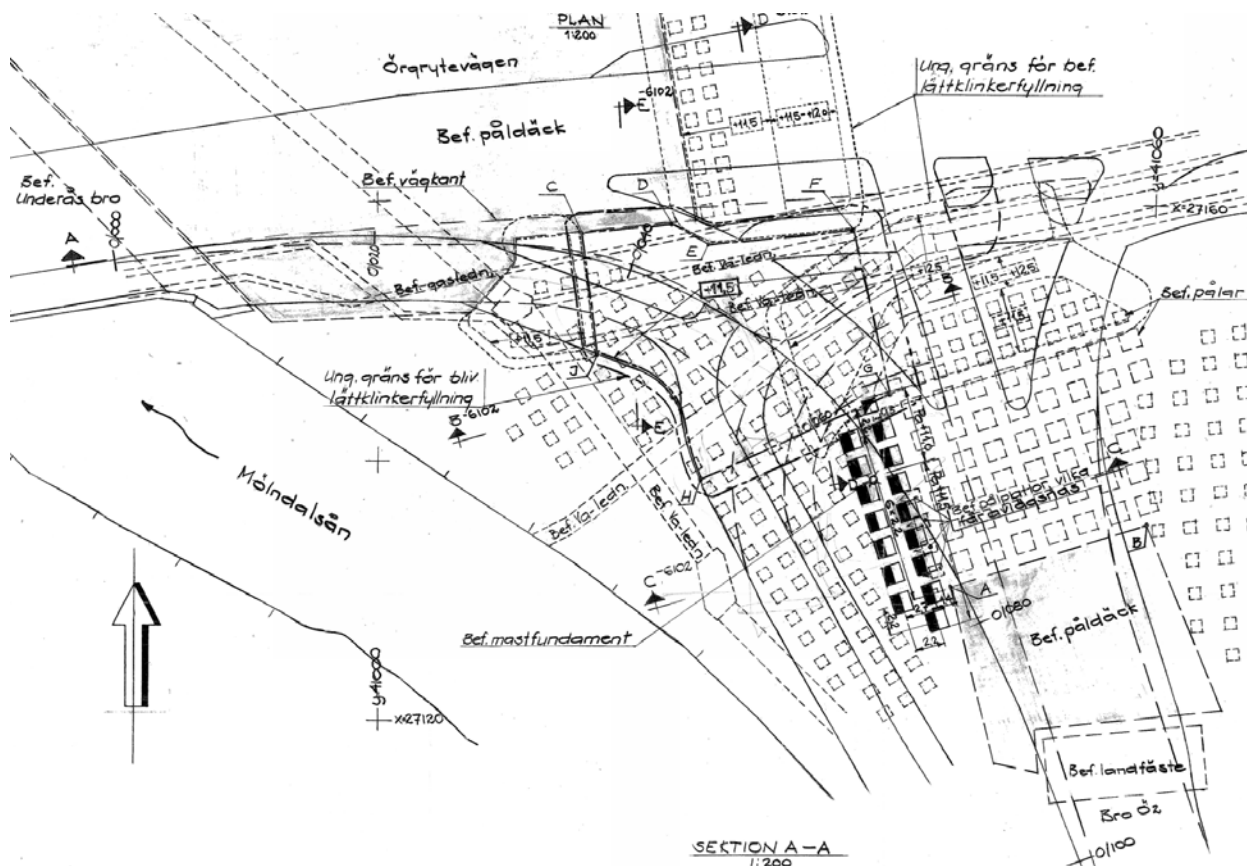
Längs Mölndalsån, på ömse sidor, återfinns inom området en strandskoning i form av tätpålning. Tätpålningen är av varierande kvalitet och utanför Rondo utfördes en ny tätpålning i samband med en lokal bräddning av ån år 2007-2008.

3.3 Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder

Inom utredningsområdet har under åren ett stort antal geotekniska åtgärder utförts. Förstärkningsåtgärder utgörs i huvudsak av bankpålningar och påldäck men även lättfyllnader återfinns inom området. Nedan ges en översiktlig beskrivning av exempel på förstärkningsåtgärder inom de delar av området där stabiliteten analyserats. Övriga geotekniska åtgärder samt en mer detaljerad beskrivning återfinns i "PM F 05 – 002 Befintliga grundförstärkningar och grundrester".



Där av- och påfartsrampen för E6:an möter Örgrytevägen har geotekniska åtgärder i form av bankpålning och påldäck utförts, se Figur 3. Bankpålningen utgörs av ett stort antal pålar som i huvudsak är slagna till fast botten men även kohesionspålar förekommer. Banpålningen är utförd i såväl rampens anslutning mot Örgrytevägen som slänten mot Mölndalsån samt på östra sidan av rampen. Pålavskärningsplanet varierar för pålarna mellan nivån +1 till +1,5. Närmast Rampens landfäste återfinns ett påldäck vars pålar är slagna till fast botten. Pålavskärningsplanet är beläget på nivån ca +2.



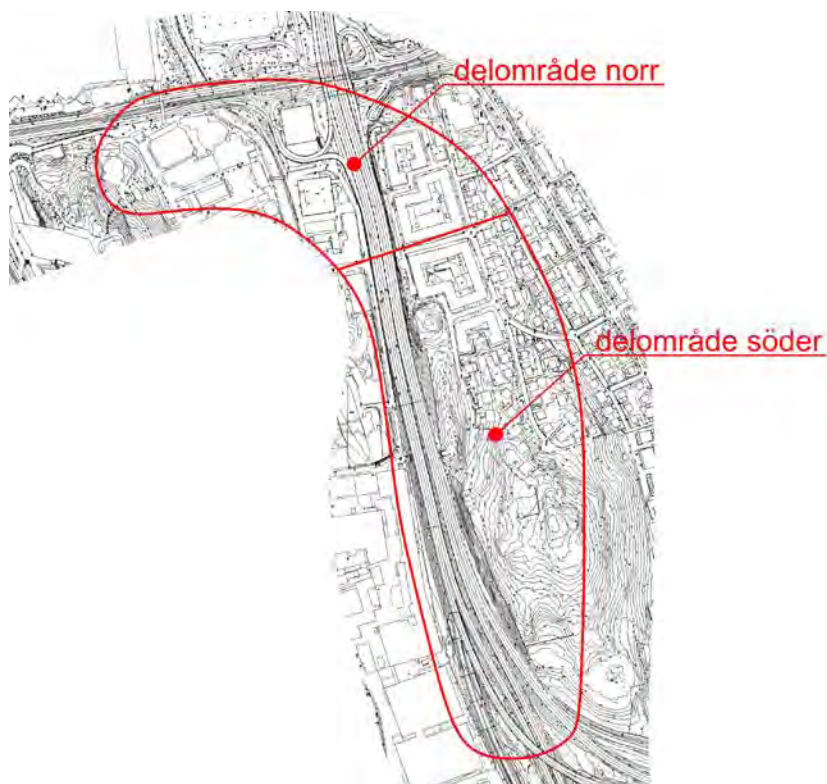
Figur 3 Bankpålning i anslutning till av- och påfartsramp från E6:an

3.4 Geotekniska förhållanden

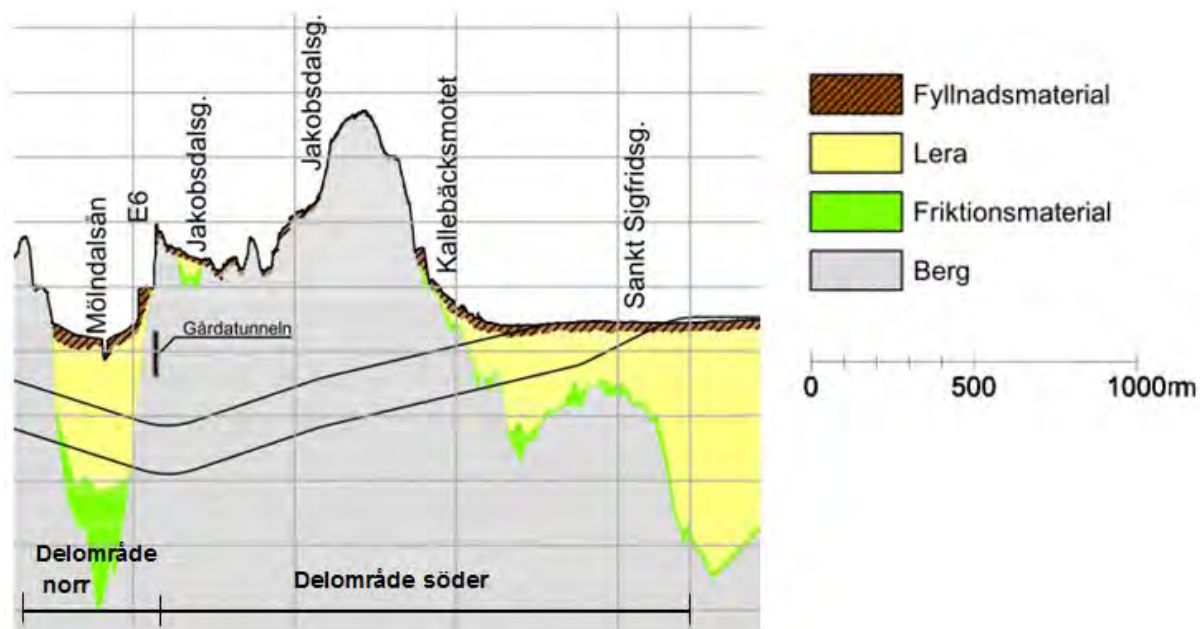
Utvärdering av de geotekniska förhållandena inom utredningsområdet baseras på nya och tidigare utförda undersökningar.

3.4.1 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden varierar stort inom området. För att tydligt redovisa jordlagerföljden har därför området delats upp i mindre delområden enligt Figur 4. I Figur 5 redovisas en översiktlig jordlagerprofil för hela området.



Figur 4 Delområdesindelning av utredningsområdet, KA



Figur 5 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Station Korsvägen – Almedal.

**Delområde norr**

Jordlagerföljden inom det norra delområdet utgörs generellt överst av ca 2 m fyllning. Lokala avvikelser förekommer exempelvis vid anslutningen mellan av- och påfartsrampen från E6:an och Örgrytevägen där fyllnadsmäktigheten uppgår till ca 3-4 m. Vid Geteberget och på östra sidan av E6:an vilar fyllnadsmaterialet direkt på berg alternativt på ett tunt lager friktionsjord som i sin tur vilar på berg.

Mellan Geteberget och E6:an vilar fyllningen på lös till halvfast lera vars mäktighet varierar mellan 0-25 m. På sträckan mellan västra sidan av Lisebergshallen och korsningen E6:an-Örgrytevägen är lerans mäktighet ca 20-25 m. På östra respektive västra sidan om denna sträcka minskar lerans mäktighet där berget närmar sig markytan. Vidare minskar lerans mäktighet från ca 15 m i anslutning till E6:ans bro över Örgrytevägen söderut i höjd med Sofierogatan där fyllnadsmaterialet istället vilar på berg.

Utförda CPT-sonderingar indikerar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Leran är mycket högljuddastisk ner till nivån ca -11 och därunder avtar den för att vid nivån ca -17 vara mellanplastisk. Leran kan generellt betecknas som mellansensitiv. Högsensitiv lera förekommer dock under nivån -8.

Berg i dagen förekommer i den västra delen av Lisebergsområdet (Geteberget) vars topp är belägen på nivån ca +30. Vid gångvägen, direkt väster om Lisebergshallen, sluttar berget brant (ca 1,5:1) i östlig riktning från nivån ca +4 till -10. Vidare sluttar berget svagt österut för att vid Mölndalsån finnas på nivåerna ca -32 till -40. Vid E6:an är bergnivån på ca -6 till +8 för att sedan stiga österut. Berg i dagen förekommer öster om E6:an.

Delområde söder

Längs E6:an mellan Örgrytemotet och Kallebäcksmotet utgörs den övre delen av jordprofilen av fyllning vars mäktighet generellt varierar mellan ca 2-4 m. Större mäktigheter förekommer i anslutning till avfartsramperna vid Kallebäcksmotet. Fyllnadsmaterialet vilar på berg längs den östra sidan av motorvägen samt under hela motorvägen mellan Sofierogatan och där Nelickevägen viker av väster ut.

Norr om Sofierogatan samt söder om Nelickevägens kurva mot väster vilar fyllnadsmaterialet på lera. Lerans mäktighet är ca 10 m längs Kallebäcksmotets västra del för att vidare minska i östlig riktning mot berget. Inom de bebyggda delarna av delområdet har de största lermäktigheterna, ca 9 m, påträffats vid Laboriegatan där mäktigheten sedan minskar västerut och ökar österut.

Under leran följer generellt en fast lagrad friktionsjord som i sin tur vilar på berg.

Berg i dagen återfinns öster om E6:an och stupar i västlig riktning längs motorvägen. Bergnivåerna vid Laboriegatan är ca 0 till +8 och söder om bebyggelsen finns den högsta bergnivån på ca +42. Längst i söder vid Kallebäcksmotet är bergnivåerna kring ca +0 till +4.

3.4.2 Densitet, vattenkvot och konflytgräns och sensitivitet**Delområde norr**

Lerans densitet varierar mellan 1,45-1,55 t/m³ ner till nivån -14 för att därunder öka något i anslutning till den underliggande friktionsjorden. Lerans vattenkvot är ca 80-110 %. Konflytgränsen är ca 80-110 % ner till nivån ca -8 för att sedan minska till ca 30-40 % vid nivån -20. De högsta värdena på lerans vattenkvot och konflytgräns påträffas i området kring Mölndalsån. Leran är generellt mellan- till högsensitiv med en sensitivitet som normalt varierar mellan ca 8-40.

Delområde Söder

Lerans densitet varierar mellan ca 1,5-1,6 t/m³ ner till nivån ca -9 för att därunder öka svagt mot djupet. Lerans vattenkvot varierar mellan ca 60-100 %, där de högre värdena (80-100 %) generellt påträffas

mellan nivåerna -2 till -7. Konflytgränsen är ca 60-70 % ner till nivån -6, därunder avtar konflytgränsen till ca 45-55 %. Leran är generellt mellansensitiv inom de översta 4-5 m men övergår till att vara högsensitiv ($s_t = 30-200$) därunder. Utförda undersökningar visar att leran där är att benämna som kvicklera.

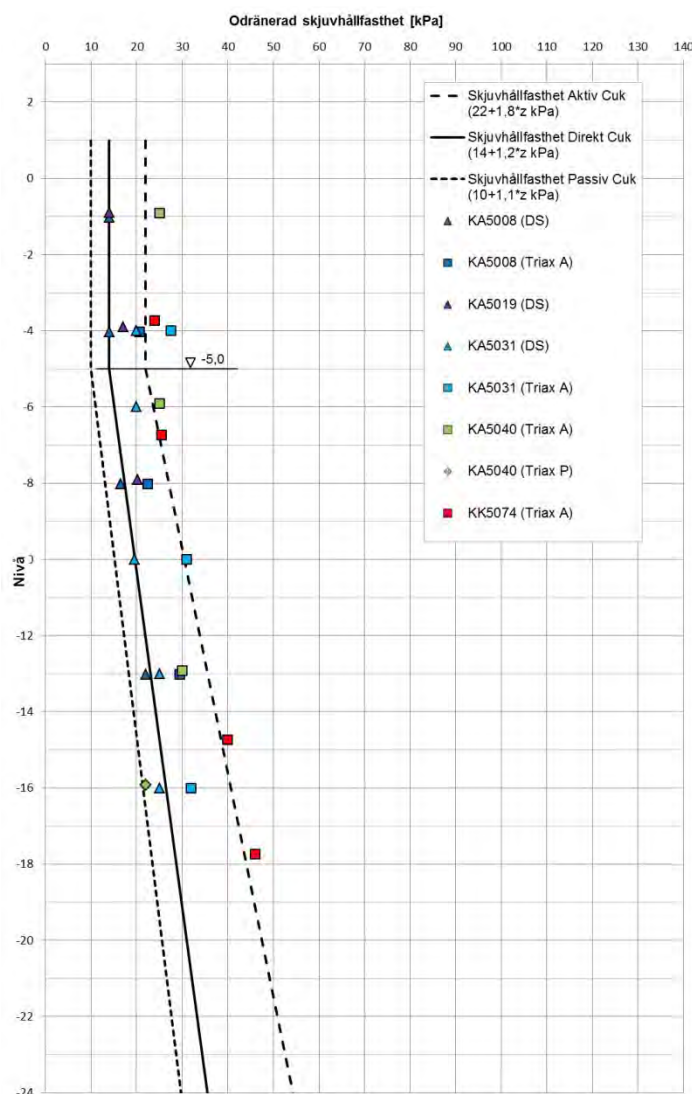
3.4.3 Odränerad skjuvhållfasthet

Den odränerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats från utförda hållfasthetsbestämningar främst i form av en stor mängd direkta skjuvförsök och triaxialförsök som kompletterats med empiriska beräkningar med utgångspunkt från en stor mängd utförda CRS försök. Som ytterligare stöd för hållfasthetsbestämningen har även fallkonförsök, vingförsök samt CPT-sonderingar beaktats.

Nedan redovisas utvärderade hållfastheter för respektive delområde.

Delområde Norr

Inom området är den valda odränerade skjuvhållfastheten 14 kPa ned till nivån -5 för att därunder har en hållfasthetstillväxt mot djupet med ca 1,2 kPa/m, se Figur 6.

