

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken

Västlänken och Olskroken planskildhet

Göteborgs Stad och Mölndals stad, Västra Götalands län

PM Geoteknik Sättningar
TRV 2016/3151

2016-01-15



Dokumenttitel: Västlänken och Olskroken planskildhet, Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken, PM
Geoteknik Sättningar

Författare: Urban Högsta och Karolina Sanell (Golder Associates)

Dokumentdatum: 2016-01-15

Ärendenummer: 2016/3151

Version: A

Projektchef: Bo Larsson

Foton: Trafikverket

Kartor: © Lantmäteriet, Geodatasamverkan

Distributör: Trafikverket, Kruthusgatan 17, 405 33 GÖTEBORG, telefon 0771-921 921, www.trafikverket.se

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte.....	4
2	Omfattning och avgränsning	4
3	Underlag	5
3.1	Kartor, ortofoto, mätdata mm.....	5
3.2	Koordinat- och höjdsystem	5
3.3	Geotekniska undersökningar	5
4	Översiktlig geoteknisk beskrivning av utredningsområdet	7
5	Geoteknisk beskrivning av delområden inom utredningsområdet	10
5.1	Olskroken	10
5.2	Olskroken-Station Centralen	13
5.3	Station Centralen	18
5.4	Station Centralen – Station Haga	22
5.5	Station Haga.....	26
5.6	Station Haga – Station Korsvägen	30
5.7	Station Korsvägen	32
5.8	Station Korsvägen – Almedal.....	35
5.9	Almedal	38
6	Pågående sättningar och sättningsmätningar	40
6.1	Olskroken	40
6.2	Station Centralen	41
6.3	Station Centralen – Station Haga	41
6.4	Station Haga.....	42
6.5	Station Haga – Station Korsvägen	43
6.6	Station Korsvägen	43
6.7	Station Korsvägen – Almedal.....	43
6.8	Almedal	44
7	Underlag från den hydrogeologiska modellen	44
8	Sättningskänslighet vid påverkan av trycksänkning i det undre magasinet	45
8.1	Omfattning sättningsanalyser	45
8.2	Beräkningsförutsättningar	46
8.3	Genomförande	47
8.4	Sättningsanalyser i utvalda representativa områden	48
8.5	Kortvarig stor avsänkning	66
9	Resultat och sammanfattning	68

BILAGOR

BILAGA 1	Geotekniska materialparametrar
BILAGA 2	Sättningsanalyser

1 Bakgrund och syfte

I tillåtlighetsprövningen för utbyggnaden av Västlänken anges att projektet ska planeras och utföras så att negativa konsekvenser på omgivningen så långt som möjligt begränsas.

I samband med framtagandet av tillståndsansökan för vattenverksamhet bedöms riskerna för olika typer av påverkan som projektet kan medföra på omgivningen. Som underlag för konsekvens- och riskbedömningarna analyseras bland annat markens känslighet för sättningar orsakade av påverkan av grundvattennivåer.

Denna PM:a är en underlagsrapport till PM Hydrogeologi (med huvudsakligt syfte att utgöra underlag för bedömning av konsekvenser på grund av trycknivåförändringar i det undre grundvattenmagasinet).

Syftet med denna PM:a är att belysa vilka markområden inom utredningsområdet som är känsliga för sättningar vid en grundvattennivåpåverkan samt analysera och redovisa tillkommande sättningar till följd av en eventuell grundvattensänkning i det undre grundvattenmagasinet. Syftet är vidare att redovisa resultaten från inventeringen av tidigare utförda sättningsuppföljningar och pågående sättningsuppföljningar inom projektet.

2 Omfattning och avgränsning

Sättning i lera kan i princip delas in i två delar, där delarna ofta benämns som konsoliderings- respektive krypsättning. Då syftet med rapporten är att redovisa den sättning som är kopplad till en eventuell trycknivåsänkning i det undre grundvattenmagasinet (enligt beskrivningar i PM Hydrogeologi) har sättningsanalyser i denna PM avgränsats till att endast innefatta de tillkommande konsolideringssättningar som kan uppstå för en eventuell avsänkning i det undre magasinet. Konsolidering innebär volymminskning genom vattenavgång, det vill säga en tidsberoende volymminskning som uppstår till följd av en hydrodynamisk fördröjd vattenutpressning ur jordens porer.

Risk för långvariga tryckförändringar i det undre magasinet är i huvudsak kopplade till delsträckor med bergtunnel. Inom delsträckor med betongtunnel är risken främst kopplad till anläggningsskedet och är därmed ur ett sättningsperspektiv att betrakta som kortvariga.

Konsolideringssättningar i jorden till följd av en avsänkning av vattennivåer i det övre grundvattenmagasinet är normalt sett mycket små, och i förhållande till en trycknivåsänkning i det undre grundvattenmagasinet försumbara, och analyseras därför inte i denna PM:a. Risken för eventuell påverkan på det övre grundvattenmagasinet beskrivs i PM Hydrogeologi. En eventuell påverkan (sänkning) på vattennivån i det övre grundvattenmagasinet kan innebära en risk för påverkan (rötangrepp/nedbrytning) på äldre trägrundläggningar (risken för påverkan på äldre trägrundläggningar berörs inte i denna PM).

Inom stora delar av Göteborg pågår redan idag sättningar (vilket beskrivs i kapitel 5). Dessa sättningar utgörs till stor del av krypsättningar (deformation av lerans kornskelett under konstant spänning) men inom vissa områden utgörs sättningarna även av ännu helt färdigutbildade konsolideringssättningar som orsakats av tidigare lastförändringar. Dessa pågående sättningar kommer att fortsätta under lång tid oberoende av anläggandet av Västlänken eller andra nya anläggningar i Göteborg. Noterbart är att den eventuella sättning som kan tillkomma på grund av anläggandet av Västlänken är mycket små i jämförelse med de sättningar som redan har utbildats och som fortfarande pågår i stora delar av det berörda området.

3 Underlag

3.1 Kartor, ortofoto, mätdata mm

Som underlag för denna geotekniska utredning har nedanstående underlagsmaterial nyttjats.

- Digital primärkarta med 0,5 m ekvidistans (AutoCad-format).
- Terrängmodell som är upprättad för projekteringen av Västlänken
- Ortofoton över aktuellt område

3.2 Koordinat- och höjdsystem

Koordinatsystem SWEREF 991200 och höjdsystem RH2000. Samtligt underlagsmaterial har erhållits eller transformerats till dessa system.

3.3 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. Under åren 2014-2015 har kompletterande undersökningar samt porttrycks- och grundvattenmätningar och bälgsättningsmätningar utförts. Undersökningarna redovisas i följande handling:

- PM F 05 – 004, Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik (MUR Geoteknik), Västlänken, Trafikverket, daterad 2013-09-30, reviderad 2015-08-31, projektnummer 2305478.

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

- PM F 05 – 101, Inventering tidigare utförda geotekniska undersökningar för Miljöprovningssuppdraget, Västlänken, Trafikverket, daterad 2014-12-19, rev-2015-12-16, projektnummer 2305478.

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. Tidigare utförda sättningsuppföljningar av befintliga byggnader och anläggningar redovisas i PM F 05- 102 Inventering tidigare utförda sättningsuppföljningar – för miljöprovningssuppdraget, daterad 2015-12-16.

Pågående sättningar i mark redovisas i PM F 05 – 103 Pågående sättningar och sättningsprognos Mark, daterad 2014-12-19.

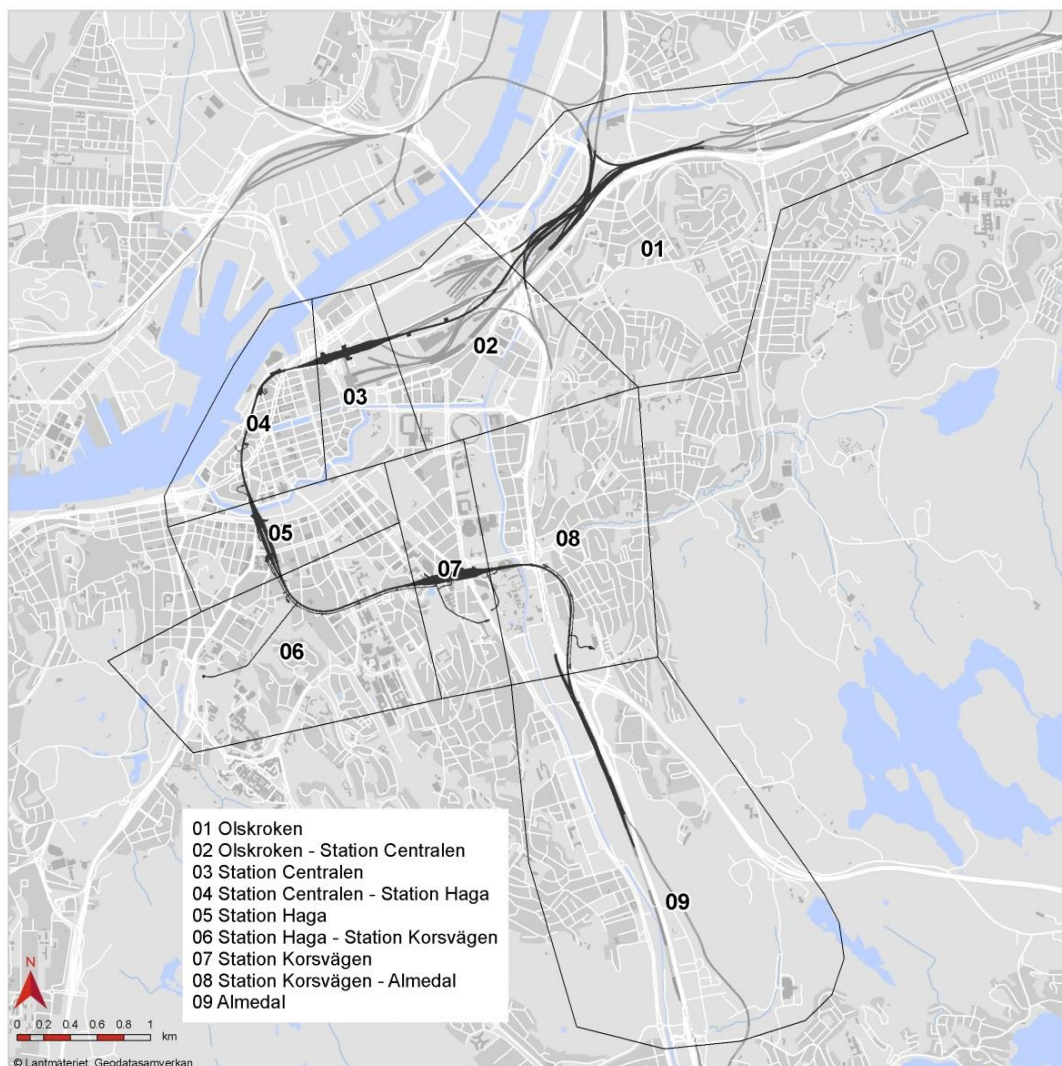
Befintliga grundvattenrör och porttrycksstationer har kartlagts och mätdata för dessa har samlats in. Porttryckmätningarna redovisas i PM F 05 – 104 Porttryck och porttrycksprognos, daterad 2015-08-31.

Inom projekt Västlänken har nya grundvattenrör och porttrycksstationer 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 3 ges en översiktlig generell beskrivning av de geotekniska förutsättningarna längs hela sträckan. I avsnitt 4 beskrivs respektive delområde längs sträckningen mer i detalj. Rapporten följer en geografisk uppdelning enligt figur nedan.

Lerans sättningsegenskaper har noggrant bestämts i samband med projekt Västlänken. En stor mängd provtagningar och avancerade laboratieförsök har utförts för att säkerställa ett bra

underlag för att utföra kvalificerade sättningsbedömningar. Samtliga utförda undersökningar med avseende på sättningsegenskaper redovisas i underlagsrapporter i Västlänksprojektet samt i relevanta delar i bilaga 1 till denna PM. Sättningsegenskaperna utgörs av ett antal parametrar som alla är avgörande för sättningarnas storlek. Delar av de geotekniska parametrar som bestämts längs med Västlänkens sträckning redovisas i diagram i bilaga 1. Speciellt viktiga egenskaper är lerans förkonsolideringstryck som avgör hur överkonsoliderad leran är (och som beskriver hur mycket last som kan tillföras utan att konsolideringssättningar uppstår), lerans moduler för olika djup och spänningsnivåer samt lerans permeabilitet som är avgörande för tidsberoendet på konsolideringssättningarna. I denna PM beskrivs inte sättningsegenskaperna i övrigt i detalj då detta beskrivits i många av de underlagsrapporter som tagits fram i projekt Västlänken.



Figur 1 Översiktskarta som visar en geografisk uppdelning av utredningsområdet.

4 Översiktlig geoteknisk beskrivning av utredningsområdet

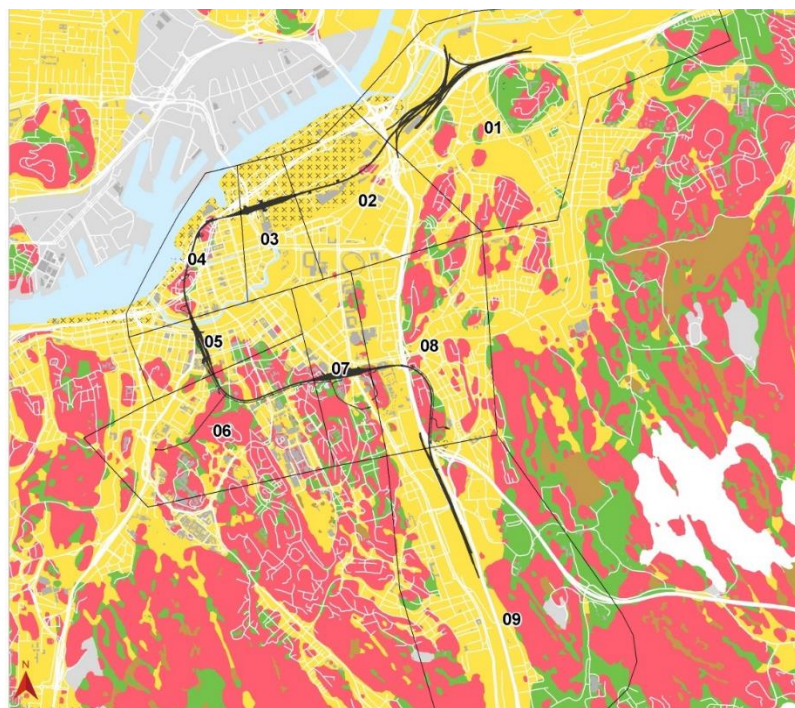
Delar av Västlänkens sträckning längs Göta älv ligger inom utfyllda områden som tidigare utgjordes av sankmarker och grunda vattenområden, t.ex. områdena kring Partihallarna och Gullbergsvass.

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. 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.

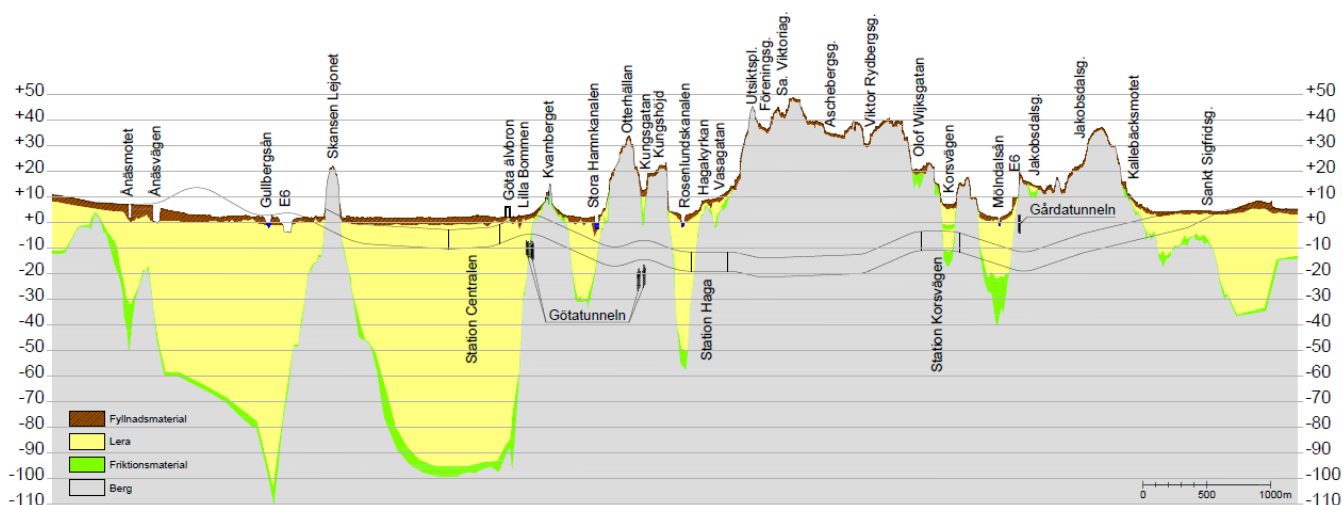
Under 1800- och 1900-talet förändrades dessa områden i takt med att marken bebyggdes. Områdena kring Partihallarna, Gullbergsvass, Centralen, Lilla bommen, och Packhusplatsen torrlades och fylldes ut. Som fyllnadsmaterial användes främst muddermassor från älven och andra schakt- och rivningsmassor. Även Vallgraven grävdes om (och i samband med det ändrade namn till Rosenlundskanalen) i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan.

Göteborg karaktäriseras av låglänta områden längs med Göta älv och övriga vattendrag samt av något mer kuperade bergsområden 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 *fillning* 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 jordartskarta (Figur 2) samt tolkad jordlager- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning, Figur 3.



Figur 2 Jordartskarta över utredningsområdet (utdrag ur SGU:s geologiska karta).



Figur 3 Tolkad översiktlig jordlager- och bergprofil längs Västlänkens sträckning.

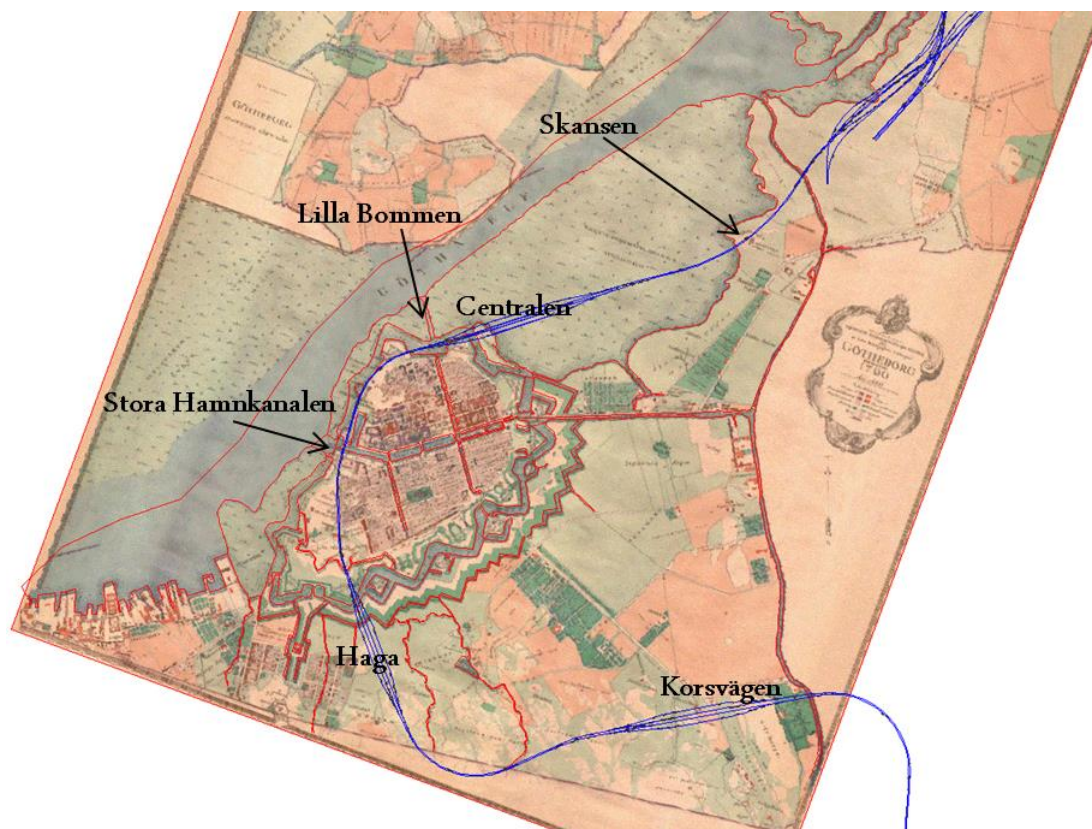
Fyllning

Jordlagren, inom de jordtäckta områdena inom utredningsområdet, 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, (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)

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 inom området. Stora lerdjup, 40 till 100 meter, förekommer längs med den planerade järnvägen inom 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. Stora lerdjup förekommer även inom delar som ligger längre bort från järnvägsområdet men ändå inom utredningsområdet som t.ex. vid Heden.

Leran är generellt svagt överkonsoliderad, högplastisk och mellansensitiv. Lokala mindre områden med högsensitiv lera (kvikclera) har dock påträffats vid Sävenäs, i området kring Mölndalsån vid Liseberg och i Almedal.

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.

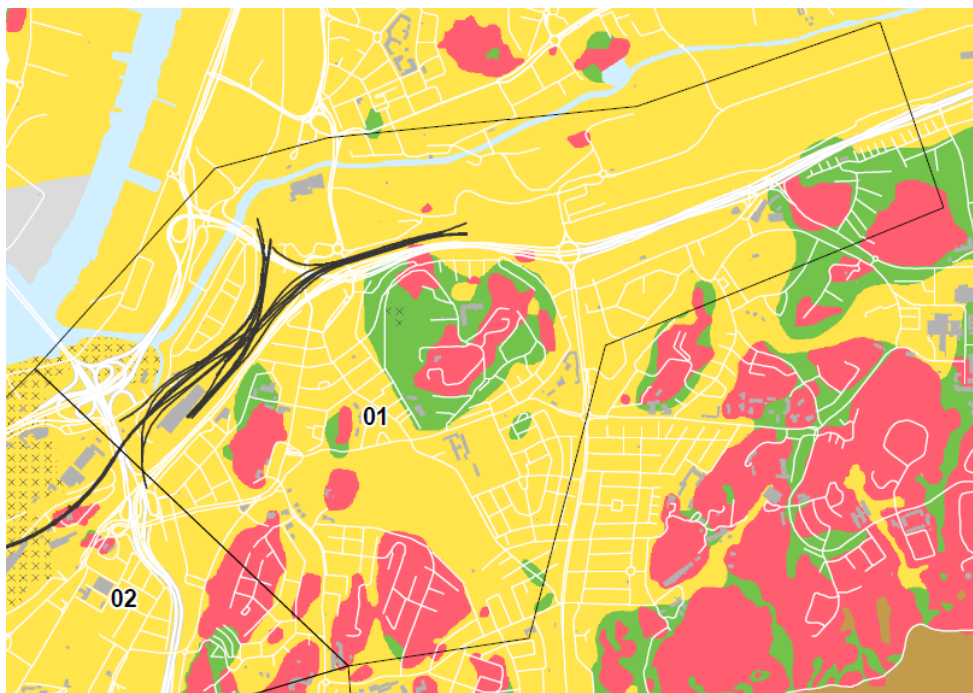
Inom området för Mölndalsåns dalgång underlagras leran av ett mer än 10 m mäktigt lager med friktionsjord. Friktionsjorden består till stora delar av sand men även grövre material som grus, sten och block förekommer.

5 Geoteknisk beskrivning av delområden inom utredningsområdet

5.1 Olskroken

5.1.1 Topografi och områdesbeskrivning

Delområdet Olskroken innefattar en ca 1,5 km lång sträcka mellan Sävenäs bangård i öster till Gullbergsmotet (väg E6) i väster.



Figur 5 Översikt delområde Olskroken (utdrag ur jordarskarta där gult avser lera, grönt isälvsediment samt rött berg).

Området utgörs i huvudsak av järnvägsspår, bangårdar samt gator och vägar. Längs den sydvästra delen av området ligger industri- och lagerområdet Partihallarna. Gullbergsån rinner igenom södra delen av området och mynnar ut i Sävån strax väster om utredningsområdet.

Topografin är relativt flack med nivåer mellan ca +11 längst i öster till ca +2 i området kring Gullbergsån i väster.

Området vid Partihallarna utgjordes ursprungligen till viss del av sankmarksområde som under senare delen av 1800-talet fylldes igen. Gullbergsåns sträckning har inom området förändrats i takt med att marken under 1900-talet bebyggdes. Tidigare hade ån sitt flöde ungefär där E6 ligger idag. I samband med byggandet av E6 och Olskroksmotet på slutet av 1950-talet grävdes Gullbergsån om och kulverterades på delar av sträckan. Områdets utveckling från i början av 1800-talet till 1920-talet illustreras i Figur 6.

Nästan all bebyggelse, som består av industri- och lagerbyggnader, har skett under 1900-talet. Längs med sträckan förekommer ett antal stora infrastrukturanläggningar såsom väg E6, Partihallsförbindelsen, spårområden etc.



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860

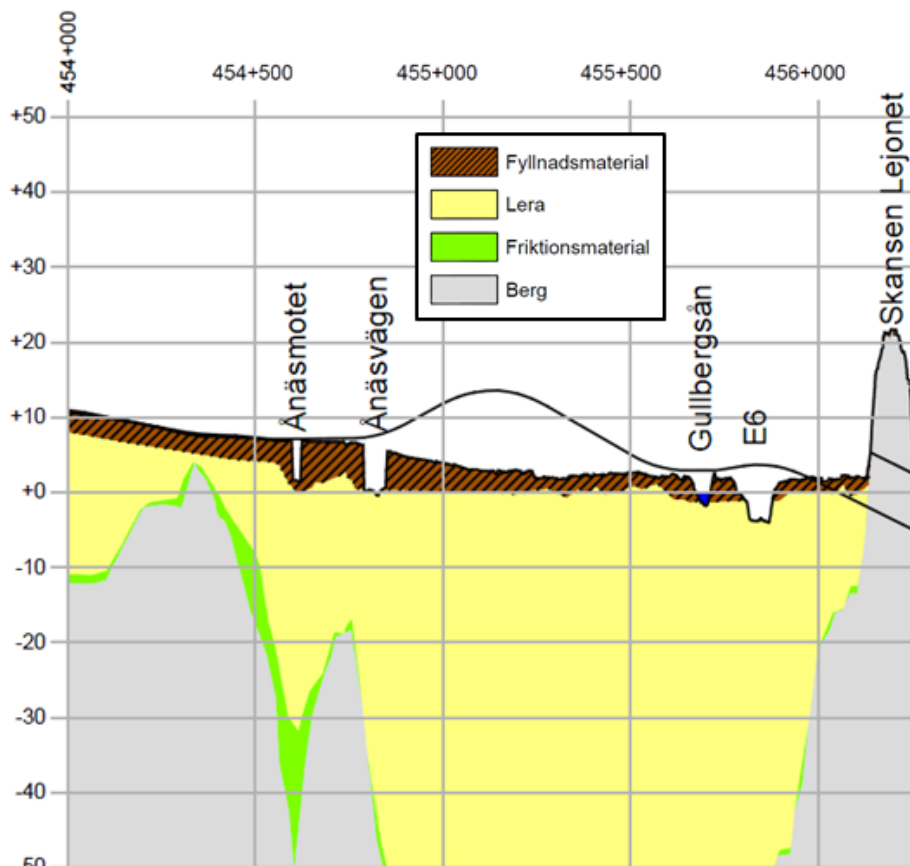


Göteborg år 1923

Figur 6 Historiska kartor som visar utfyllnad samt omläggningar av åarna.

5.1.2 Jordlagerbeskrivning

Figur 7 visar en översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Sävenäs – Olskroken.



Figur 7 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Sävenäs – Olskroken.

Fyllning

Jordlagren inom avsnitt 1 utgörs överst av fyllning med en mäktighet som är ca 1-2 m. Mäktigheten överstiger dock i vissa fall 2 m inom spårområden, gator och vägar. Den översta 0,5-1 metern utgörs av väg- och järnvägsöverbyggnadsmaterial (framförallt hårt packat grus- och stenmaterial). Under överbyggnaderna följer generellt finkornigare material såsom sand, silt och lera men även organisk jord och tegelrester förekommer.

Lera

Under fyllningen återfinns vanligtvis överst ett ca 1-1,5 m mäktigt lager torrskorpelera. Under torrskorpeleran följer en relativt homogen lera vars mäktighet varierar mellan 3-40 m. Leran är lös men blir fastare mot djupet. De minsta mäktigheterna (mellan ca 3-10 m) återfinns strax norr om spårområdet i höjd med korsningen Malmsjögatan/Von Utfallsgatan. Från detta område ökar mäktigheten i såväl västlig som östlig riktning. Norr om Sävenäs station är lermäktigheten 40 m. I västra delen, kring Ånäsmotet och Partihandelsförbindelsen, är lerans mäktighet ca 20-30 m. Lerans mäktighet är i den södra delen av delområde 1 generellt över 60 m. I den södra delen av sträckan, i området kring Gullbergsån, är lerans mäktighet ca 80-90 m.

Söder om Sävenäs station minskar lerdjupet successivt. På avståndet ca 500 m söder om Sävenäs går berget i dagen. I området söder om Gullbergsån är lerans mäktighet ca 60-70 m.

Inom delområdet är lerdjupet mindre i området öster om Sävenäs station där det varierar mellan 0-30 m. I området vid västra sida av Marieholm är leran upp till ca 90 m djup.

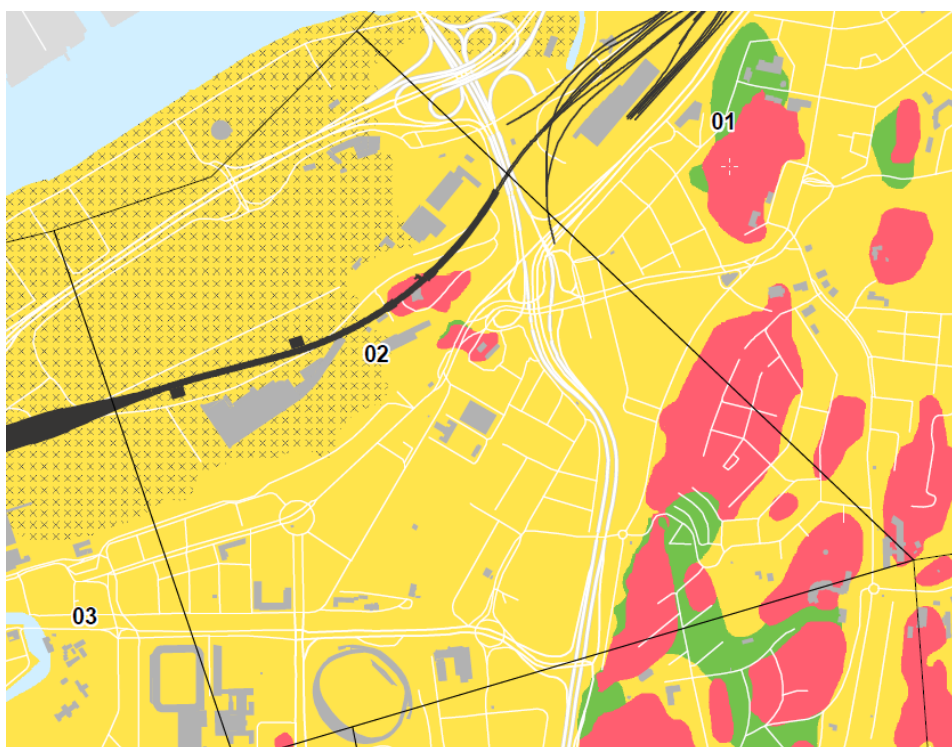
Friktionsjord

Under leran följer ett lager friktionsjord innan berget tar vid. I området kring Munkebäcksmotet och Von Utfallsgatan bedöms friktionsjordens mäktighet vara ca 0,5-2 m. Längs Malmsjögatan bedöms friktionsjordsmäktigheten vara ca 3-10 m med en ökande mäktighet mot väster. Tidigare utförda sonderingar visar att det finns en svacka i berget, i höjd med Ånäsmotet, där friktionsmäktigheten är uppemot 20 m. Från Ånäsmotet avtar mäktigheten i såväl västlig som sydlig riktning. Västerut vid Partihandelsförbindelsen är friktionsjordens mäktighet ca 1-4 m. Längst i norr, vid Partihallsförbindelsen har tidigare utförda hejarsonderingar utförts till stopp ca 5-14 m ner i den underliggande friktionsjorden. Väster om Gullbergsån ökar friktionsjordens mäktighet till att vara större än ca 20 m.

5.2 Olskroken-Station Centralen

5.2.1 Topografi och områdesbeskrivning

Delområdet Olskroken-Station Centralen sträcker sig genom Gullbergsvass från Olskroksmotet i öster till Centralstationen i väster.

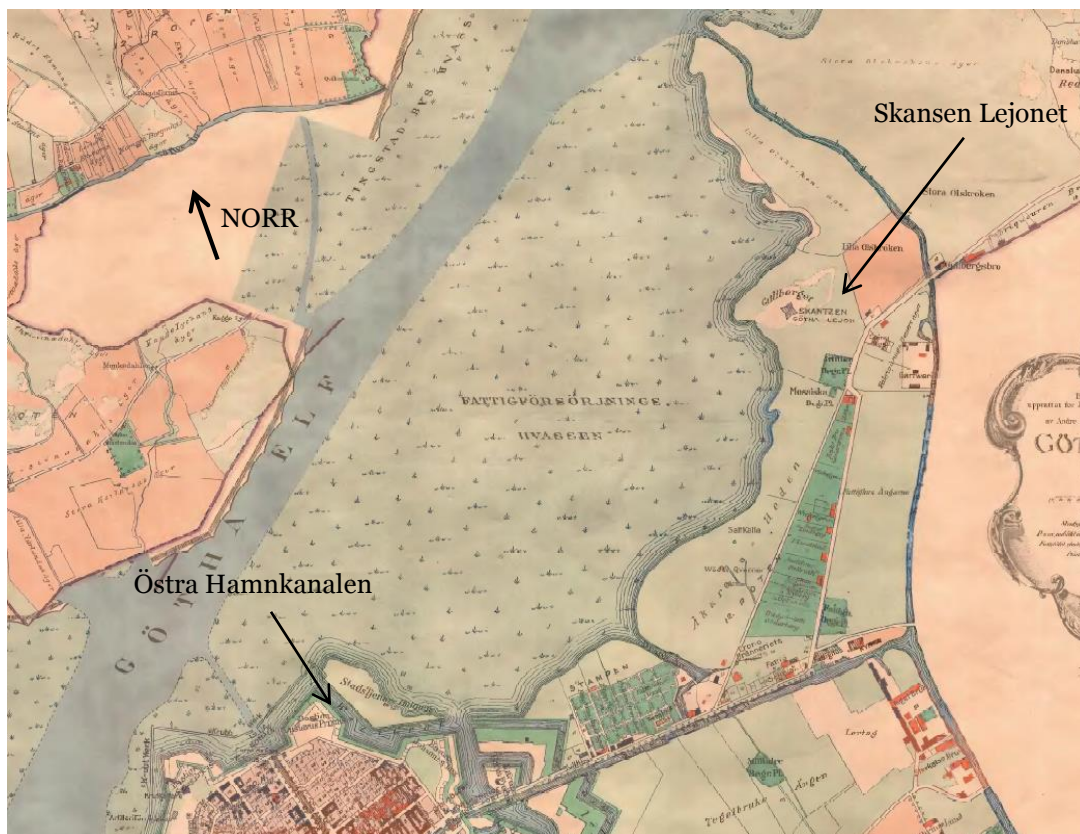


Figur 8 Översikt delområde Olskroken-Station Centralen (utdrag ur hydromodellen).

Markområdena inom delsträckan utgörs främst av vägar, järnvägsområden och naturområdet Gullberget med Skansen Lejonet på toppen.

Marken är relativt plan inom området med marknivåer som varierar mellan ca +0,5 till +2, med undantag för Gullberget som sticker upp drygt 20 m ovan omgivande mark. Marknivån uppe på toppen av Gullberget, där Skansen Lejonet är beläget, är ca +22.

Fram till 1800-talet var hela Gullbergsvass ett grunt vattenområde som benämndes Fattigförsörjningshvassen, se Figur 9. Endast en smal landremsa skilde vattenområdet från berget Skansen Lejonet. Den ursprungliga strandlinjen låg ungefär där spåren in till Göteborg C ligger idag (Midjan).



Figur 9 Historisk karta från 1790 som visar området Gullbergsvass (källa Regionarkivet).



Figur 10 Målning som visar området kring Skansen Lejonet innan Gullbergsvassområdet fylldes ut. Riktningen är västerut mot Centralen.

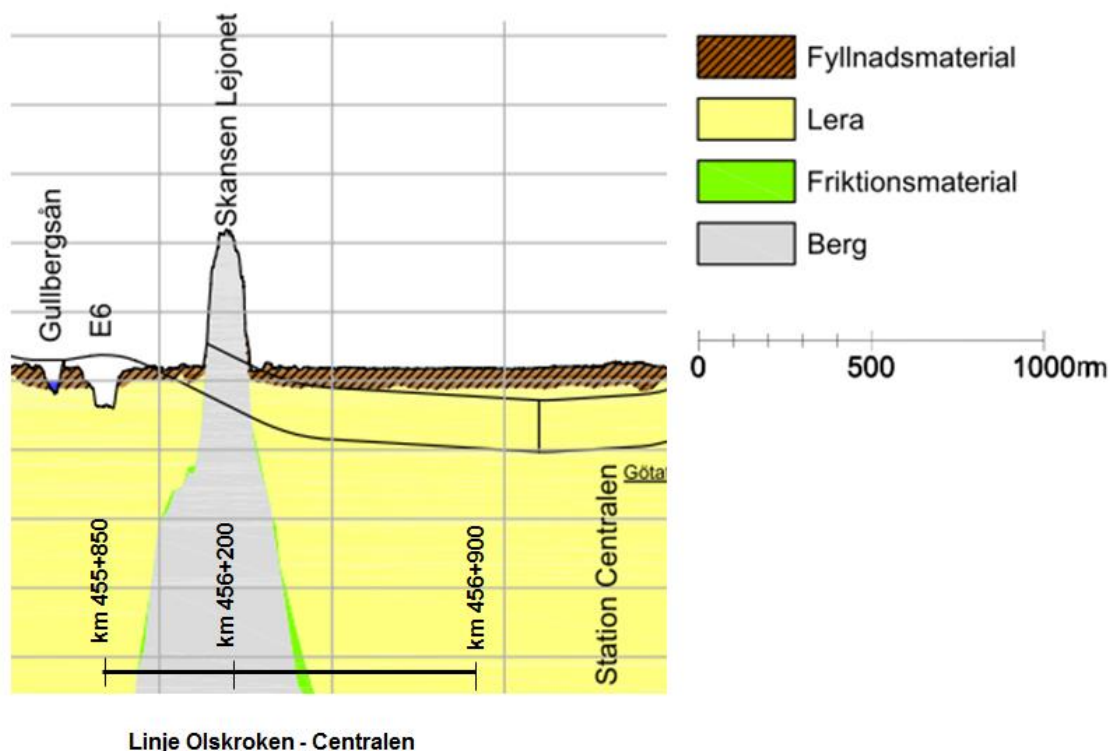
I början av 1800-talet vallades hela området in och torrlades, se Figur 11. Utfyllnaderna fortgick i olika skeden under hela 1800-talet och som fyllnadsmaterial användes muddermassor från älven och andra schakt- och rivningsmassor.



Figur 11 Historisk karta från 1921 med 1790 års karta som skugga i bakgrunden som visar var strandlinjen ursprungligen låg (källa Regionarkivet).

5.2.2 Jordlagerbeskrivning

Figur 12 visar en översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Olskroken – Station Centralen.



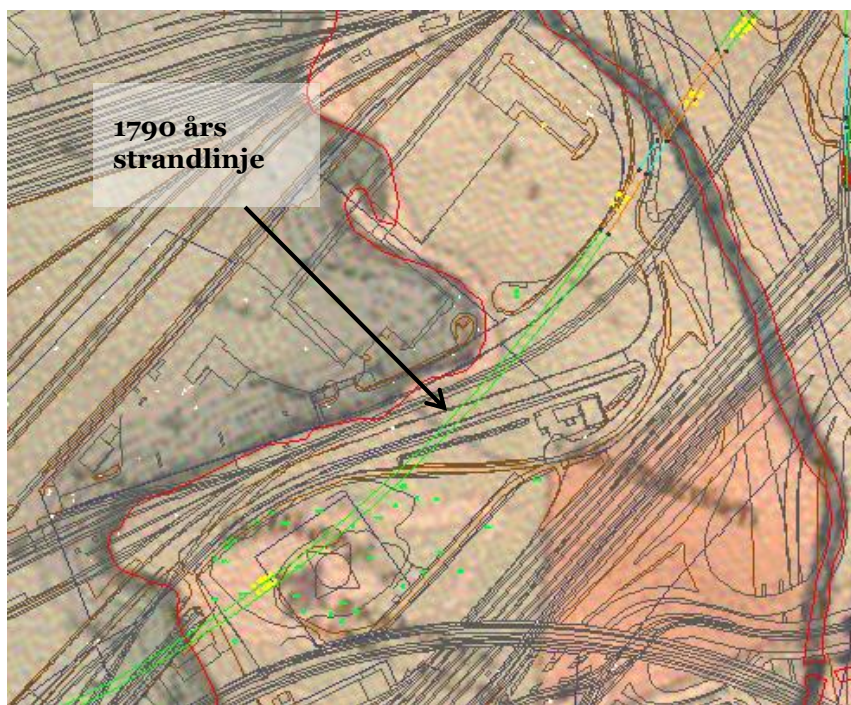
Figur 12 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Olskroken – Centralen.