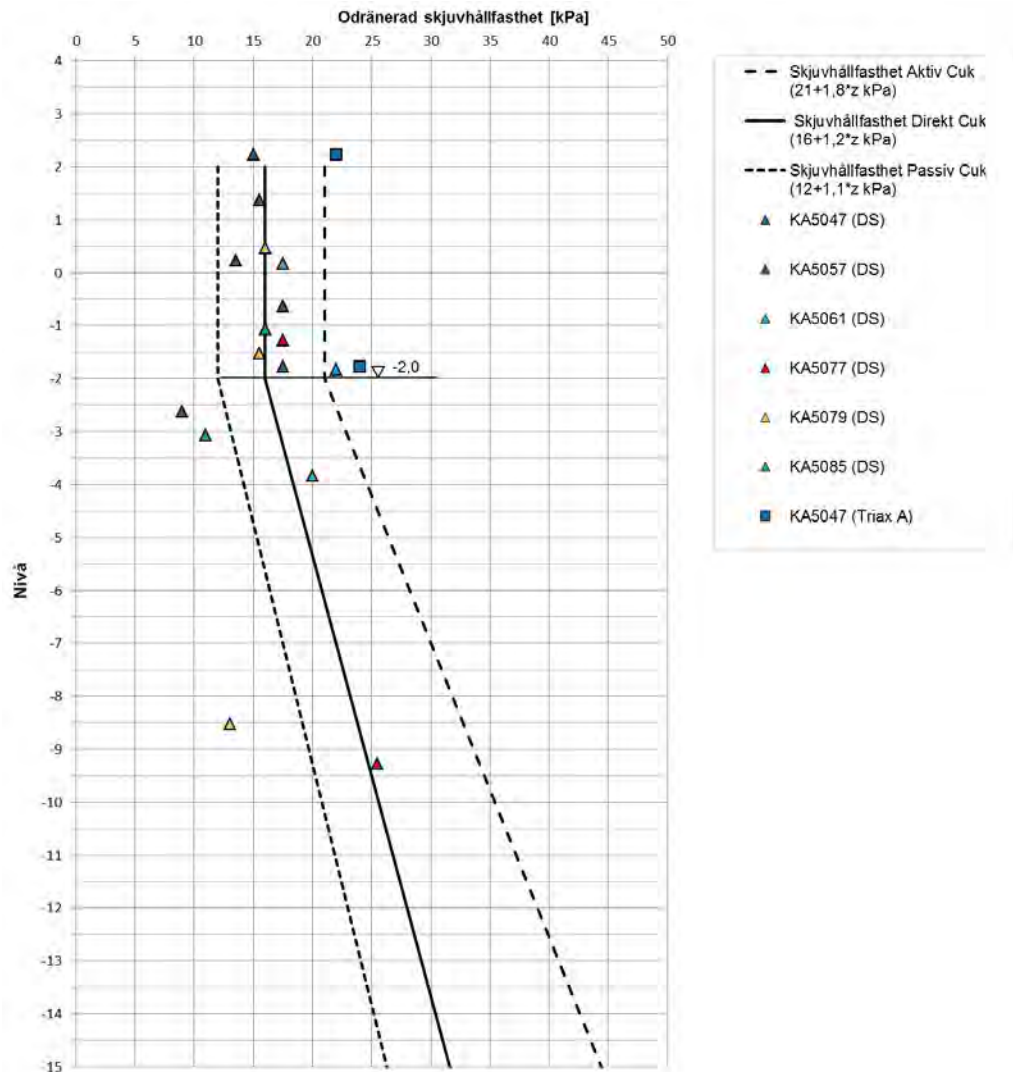


Figur 6 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för område norr. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.



Delområde Söder

Inom området är den valda odränerade skjuvhållfastheten 16 kPa ned till nivån -2 för att därunder ha en hållfasthetstillväxt mot djupet med ca 1,2 kPa/m, se Figur 7.



Figur 7 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för område södert. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.



3.4.4 Grundvatten och portryck

Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Mölndalsån redovisas i nedanstående tabell (Tabell 1).

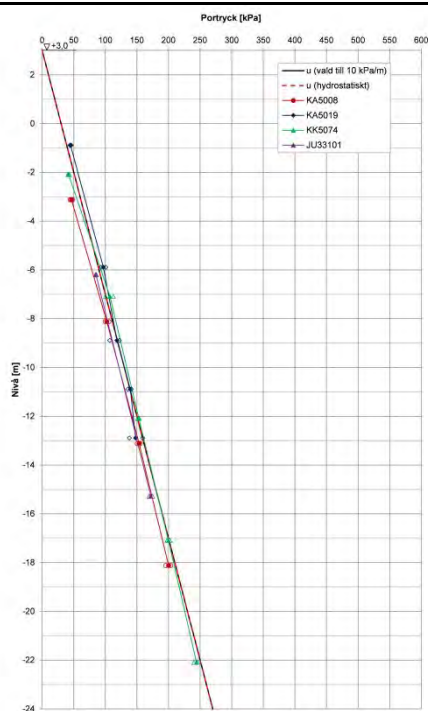
Tabell 1 Karakteristiska vattenståndsnivåer (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Mölndalsån (höjdsystem, RH2000).

MLW	+1,25
LLW (100 år)	+1,05

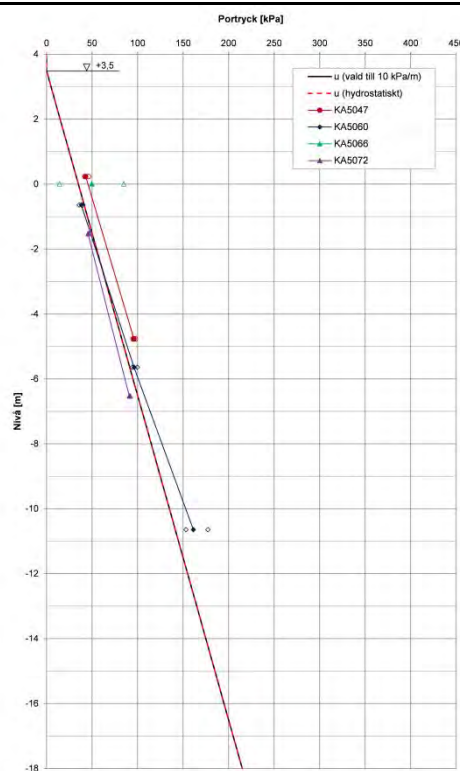
Grundvattenytan inom utredningsområdet bedöms ligga i nivå med medelvattenytan för Mölndalsån och fluktuerar något med vattenståndsvariationerna.

Inom området finns ett antal portrycksstationer. Utförda portrycksmätningar visar att portrycksfördelningen i leran i princip är hydrostatisk från en grundvattenyta som ligger på ca 0,5 -2 m djup.

Delområde Norr



Delområde Söder



3.4.5 Erosion

Längs Mölndalsån pågår ingen erosion inom utredningsområdet. Mölndalsåns Slanter/kanter är på sträckan skyddade med en tät pålning.

4 Stabilitet

4.1 Allmänt

Stabiliteten har bedömts inom hela det aktuella området. Nya Beräkningar har utförts längs Mölndalsån i fem sektioner samt en sektion mellan E6:an och Almedalsvägen, samtliga i anslutning till planerad linje för Västlänken. Stabiliteten har för befintliga förhållanden analyserats i totalt sex representativa sektioner med sektionslägen enligt Figur 8.



Figur 8 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

Stabilitetssituationen har analyserats för befintliga förhållanden. Stabilitetsanalyserna har utförts med odränerad och kombinerad analys med programmet Slope/W version 8.0.9.6484 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod.

4.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG, Rapport 4:2010, där erforderlig rekommenderad säkerhetsfaktor gäller för *Detaljerad stabilitetsutredning* för markområden med markanvändningen ”Befintlig bebyggelse och anläggning”.

Enligt ovanstående gäller därmed följande rekommendation på säkerhetsfaktorn mot brott utifrån rådande förutsättningar:

Tabell 2 Säkerhetsrekommendation enligt Skredkommissionens anvisningar, Rapport 3:95 (Tabell 8:1).

F_c	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5-1,3$

Säkerhetsrekommendationen utgörs således av ett "spann" mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Erforderlig rekommenderad säkerhetsnivå inom ett projekt bestäms av ett stort antal faktorer som betecknas som "gynnsamma" eller "ogynnsamma". Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.

Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området mycket stor. Speciellt kan nämnas att det inom området utförts en stor mängd konsoliderade odränerade skjuvförsök. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom stora delar av det aktuella delområdet är mellansensitiv. På större djup finns förekomst av högsensitiv lera. Leran är dock att betrakta som mellansensitiv inom de delar av jordprofilen som huvudsakligen berörs av glidytor med lägst säkerhetsfaktor mot brott.

Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom det aktuella området rekommenderas följande säkerhetsnivå för denna detaljerade stabilitetsutredning.

Tabell 3 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,3$

4.3 Beräkningsförutsättningar

4.3.1 Utformning och geometri

Underlag till utförda stabilitetsberäkningar för utredningsområdet har hämtats från den digitala primärkartan (0,5 m ekvidistans).

4.3.2 Materialparametrar

Materialegenskaper samt jordlagrens mäktighet har utvärderats från nu och tidigare utförda geotekniska undersökningar. Valda materialparametrar för respektive beräkningssektion finns redovisade i sin helhet på respektive stabilitetsberäkning i Bilaga KA.1.

4.3.3 Grundvatten, porttryck och vattennivå

Grundvattenytan har i utförda stabilitetsberäkningar generellt bedömts ligga ca 1,5 m under markytan för de inre delarna av beräkningssektionerna. Närmare strandkant längs Mölndalsån har grundvattenytan antagits variera med vattenståndet.

Porttrycket i leran har i stabilitetsanalyserna ansatts ha en hydrostatisk ökning mot djupet enligt porttrycksfördelningarna som redovisas i avsnitt 3.4.4.

I denna utredning har vattenståndet i Mölndalsån ansatts som lägsta lågvatten på nivån +1,05, enligt Tabell 1. Vid lägsta lågvatten är vattnets mothållande effekt som lägst vilket därmed utgör det farligaste fallet för stabiliteten (odränerad analys).

4.3.4 Marklaster

Marklaster ansatts generellt i de fall där de befinner sig i aktivzonen, d v s i den pådrivande delen, av glidyterna. Marklasterna har, inom de beräkningar som berörs, ansatts till 13 kPa för trafikerade gator och 10 kPa inom parkeringsytor. Vidare har marklasten för järnväg ansatts till 44 kPa fördelad på bredden 2,5 m över spårmitte.



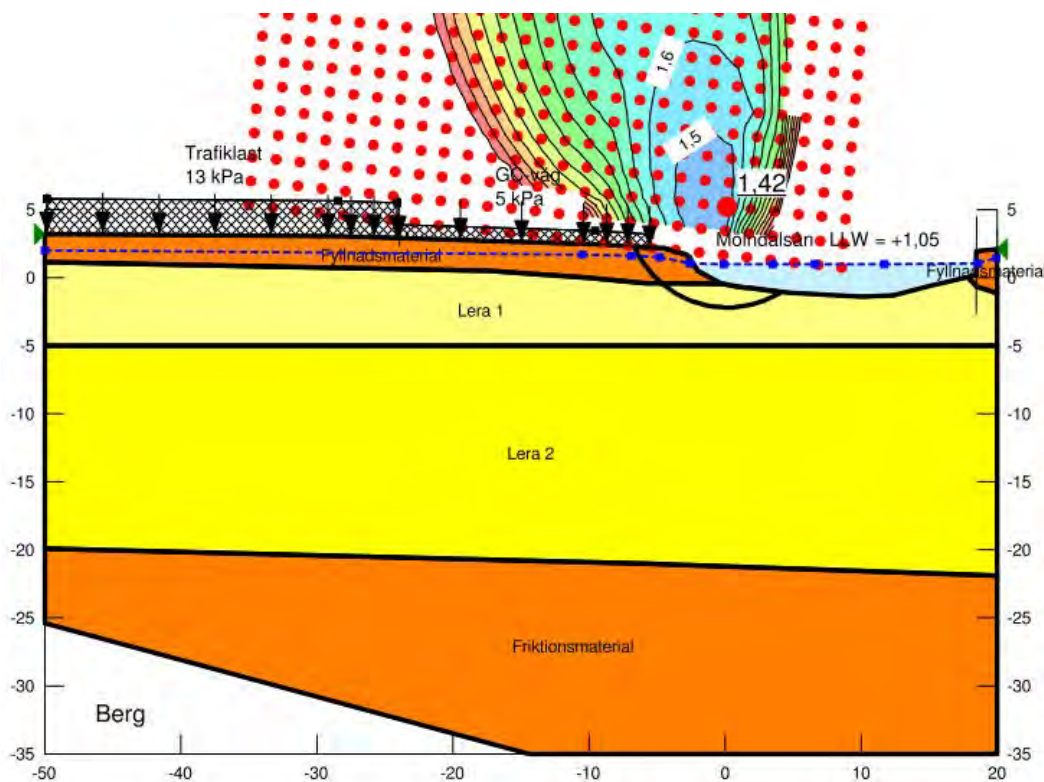
4.4 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

Stabiliteten för *befintliga förhållanden* har analyserats i de sex sektionerna inom området. Inom området varierar såväl markgeometri i form av höjd och lutning som jordlagerföljden mellan sektionerna.

I följande kapitel beskrivs resultaten av samtliga stabilitetsanalyser inom det aktuella utredningsområdet. Samtliga beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga KA.1.

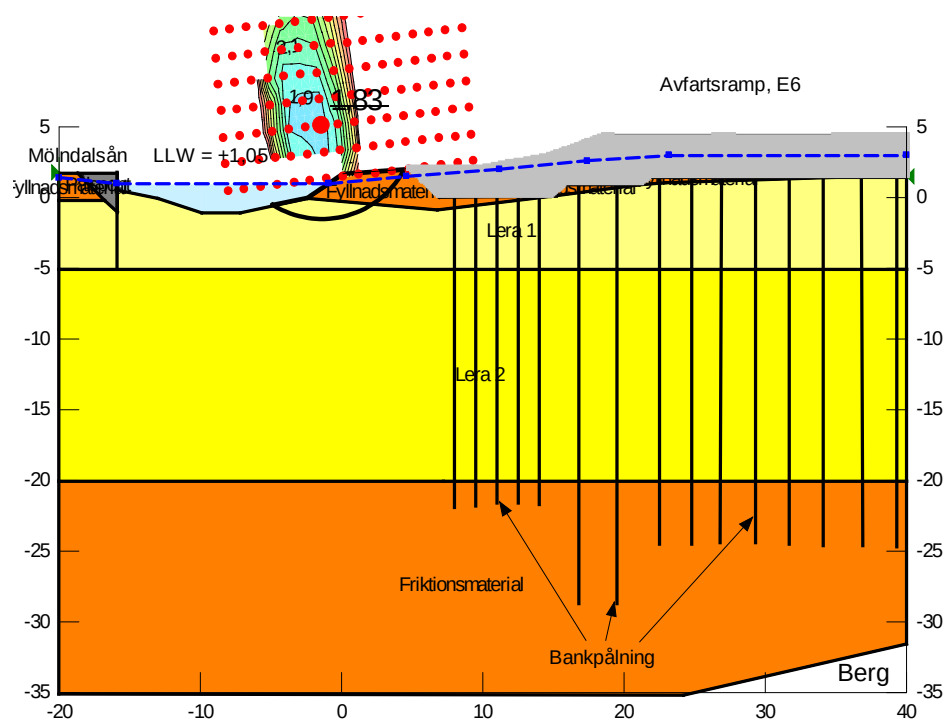
Delområde Norr

Längs västra sidan av Mölndalsån har stabilitetsförhållandet kontrollerats i tre sektioner (sektion KA 1, K 2 och KA 3). Geometriskt och jordlagerföljdmässigt påminner sektionerna om varandra. Stabilitetsanalyserna visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot odränerat brott är ca $F_c=1,6-2,9$ respektive mot kombinerat brott ca $F_{komb}=1,4-1,8$. Detta innebär att erforderlig rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden uppfylls. Glidyterna med lägsta beräknade säkerhetsfaktor mot brott har en begränsad utbredning (ca 10 m vid kombinerad analys och 15-25 m vid odränerad analys).



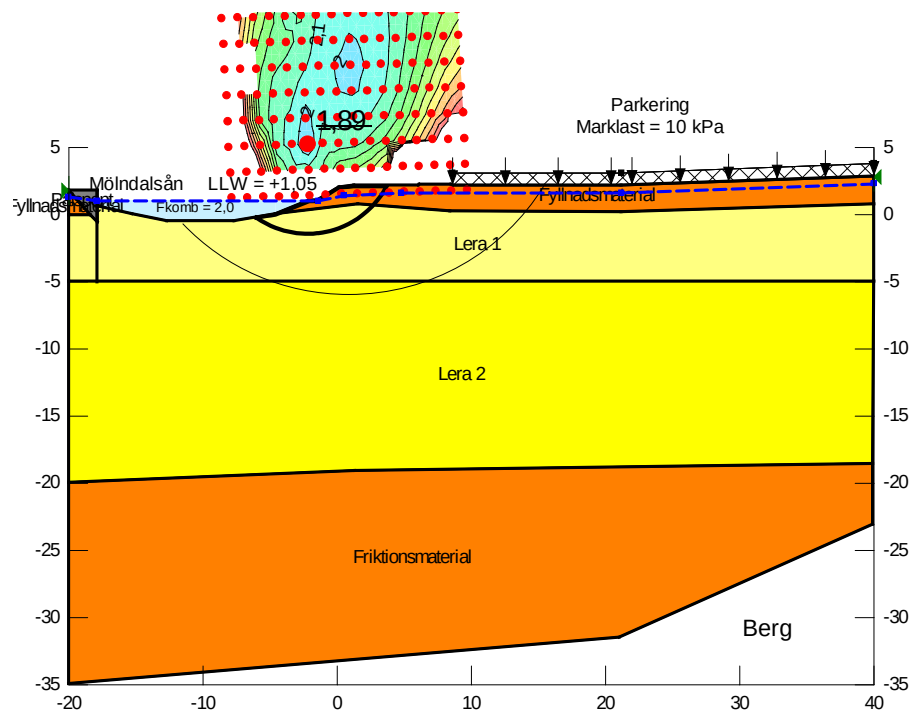
Figur 9 Stabilitetsberäkning sektion K 2, kombinerad analys.

På östra sidan av Mölndalsån stabilitetsförhållandet kontrollerats för såväl slänten i anslutning till av- och påfartsrampen för E6:an (sektion KA 2) som en flackare slänt strax söder därom (sektion KA 4). Den utförda stabilitetsanalysen i sektion KA 2 visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,3$ resp ca $F_{komb}=1,8$ vilket påvisar en tillfredsställande stabilitet, se Figur 10. Glidyterna med lägsta säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 10 m och når ner till djupet ca 7 m.



Figur 10 Stabilitetsberäkning sektion KA 2, kombinerad analys.

Vidare visar stabilitetsanalysen som är utförd i sektion KA 4 att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,0$ respektive ca $F_{komb}=1,9$ vilket innebär att erforderlig rekommenderad säkerhetsnivå är uppfylld för befintliga förhållanden inom denna del av området, se Figur 11.



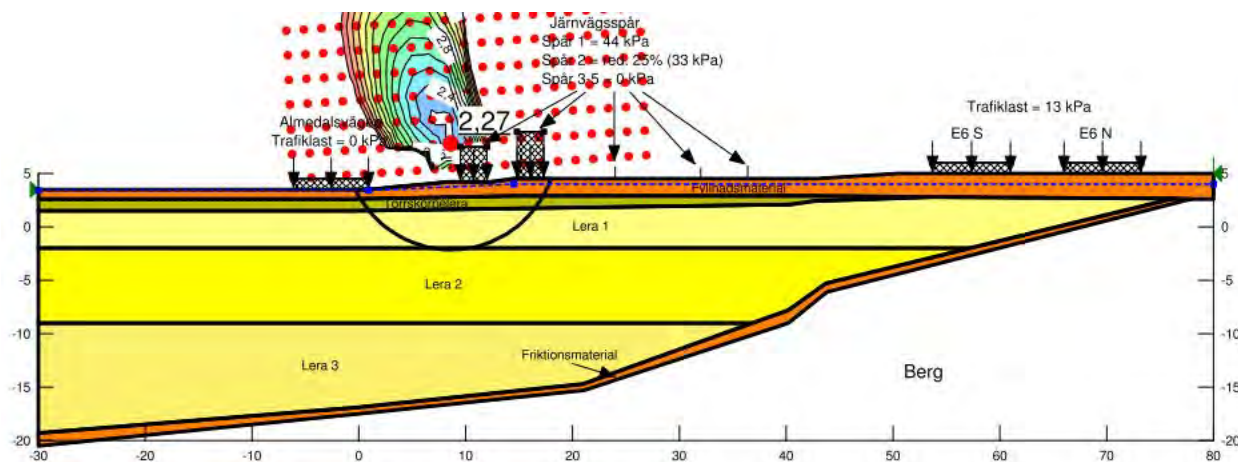
Figur 11 Stabilitetsberäkning sektion KA 4, kombinerad analys.



Delområde Söder

Utförda stabilitetsanalyser i sektion KA 5 visar att stabiliteten för slänten mellan E6 och Almedalsvägen är tillfredsställande. Lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,3$ respektive ca $F_{komb}=2,25$. Glidytorerna med lägst säkerhetsfaktor har en utbredning av ca 20 m och innefattar två av de västra järnvägsspåren samt den lilla slänten som avgränsas av järnvägen i öster och Almedalsvägen i väster, se Figur 12.

Inom området i anslutning till sektion KA 5 återfinns en viss variation för den odränerade skjuvhållfastheten. Lokalt förekommer ingen tillväxt under nivån -2 men eftersom glidytorerna med lägsta säkerhetsfaktor mot brott ej når djupare än nivån -1 påverkas inte stabiliteten av detta faktum.



Figur 12 Stabilitetsberäkning sektion KA 5, kombinerad analys.

4.5 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

Utförda beräkningssektioner är placerade med syfte att täcka in och representera de befintliga stabilitetsförhållandena på ömse sidor av Mölndalsån vid Västlänkens passage med ån samt för förhållandena vid Almedal.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser. Stabilitetsanalyserna redovisas i sin helhet i Bilaga KA.1.

Utförda stabilitetsberäkningar för det rubricerade utredningsområdet visar att stabiliteten inom området är tillfredsställande bra.

Tabell 4 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.

Sektion	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
KA 1	2,4	1,7
K 2	1,6	1,4
KA 2	2,3	1,8
KA 3	2,9	1,8
KA 4	2,0	1,9
KA 5	2,3	2,25

5 Slutsatser och rekommendationer

Denna *detaljerade* stabilitetsutredning visar att stabilitet inom rubricerat område KA (sträckan Korsvägen till Almedal) är tillfredställande för befintliga förhållanden i enlighet med IEG rapport 4:2010.

Föreliggande detaljerade stabilitetsutredning baseras på de idag rådande, kända, förutsättningarna inom aktuellt delområde. I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

Västlänken

PM F 05 – 018

Stabilitetsanalyser Linje Station Korsvägen – Almedal

BILAGA KA.1

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Magnus af Petersens	
Granskad av:	Urban Högsta	



AKF 05 Geotechnik

K2

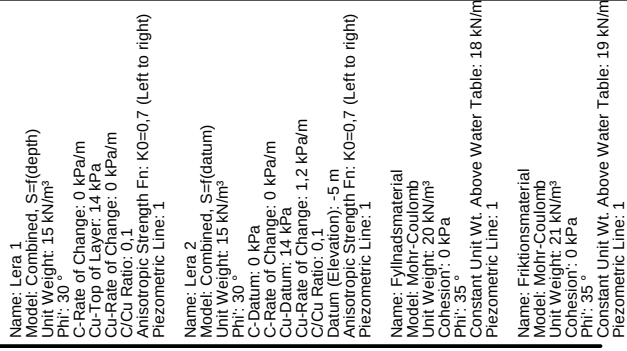
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Skala (A4): 1:500

Glidytor: Grid and Radius (optimization: No)
CW & network: Diezometric Line

Senast sparad: 2014-05-05; 11:31:17

1





AKF 05 Geotechnik

K2

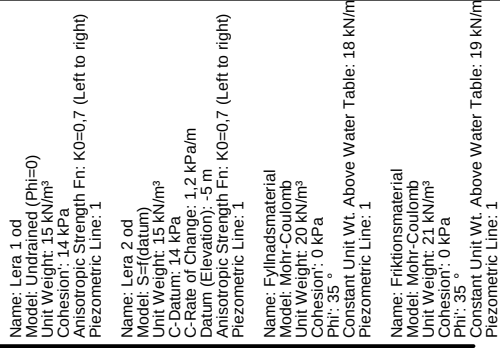
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Skala (A4): 1:500

Glidytor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line

Seniast sparaui: 2014-03-05, 11.31.17

G:\Projekt\2013\1370588 DP Västlänken Stationer\1.2 Beräkning Korsvägen\K2 lod.gsz





Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 1
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Girdytor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 1.qsz
Senast sparad: 2013-08-27; 16:38:08

P:\23212305478_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet_Dimensionella\figur13\fig13_1.qsz

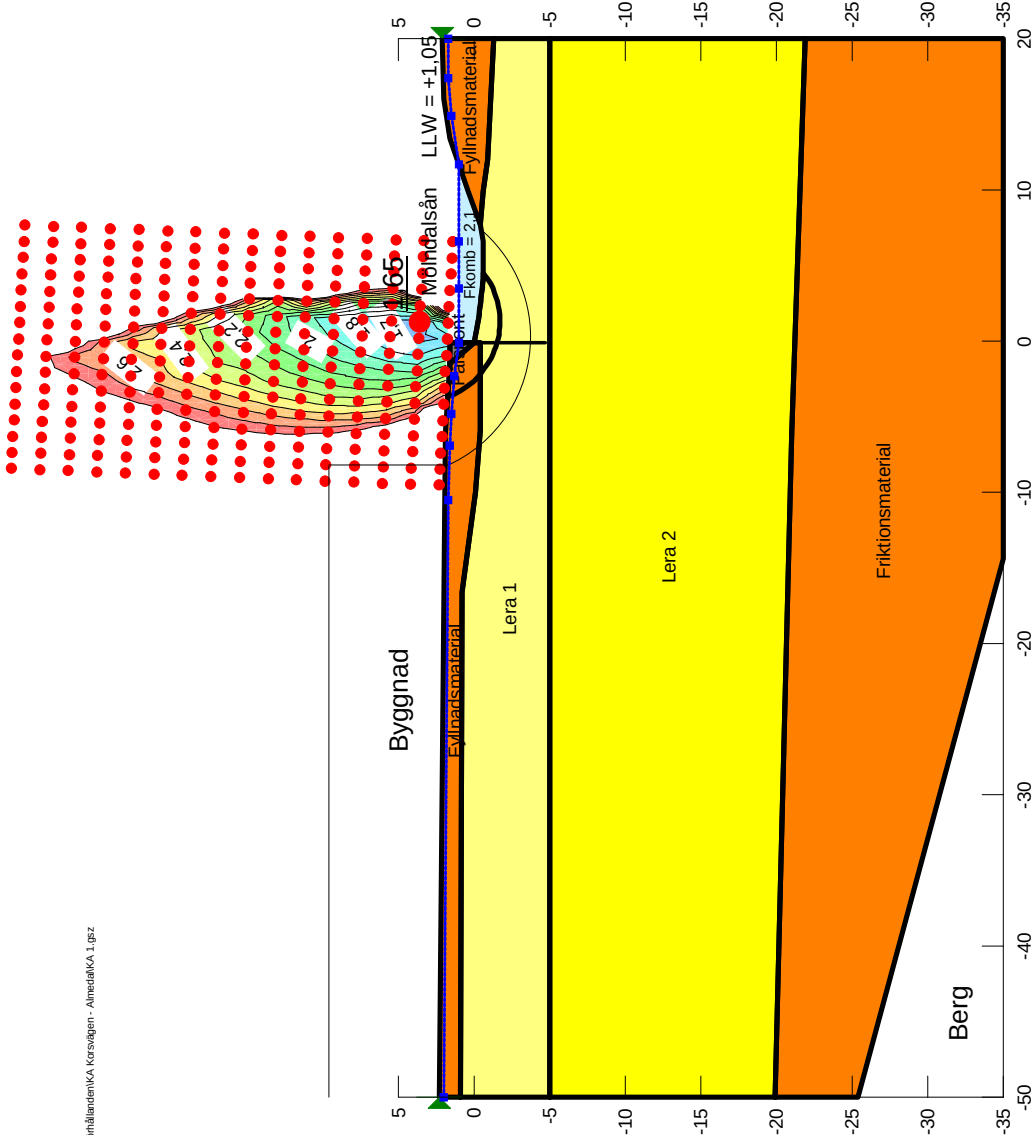
Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
Cu-Top of Layer: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
Cu-Datum: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 1.2 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40 °
Unit Wt. Above Water Table: 0,01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1



Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

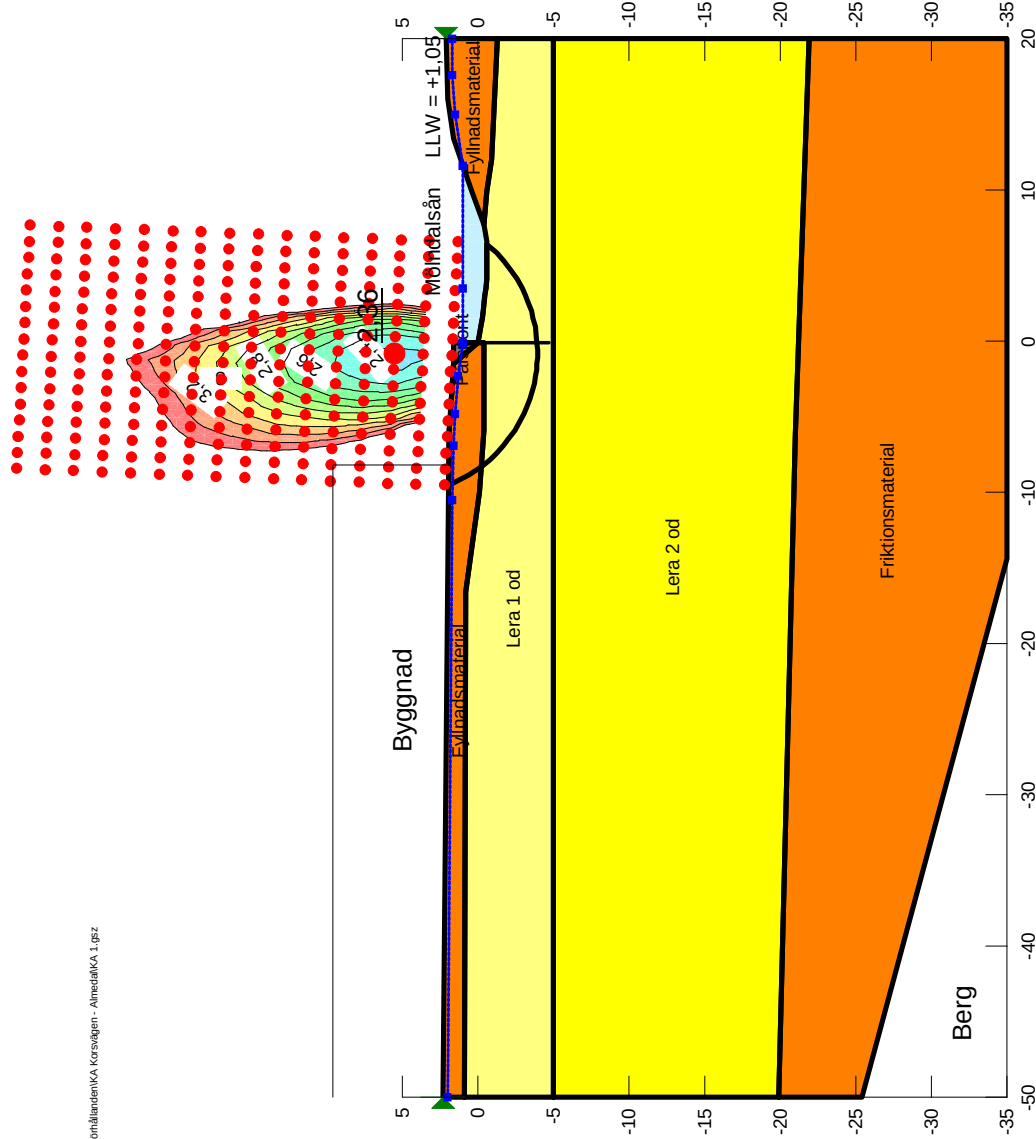
Analysmetod: Morgenstern-Price

Glidytor: Grid and Radius (optimi
GW & northck: Piezometric line

GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 1.qsz

Senast sparad: 2013-08-27; 16:38:08

P:\2321\2305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet beräkniga förhållanden\KA Korsvägen - AlmedalsKA 1.q52



Name: Lera 1 od
Model: Undrained ($\Phi=0$)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion': 14 kPa
Anisotropic Strength F_n : $K_0=0.7$ (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
C-Datum: 14 kPa
C-Rate of Change: 1.2 kPa/m
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength F_n: K₀=0, 7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 10 kN/m³
 Cohesion: 2 000 kPa
 Phi': 40 °
 Unit Wt. Above Water Table: 0,01 kN/m³
 Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi': 35 °
 Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 ϕ : 35 °
 Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1

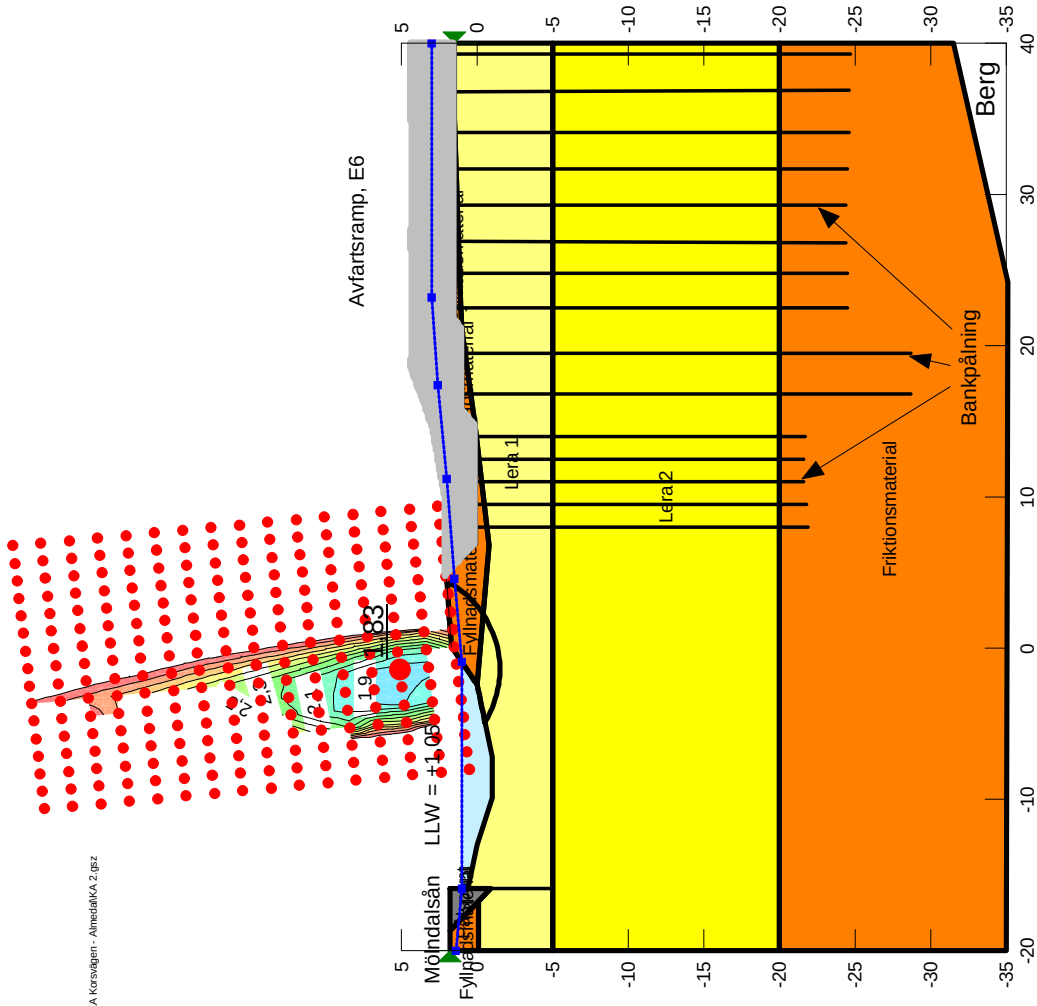


Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 2
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Girdytor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 2.gsz
Senast sparad: 2013-08-28; 11:19:40