Efterföljande beskrivning har delats upp i två delområden till följd av att de geotekniska förhållandena varierar längs sträckan. Det första delområdet benämns Olskroken - Skansen Lejonet och det andra delområdet benämns Skansen Lejonet – Centralen.

Jordlagerbeskrivning, Olskroken - Skansen Lejonet

Fyllning

Jordlagren utgörs generellt överst av fyllning. Delområdet ligger innanför 1790 års strandlinje, se Figur 13. Fyllnadsmäktigheterna är generellt 1-2,5 m, vilket motsvarar ner till nivåerna ca +0 till -1. Den översta metern utgörs generellt av väg- och spåröverbyggnadsmaterial bestående av sten, grus, sand, makadam och rivningsrester som härrör från 1900-talet. Under överbyggnadsmaterialen följer finkornigare material såsom sand, silt och lera med tegel- och trärester (som härrör från 1800-talet). Även organisk jord förekommer i den äldre fyllningen.



Figur 13 1790 års strandlinje inom delområde Olskroken – Skansen Lejonet.

Lera

Under fyllningen följer en naturligt avsatt lös lera som blir halvfast till fast mot djupet. Lerans mäktighet är över 60 m vid korsningen med E6 (km 455+850) och minskar därefter snabbt tills berget går i dagen vid Gullberget (ca km 456+140). Utförda CPT-sonderingar visar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Leran är svagt överkonsoliderad och lös men blir fastare mot djupet.

På ett avstånd av ca 200 m söder om området mellan korsningen med E6 och Gullberget ökar lerdjupet till att vara ca 60 m. Lerans mäktighet avtar sedan och vid ca 500 m i sydostligt riktning från spårområdet går berget i dagen. Norr om spåret är lermäktigheten ca 40-50 m för att sedan avta vid älven där lerdjupet är ca 30 m.

Friktionsjord

Leran underlagras av ett friktionsjordslager, bestående av fast lagrad sand och grusig sand, innan berget tar vid. Det underliggande friktionsjordslagret är generellt relativt tunt (ca 0,5-2m).

Berg

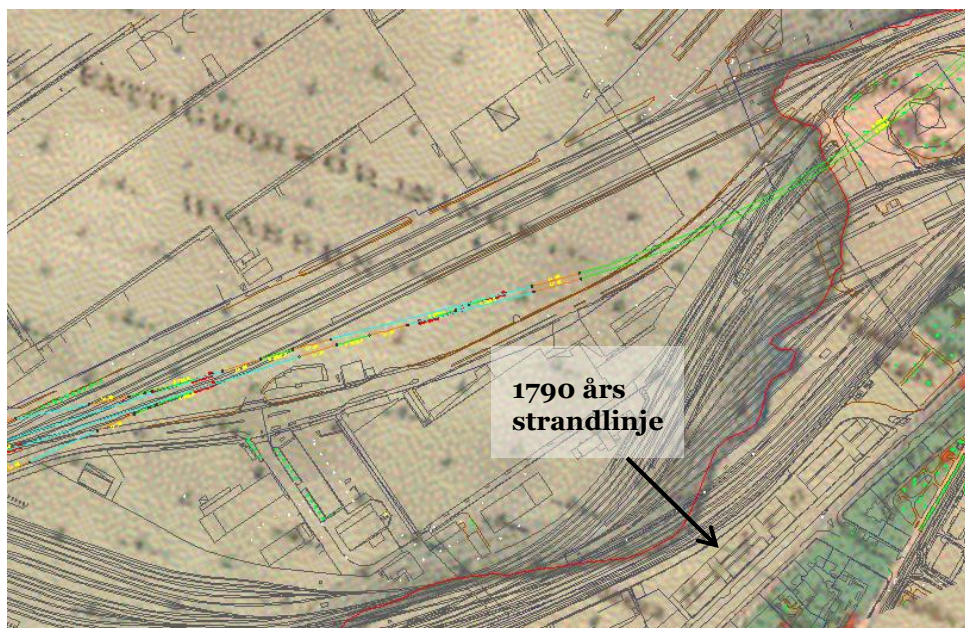
Bergytan bedöms ligga på över 70 m djup under markytan vid korsningen med E6 (km 455+850). Berget grundar därefter snabbt upp för att gå i dagen vid Gullberget (ca km 456+140). Gullbergets topp, där Skansen Lejonet är beläget, ligger på nivån ca +22. I området kring Skansen Lejonet sluttar berget åt öster, väster och norr med en lutning på ca 1:1 till 1:1,5.

Jordlagerbeskrivning, Skansen Lejonet – Centralen

Fyllning

Jordlagren utgörs generellt överst av fyllning. Delar av området ligger utanför 1790 års strandlinje, se Figur 14. Fyllnadsmäktigheterna är ca 2,5-3 m, vilket innebär att överkant naturliga sediment återfinns på nivåerna ca -0,7 till -1,2. Mindre fyllnadsmäktigheter, 1-2 m, påträffas i området närmast Gullberget, som ligger utanför 1790 års strandlinje.

Fyllnadsmaterialen utgörs generellt överst av ca 1-2 m mäktigt lager med väg- och spåröverbyggnadsmaterial bestående av makadam, sten, grus, sand, gatsten, och rivningsrester som härrör från 1900-talet. Under överbyggnadsmaterialen följer finkornigare material såsom sand, silt och lera med tegel- och trärester (som härrör från muddar- och schaktmassor från 1800-talet) samt grundrester från tidigare byggnadsverk. Även organisk jord förekommer i den äldre fyllningen.



Figur 14 1790 års strandlinje inom delområde Skansen Lejonet - Centralen.

Lera

Under fyllningen följer en naturligt avsatt lera till stort djup. Utförda CPT-sonderingar indikerar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Lerans mäktighet varierar från berg i dagen närmast Skansen Lejonet till mer än 60 m djup där sonderingar avbrutits utan att fastare jordlager påträffats. Norr om spårområdet är lermäktigheterna generellt kring ca 40-60 m. Väster om Odinsplatsen är lermäktigheterna ca 60 m. Vid Odinsplatsen och söder därom minskar lerans mäktighet till ca 10 m.

Friktionsjord

Leran underlagras av ett friktionsjordslager innan berget tar vid. I området närmast Gullberget utgörs friktionsjorden generellt av sand och grusig sand, med mäktigheter som varierar mellan ca 2-5 m. Där lermäktigheterna är större har sonderingarna avbrutits utan att fastare jordlager (friktionsjord) har påträffats.

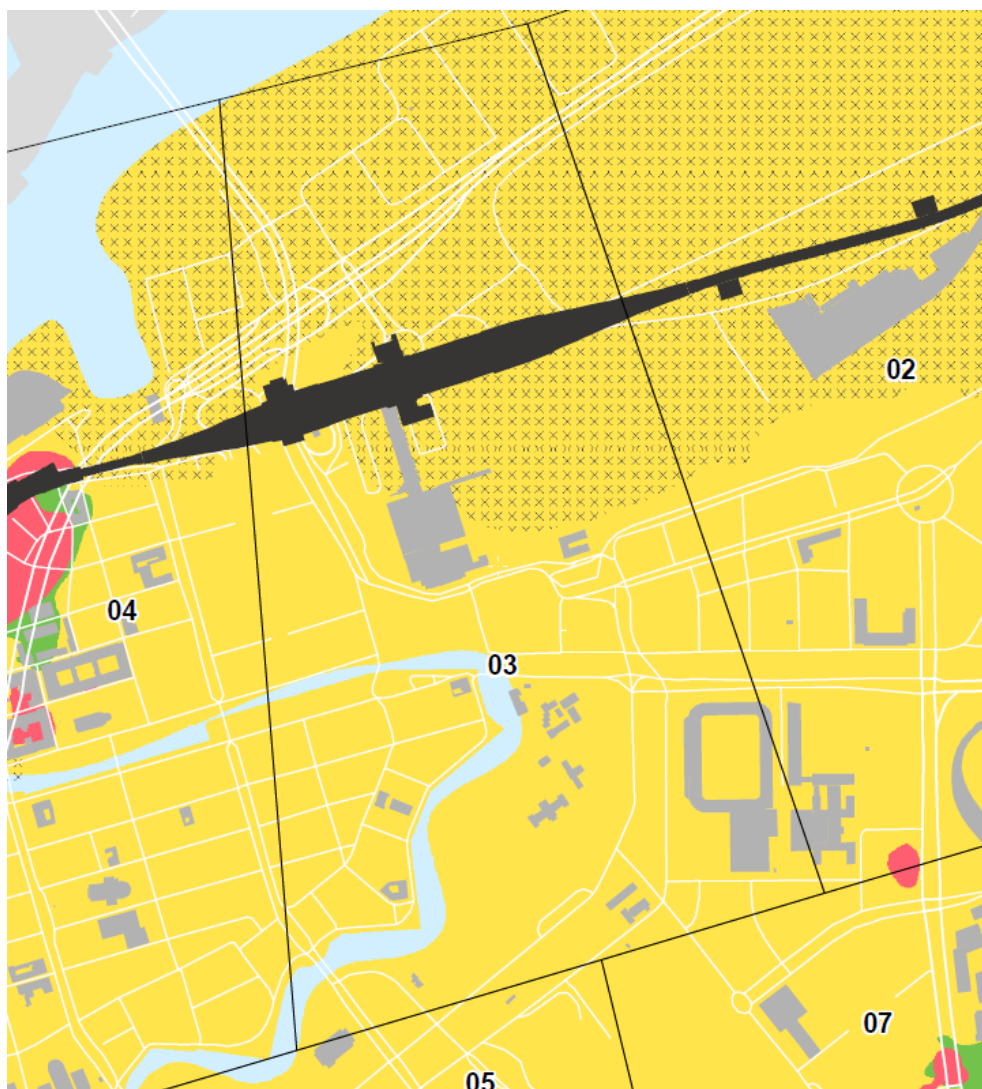
Berg

Gullbergets topp där Skansen Lejonet är beläget, ligger på nivån ca +22. Berget stupar åt väster, norr och öster med en lutning på ca 1:1 till 1:1,5. Djupet till berg varierar stort inom området från att vara i dagen i den östra delen till att befinna sig på mer än 100 m djup i den västra delen.

5.3 Station Centralen

5.3.1 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 är marknivån ca +5. Tillfartsramperna till Götaälvbron ansluter till bron på nivå ca +7,2.



Figur 15 Översikt, Station Centralen (utdrag ur hydromodellen).

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 16. 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.



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



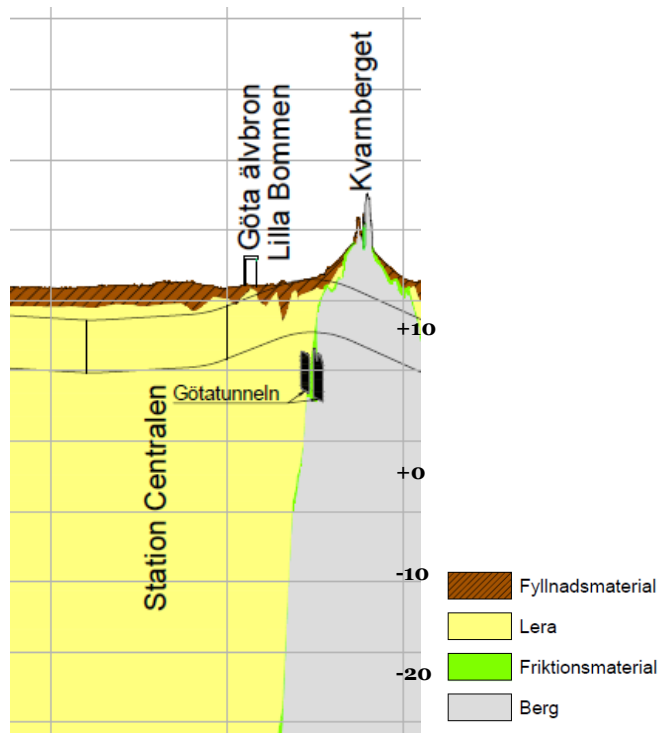
Göteborg år 1921 (med 1790 års karta inlagd i bakgrunden)

Figur 16 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling och utfyllnader under 1800-talet.

5.3.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden inom området 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 17).

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



Figur 17 Översiktlig jord- och bergprofil längs järnvägstunneln sträckning för området mellan Kruthusgatan i öster och Kvarnberget 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 borrpunkter 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.

Lerans mäktighet avtar i riktning mot Drottningtorget där djupet ner till berg är ca 30 m. Söder om Drottningtorget ökar lerdjupet åter snabbt till att vara ca 90 m. Lermäktigheten ökar även i östlig riktning från Drottningtorget till att vara ca 90 m på ett avstånd av ca 150 m. Längre söderut vid Bältespännarparken är lermäktigheten mindre än 10 m.

Lerdjupet är vid Göta älvs strandlinje ca 60 m.

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.

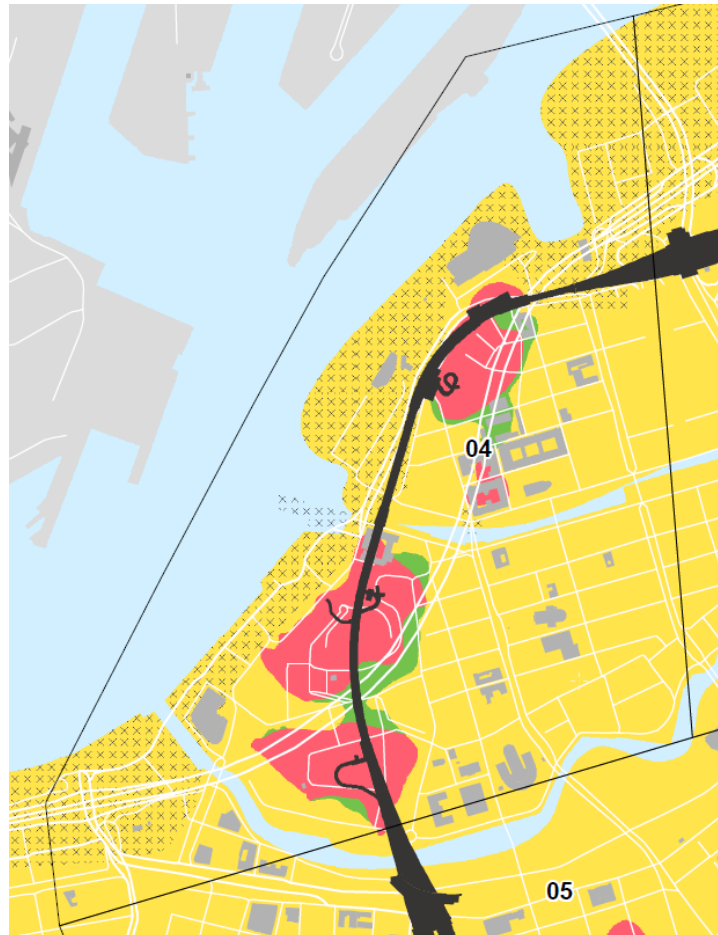
Berg

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.

5.4 Station Centralen – Station Haga

5.4.1 Topografi och områdesbeskrivning

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



Figur 18 Översikt delområde Station Centralen - Station Haga (utdrag ur hydromodellen).

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.

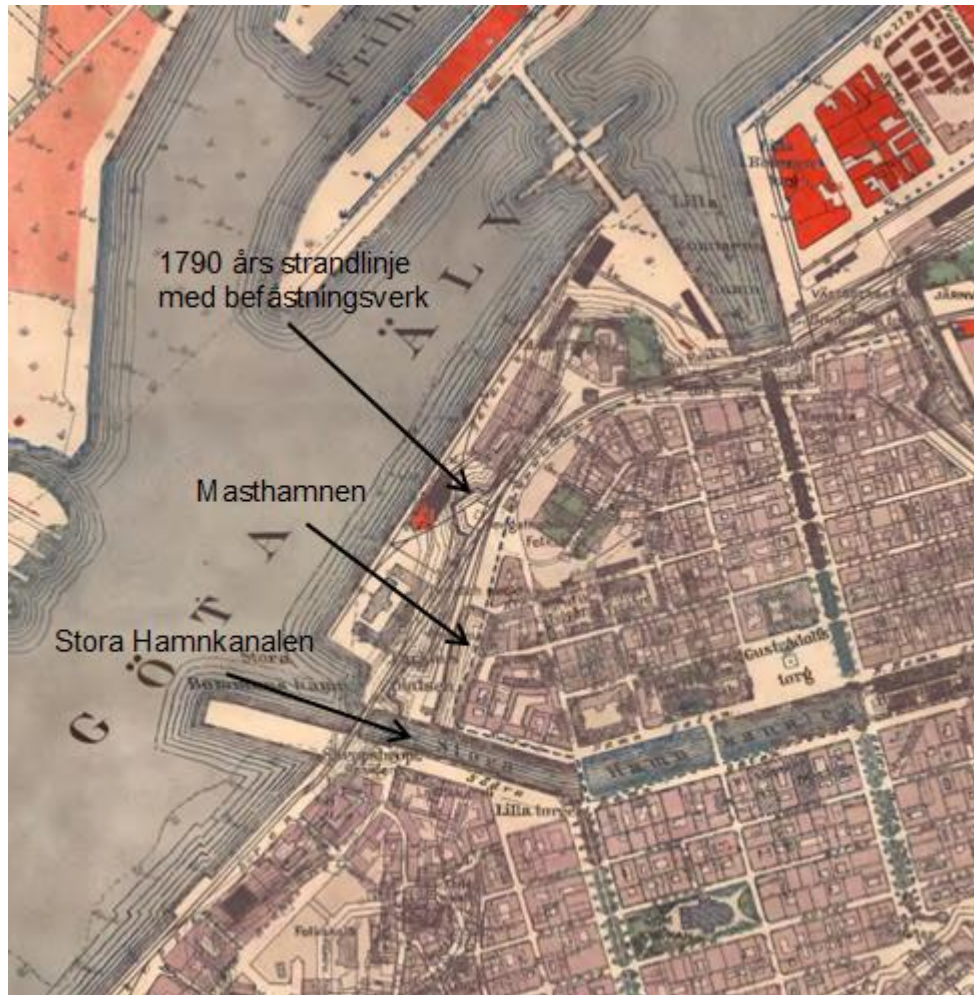
Stora Hamnkanalen är ca 30 m bred och ca 4,5 - 5,5 m djup i förhållande till omgivande markyta.

Söder om Stora Hamnkanalen och Södra Hamngatan stiger markytan upp mot Otterhällan till nivån ca +35 för att på efterföljande sträcka sluta 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 19. 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.

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

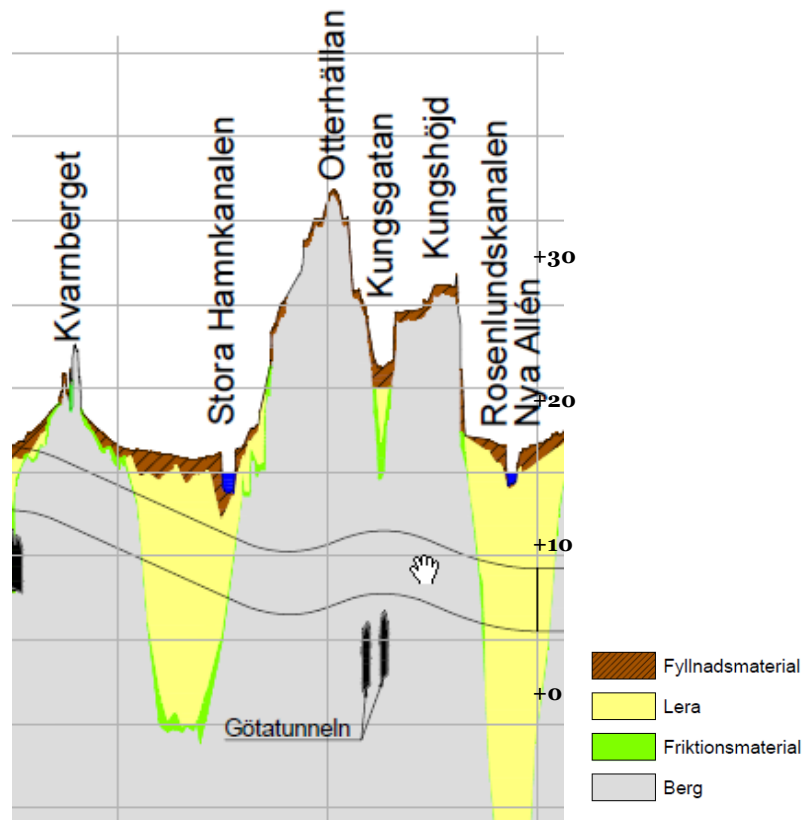
5.4.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållandena varierar stort inom utredningsområdet, 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 20.

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 jorddjupen är

mindre och berget ligger nära markytan, utgörs de naturliga jordlagren i huvudsak av *friktsjord* ovan *berg*.



Figur 20 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. Det 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. Direkt norr om Operan ökar bergdjupet snabbt till vara över 70 m under Göta älv.

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. I anslutning till Götatunnels mynning vid Rosenlundskanalen är lermäktigheten reellt begränsad men ökar snabbt i riktning österut där lermäktigheten är även 100 m.

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

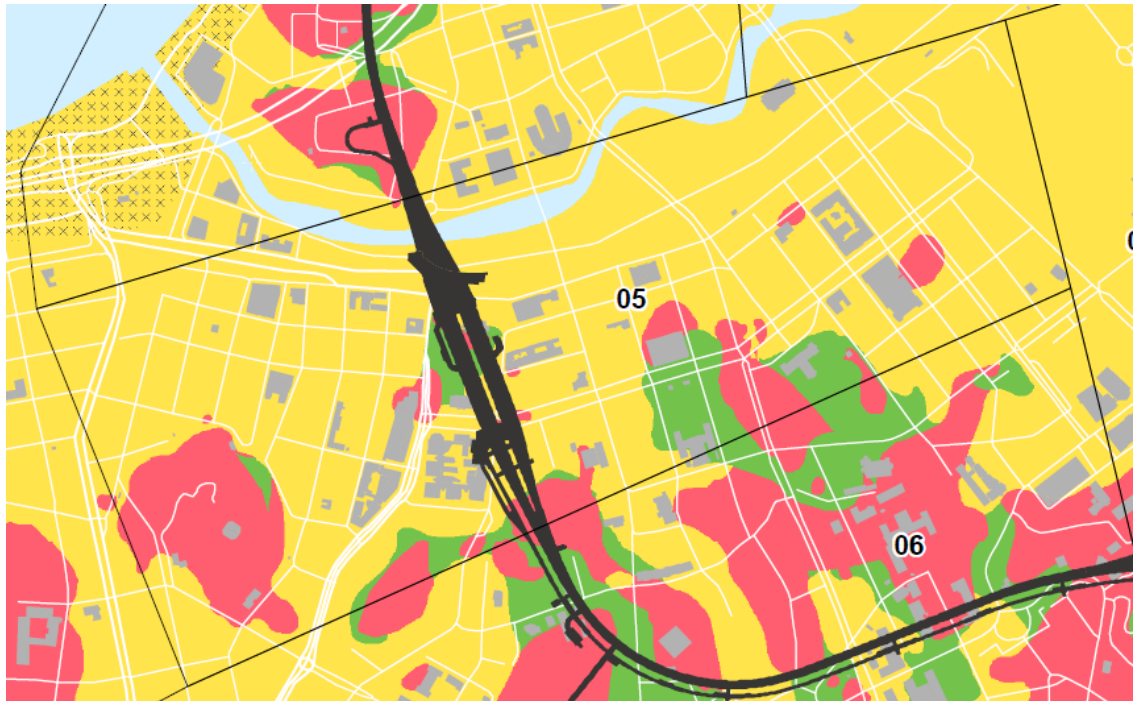
Berget är i dagen uppe på Kvarnberget, med bergnivåer uppemot ca +21. Berget stupar därifrån i nordvästlig, västlig och sydlig riktning för att vid Packhusplatsen ligga på nivåer kring -30 till -35. Strax norr om Stora Hamnkanalen grundar berget upp i riktning mot söder och precis norr om Residenset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

5.5 Station Haga

5.5.1 Topografi och områdesbeskrivning

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



Figur 21 Översikt området Station Haga.

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 området, i anslutning till Rosenlundskanalen och Rosenlundsbron, finns således såväl rester från det gamla befästningsverket som utfyllda områden där den ursprungliga Vallgraven var belägen.



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

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

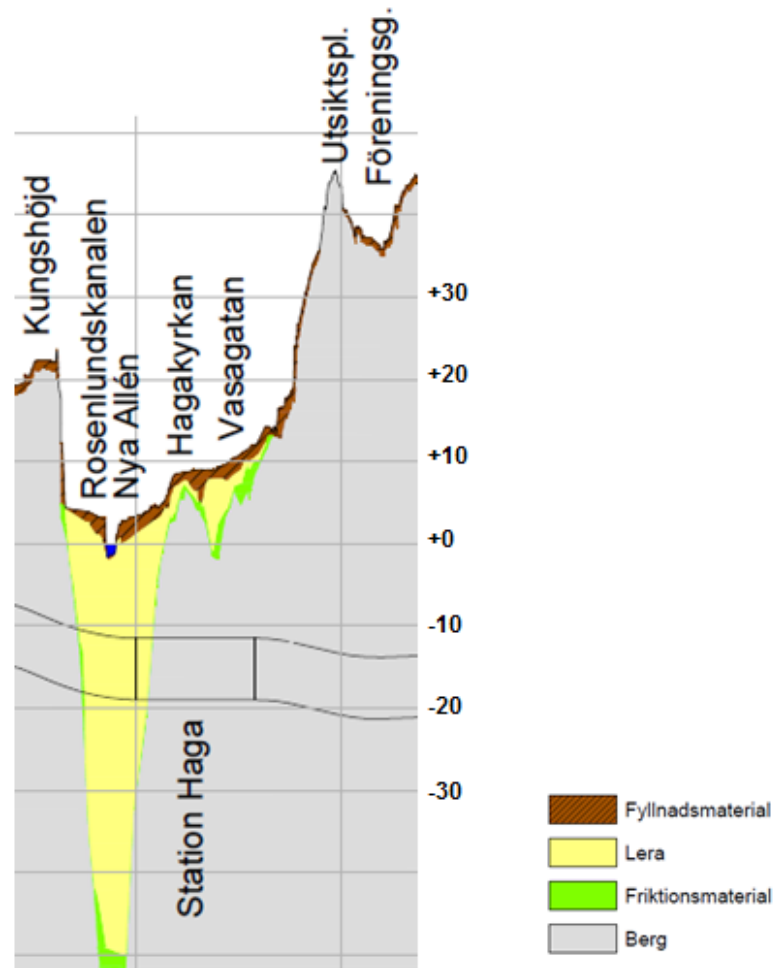
Berget stupar brant från nivån ca +12 uppe på Kungshöjd ner till nivån ca +4 vid Skattehuset (Inom Vallgraven 37:21). Därifrån sluttar markytan sluttar svagt i riktning mot Rosenlundskanalen till nivån ca +2,5 vid kajlinjen. Rosenlundskanalen är ca 30 m bred och ca 3,5-4 m djup i förhållande till omgivande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

5.5.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden varierar stort inom området, från mäktiga jordlager (ca 60 m) invid Rosenlundskanalen 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 grönyterna 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 Rosenlundskanalen 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 Rosenlundskanalen 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 uppemot 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.

Väster om spårområdet ökar lerdjupet till ca 30-40 m för att sedan vara berg i dagen i området vid Skansen Kronan. Norr om Skansen Kronan ökar djupet snabbt och vid korsningen mellan Haga Nygata och Linnégatan är lerans mäktighet ca 60 m.

Öster om spårområdet är lerdjupet generellt mindre och är där ca 0-20 m. Ytterligare österut ökar djupet något och vid Heden är lerans mäktighet ca 30 m.

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.

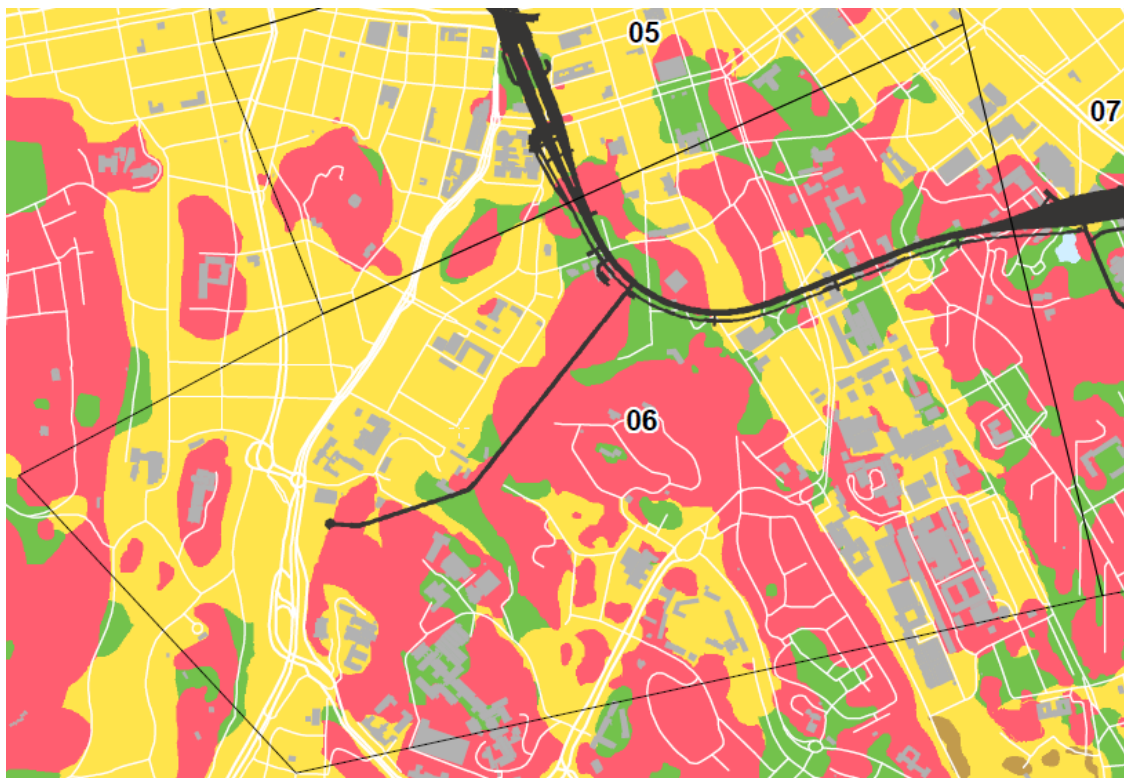
Enligt historiska uppgifter fanns det tidigare en bergtäkt i området där Hagaparken ligger idag. Bergnivåerna varierar inom parkområdet mellan ca +4 till +8 inom de västra och norra delarna och mellan ca +0 till +4 i området kring Samhällsvetenskapliga biblioteket.

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.

5.6 Station Haga – Station Korsvägen

5.6.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området sträcker sig från Föreningsgatan/Övre Fogelbergsgatan i väster till Viktor Rydbergsgatan i öster. Området har lång utsträckning västerut längs med den arbetstunnel som mynnar ut vid Linnéplatsen.



Figur 24 Översikt området Station Haga – Station Korsvägen (utdrag ur hydromodellen).

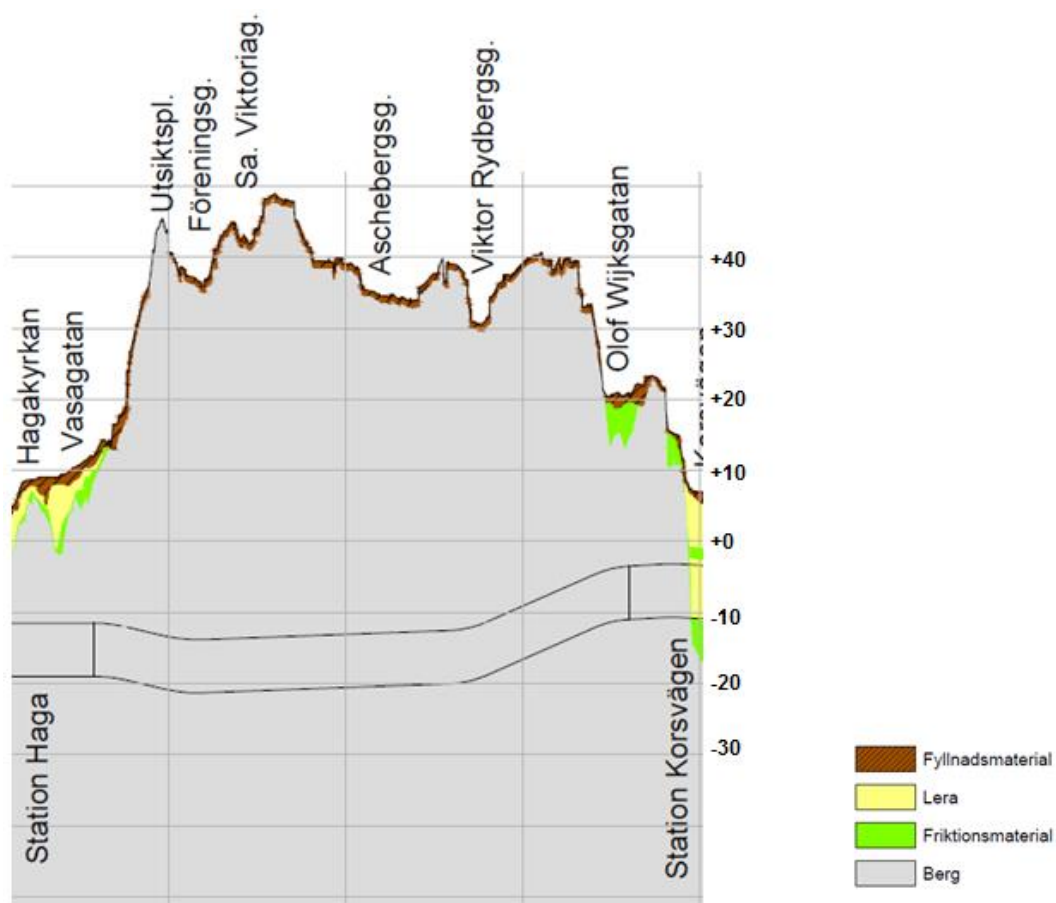
Marken är kuperad och karakteriseras av höjddpartier med berg- och fastmarksområden med inslag av mindre svackor och dalgångar. Markytan ligger som lägst på nivån ca +30 i området kring Viktor Rydbergsgatan i öster och ca +35 vid Kapellplatsen/Aschebergsgatan i de centrala delarna av sträckan. I området 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.

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

Figur 25 nedan visar en översiktlig jord- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning mellan Station Haga och Station Korsvägen.



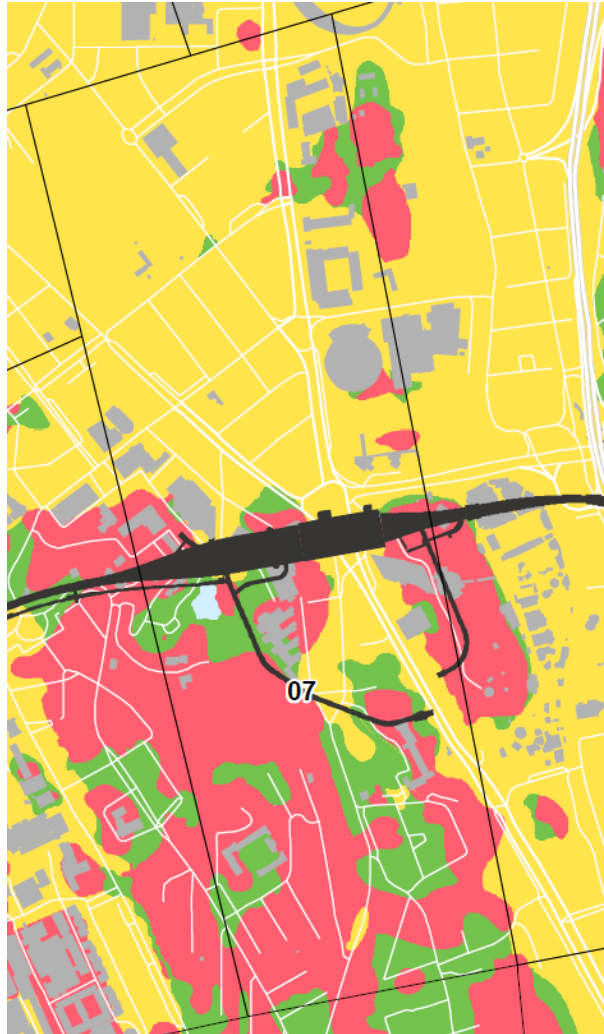
Figur 25 Översiktlig profil för linje Station Haga – Station Korsvägen.

Lerans mäktighet norr om spårområdet är generellt litet med mäktigheter som är under 10 m. Söder om spåret är lerdjupet också litet med djup omkring 0-20 m i allmänhet. I området vid Nordenskiöldsgatan är lerans mäktighet ca 30 m.

5.7 Station Korsvägen

5.7.1 Topografi och områdesbeskrivning

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

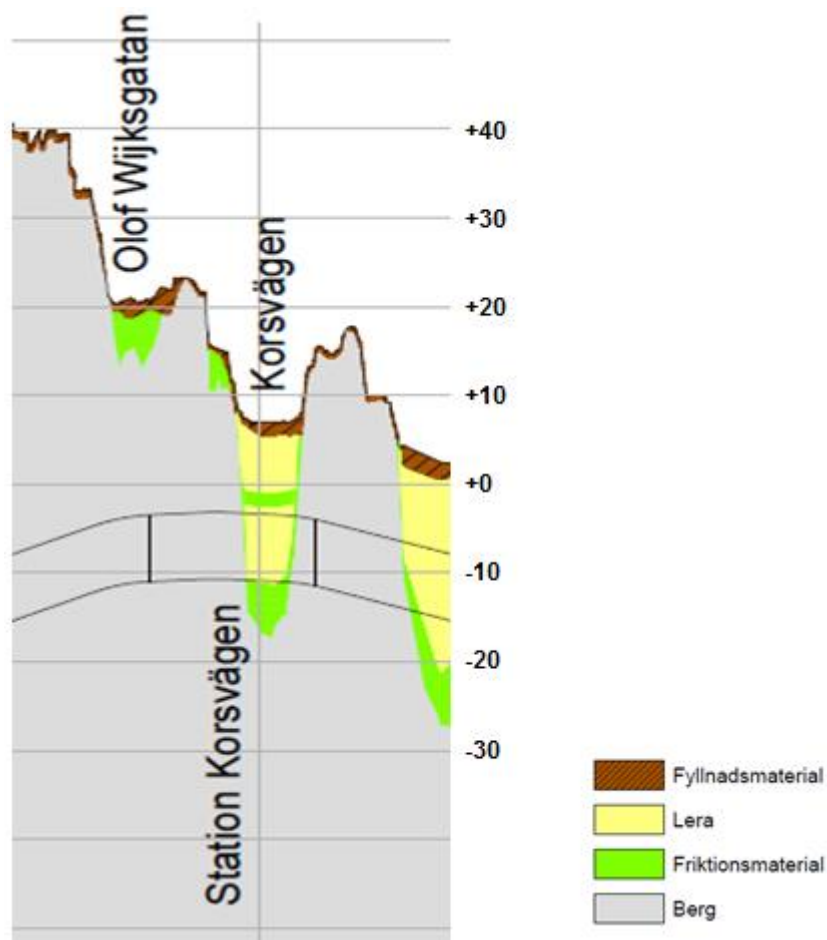


Figur 26 Översikt delområde Station Korsvägen (utdrag ur hydromodellen).

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

5.7.2 Jordlagerbeskrivning

Jordlagerförhållanden varierar stort inom området, vilket framgår tydligt i nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs Västlänkens sträckning genom området för Station Korsvägen Figur 27.



Figur 27 Översiktlig profil av området Station Korsvägen.

Fyllning

I området mellan Viktor Rydbergsgatan och Johannebergs landeri är fyllningens mäktighet ca 0,5–2 m. Fyllnadsmaterialen 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 fyllnadsmaterialen 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 från resultat av utförda borrhningar) består av silt, sand, sten och även block. Dessa skikt ligger, relativt horisontellt i området vid Korsvägen på nivån mellan nivåerna ca ± 0 till -4. Skiktens utbredning har lokaliserats till att endast förekomma i området mellan kvarteret Turmalinen i norr och Världskulturmuseet i söder. Skikten är att betrakta som vattenförande och beskrivs i mer detalj i PM Hydrogeologi. 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 %.

Lerdjupet söder om spårområdet är generellt under 10 m inom hela delområdet. I mittersta delen av delområdet är lerdjupet varierar lerdjupet i regel mellan 0 - 10 m och i den norra delen av delområde är lerdjupet generellt ca 10-20 m. Vid kullen väster om Vallhalla IP finns berg i dagen och lermäktigheten understiger 10 m i områden söder och norr om denna kulle.

Friktionsjord

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 fast lagrad morän/friktionsjord. 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/friktionsjord 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. Jord/bergmaterialets hydrogeologiska egenskaper beskrivs i PM Hydrogeologi.

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.

5.8 Station Korsvägen – Almedal

5.8.1 Topografi och områdesbeskrivning

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



Figur 28 Översikt området mellan Liseberg och Almedal (utdrag ur hydromodellen).

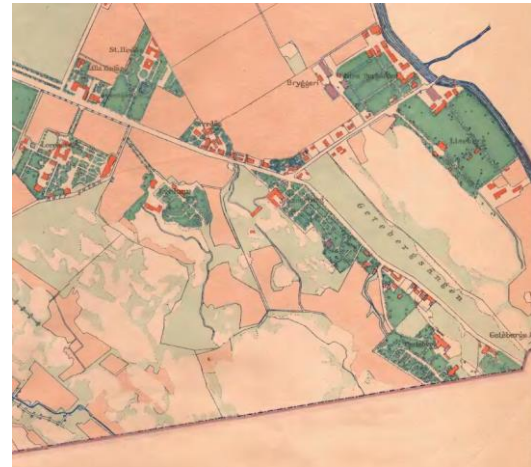
Liseberget sluttar i östlig riktning ned mot gångstråket direkt väster om Lisebergshallen. Markytan sluttar från nivån ca +4 vid Lisebergs entré till ca +2 vid Mölndalsån för att återigen stiga till nivån ca +4 strax väster om E6/E20. Inom norra delen av området ligger E6/E20 på nivån ca +9 och i södra 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.