P:\23212305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet.Dgn



Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 1.2 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Unit Wt. Above Water Table: 0,01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllningsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

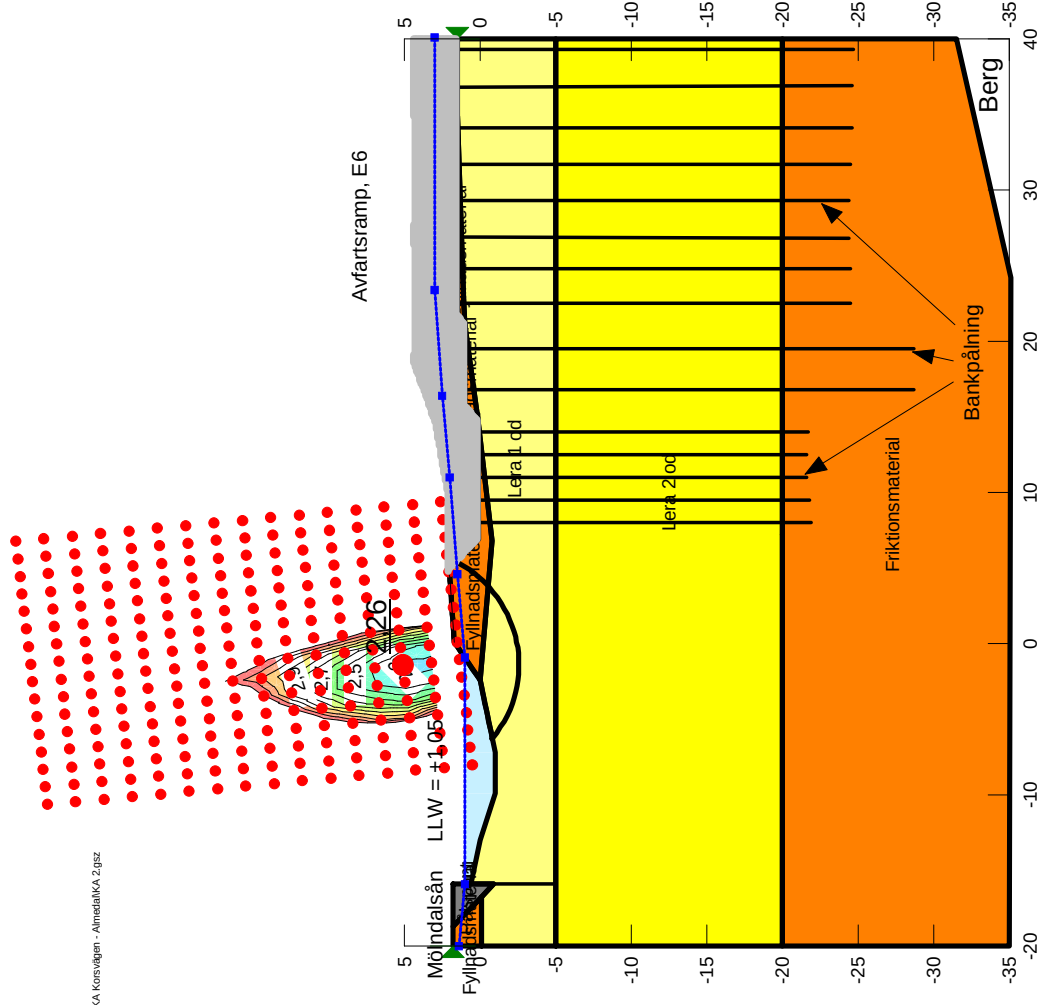
Name: Friktionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 2
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysenmetode: Morgenstern-Preis
Glydtyr: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portrykt: Piezometric Line
Filnamn: KA 2.gsz
Senast sparad: 2013-08-28; 11:19:40

fintliga förhållanden KA Korsvägen - AlmedalsKA 2.qsz



Name: Lera 1 od
Model: Undrained ($\Phi=0$)
Unit Weight: 15 kN/m^3
Cohesion: 14 kPa
Anisotropic Strength $F_n: K_0=0,7$ (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion¹: 2 000 kPa
Phi¹: 40°
Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Korsvägen station - Almedal

KA 3

Kombinerad analys

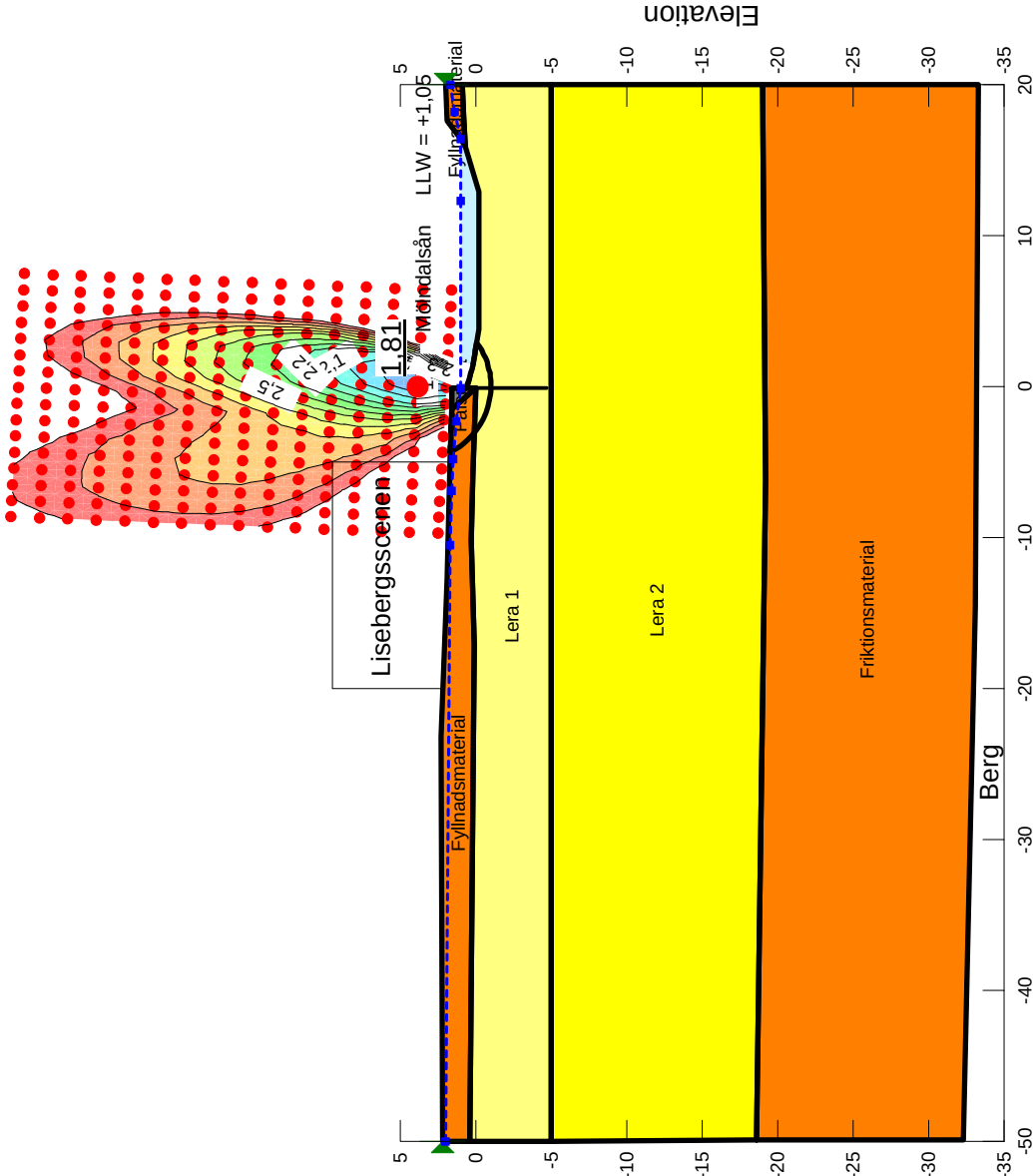
Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gillvior: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 3.gsz
Senast sparad: 2014-07-02; 14:13:39

G:\Projek4\2013\137025 Västlänken, AKF05\2BERAKNINGARKA Korsvägen - Almedal\KA 3.gsz



Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Datum: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 1.2 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fr: K0=0.7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Piezometric Line: 1

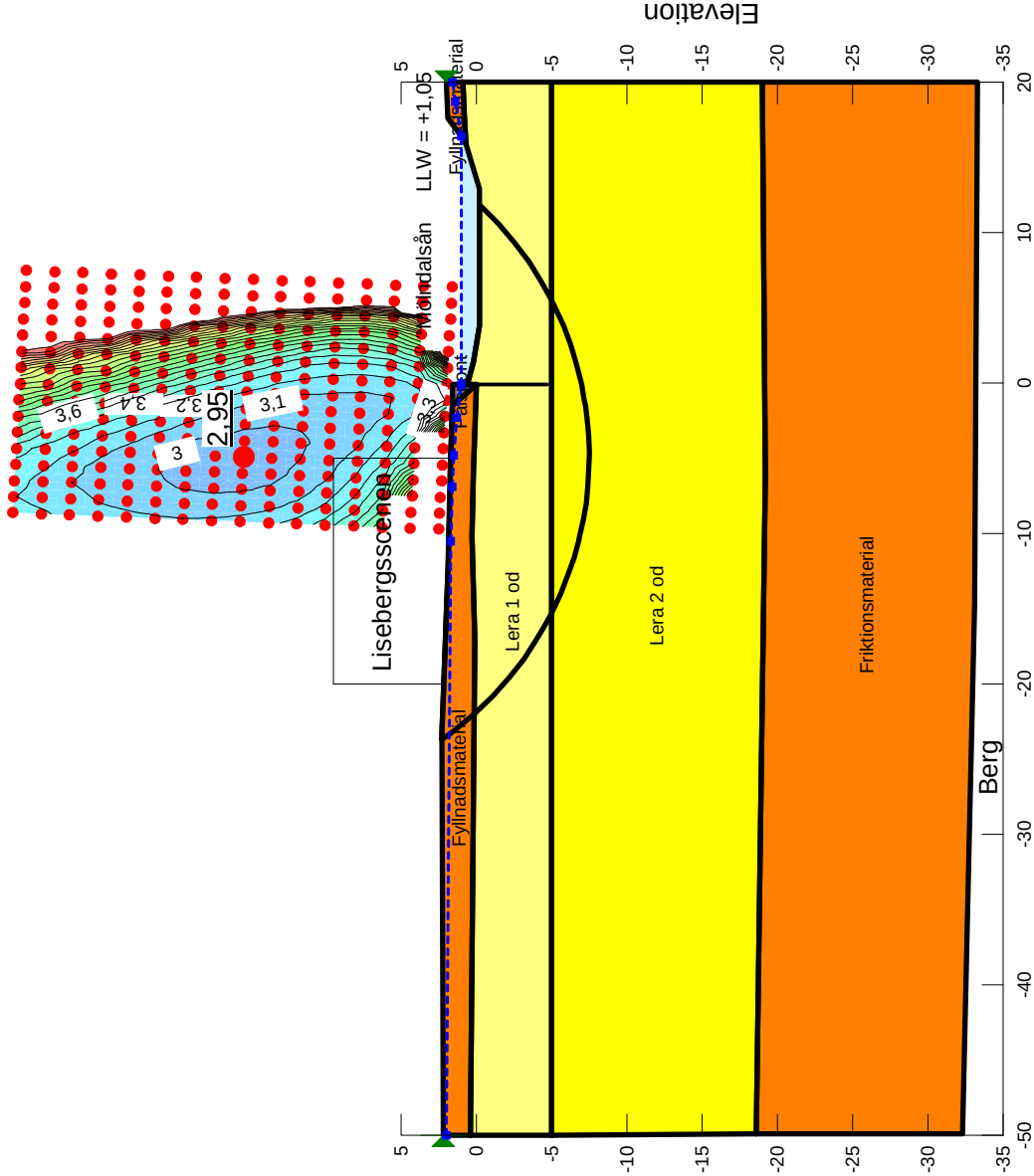
Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Frikionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 3
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyör: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 3.gsz
Senast sparad: 2014-07-02; 14:13:39
G:\Projekt\2013\70425 Västlänken - AKF\5\2BERÄKNINGAR\KA Korsvägen - Almedal\KA 3.gsz



Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 14 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
C-Datum: 14 kPa
C-Rate of Change: 1,2 (kN/m²/m)
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Left to right)
Piezometric Line: 1

Name: Pålsfont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

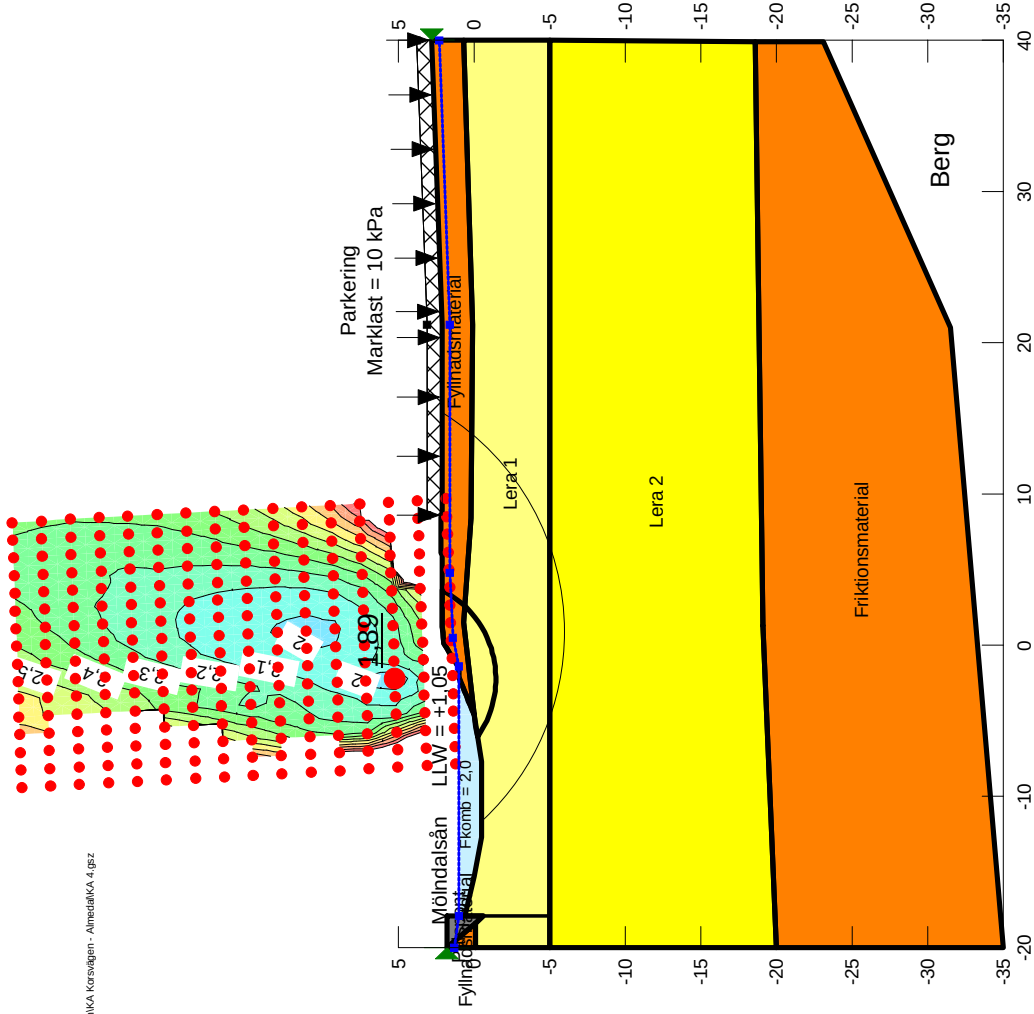


Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 4
Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Gridtyor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 4.qsz
Senast sparad: 2013-08-29; 08:27:49

P:\23212305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet.Dgn



Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Top of Layer: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 30°
Cu-Datum: 14 kPa
Cu-Rate of Change: 1,2 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0,7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 2 000 kPa
Phi: 40°
Unit Wt. Above Water Table: 0,01 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

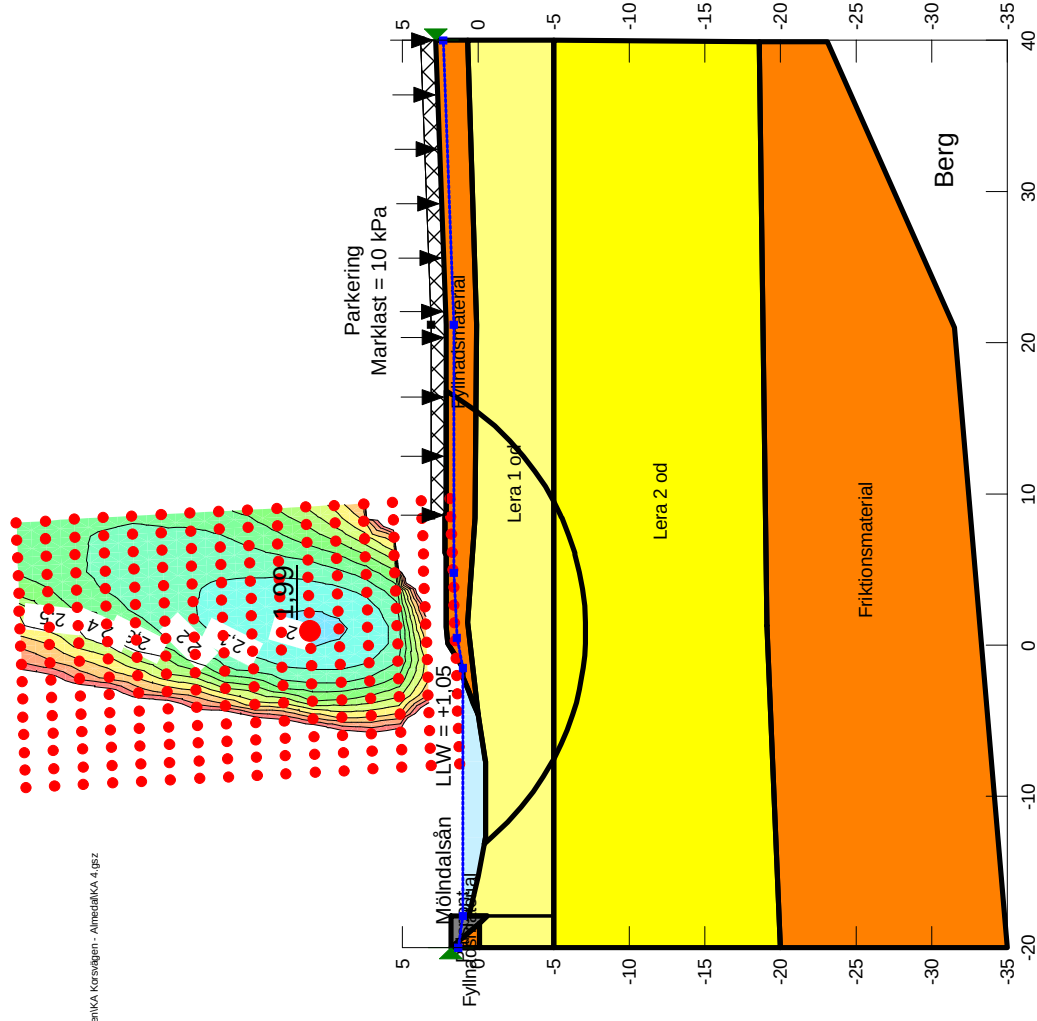
Name: Friktningsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35°
Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 4
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtylor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & porttyck: Piezometric Line
Filnamn: KA 4.gsz
Senast sparat: 2013-08-29; 08:27:49

P:\232112305478 AKF5 Västlänken\1000 AKF5 Västlänken\13BERÄKNINGAR\AKF 05 - 005 Stabilitet berättigade förhållanden\KA Korsvägen - AlmedalsKA 4.qsz



Name: Lera 1 od
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 14 kPa
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2 od
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
C-Datum: 12 kPa
C-Rate of Change: 1.2 kPa/m
Datum (Elevation): -5 m
Anisotropic Strength F_n: K₀=0, 7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Pålspont
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 10 kN/m³
 Cohesion: 2 000 kPa
 Phi: 40 °
 Unit Wt. Above Water Table: 0,01 kN/m³
 Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1

Västlänken

AKF 05 Geoteknik

Korsvägen station - Almedal

KA 5

Kombinerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik

Beställare: Trafikverket

Skala (A4): 1:500

Analysmetod: Morgenstern-Price

Gridtyor: Grid and Radius (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Filnamn: KA 5.gsz

Senast sparad: 2014-07-02; 17:41:02

G:\proj\42013\13170425 Västlänken, AKF05\2BERÄKNINGAR\KA Korsvägen - Almedal\KA 5.gsz

Name: Torrkorpelera
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi': 30°
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 16 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

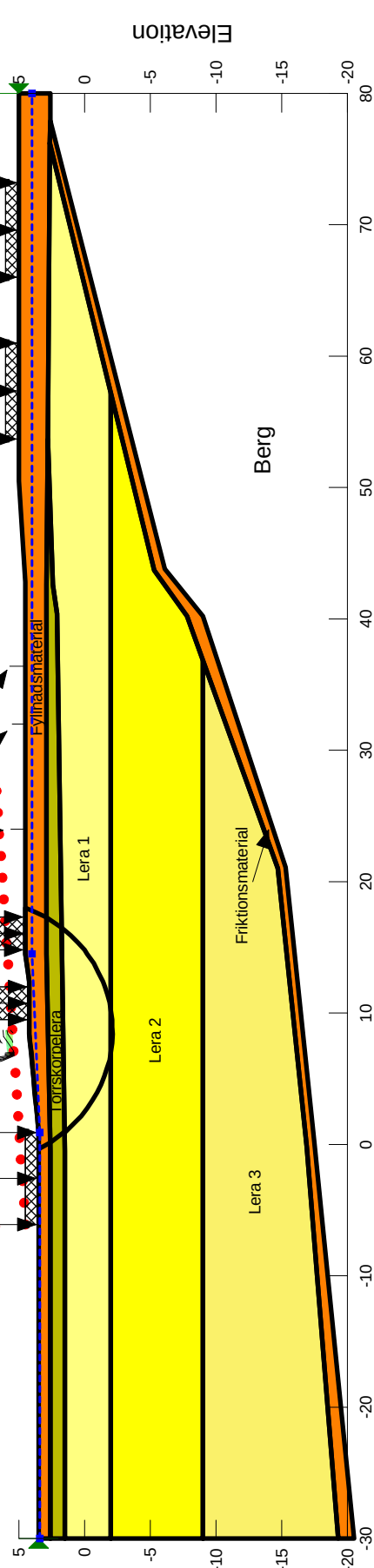
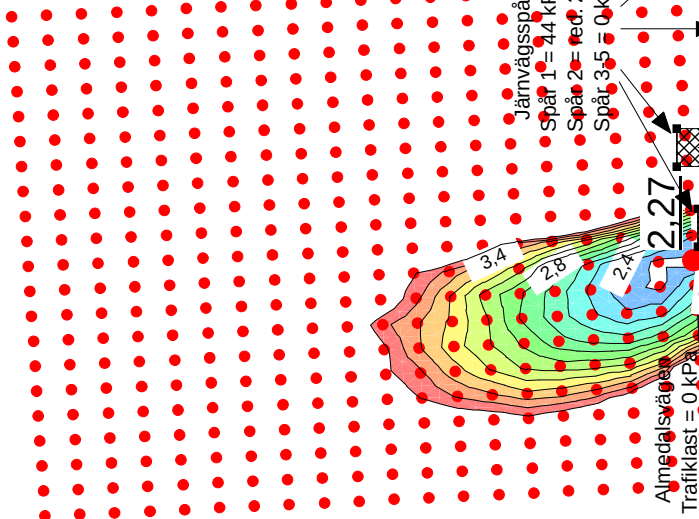
Name: Lera 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi': 30°
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 16 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0.1
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Lera 2
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi': 30°
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Datum: 16 kPa
Cu-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -2 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1

Name: Fyllnadsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi': 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsmaterial
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi': 35°
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
Piezometric Line: 1

Name: Lera 3
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi': 30°
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Datum: 24.4 kPa
Cu-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0.1
Datum (Elevation): -9 m
Anisotropic Strength Fn: K0=0.7 (Right to left)
Piezometric Line: 1



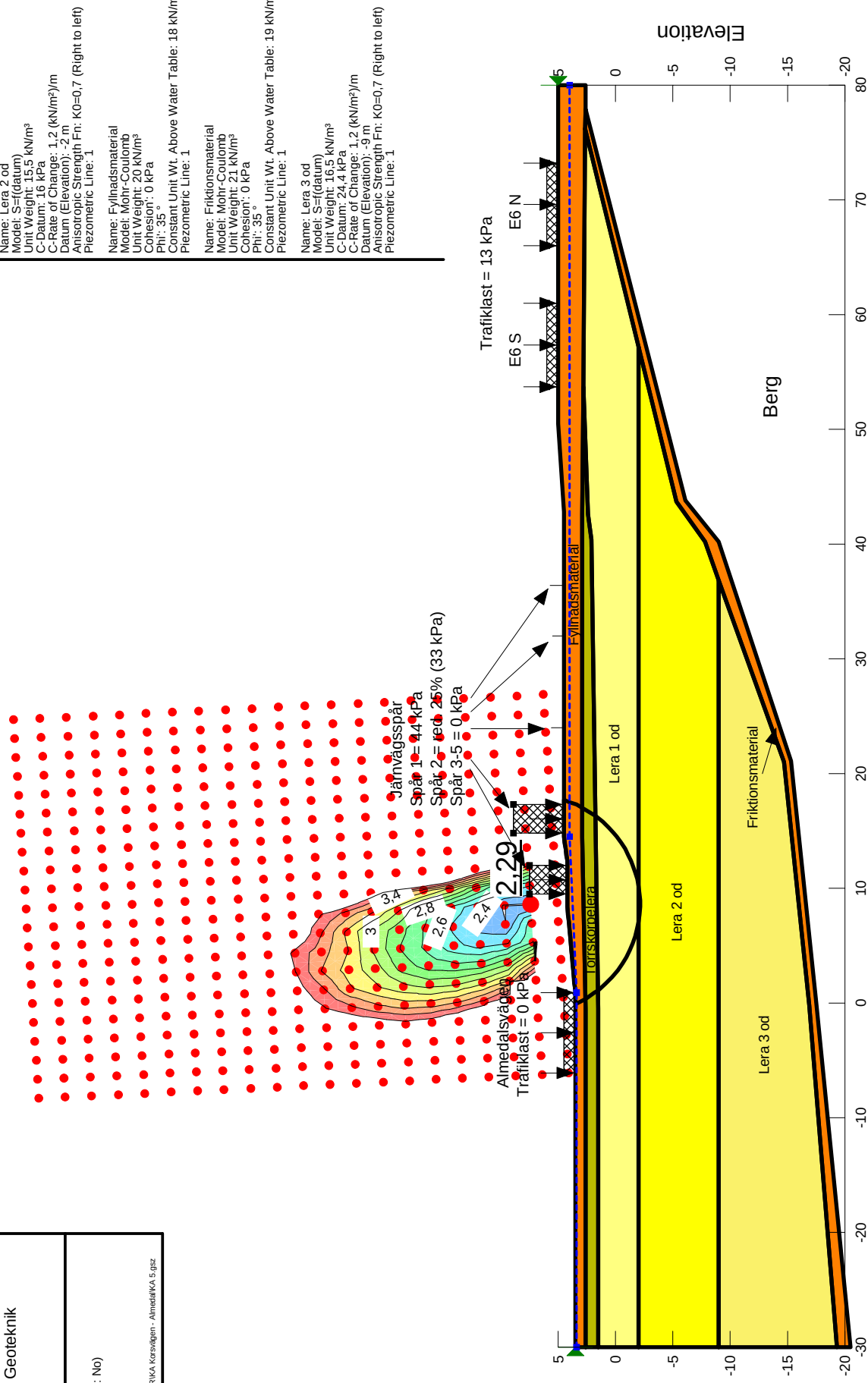
Västlänken
AKF 05 Geoteknik
Korsvägen station - Almedal
KA 5
Odränerad analys

Uppdrag: Västlänken, AKF05 Geoteknik
Beställare: Trafikverket
Skala (A4): 1:500

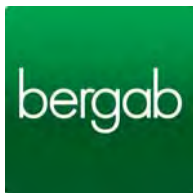
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glydytor: Grid and Radius (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: KA 5.gsz
Senast sparad: 2014-07-02; 17:41:02

G:\Projekt\2013\1370425 Västlänken, AKF5\12BERÄKNINGARIKA Korsvägen - Almedal\KA 5.qsz

Name: Torskompeleva	
Model: Combined, S=(depth)	
Unit Weight: 17 kN/m³	
Phi: 30°	
C-Top of Layer: 0 kPa	
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m	
U-Top of Layer: 16 kPa	
U-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m	
C/Cu Ratio: 0.1	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 1 od	
Model: Undrained (Phi=0)	
Unit Weight: 15.5 kN/m³	
Coheison: 16 kPa	
Anisotropic Strength Frn: K0=0.7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 2 od	
Model: S=(datum)	
Unit Weight: 15.5 kN/m³	
C-Datum: 16 kPa	
C-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m	
Datum (Elevation): -2 m	
Anisotropic Strength Frn: K0=0.7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	
Name: Fylhadsmaterial	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 20 kN/m³	
Coheison: 0 kPa	
Phi: 35°	
Constant Unit Wt: Above Water Table: 18 kN/m³	
Piezometric Line: 1	
Name: Friktionsmaterial	
Model: Mohr-Coulomb	
Unit Weight: 21 kN/m³	
Coheison: 0 kPa	
Phi: 35°	
Constant Unit Wt: Above Water Table: 19 kN/m³	
Piezometric Line: 1	
Name: Lera 3 od	
Model: S=(datum)	
Unit Weight: 16.5 kN/m³	
C-Datum: 24 kPa	
C-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m	
Datum (Elevation): -9 m	
Anisotropic Strength Frn: K0=0.7 (Right to left)	
Piezometric Line: 1	



Bilaga 7



Beställare:
Göteborgs Stad via Sweco Civil AB

- **Detaljplan för järnvägstunneln Västlänken;
tunnelmynningar, schakt mm**
- **Ändring av detaljplaner för järnvägstunneln
Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal**

Risk för bergras och blocknedfall

Bergab – Berggeologiska Undersökningar AB

Göteborg 2014-11-10

Uppdragsledare:
Joakim Karlsson

Handläggare:
Maria Göthfors

Innehåll	Sid
Inledning	1
1. Skansen lejonet	3
2. Kvarnberget	10
3. Otterhällan	11
4. Rosenlund	12
5. Fogelbergsgatan	13
6. Väster om Södra Viktoriagatan	16
7. Muraregatan	17
8. Servicetunnel Haga	18
9. Näckrosdammen - Artisten	20
10. Servicetunnel Korsvägen	21
11. Servicetunnel Liseberget	22
12. Servicetunnel väster om St Sigfridsgatan	23

Inledning

På uppdrag av Göteborgs Stad genom Sweco Civil AB har Bergab – Berggeologiska Undersökningar AB utfört en bergteknisk utredning med avseende på ras och blocknedfall.

Utredningen är utförd för:

- Detaljplan för järnvägstunneln Västlänken; tunnelmynningar schakt mm
- Ändring av detaljplaner för järnvägstunneln Västlänken mellan Gullbergsvass och Almedal.

Den bergtekniska utredningen omfattar bedömning av stabilitet i befintliga och planerade bergslänter samt förslag till stabilitetshöjande åtgärder. Resultaten redovisas i föreliggande rapport.

Fältkarteringen utfördes 2014-01-07. Då behandlade besiktningen enbart om nya detaljplaner. Därefter kompletterades karteringen med ett fältbesök vid Servicetunnel Hagas planerade mynning 2014-08-15. Observerade befintliga bergslänter har fotograferats och redovisas i föreliggande rapport.

2014-09-02 kompletterades uppdraget med ändrade detaljplaner på de platser där Västlänken bryter markytan och det förekommer berg.

En översiktskarta över de besiktigade områdena, numrerade mellan 1 och 12 kan ses nedan i Figur 1.



Figur 1, översikt

1. Skansen Lejonet

Det aktuella detaljplanområdet sträcker sig i sydvästlig – nordöstlig riktning och innefattar Gullberget där Skansen Lejonet ligger. Gullberget består till stor del av berg i dagen.