Mölndalsån 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 29 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.



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



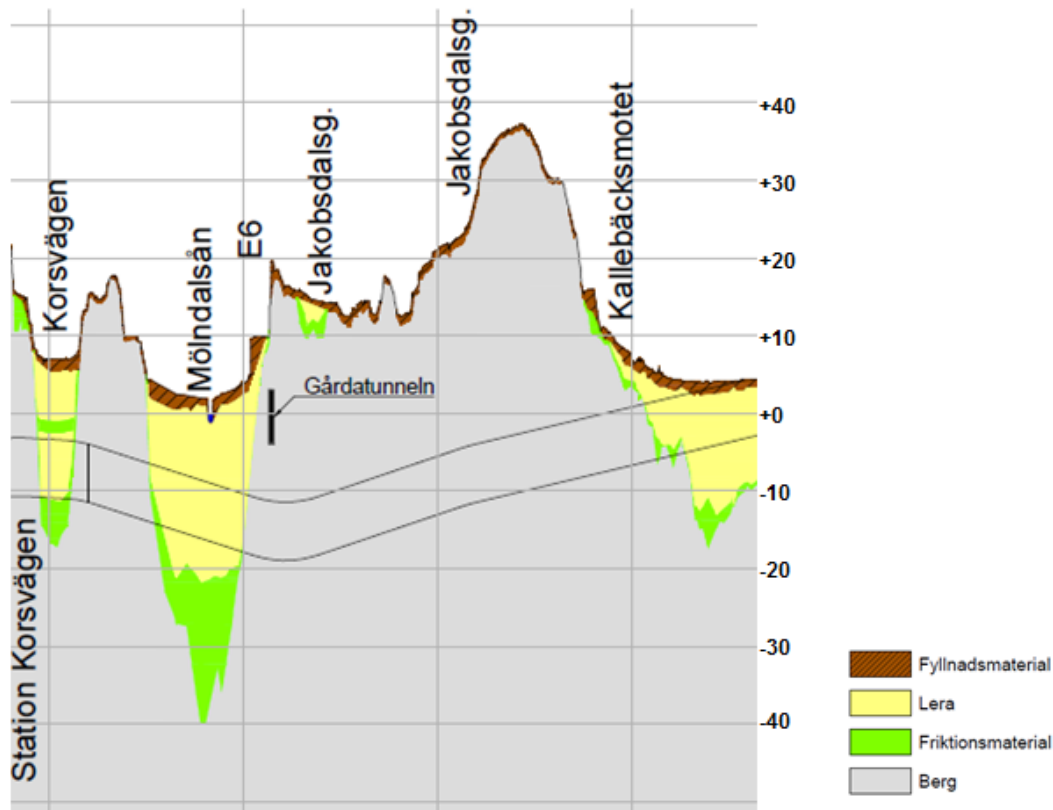
Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 29 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

5.8.2 Jordlagerbeskrivning



Figur 30 Översiktlig jordlager- och bergprofil för sträckan Linje Korsvägen – Almedal.

Fyllning

Jordlagren inom området för Mölndalsåns 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 avfartsramporna 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.

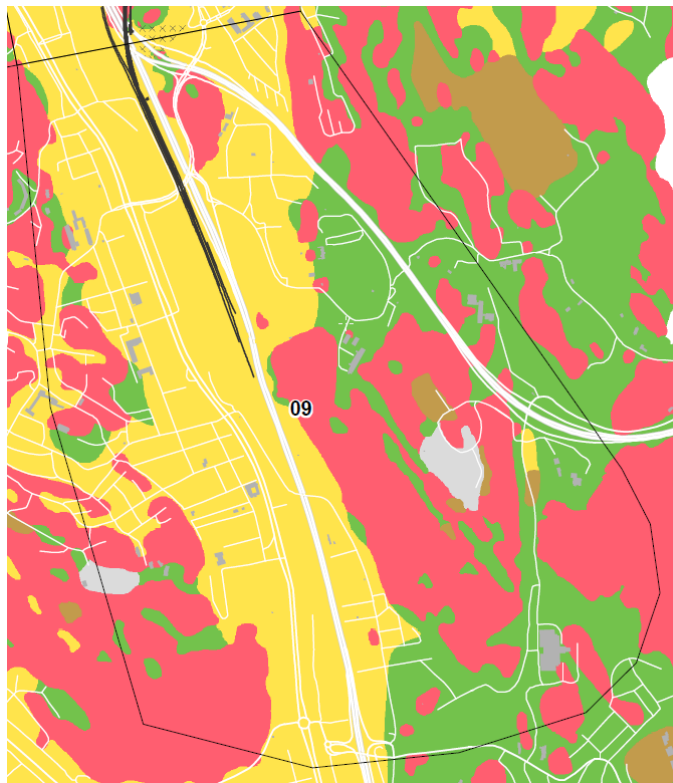
Berg

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.

5.9 Almedal

5.9.1 Topografi och områdesbeskrivning

Delområde Almedal sträcker sig från Kallebäcksmotet och ansluter till Väst kustbanan söderut.

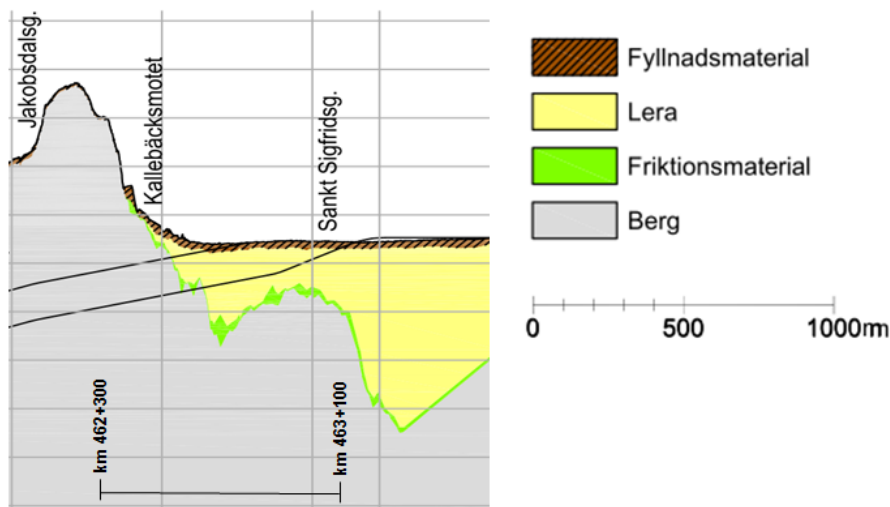


Figur 31 Översikt delområde Almedal (utdrag ur hydromodellen).

Området domineras av E6/Rv40, Väst kustbanan och Almedalsvägen med deras väg- och spår områden. Fram till 1970-talet låg det fabriksbyggnader där Kallebäcksmotet ligger idag. Marken sluttar generellt flackt från E6:an ner mot Lyckholms fabriker och Almedalsvägen, med undantag närmast Kallebäcksmotet där det är något brantare. Markytan i E6:ans södergående körfält ligger på ca +5 till +6 vid Kallebäcksmotet och markytan inne på Lyckholms fabriker och i Almedalsvägen ligger på ca +3 till +4.

5.9.2 Jordlagerbeskrivning

Figur 32 nedan visar översiktlig jord- och bergprofil för området.



Figur 32 Översiktlig profil över området Linje Almedal.

Fyllning

Jordlagren utgörs överst av fyllning. Fyllnadsmäktigheterna är ca 1-1,5 m och utgörs generellt av väg- och spårbyggnadsmaterial (makadam, grus och sand). I enstaka punkter har finkornigare jord som silt, lera och organisk jord samt tegelrester påträffats i fyllningen. Fyllnadsmäktigheten är lokalt högre i anslutning till väg E6 och Västkustbanan där väg respektive järnvägsprofilerna ligger högre än omgivande mark.

Lera

Under fyllningen följer generellt ett naturligt avsatt lager lera. Vid Kallebäcksmotet följer ett lager friktionsjord direkt under fyllningen innan berget tar vid. Friktionsjordslagrets mäktighet varierar här mellan ca 2-5 meter. Leran närmast under fyllningen är av torrskorpekaraktär. Utförda CPT-sonderingar visar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Väster om spåren (inne på Lyckholms fabriker och längs Almedalsvägen) varierar lerans mäktighet mellan ca 7-20 m och strax öster om spåren varierar lerans mäktighet mellan ca 1-15 m. Lerans mäktighet är som störst i höjd med Skårs Led och minskar från denna del av området i såväl nordlig som sydlig riktning

Friktionsjord

Under leran följer som regel ett lager friktionsjord bestående framförallt av sand och grus men även block förekommer. Friktionsjordslagrets mäktighet är ca 0,5-2 m och vilar på det underliggande berget.

Berg

Sonderingar har utförts till bergstopp inom området mellan Kallebäcksmotet och bron över Almedalsvägen. Berget sluttar generellt mot sydväst från Kallebäcksmotet och E6:an ned mot Lyckholms fabriker och Almedalsvägen. I E6:ans södergående körfält är bergnivån ca +3 närmast Kallebäcksmotet och ca -10 strax väster om spåren inne på Lyckholmensfabriker. I höjd med Skårs led är bergnivån ca -16 till -18 på den västra sidan av spåren och ca -10 till -14 på den östra sidan av spåren. Lägre söderut vid bron över Almedalsvägen är bergnivån ca -4 på den östra sidan av spåren och ca -10 på den västra sidan av spåren.

6 Pågående sättningar och sättningsmätningar

I Göteborgsområdet pågår sättningar i marken sedan lång tid tillbaka. Sättningarna är orsakade av belastningar på leran, från utfyllnader, äldre bebyggelse med äldre grundläggning samt grundvattenpåverkan. Marksättningar är särskilt märkbara i övergångarna mellan pålade eller grundförstärkta konstruktioner och oförstärkt mark.

En omfattande inventering av pågående sättningar i mark, byggnader samt andra anläggningar har utförts och pågår inom ramen för projekt Västlänken. Nya mätpunkter/sättningsdubbar har installerats i samband med framtagandet av järnvägsplan och systemhandling. Resultaten från sättningsmätningarna redovisas i separata PM, se avsnitt 2.3 samt i Trafikverkets mätdatabas för Västlänken (TMO Västlänken). Sättningsuppföljning pågår och planeras att fortsätta före, under och efter byggandet av järnvägsanläggningen.

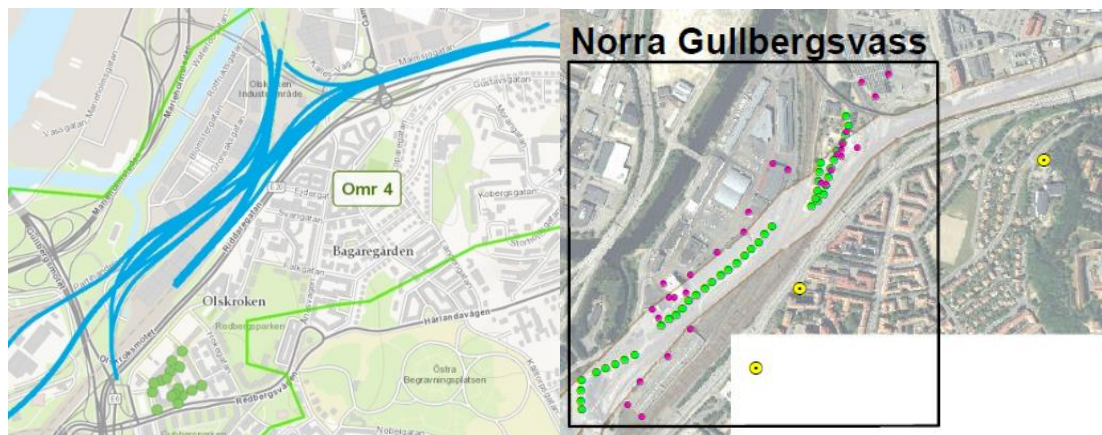
Under anläggningskedet (som varar i ca 9 år) kommer de pågående sättningarna fortsätta med samma sättningshastighet som beskrivits i detta kapitel samt i övriga handlingar enligt ovan. Detta innebär i grova drag att pågående sättningar kommer generellt utbildas med storleksordningen 5-10 cm bara under tiden för byggandet av Västlänken.

6.1 Olskroken

Marksättningar pågår sedan lång tid tillbaka i området. Marksättningarna är särskilt märkbara i övergångarna mellan pålade eller grundförstärkta konstruktioner och oförstärkt mark.

Sättningsinventeringen har visat på att sättningsuppföljning inom ett fåtal kvarter har pågått sedan år 1987 med den senaste mätningen gjord under år 2010. Dessutom har ett antal mätpunkter/sättningsdubbar av olika slag installerats inom ramen för AKF05 med en placering enligt nedanstående översiktsfigur (Figur 33). Dessa nollmättes under våren/sommaren år 2013.

Sättningshastigheten varierar mellan delområdena likaväl som inom delområdena.



Figur 33 Mätpunkter längs Västlänkens korridor (till vänster) samt närliggande punkter som identifierats under pågående inventering (till höger).

Sättningshastigheten varierar inom delområdet. Prognos av marksättningar i området påvisar pågående sättningar med följande omfattning:

Område/delsträcka	Sättningshastighet
Öster om Partihallsbron	ca 5 mm/år
Partihallsbron-Gullbergsån	ca 5-8 mm/år
Väster Gullbergsån	ca 12 mm/år

Prognosen ovan gäller för markområdena i anslutning till Västlänken. Generellt ökar sättningshastigheten i riktning mot älven.

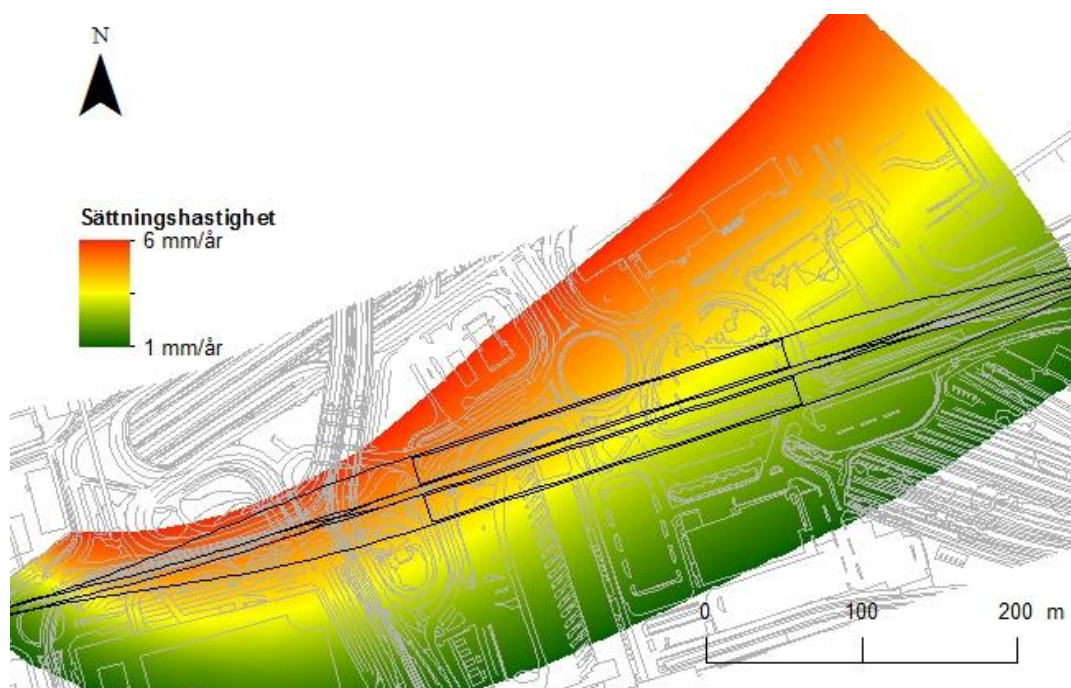
6.2 Station Centralen

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 34.

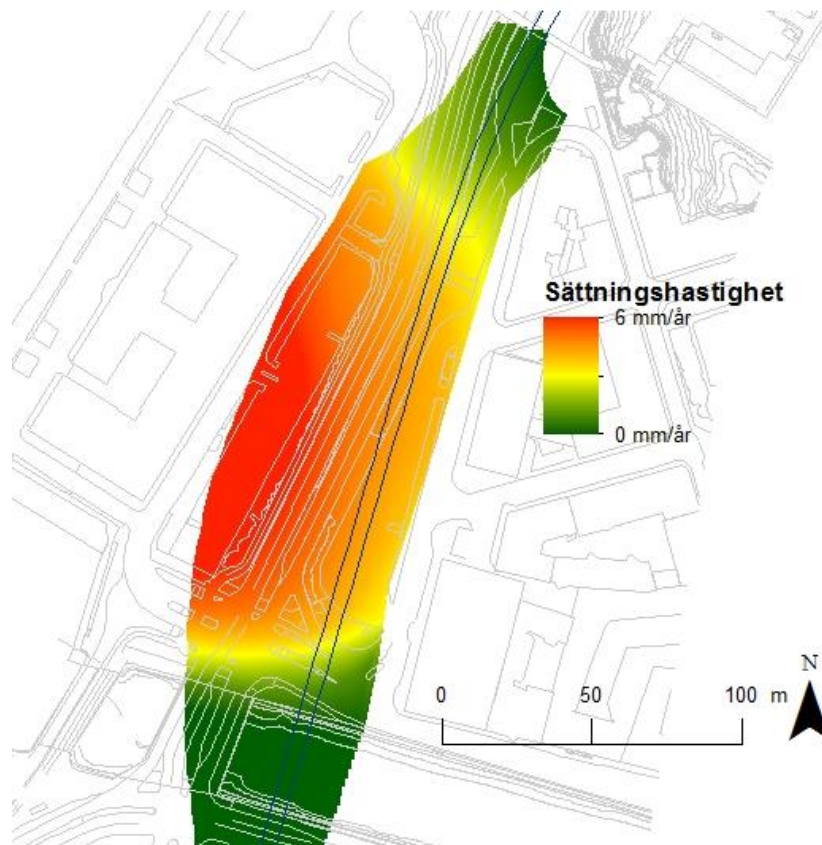
Sättningsmätningar i gatumarken närmast norr om köpcentrumet Nordstan visar på en låg pågående sättningshastighet (<1 mm/år). Den lägre sättningshastigheten beror sannolikt på avlastning av jordlagren till följd av byggnadernas källarplan men även på grund av att detta område ligger innanför befästningsverken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



Figur 34 Pågående marksättningar inom Station Centralen.

6.3 Station Centralen – Station Haga

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

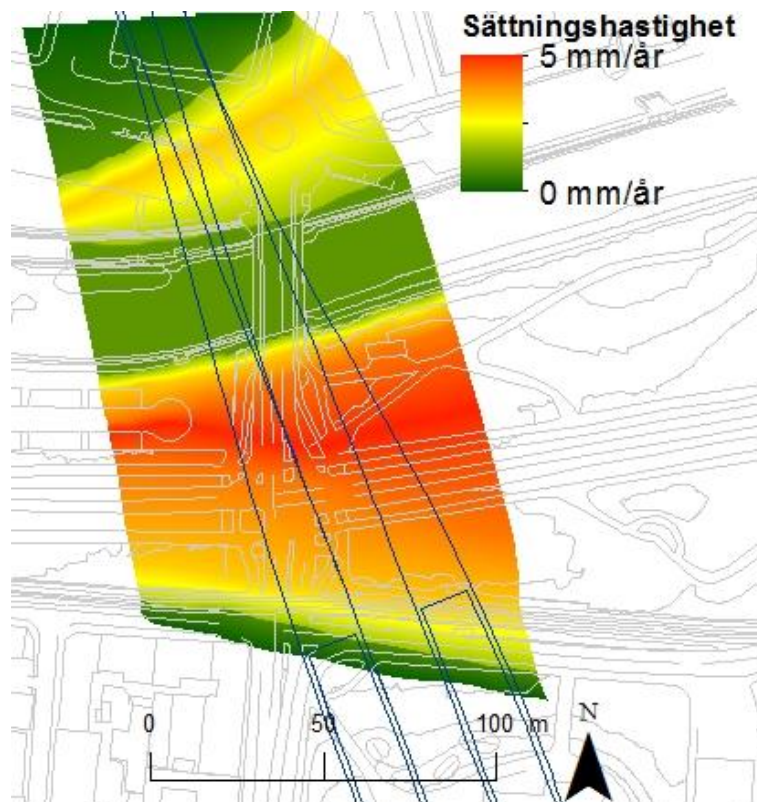


Figur 35 Pågående marksättningar inom området för Packhusplatsen.

6.4 Station Haga

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 porttrycksförändringar 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 hela lerprofilen. Sättningarnas storlek avtar i riktning söderut, i takt med att lermäktigheterna minskar (Figur 36).