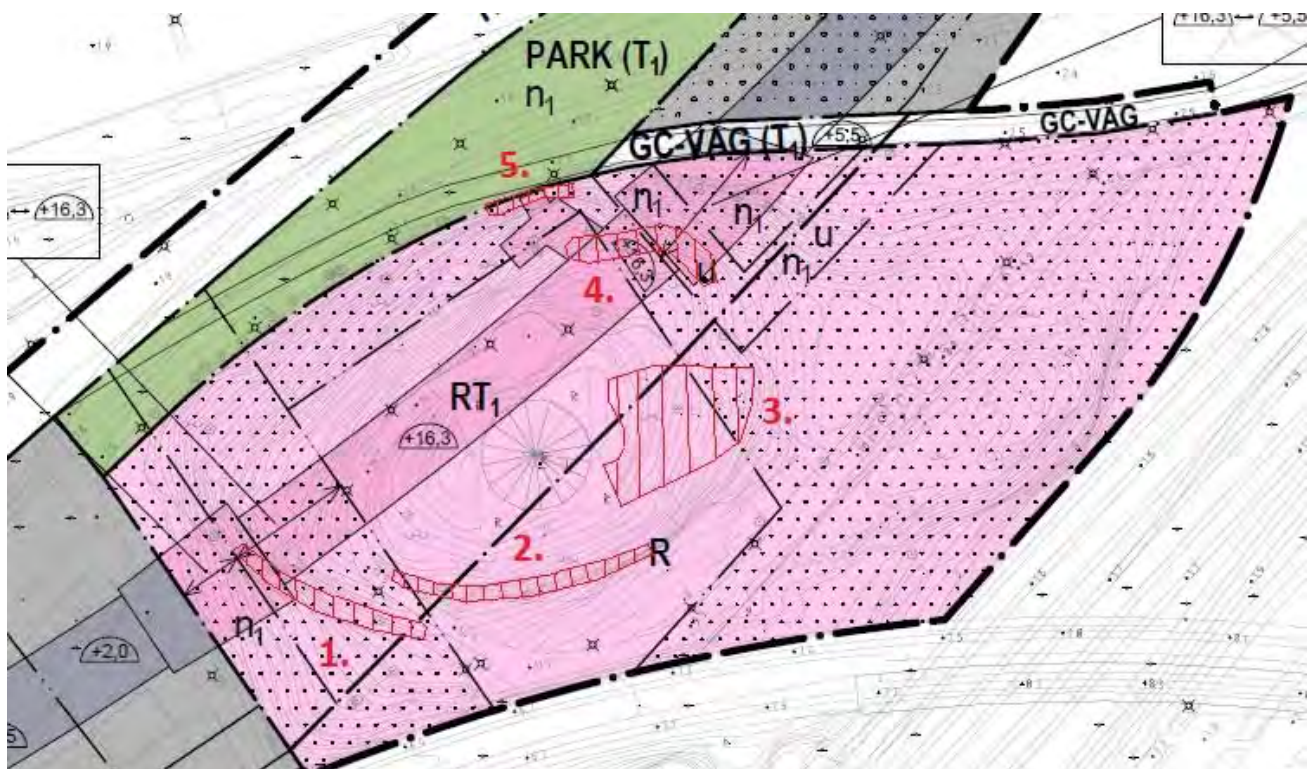
Block/lös sten förekommer, som vid schakt/sprängningsarbete i närområdet kan behöva åtgärdas.

Områden som kan behöva gås över för rensning alternativt förstärkning av block och löst bergmaterial är markerade från 1 till 5 i Figur 2 och fotograferade i Figur 3 till 14.

Löst bergmaterial inom område 2 som ses i Figur 7 och 8 bör åtgärdas före 2015-06-30.

Löst sittande block inom område 5 som ses i Figur 12, 13 och 14 riskerar att falla/glida ut inom en snar framtid. Dock sitter de på en låg höjd och kommer med största sannolikhet inte att nå cykelbanan som ligger strax nedanför, de kommer istället att falla ned i gräset mellan berg och cykelbana. Om man vill undvika eventuellt blockutfall bör dessa rensas ned före 2014-12-31.

Resterande markerade områden bör åtgärdas strax före eller i samband med byggnation av Västlänken genom området.



Figur 2, ritning över områden som eventuellt kan behöva förstärkas/rensas på löst bergmaterial (Plankarta koncept 2014-11-10).



Figur 3, område 1



Figur 4, område 1



Figur 5, område 2



Figur 6, område 2



Figur 7, område 2



Figur 8, område 2



Figur 9, område 3



Figur 10, område 4



Figur 11, område 4



Figur 12, område 5



Figur 13, område 5



Figur 14, område 5

2. Kvarnberget

En ny Servicetunnel planeras under Kvarnberget. Inom planområdets gränser förekommer berg i dagen. Berget är till viss del förstärkt med sprutbetong. I dagsläget förekommer ingen rasrisk inom området. I samband med att arbetet med servicetunneln påbörjas skall de delar av berget som ligger direkt norr och direkt söder om gångbron, Figur 15 och 16, rensas från växtlighet och eventuellt löst berg. Sprutbetongtäckta delar inom planområdet bör också ses över för att fastställa att det inte förekommer något löst material där.



Figur 15, norr om gångbron



Figur 16, söder om gångbron

3. Otterhällan

Söder om Otterhällegatan, öster om Drottning Kristinas jaktslott planeras ett schakt. I nära anslutning till schaktet förekommer berg i dagen i form av en bergknalle. I dagsläget råder ingen rasrisk i området, Figur 17.



Figur 17, bergknalle söder om Otterhällegatan

4. Rosenlund

I berget norr om Rosenlundsgatan ska en servicetunnel ha sin mynning. Berget är till stor del förstärkt med bultar och nät, Figur 18. Ett block som tidigare fallit ned har fastnat i nätet. I samband med att arbetet med servicetunneln startar behöver berget skrotas och eventuellt förstärkas ytterligare. I dagsläget krävs dock inga åtgärder.



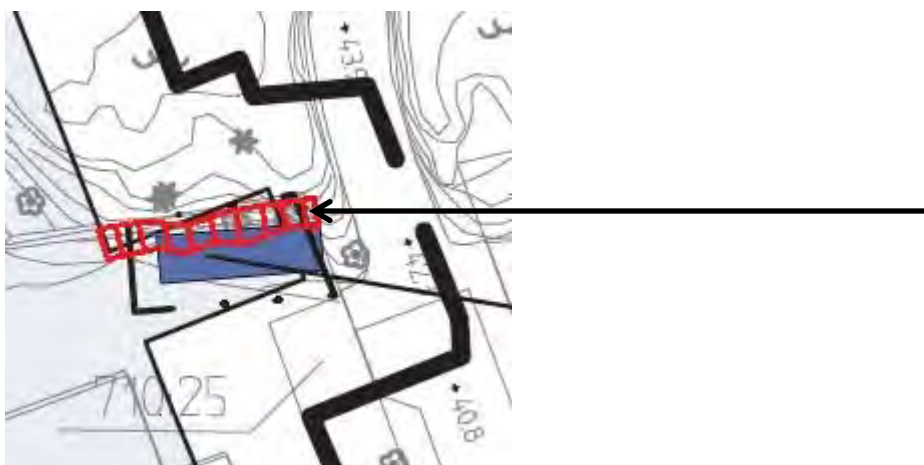
Figur 18, berget är förstärkt med bultar och nät.

5. Fogelbergsgatan

Ett schakt är planerat vid Fogelbergsgatan 1, Figur 19. Där är idag en asfaltsyta. I norra kanten på asfaltsytan finns en bergskant. Den är cirka två meter hög och i den sitter två block som bör åtgärdas, figur 20.

Block 1, figur 20 och 21, är cirka 1 x 1 x 1,5 m stort. Lutningsvinkeln blocket vilar på är cirka 40°. Block 2, se figur 20 och 22, är cirka 1,5 x 1,5 x 2 m stort och delvis uppsprucket i mindre delar.

Båda blocken skall rensas ned och i samband med rensningen skall hela den aktuella slänten ses över och eventuella lösa mindre stenbitar tas ned. Bergrensningen bör utföras före 2015-06-30.



Figur 19, översikt för aktuellt schakt och bergskant där åtgärder ska utföras (röd randig markering), (Plankarta, koncept 2014-11-10).



Figur 20, översikt nedre slänten med block 1 och 2.



Figur 21, detaljfoto block 1.



Figur 22, detaljfoto block 2.

Fogelbergsgatan 1, övre delen

Ovanför den nedre slänten finns en gräsyta och ytterligare en bergskant som är cirka 2 meter hög, se figur 23. Ovanpå slänten finns stenblock upplagda som en mindre mur. Flera block har fallit/välts ned. Slänten utgör i dagsläget ingen rasrisk men muren bör ses över och lösa block som riskerar att falla ut rensas bort. Detta bör utföras före eventuell sprängning inför planerat schakt påbörjas.



Figur 23, den övre slänten.

Inom planområdets gräns strax öster om planerat schakt förekommer berg längs Fogelbergsgatan i början av Fogelbergsparken, Figur 24. I dagsläget är berget stabilt, men i samband med att ovanstående mur ses över bör även en översyn av detta berg göras för att plocka bort eventuella lösa mindre block.



Figur 24, berg längs Fogelbergsgatan i Fogelbergsparken

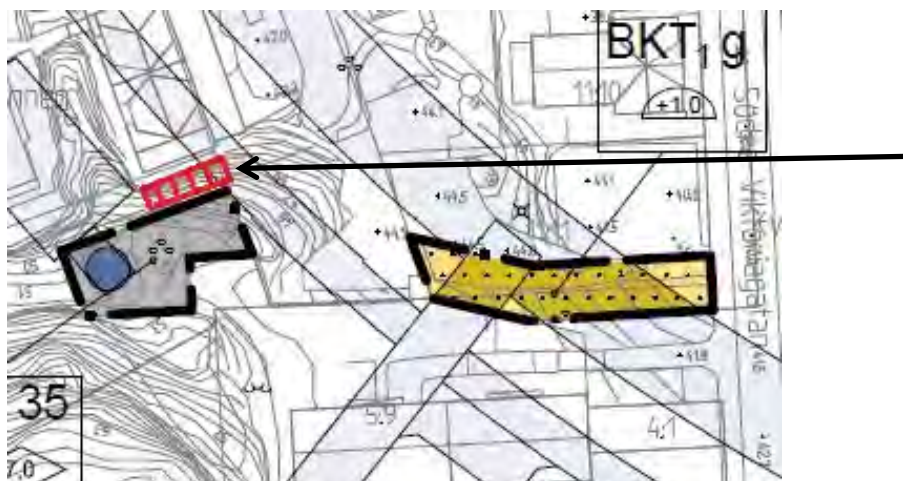
6. Väster om Södra Viktoriagatan

Två nya detaljplanområden planeras i området mellan Södra Viktoriagatan och Föreningsgatan.

Det västra av de två områdena utgörs idag delvis av berg. Inom detaljplanområdets gränser råder i dagsläget ingen rasrisk. Alldeles norr om aktuellt planområde förekommer en bergslänt som sluttar brant mot norr, (röd randig markering, Figur 1). Nedanför berget finns en skola/förskola.

Bergslänten är cirka 6-8 meter hög och där förekommer befintlig förstärkning i form av bultar. I det övre partiet av slänten förekommer berg som nedifrån ser oförstärkt ut, se figur 26. Slänten bör ses över av bergarbetare med skrotspett för att undersöka huruvida blocken är lösa eller ej. Denna syn och eventuella bergrensning bör utföras före 2015-06-30.

Inom det östra planområdet förekommer inget synligt berg.



Figur 25, bergskant (röd randig markering), (Plankarta, koncept 2014-11-10).



Figur 26, bergsparti som bör ses över.

7. Muraregatan

Service tunnel Haga planerades tidigare att ha sin mynning i området som ligger öster om Muraregatan, figur 27. Idag utgörs marken av ett sluttande parkområde. En gångväg löper genom området. Väster om denna är sluttningen till stora delar jordtäckt medan det öster om gångvägen är en brantare slänt mestadels bestående av berg i dagen.

I dagsläget föreligger ingen risk för ras eller blocknedfall i området. Där påslagsläge är planerat förekommer lösa block som idag ligger stabilt utan någon som helst risk för ras. Vid eventuellt schakt/sprängningsarbete i området bör dock dessa rensas bort.



Figur 27, läge för tunnelmynning vid Muraregatan.

8. Servicetunnel Haga

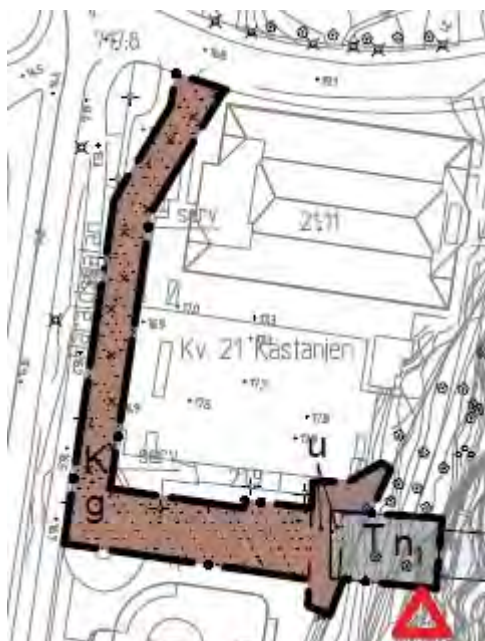
För Servicetunnel Haga planeras tunnelmynningen till ett område sydväst om Göteborgs Universitet, Psykologen. Marken utgörs av en brant bergssida nedanför vilken det går en gångbana, en mindre jordslänt samt en parkeringsplats, figur 28.

I bergbranten finns flera stora lösa block. Cirka 10 meter upp i branten, i kanten av eller precis söder om planområdet ligger fyra stycken lösa block varav det största är cirka 10 m³. Blocken ligger där slänten lutar brant, se Figur 29.

I samband med röjning och avtäckning inför byggnation av påslaget för Servicetunnel Haga skall de lösa blocken tas ner.

Tills dess skall det främre blocket säkras temporärt. Detta görs lämpligast med två vajrar som fästs i fast berg på bägge sidor om blocket. Säkringen av blocket skall utföras senast 2015-06-30.

Det förekommer fler lösa block i området. I dagsläget ligger dessa stabilt men i samband med röjning och avtäckning i området, skall de tas ned.



Figur 28, Servicetunnel Hagas tunnelmynning med ungefärlig plats för aktuellt lösblock markerat med röd triangel (Plankarta koncept 2014-11-10).



Figur 29, det främre blocket som skall säkras temporärt.

9. Näckrosdammen – Artisten

Strax norr om Näckrosdammen finns ett avgränsat område som innebär ändring av detaljplan. Väster om Artist- och Musikhögskolan "Artisten" förekommer en bergslänt som lutar mot nordost (Figur 30 – 31). I den föreligger i dagsläget ingen rasrisk.



Figur 30 och 31, Berg väster om Artisten.

10. Servicetunnel Korsvägen

En arbetstunnel är planerad att ha sin mynning i området som ligger väster om Södra Vägen.

Det aktuella området utgörs idag av en jordtäckt slänt upp mot Carlanderska sjukhuset i väster, Figur 32. Någon risk för bergras och/eller blocknedfall föreligger inte här.



Figur 32, områdesöversikt

11. Servicetunnel Liseberget Liseberget

Vid Södra Vägen, söder om Världskulturmuseet, ska en servicetunnel ha sin mynning. Berget består av en brant sida som övergår i en delvis jordtäckt sluttning, Figur 33 och Figur 34.

I dagsläget råder ingen rasrisk här.



Figur 33, brant bergssida



Figur 34, delvis jordtäckt sluttning

12. Servicetunnel väster om Sankt Sigfridsgatan

En servicetunnel är planerad att ha sin tunnelmynning i området som ligger väster om Sankt Sigfridsgatan 85. Det aktuella området utgörs idag av en jordtäckt slänt, figur 35. På enstaka ställen sticker lite berghäll fram under jordtäcket, men någon risk för bergras och/eller blocknedfall föreligger inte här.

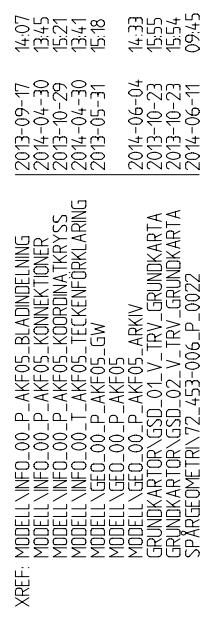


Figur 35, områdesöversikt.

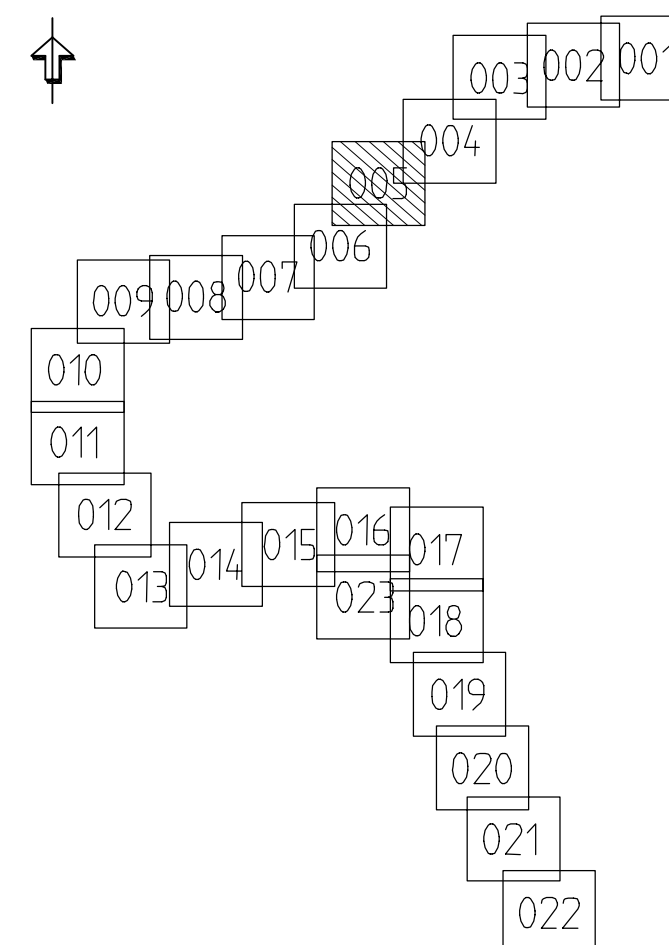
Maria Göthfors
Göteborg 2014-11-10

Bergab – Berggeologiska Undersökningar AB

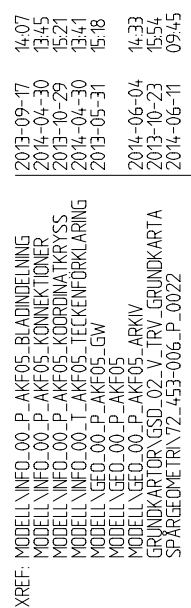
Ritningar



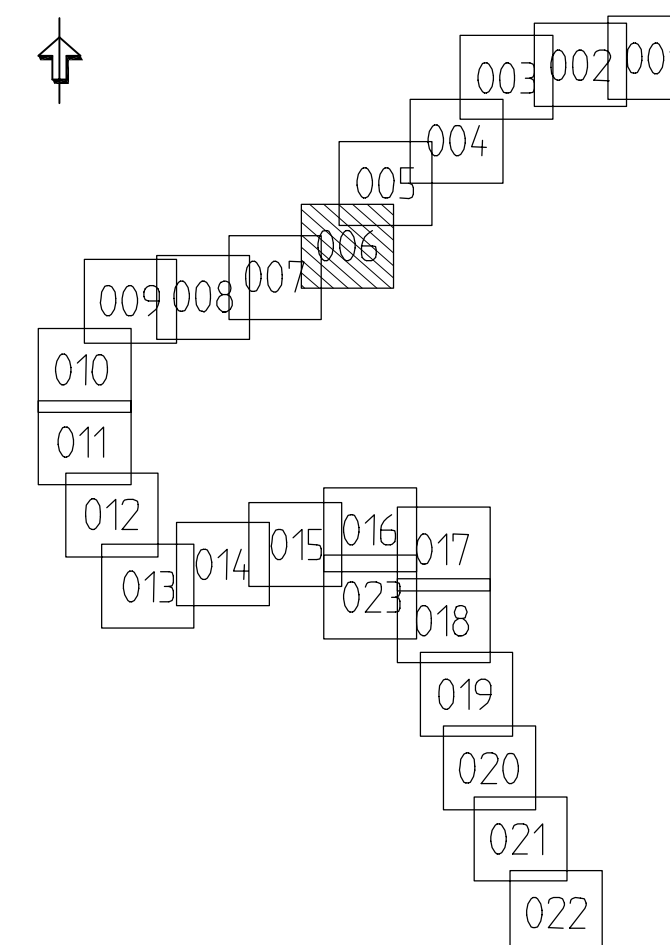
LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