Figur 36 Pågående 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.

6.5 Station Haga – Station Korsvägen

Det bedöms inte pågå några sättningar i området i anslutning till den planerade järnvägsanläggningen på sträckan mellan Station Haga och Station Korsvägen på grund av små jordmäktigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

6.6 Station Korsvägen

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 jordmäktigheter, 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.

6.7 Station Korsvägen – Almedal

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 portrycksförändringar på grund av förändrade dräneringsförhållanden av tidigare byggnationer 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 jordmaktigheter, berg i dagen eller berg nära markytan.

6.8 Almedal

Lerans spänningssituation inom området Almedal 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 portrycksförändringar på grund av förändrade dräneringsförhållanden och dels från last av äldre byggnader som har grundlagts på korta kohesionspålar. Sättningshastigheten bedöms till 5-10 mm/år och bedöms pågå till ca 10 m djup.

7 Underlag från den hydrogeologiska modellen

I samband med uppdraget att ta fram erforderliga handlingar för ansökan om tillstånd till vattenverksamhet för rubricerat projekt har en omfattande hydrogeologisk modell tagits fram (benämnd "hydromodellen"). Hydromodellen syftar till att identifiera riskobjekt som har en grundläggning som är känslig för grundvattennivåpåverkan i både det övre magasinet och i det undre magasinet.

Detta PM utgör ett av underlagen för identifiering av alla riskobjekt som kan påverkas negativt av en trycksänkning i det undre magasinet i samband med byggande och drift av Västlänken och Olskroken planskildhet.

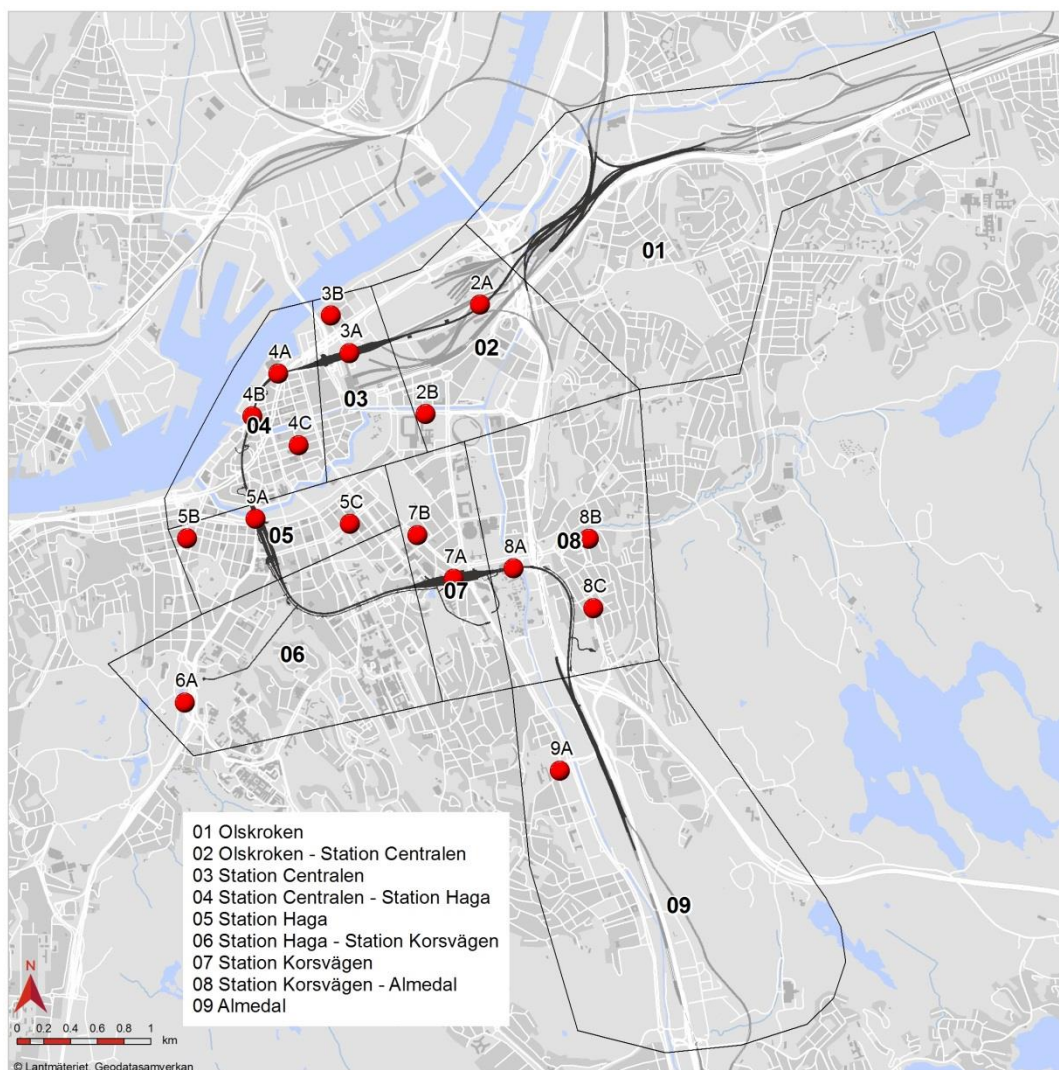
Enkelt kan förfarandet beskrivas genom att hydromodellen definierar det område som kan påverkas av en trycksänkning i det undre magasinet. Där detta område sammanfaller med område med lös (blöt) lera erhålls områden där risk för sättning till följd av grundvatten-sänkning föreligger. Samtliga byggnaders grundläggning inom utredningsområdet har inventerats i samband med detta uppdrag. De objekt som vid inventering bedömts ha sättningskänslig grundläggning (grundläggning som ej för ner last från byggnad till fastmark eller berg) och som ligger inom område där risk för sättning enligt hydromodellen föreligger räknas som riskobjekt.

8 Sättningskänslighet vid påverkan av trycksänkning i det undre magasinet

8.1 Omfattning sättningsanalyser

Sättningsanalyser för en eventuell avsänkning i det undre grundvattenmagasinet har utförts inom ett antal representativa områden inom utredningsområdet, se Figur 37. I denna PM utförs ingen diskussion om själva risken för en grundvattenpåverkan utan för detta hänvisas till PM Hydrogeologi. Detta innebär att beräkningar utförs med olika trycknivåsänkning i syfte visa på konsekvensen av en oönskad trycknivåsänkning. Dessa olika beräkningsscenarior ska inte på något sätt tolkas som förväntade scenarior utan beräkningarna utgör endast underlag för konsekvensbedömning.

Utvalda områden för sättningsanalys ligger både i direkt anslutning till Västlänken (t.ex. Lilla Bommen, Packhusplatsen, Haga, Korsvägen och Liseberg/Mölnbådan) samt inom områden som kan påverkas av en trycksänkning som sker som en följd av byggande eller drift av Västlänken.



Figur 37 Översikt representativa sättningsanalyspunkter

Syftet med analyserna är att ge en övergripande bild av vilka sättningar som kan uppstå inom olika områden vid en trycksänkning i det undre grundvattenmagasinet.

Då de geotekniska förhållandena (se vidare beskrivning samt parametrar i bilaga 1) varierar stort kring de studerade platserna har, för att ge en övergripande bild av effekten, fyra generella jorddjup till underkant lerlager valts att studeras inom respektive område (i regel djupen 10, 20, 40 resp. 60 m). Dessa djup har valts för att de anses vara representativa för många områden i Göteborg samt för att kunna beskriva skillnaden mellan olika lerdjup. Analyserna har utförts för fyra olika storlekar på trycksänkning i det undre grundvattenmagasinet. Storleken på en eventuell trycksänkning har ansatts till 5, 10 20 och 40 kPa för respektive jorddjup. Nivåerna på trycknivåsänkningar har valts för att de ska utgöra ett spann från en liten till en stor förändring i trycknivån i det undre grundvattenmagasinet. För mer detaljer och resonemang kring frågeställningen om eventuell påverkan på trycknivåer i det undre grundvattenmagasinet hänvisas till PM Hydrogeologi.

Storleken på en eventuell sättning är vidare helt beroende av under hur lång tid som avsänkningen pågår. Beräkningar har därför även utförts för att redovisa sättningsförloppet inom dessa områden i relation till tiden som trycksänkningen pågår. Redovisning avser att visa på såväl mycket korta tidsperspektiv som effekter av längre perioder med pågående trycksänkning.

En översiktlig sättningsanalys har även utförts för en tillfälligt större avsänkning i Rosenlund/Haga som pågår under en mycket kort period (70 kPa). Avsikten med beräkningen är att illustrera vilken sättning som uppstår vid ett sådant scenario om ingen åtgärd skulle genomföras för att motverka avsänkningen.

8.2 Beräkningsförutsättningar

Det finns ett antal faktorer som påverkar sättningsförloppet i leran vid en avsänkning i det undre grundvattenmagasinet.

Mest avgörande är dock lerans mäktighet och lerans spänningshistoria, det vill säga om leran historiskt har varit utsatt för på- eller avlastningar. En lera som historisk har utsatts (konsoliderats) för högre laster än vad den är utsatt för idag är mindre sättningsskänslig än vad som gäller för en lera som inte utsatts för några tidigare belastningar. Leran sättningsskänslighet beror därmed till stor del av dess förkonsolideringstryck (visar ett mått på den högsta belastning som leran utsatts för) som med stor säkerhet kan mätas. Inom ramen för projekt Västlänken har omfattande arbete utförts med att undersöka lerans sättningsegenskaper. En stor mängd provtagningar och avancerade laboratorieförsök har utförts för att säkerställa ett bra underlag för att utföra kvalificerade sättningsbedömningar. Samtliga utförda undersökningar med avseende på sättningsegenskaper redovisas i underlagsrapporter i Västlänksprojektet samt i relevanta delar för denna PM i bilaga 1. Sättningar som uppstår till följd av spänningsökningar som är lägre än rådande överkonsolidering hos leran är mycket små (på grund av en mycket högre modul i detta spänningsintervall) och utbildas under en mycket kortare tid (momentana) än de konsolideringssättningar som beskrivs vidare i denna PM.

Sättningsförloppet påverkas även i hög grad av avsänkningarnas storlek och längden på tidsperioden för den pågående avsänkningen.

Beräkningar utförts med ett modelltänk för att visa på konsekvenser generellt inom ett område. I syfte att renodla frågeställningen avseende sättningseffekten av en grundvattensänkning har därför vissa förenklingar utförts för att inte modellen skall bli missvisande för området i sin helhet. Vissa antaganden och förutsättningar har därför generaliserats gällande jordens egenskaper som till exempel förkonsolideringstryck, moduler, portryck, permeabilitet etc. Redovisade sättningar avser *endast* sättningar orsakade av en avsänkning av grundvattenstrycket i det undre grundvattenmagasinet. Pågående krypsättningar inkluderas inte i resultaten av utförda analyser då detta bedömts försvåra redovisningen av konsekvensen av en eventuell trycknivåsänkning.

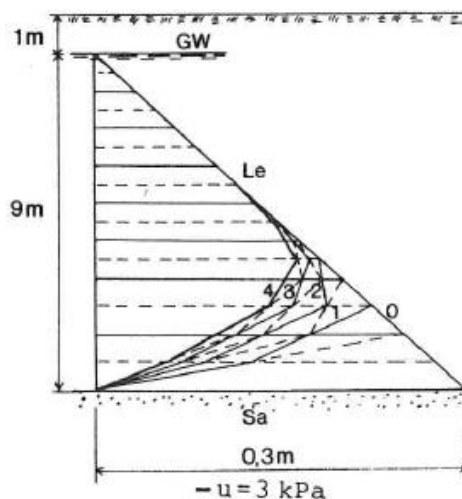
Nedan följer generella beräkningsföresättningar om inget annat är angivet:

- Lerans geotekniska materialegenskaper för de analyspunkter som ligger nära Västlänken finns beskrivna i PM F 05 – 010 till PM F 05 – 015. För de analyspunkter som ligger längre ifrån Västlänken har lerans geotekniska materialegenskaper utvärderats utifrån representativa inventerade provtagningspunkter. Där det har saknats underlag har kompletterande provtagningar utförts. Dessa provtagningar redovisas i MUR Geoteknik.
- Sättningar har beräknats för fyra principiella jordmaktigheter inom respektive område (föresatt att jordmaktigheter med det djupet finns inom området som beskrivs).
- Sättningsanalyserna har utförts för 0.5 m, 1 m, 2 m respektive 4 m sänkning av trycknivån i det undre grundvattenmagasinet
- Sättningsarna har beräknats för avsänkning som pågår under 0.5, 1, 2, 6, 12, 24, 60 samt 120 månader.
- Det ska noteras att i beräkningarna görs ingen skillnad på om den eventuella avsänkningens längd är relevant eller ej då denna PM inte har som syfte att göra den bedömningen. Det görs heller ingen skillnad på om avsänkningen kan vara kortvarig (anläggningstid) eller långvarig (drifttid efter anläggningsskedet). Generellt gäller dock att för delar där tunneln utgör en betongtunnel så är risker förknippade med byggtid och för delar med bergtunnel med drifttid.
- Påverkan från yttre belastningar såsom tunga byggnader på grundlagda med kohesionspålar eller utförda på platta har ej tagits med i beräkningarna.

8.3 Genomförande

Sättningsanalyserna har utförts med datorprogrammet GS Settlement. Vid modellering av lermaterialet har jordmodellen "Chalmers without creep" använts.

Jämförande analyser av portrycksutjämnningen i leran över tiden har utförts numeriskt med den s.k. Helenelundsmetoden. I nedanstående figur framgår en grafisk redovisning av en grundvattensänkning i det undre grundvattenmagasinet och hur sänkningen av porvattentrycket med tiden sprider sig upp genom lerprofilen.



Figur 38 Grafisk konstruktion av en grundvattensänkning i det undre grundvattenmagasinet med efterföljande konsolidering i ovanliggande lerlager, enligt Helenelunds metod. Figur utgör endast en principredovisning och angivna siffermått har ingen koppling till Västlänken.

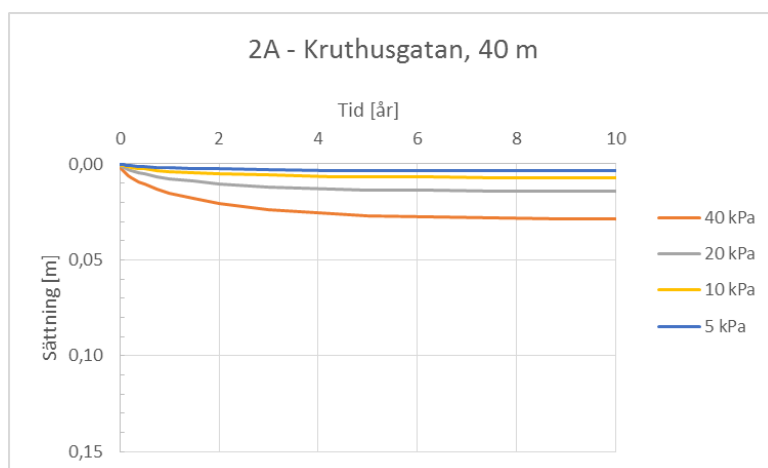
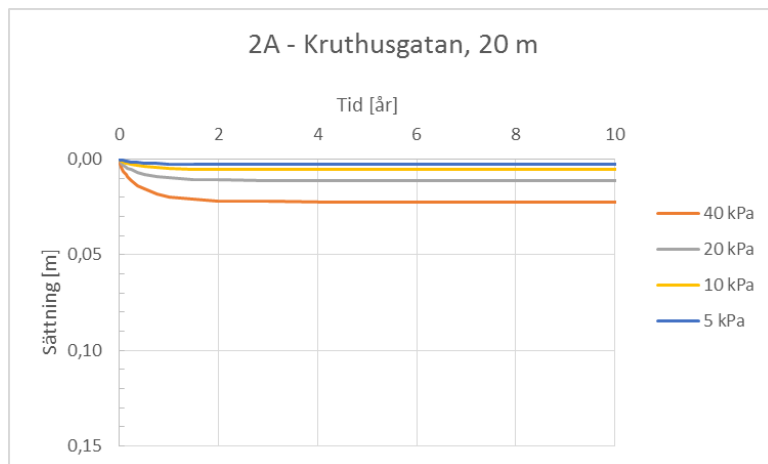
8.4 Sättningsanalyser i utvalda representativa områden

Utförda analyser av porttrycksutjämningen över tid vilket orsakar sättningar i leran till följd av ökningen av effektivspänningen har studerats och presenteras för tidsperioderna 0,5, 1, 2, 6, 12, 24, 60 samt 120 månader (ca 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5 och 10 år).

Redovisade konsolideringssättningar utgör endast underlag för bedömning av konsekvenser som beskrivs i PM Hydrogeologi. Beräkningar i denna PM beskriver således inte de totala sättningarna inom respektive område (då det inte tar hänsyn till redan pågående sättningar som i regel är större) och tar heller inte hänsyn till om längden på avsänkningen är relevant eller ej, då alla avsänkningar har beräkningsmässigt ansatts som långvariga även om de förstås i egentligen endast kan vara kortvariga.

8.4.1 2A - Kruthusgatan

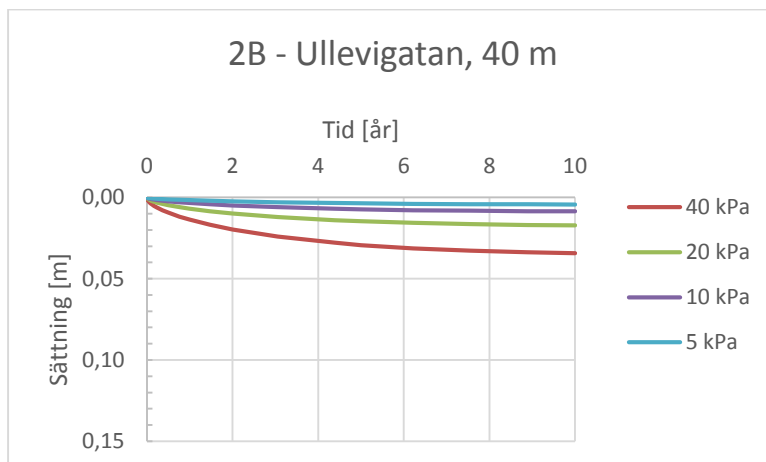
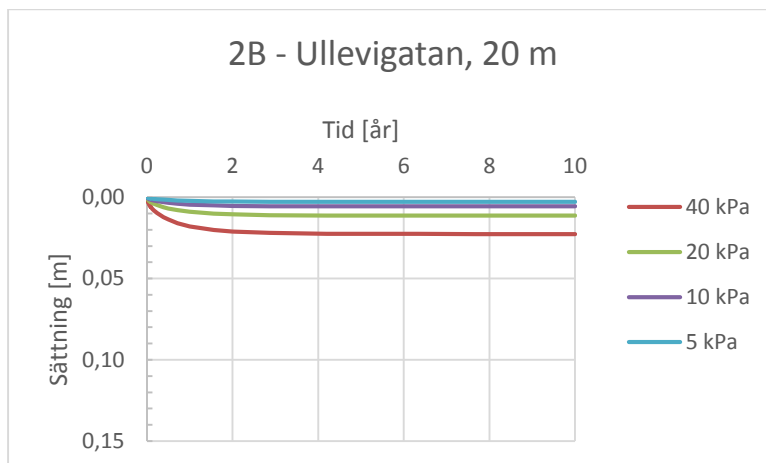
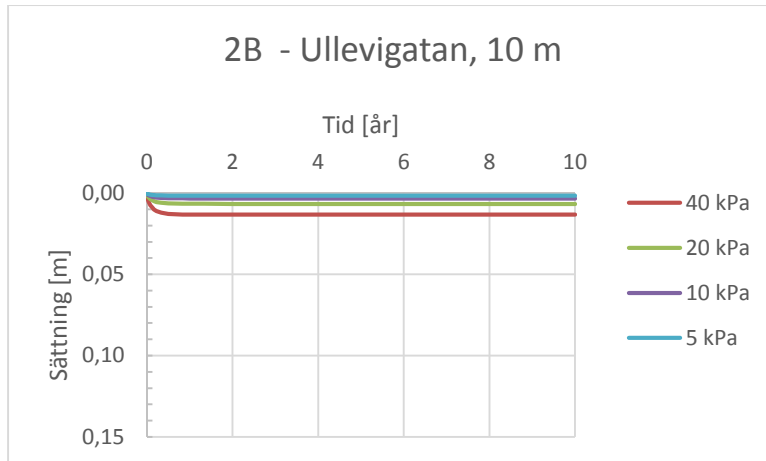
I området längs Kruthusgatan är det generellt stora lermäktigheter. En trycksänkning i det undre magasinet med 5-10 kPa medför små konsolideringssättningar (< 1 cm) som utbildas helt under de första åren. En mycket större trycksänkning (20-40 kPa) medför en konsolideringssättning som är i storleksordningen 1-3 cm (beroende på lermäktighet).