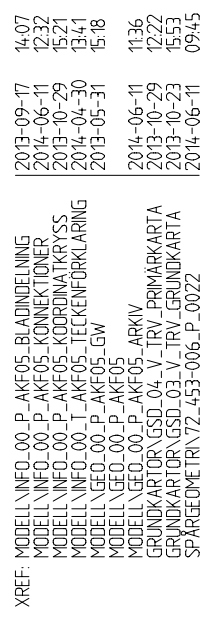
View: PLOT1, Drawing: P:\2321\2305\78_AKF5 Västslänken\000_AKF5 Västslänken\15ARRETSMATR_L_RITN\Rihet_AKF05-08-110-00_005, Drawn by: SEAND, 2014-06-11 10:59



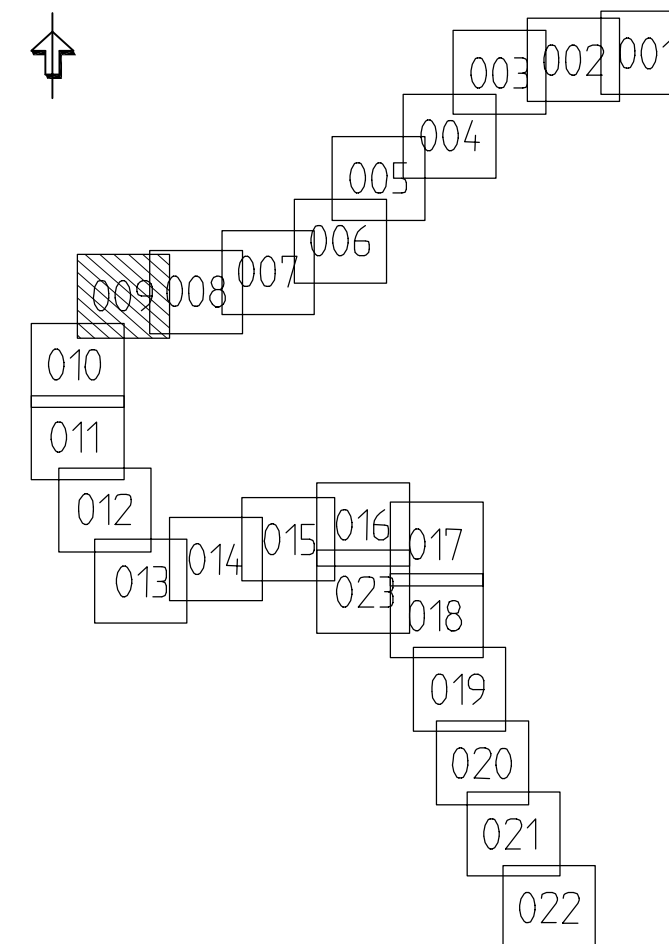
LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



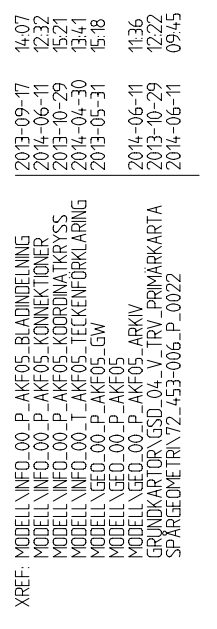
New: P1011	Drawing: P:\232\2305478 AKF5 Väsiljanken\000 AKF5 Väsiljanken\TSABFTSMA.TB1	RTN\Rider\AKF05-08-110-00	006	[rawn by SFAAND: 2014-06-11	1108
------------	---	---------------------------	-----	-----------------------------	------



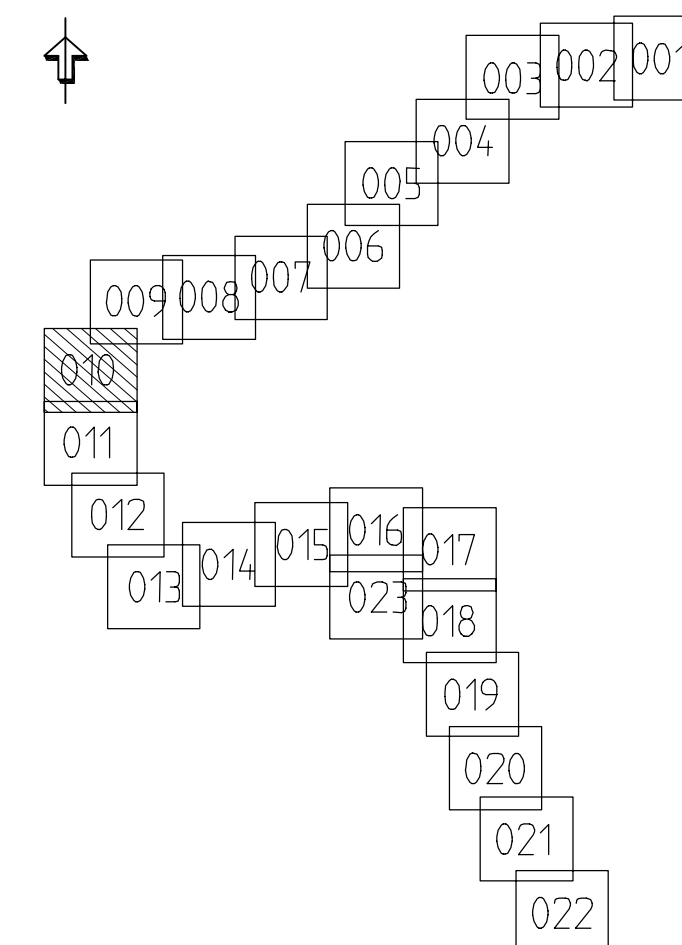
LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



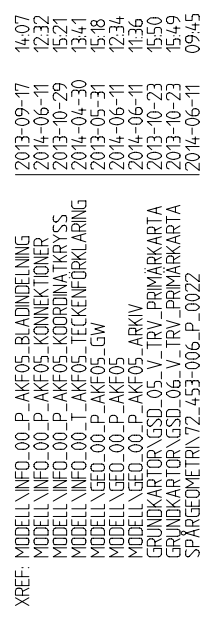
A		ALLMÄN		2014-06-19		PEDG	
REV	ÄNDRINGEN AV			DATUM	KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	
				KONSTR/ÄTAD AV SWECO/AA	GRANSKAD O SKEPP	UPPERASKOMMER 2305478	
				EDIVAD K SANELL	2013-09-30	KUNGL TUPPERG AKF05	
 TRAFIKVERKET		VÄSTLÄNKEN KM 457+500 - 458+000 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN			PROJEKT FÖRUTSÄTTNINGAR		
					TEORIKRADE		
					GEOTEKNIK		
					ÖN		
KONSTRUERAD AV		GRANSKAD AV	FÄSTSTÄLLD AV	DATUM	FORMAT	RITNINGENS PROJEKT AKF05-08-110-00-000	SKALA 1:1000
SWECO		A HANSSON			A10	RITNINGENS FÖRVALTNING BLAD	NASTA B 09
ida_filenam					plotime		ida_usernam
						BAND A	

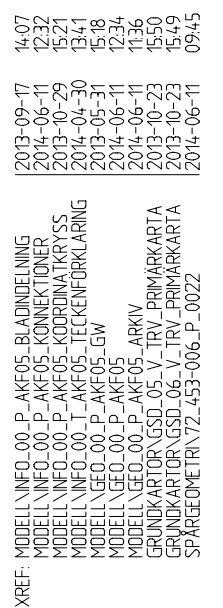


LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00

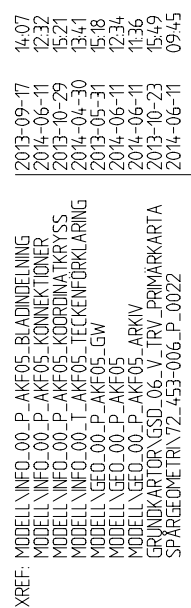


View: PLOT1, Drawing: P:\2321\2305\78_AKF5 Västlänken\15ARBETSMATERIAL_RITN\Ritdel\AKF05-08-110-00_010, Drawn by: SEAAAND, 2014-06-11 12:37



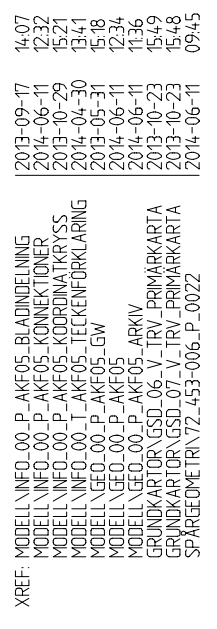


View: PLOT1, Drawing: P:\232\2305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\15ARBETSMATR\15ARBETSMATR_RITN\Ritdet\AKF05-08-110-00_013, Drawn by: SEAND, 2014-06-11 13:03

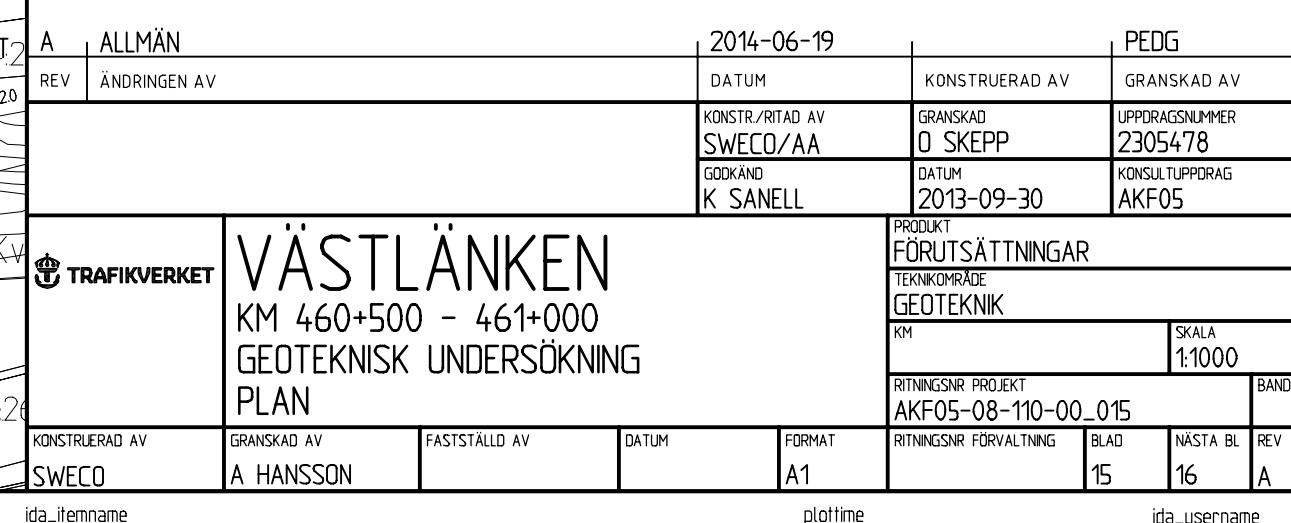


A diagram showing a staircase-like arrangement of 23 squares, each containing a 3-bit binary number from 000 to 022. The squares are arranged in a descending staircase pattern from top-right to bottom-left. Square 014 is shaded with diagonal lines. A north arrow is in the top-left corner.

View: PLOT1, Drawing: P:\232\2305478_AKF5 Västllänken\000_AKF5 Västllänken\15ARBETSMATRL_RITN\Ritdel\AKF05-08-110-00-014, Drawn by: SEAND, 2014-06-11 13:09

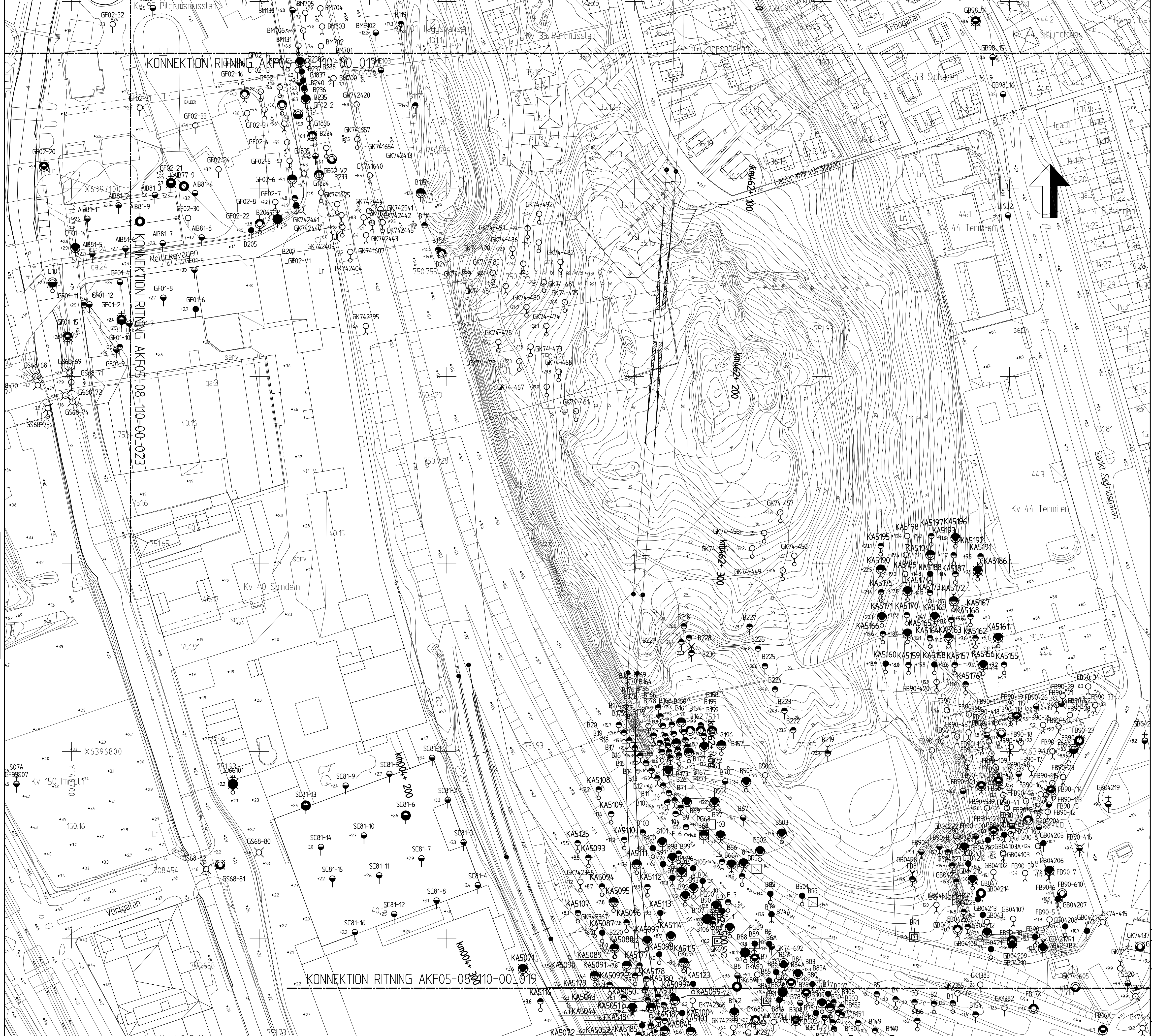


LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



view: P:\011_Drawing: P:\232\2305478 AKF5 Vastlänken\000 AKF5 Vastlänken\5ARB\TSMATRI RITN\Ritder\AKF05-08-110-00 015 Drawn by: SFAAND. 2014-06-11 13:33

1:07
1:06
1:05
1:04
1:03
1:02
1:01
1:00
0:59
0:58
0:57
0:56
0:55
0:54
0:53
0:52
0:51
0:50
0:49
0:48
0:47
0:46
0:45
0:44
0:43
0:42
0:41
0:40
0:39
0:38
0:37
0:36
0:35
0:34
0:33
0:32
0:31
0:30
0:29
0:28
0:27
0:26
0:25
0:24
0:23
0:22
0:21
0:20
0:19
0:18
0:17
0:16
0:15
0:14
0:13
0:12
0:11
0:10
0:09
0:08
0:07
0:06
0:05
0:04
0:03
0:02
0:01
0:00

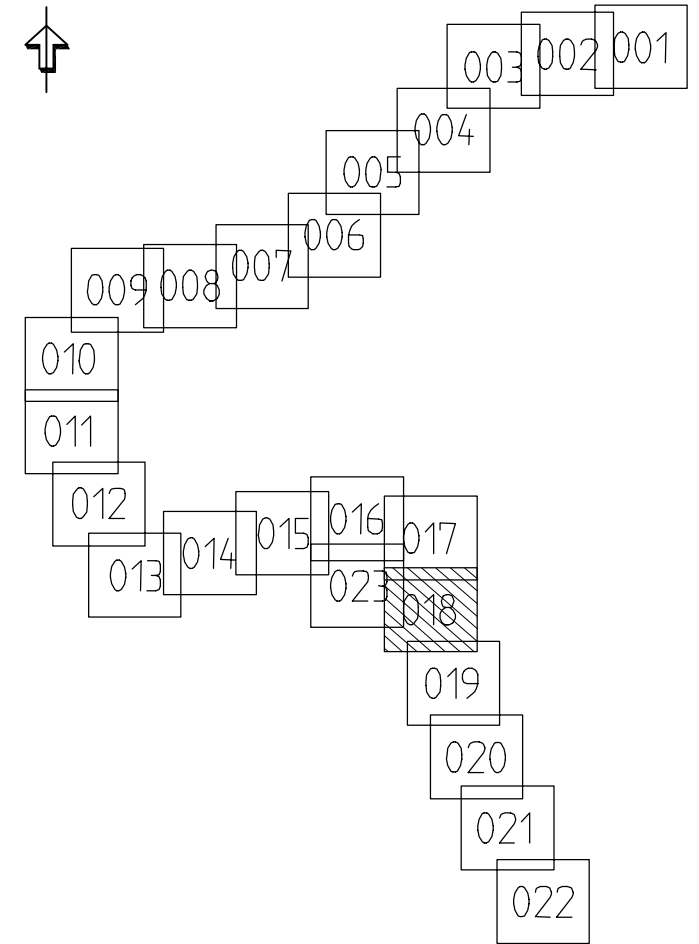


KOORDINATSYSTEM PLAN: SWEREF 99 1200
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH 2000
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
SKALA 1:1000

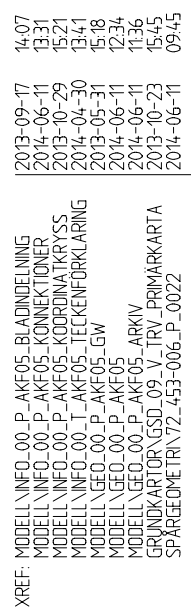
RITNINGSBETECKNINGAR
BETECKNINGAR ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM

FÖRKLARINGAR
UNDERSÖKNINGAR MED BETECKNING: OCXXXX, CCXXXX, CHXXXX, HHXXXX, KAXXXX OCH KKXXXX ÄR UTFÖRDA 2012-2013 AV AKF05.
ÖVRIGA UNDERSÖKNINGAR ÄR HÄMTADE UR ARKIV,
SE PM F 05 - 001, TIDIGARE UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR.

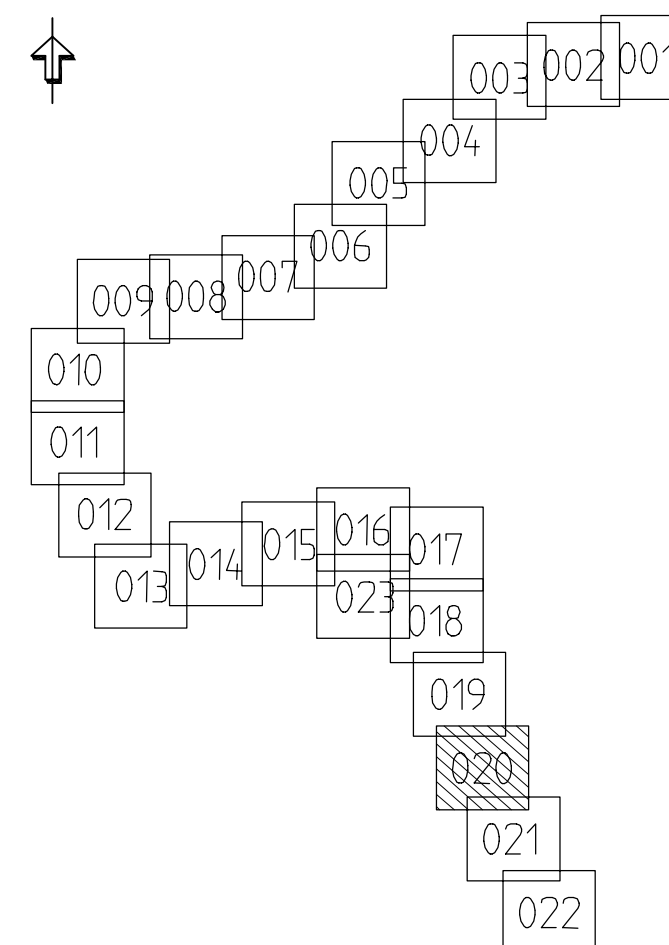
ANM.
LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



A ALLMÄN		2014-06-19		PEDG	
REV	ÄNDRINGEN AV	DATUM	KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	
		KONSTR/UTD AV	GRANSKAD	UPPRÄGSGRUPP	
		SWECO/AA	O. SKEPP	Z305478	
		GRANSKAD	K. SANELL	KONSTLUTPÅRAG	
				AKF05	
TRAFIKVERKET		VÄSTLÄNKEN		FÖRUTSÄTTNINGAR	
		KM 462+000 - 462+500		TEKNIKPROJEKT	
		GEOTEKNISK UNDERSÖKNING		GEOTEKNIK	
		PLAN		SKALA	
		1:1000		BANKET	
KONSTRERAD AV		FASTSTÄLLD AV	DATUM	FÖRSTÄLLD AV	REVIS
SWECO	A. HANSSON		A1	18	19
ida_filename		plotfile		ida_username	

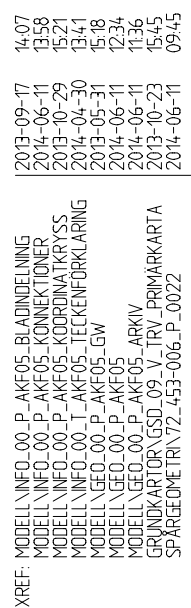


LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00

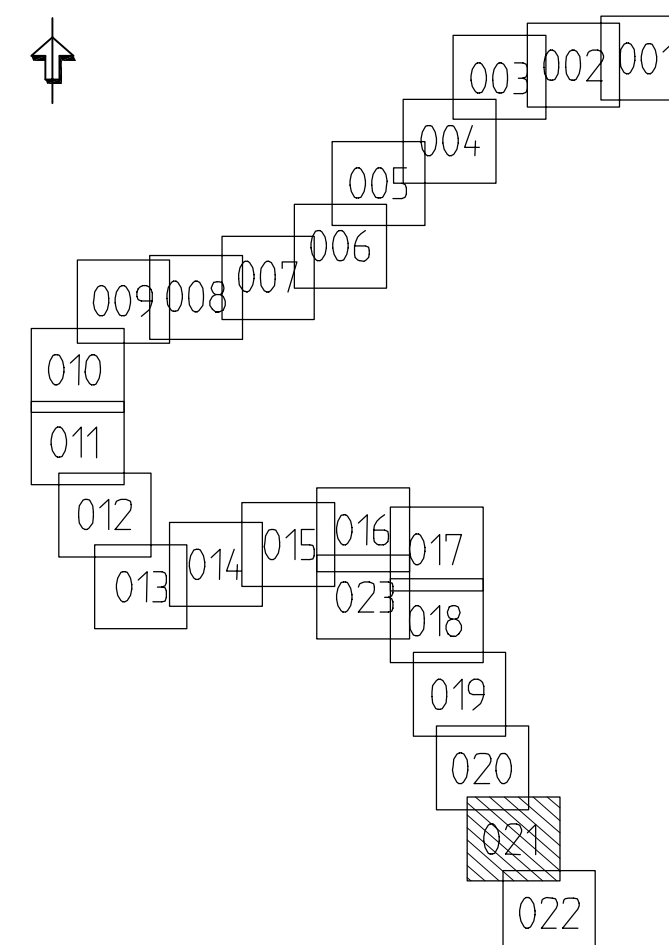


A ALLMÄN		2014-06-19				PEDG	
REV	ANDRINGER AV	DATUM		KONSTRUERAD AV		GRANSKAD AV	
		KONSTR/RIAD AV SWEFO/AA		GRANSKAD O SKEPP		UPPGÄRDSMER 2305478	
		GÖVAND K SANELL		DATUM 2013-09-30		KORIGS UPPDRAG AKFOS	
 TRAFIKVERKET		VÄSTLÄNKEN KM 463+050 - 463+2325375, 5+000-5+300 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN				PROJEKT FÖRSLÄTTNINGAR TEKNISKA GEOTEKNIK EN	
						DRITINGSOR PROJEKT AKFOS-08-110-00-020	
KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	FÄSTSTÄLLD AV	DATUM	FORMAT	DRITINGSOR FÖRVALTNING	BLAD	NÄSTA BL. RE
SWEFO	A HANSSON					20	21
ida_filename		plottline		rta_username			

View: PLOT1, Drawing: P:\2321\2305478_AKF5 Västlänken\000_AKF5 Västlänken\15ARBETSMA_TRL_RITN\Ritder\AKF05-08-110-00_020, Drawn by: SEAAKD, 2014-06-11 13:56

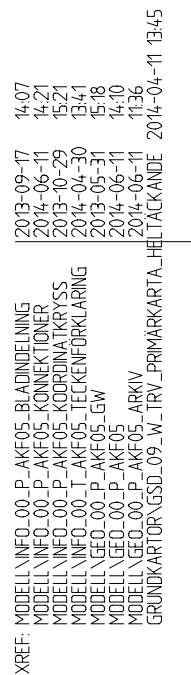


LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00

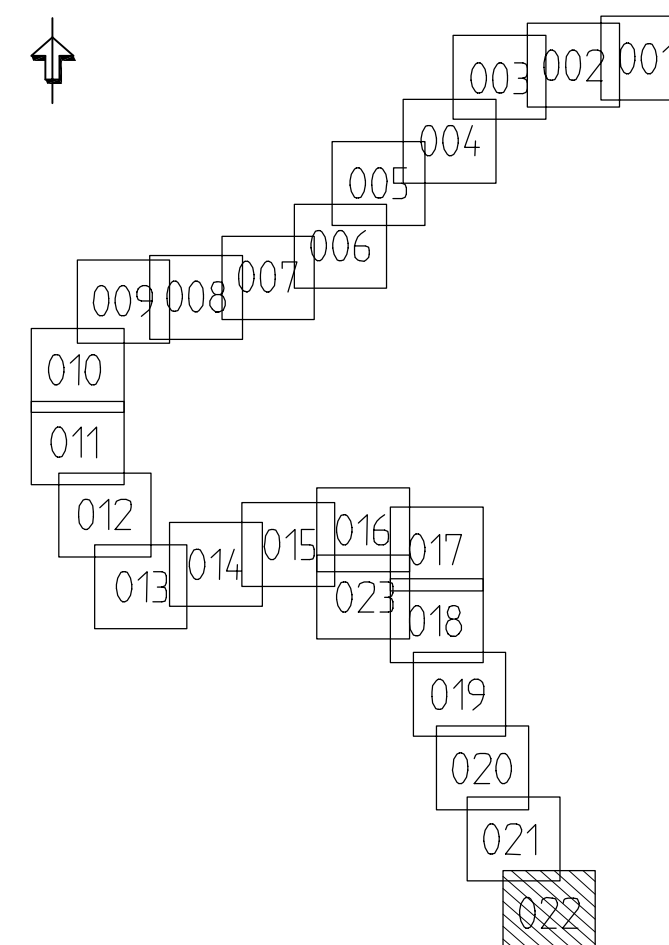


A ALLMÄN		2014-06-19				PEDG	
REV	ANDRINGER AV	DATUM	KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV			
		KONSTR/RTAD AV SWEFO/AA	GRANSKAD O SKEPP	UPPGÄNSKOPER 2305478			
		ÖSKAND K SANELL	DATUM 2013-09-30	KÖRSLA UPPDRAG AKFOS			
 TRAFIKVERKET		VÄSTLÄNKEN KM 5+300 - 5+500 VKB GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN		PROJEKT FÖRSLÅTTNINGAR TEKNISKADE GEOTEKNIK EN			
						SKALA 1/1000	
				DRITINGSOR PROJEKT AKFOS-08-110-00-00_021			BA
KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	FÄSTSTÄLLD AV	DATUM	FORMAT	DRITINGSOR FÖRVALTNING	BLAD	NÄSTA BL. RE
SWEFO	A HANSSON					21	22 A
ida_filename		plottline		rita_username			

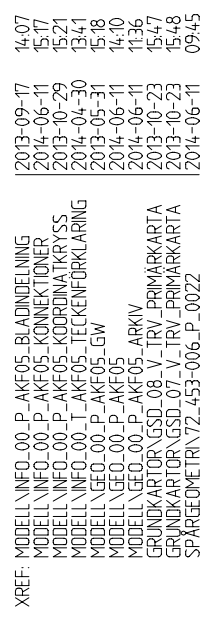
New: P101	Drawing: P:\232\2305478 AKF5 Väsiljanken\000 AKF5 Väsiljanken\TSABBTSMATR	RTN\Bilder\AKF05-08-110-00	021	Drawn by: SFAAND	2014-06-11	14:00
-----------	---	----------------------------	-----	------------------	------------	-------



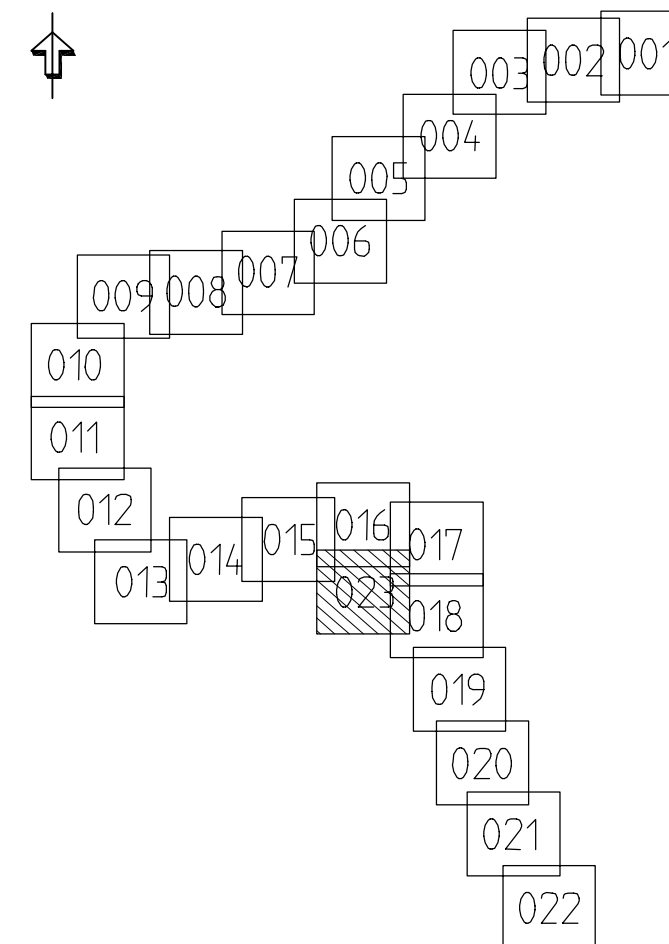
LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



A ALLMÄN		2014-06-19				PEDG	
REV	ANDRINGS AV	DATUM		KONSTRUERAD AV		GRANSKAD AV	
		KONSTR/RTAD AV SWEFCO/AA		GRANSKAD O SKEPP		UPPGÖRANMER 2305478	
		GÖVAND K SANELL		DATUM 2013-09-30		KÖRSLA UPPGÖRAN AKF05	
 TRAFIKVERKET		VÄSTLÄNKEN GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN		PROJEKT FÖRUTSÄTTNINGAR TEKNISKADE GEOTEKNIK EN SKALA 1/1000			
				ÖRTINGSAR PROJEKT AKF05-08-110-00-022			
KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	FÄSTSLAD AV	DATUM	FORMAT	ÖRTINGSAR FÖRVALTNING	SLAD	NÄSTA B. RE
A	HANSSON	SWEFCO		A1		22	
ida_filename		plottline		rita_userName			



LINJESTRÄCKNING VERSION 7.00



A ALLMÄN		2014-06-19		PEDG	
REV	ANDRINGEN AV	DATUM	KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	
		KONSTR/RIKAD AV SWEFCO/AA	GRANSKAD O SKEPP	UPPGÄNSNUMMER 2305478	
		SEDAN K SANELL	DATUM 2013-09-30	KONSTRUPPISG AKF05	
 TRAFIKVERKET	VÄSTLÄNKEN KM 461+000 - 461+500 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN		PRODUKT FÖRUTSÄTTNINGAR		
			FÖRORDNING GEOTEKNIK		
			KM	SKALA 1:1000	
			PRINTESSOR FÖRVALT AKF05-08-110-00_023		
KONSTRUERAD AV	GRANSKAD AV	FÄSTSTÄLLD AV	DATUM	FÖRMAT	PRINTESSOR FÖRVALTNING
SWEFCO	A. HANSSON			A1	BLAD 23
					NÄSTA BLAD
					RE

View: PLOT1 Drawing: P:\232\2305478 AKF5 Västlänken\000 AKF5 Västlänken\15ABF5SMA TRI RTN\RTN\AKF05-08-110-00 023 Drawn by: SFAAND 2014-06-11 15:18