8.4.2 2B - Ullevigatan

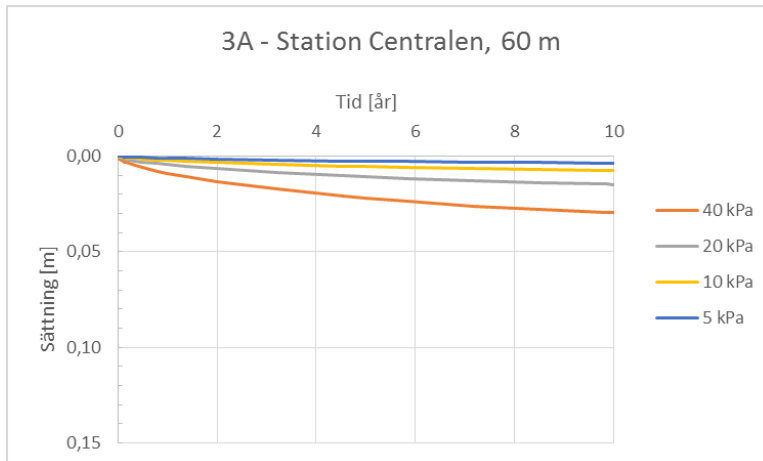
Leran i området är överkonsoliderad vilket leder till relativt små konsolideringssättningar vid trycksänkning upp till 40 kPa. Inom en femårsperiod förväntas sättningar på ca 2-3 cm vid en trycksänkning på 40 kPa vid lerdjup upp till 20 m. Sättningsförloppet vid större lermäktigheter är sättningsförloppet något långsammare.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.



8.4.3 3A - Station Centralen

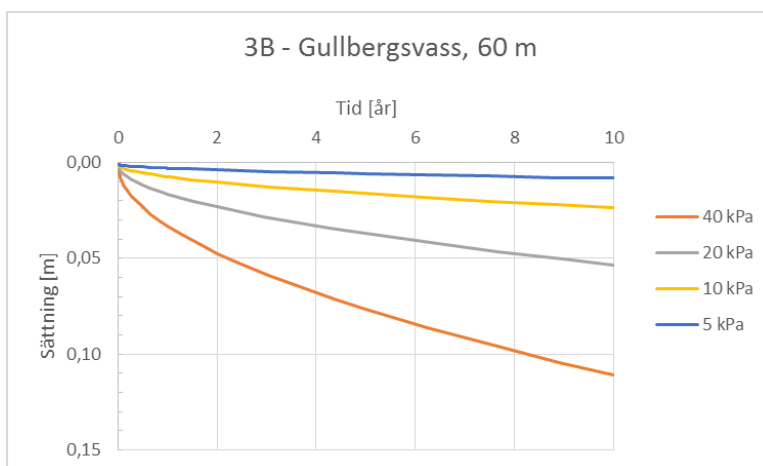
Inom området kring station Centralen är lerdjupen mycket stora. Markens sättningsskänslighet för en grundvattensänkning i det undre magasinet är därför relativt liten. Utförda beräkningar för ett fall med ett lerdjup som är 60 m (noteras bör att lerdjupet generellt är mycket större) visar att en trycksänkning på 5 till 10 kPa medför en konsolideringssättning som är ca 0,5-1 cm efter 10 år.



8.4.4 3B - Gullbergsvass

Inom Gullbergsvass är lerdjupet generellt stort. Vid en trycksänkning på 5 respektive 10 kPa förväntas endast begränsade sättningar utbildas under första året (ca 0-1 cm). En trycksänkning på 20 respektive 40 kPa förväntas medföra något större konsolideringssättningar där t.ex. en trycksänkning på 40 kPa skulle medföra en konsolideringssättning som är ca 5 cm vid en trycknivåsänkningen som pågår under 2 år.

Tidsförloppet av konsolideringssättningarna är relativt långsamt. Storleken av förväntade sättningar som utbildas är beroende av lerdjupet vilket kan utläsas ur nedanstående diagram.

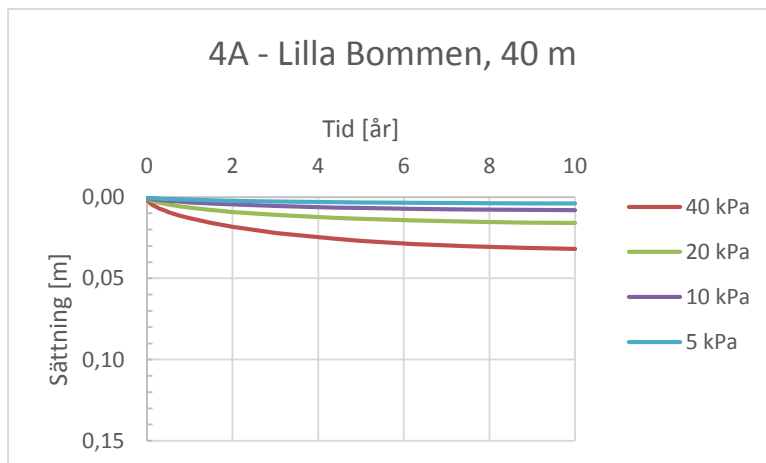
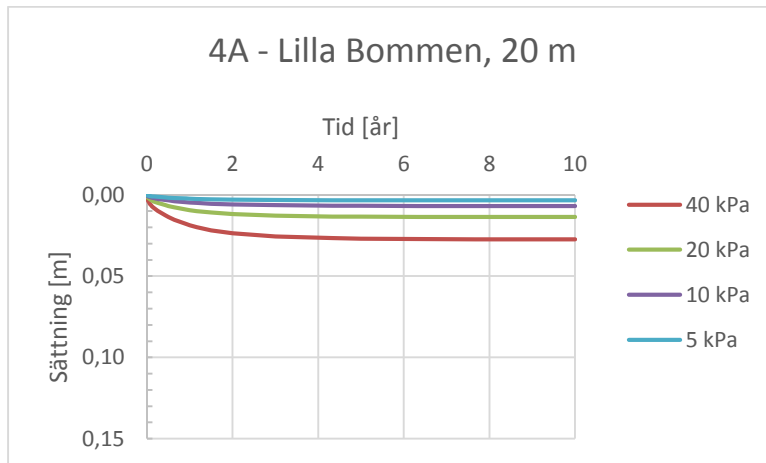
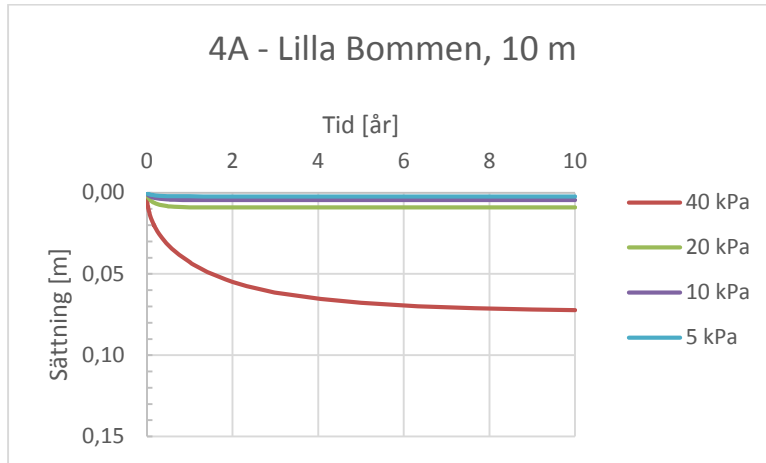


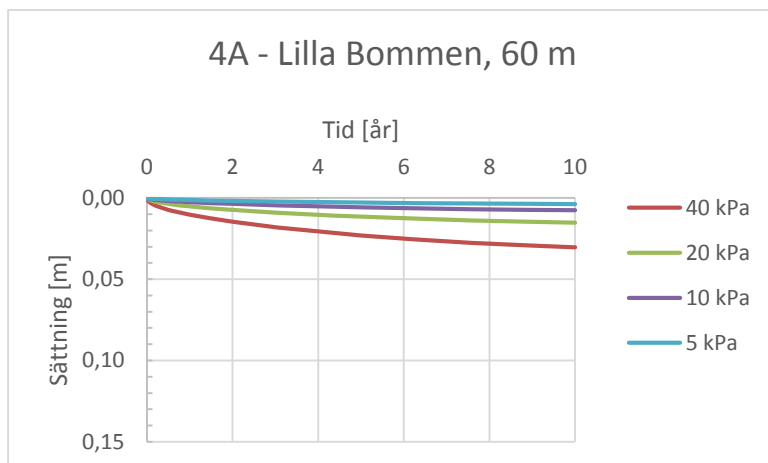
8.4.5 4A - Lilla Bommen

Inom området kring lilla Bommen varierar lerdjupen relativt mycket. Beräkningar har utförts för olika lerdjup med olika antagna trycksänkningar. Trycksänkningar upp till 20 kPa genererar endast mycket små konsolideringssättningar i jorden då leran är överkonsoliderad för en högre spänningsnivå än vad som uppnås till följd av de studerade trycksänkningarna. Tidsförloppet för utbildandet av sättningarna är snabbt. Vid trycksänkning 40 kPa utbildas något större sättningar, inom 5 år förväntas för detta belastningsfall tillkommande konsolideringssättningar

i storleksordningen 7 cm (vid lerdjup på 10 m). Dessa sättningar planar ut efter ca 4-5 år. Då lerdjupet är större blir sättningshastigheten lägre men sättningarna pågår under längre tid.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden för några olika lerdjup.





Till följd av rådande konsolideringsförhållanden i de stora förekommande lermäktigheterna är således marken kring Lilla Bommen relativt tålig mot sättningar till följd av oönskade sänkningar av trycket i det undre grundvattenmagasinet. Ytterligare belastningar (effektivspänningsökningar) på upp emot minst ca 10-20 kPa bedöms kunna uppstå utan att några konsolideringssättningar utbildas inom tidsperspektiv på 5 år.

8.4.6 4B - Packhusplatsen

Vid Packhusplatsen är leran något överkonsoliderad för dagens spänningsförhållanden. Överkonsolideringsgraden avtar/minskar mod djupet (från ca OCR=1,6 på djupet 6 m till ca OCR=1,05 på djupet 40 m).

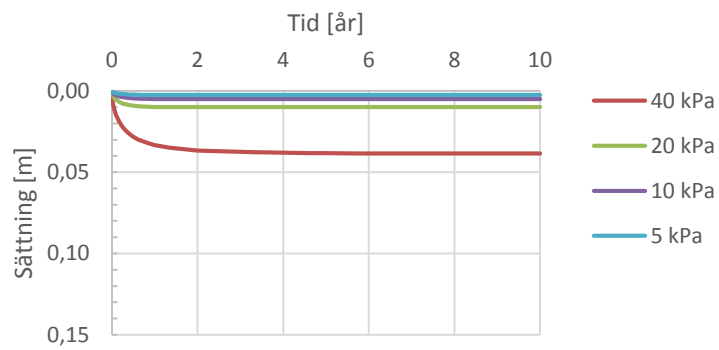
En trycksänkning på 20 respektive 40 kPa förväntas därmed generera konsolideringssättningar. Tidsförloppet av konsolideringssättningarna är relativt långsamt.

Inom området vid Packhuskajen förekommer stora områden med äldre utfyllnader som påverkat markens känslighet till nya utfyllnader och grundvattentrycknivåsänkningar.

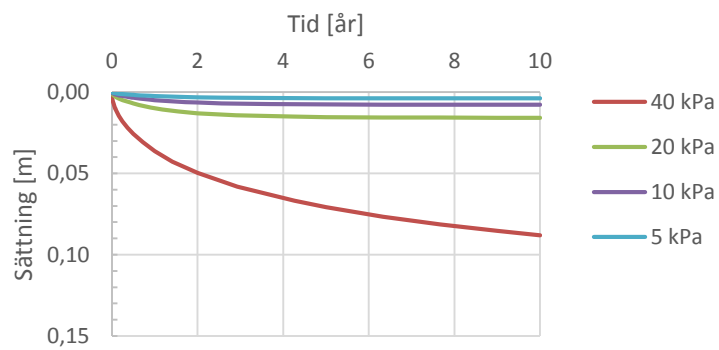
Vid ett lerdjup på 10 m förväntas relativt små sättningar som dessutom utbildas relativt snabbt. Vid en trycksänkning på 20 respektive 40 kPa förväntas relativt begränsade sättningar utbildas under första året (ca 1-4 cm).

Inom områden med större lermäktigheter kan dock större konsolideringssättningar förväntas vid en eventuell grundvattensänkning i det undre magasinet. Inom en femårsperiod förväntas en t.ex. sättning på ca en decimeter vid en trycksänkning på 40 kPa då lerdjupet är över 40 m. I nedanstående diagram presenteras förväntade konsolideringssättningar som en funktion av tiden för olika lerdjup.

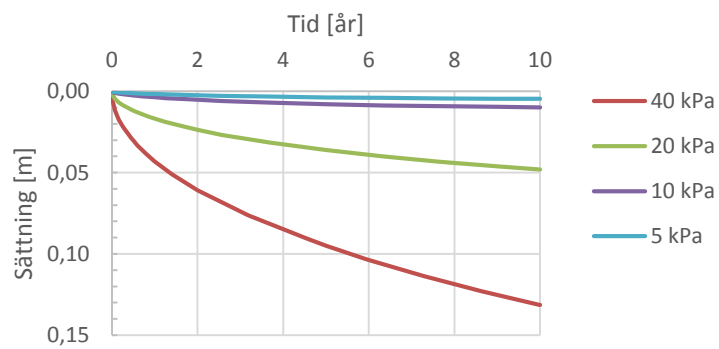
4B - Packhusplatsen, 10 m

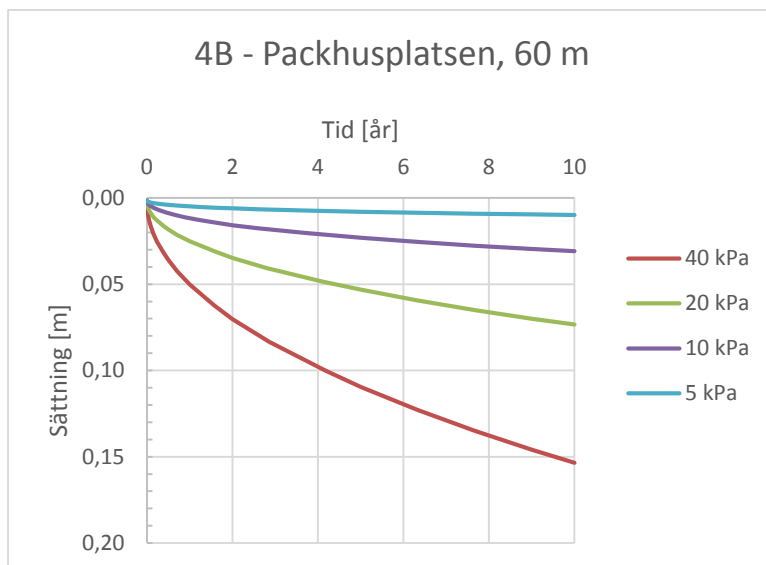


4B - Packhusplatsen, 20 m



4B - Packhusplatsen, 40 m



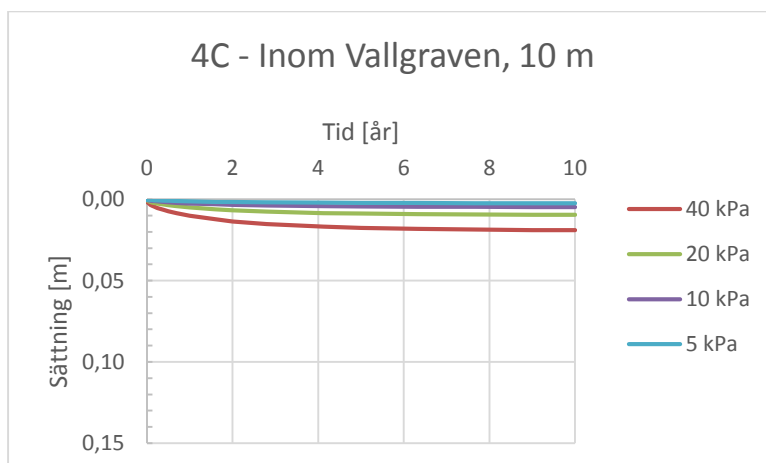


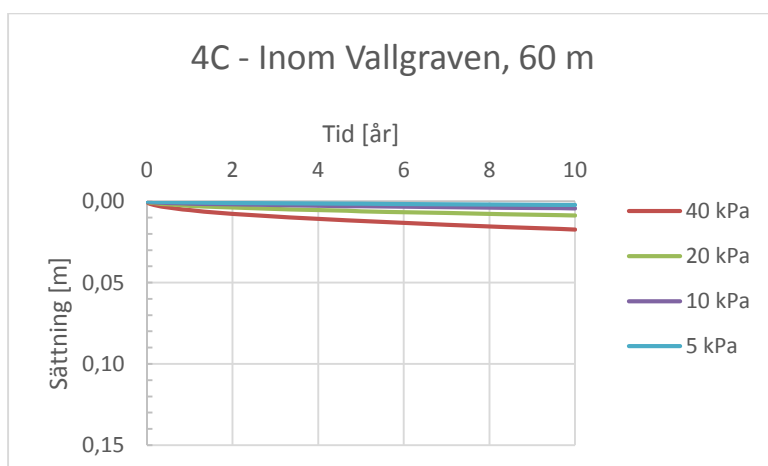
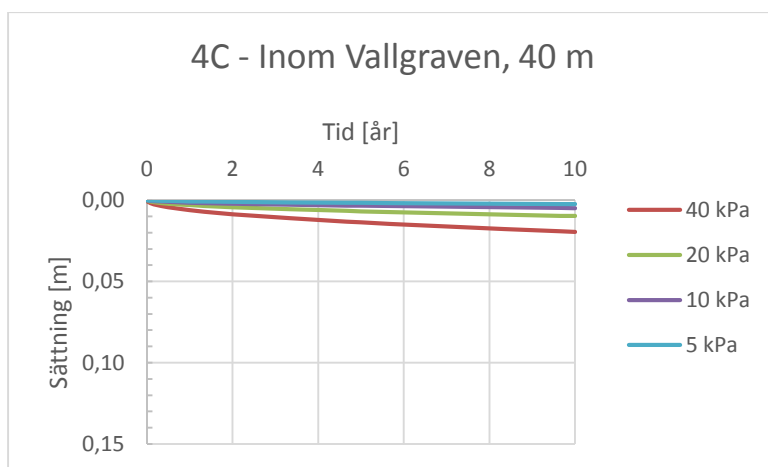
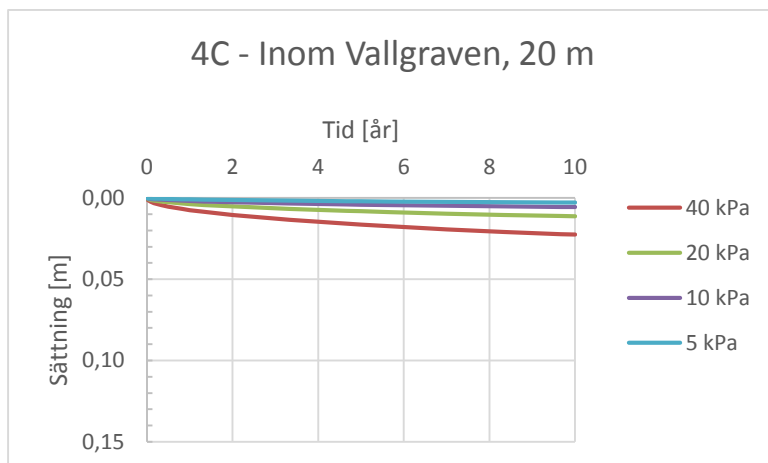
Marken är således relativt känslig för trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet, speciellt inom områden med stora lermäktigheter

8.4.7 4C - Inom Vallgraven

Storleken på sättningarna till följd av trycksänkningar i det undre magasinet är relativt oberoende av lerans mäktighet. Även vid en trycksänkning på 40 kPa utbildas sättningar motsvarande endast ett par centimeter. Trycksänkningar mindre än 40 kPa medför endast mindre sättningar. Vid 40 kPa trycksänkning vid 20 m lerdjup är sättningen ca 3 cm efter 40 år.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden för olika lerdjup.





8.4.8 5A - Rosenlund/Haga

Leran vid Rosenlund/Haga är överkonsoliderad i den övre delen av lerprofilen för dagens spänningsförhållanden (OCR avtar från ca 1,8 på djupet 6 m till ca 1,05 på djupet ca 40 m). I de övre ca 20 m av jordprofilen förväntas inga konsolideringssättningar vid studerade trycksänkningar. Vid 40 m lerdjup förväntas vissa konsolideringssättningar uppstå i de undre lerlagren enligt diagram nedan.

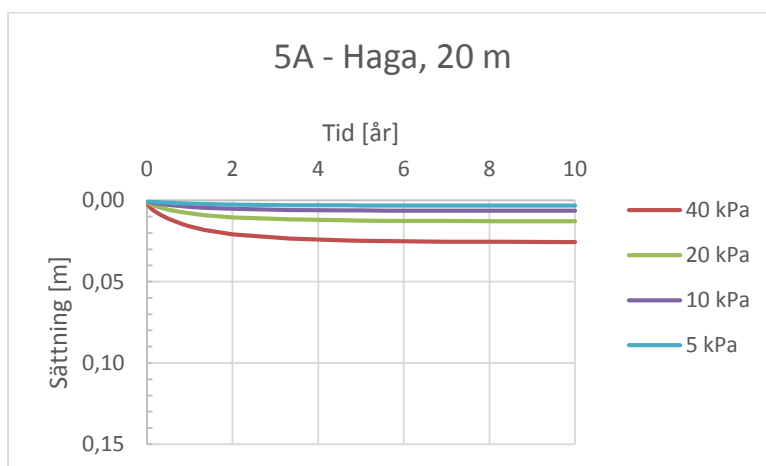
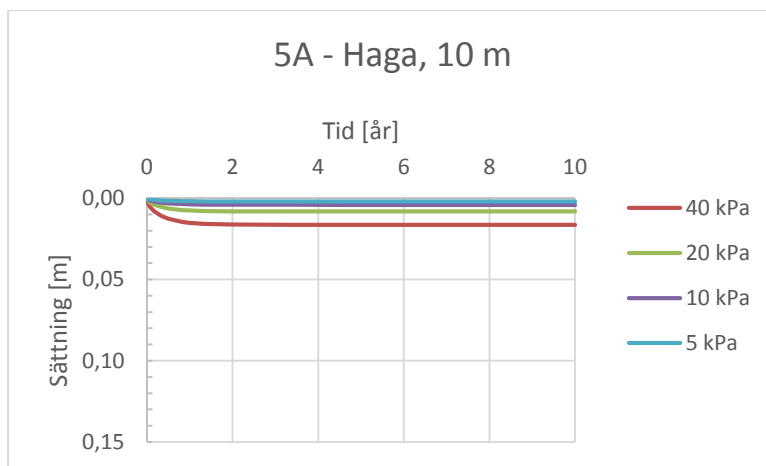
Vid en trycksänkning av upp till 40 kPa förväntas relativt begränsade (ca 1-2 cm) sättningar utbildas där lerdjupet är mindre än 20 m.

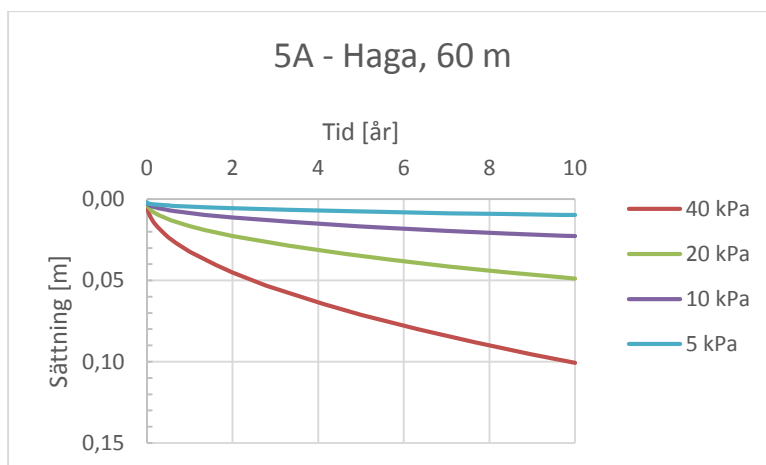
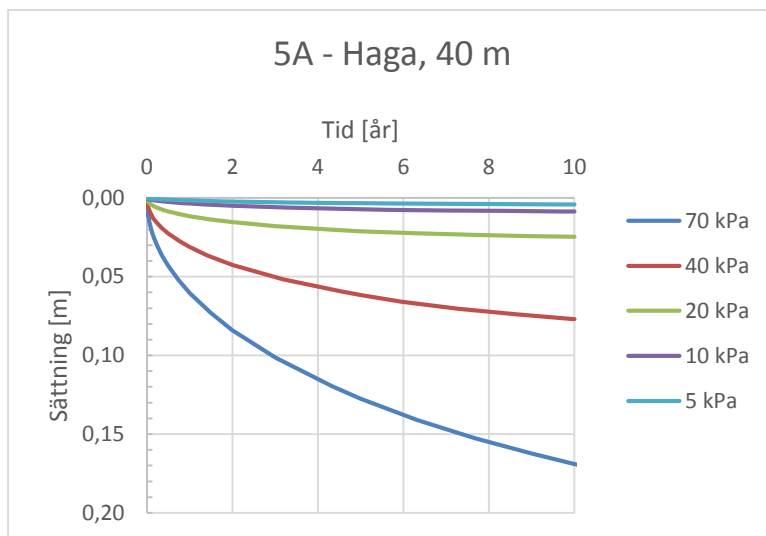
Inom områden med större lerdjup än 20 medför dock en trycksänkning på 40 kPa större sättningar. Med tiden (inom ca femårsperiod) förväntas t.ex. konsolideringssättningar på upp emot en decimeter (ca 7-10 cm) vid större lerdjup (40 m) och trycksänkning på 40 kPa. I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.

Till följd av rådande konsolideringsförhållanden i de stora förekommande lermäktigheterna är marken kring Rosenlund/Haga relativt tålig mot sättningar till följd av oönskade sänkningar av trycket i det undre grundvattenmagasinet.

Risken för konsolideringssättningar ökar med en ökande lermäktighet till följd av en avtagande förkonsolidering mot djupet. Utförda analyser visar på att vid lerdjup på 40 m eller mer är konsolideringssättningar att förvänta vid belastningar (effektivspänningsökningar) större än ca 30 kPa. Vid trycksänkningar större än studerade alternativ är därmed att vänta förväntas därmed ge betydande sättningar som följd då förkonsolideringstrycket är överskriden.

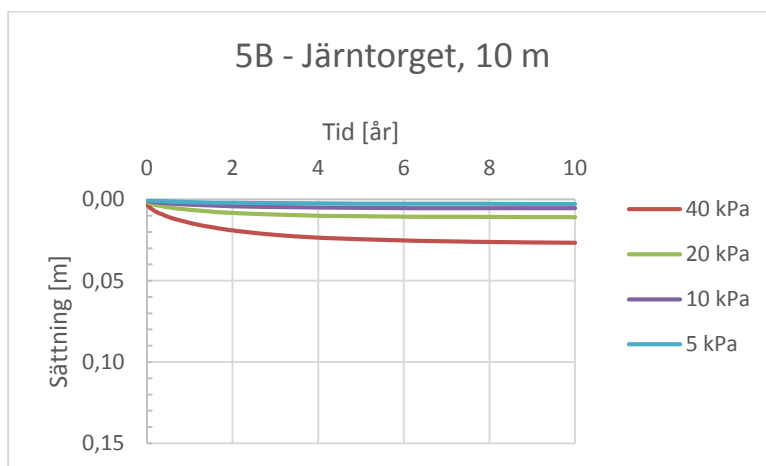
För lerdjup 40 m har kontroll av en trycksänkning på 70 kPa utförts för att visa på effekten av en trycksänkning med den storleksordningen. Vid en trycksänkning med 70 kPa erhålls i detta fall en konsolideringssättning som är 6 cm efter 1 år.

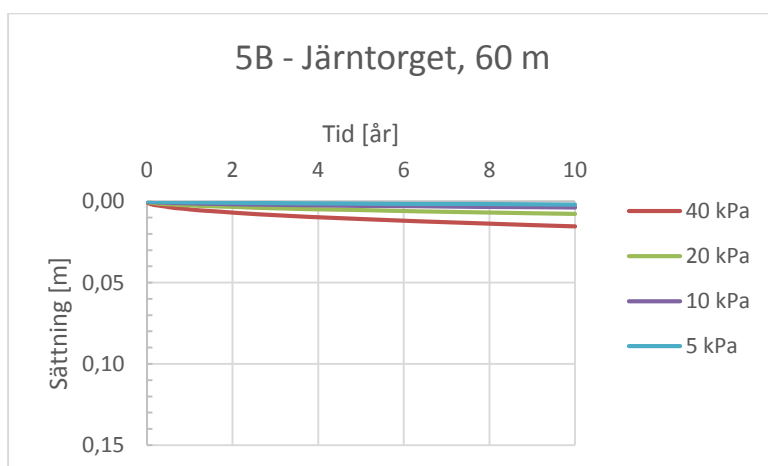
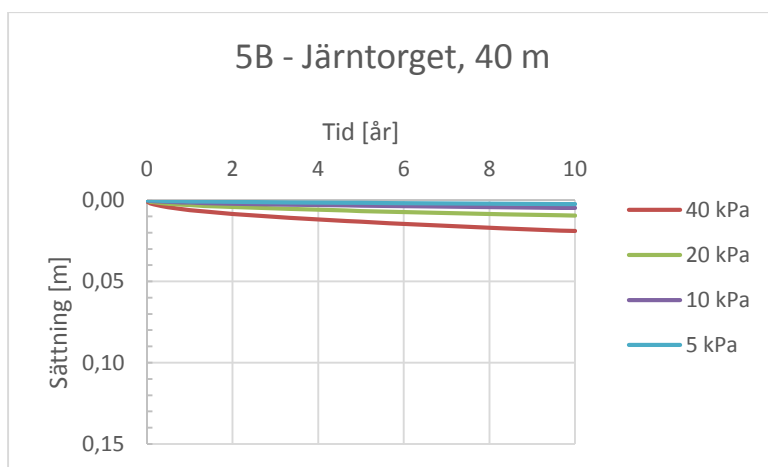
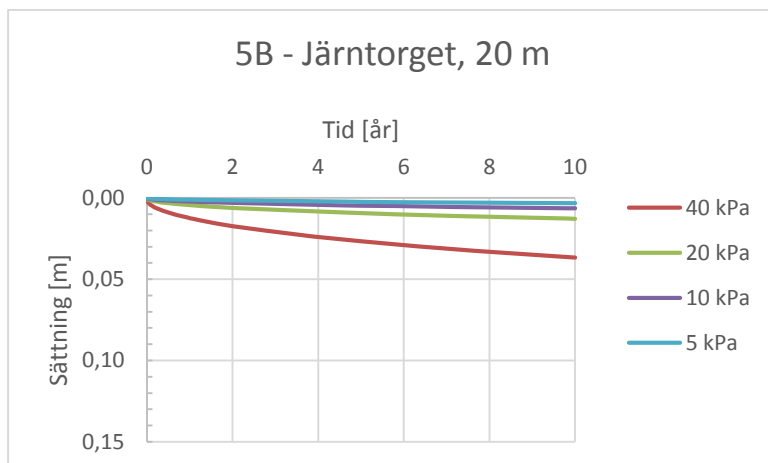




8.4.9 5B - Järntorget

Inom området kring Järntorget varierar markens sättningsskänslighet med hänsyn till tidigare utförda utfyllnader som ökar i mäktighet mot älven vilket också gäller för lerans mäktighet. I området närmast Järntorget uppstår relativt begränsade (1-2 cm under 5 år) konsoliderings-sättningar i mark till följd en trycksänkning motsvarande 20-40 kPa i det undre grundvatten-magasinet.

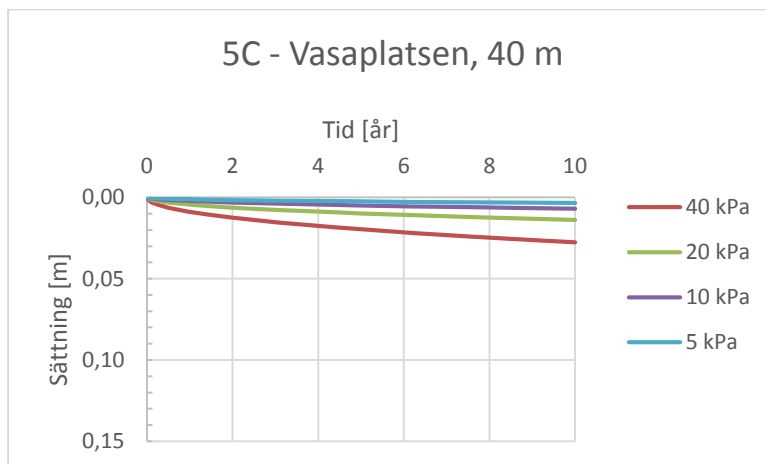
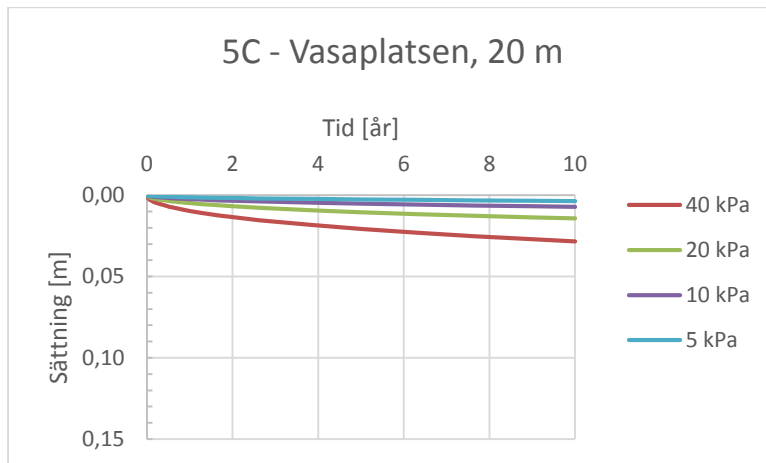
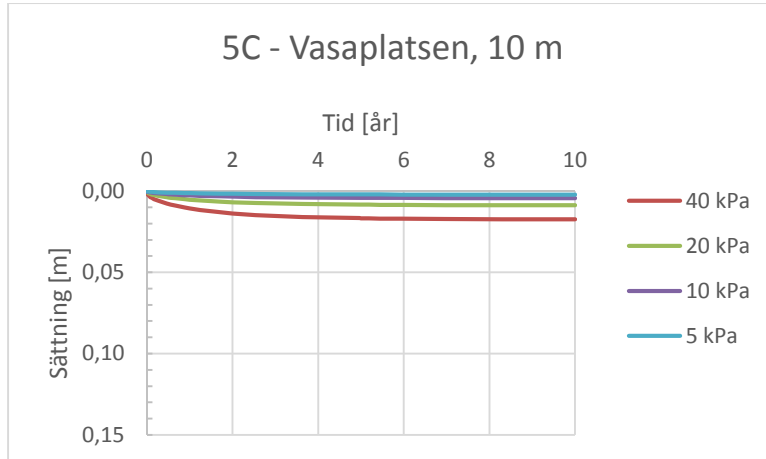




8.4.10 5C - Vasaplatsen

Vid Vasaplatsen är lera överkonsoliderad och konsolideringssättningarna blir relativt små vid en trycksänkning i det undre magasinet. Vid en trycksänkning med 40 kPa utbildas konsolideringssättningar i storleksordningen ca 3 cm. Vid 40 kPa trycksänkning med lera ned till djupet 20 m är förväntad sättningen ca 4 cm efter 40 år.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.

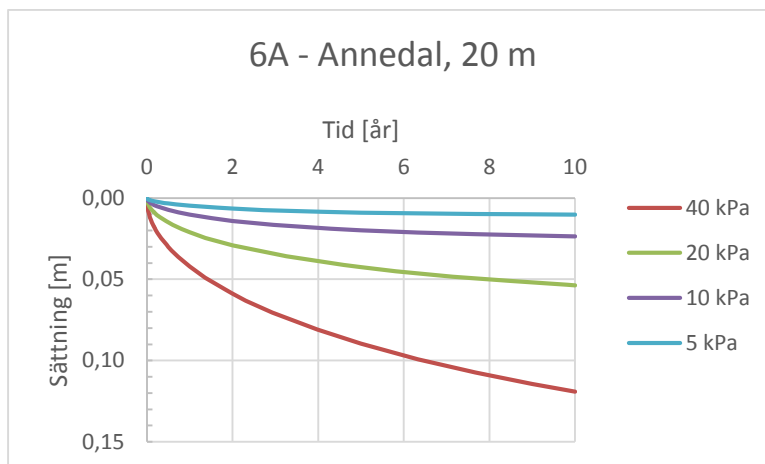
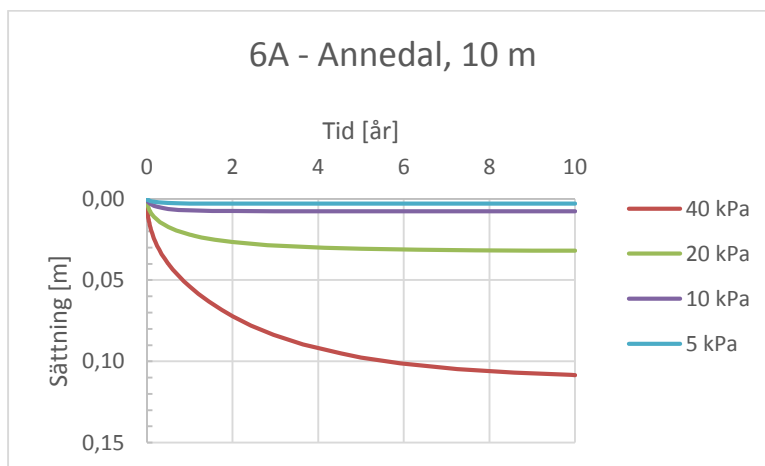


8.4.11 6A - Annedal

Området vid Annedal är relativt känsligt för trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet. Storleken på sättningarna är förhållandevis oberoende av lermäktigheten. Snabbast konsolideringssättning sker inom områden där lermäktigheten är mindre. Vid 40 kPa trycksänkning är sättningen omkring 10 cm i fullt utbildat redan efter ca 10 år. Tidsförloppet för sättningar vid 20 kPa trycksänkning för samma djup sker redan efter ca 6 år då sättningen är ca 3 cm.

Som ett exempel på sättningshastigheten är storleken på konsolideringssättningen 5 år efter en trycksänkning på 40 kPa något större i lerlager ned till 10 m jämfört med områden med 20 m. I områden med 10 m planar dock hastigheten ut så att konsolideringssättningen är större inom områden med 20 m lera efter 10 år.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden för olika lerdjup.



8.4.12 7A - Korsvägen

Vid Korsvägen varierar jordlagerförhållandena med avståndet från Korsvägen. Närmast invid Korsvägen förekommer ett dränerande friktionsjodsskikt på djupet ca 10 m under markytan. Leran därunder har mycket stort siltinnehåll och relativt hög permeabilitet. Lagret med friktionsjord avtar successivt med avståndet till Korsvägen i takt med ökande lerdjup. Utförda analyser för 20 respektive 40 m lerdjup har därmed en varierande ingående jordlagerföljd.

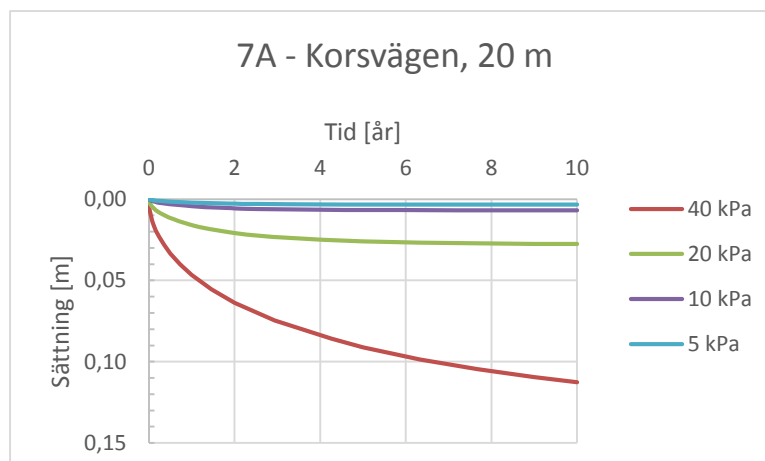
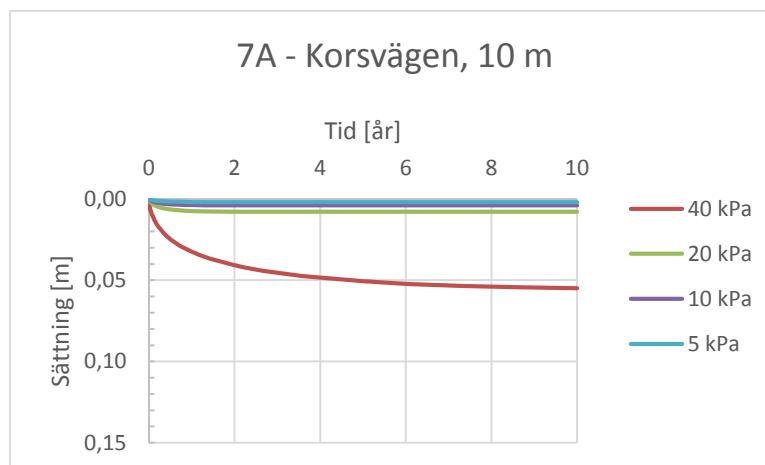
Till följd av förekommande dränerande skikt och en lera med hög permeabilitet har sättningsförloppet en stor hastighet i områdena kring Korsvägen (20 m lerdjup). Redan inom första året efter en trycksänkning förväntas relativt stora sättningar (ca 5-10 cm beroende på storleken av trycksänkning) kunna utbildas.

Inom närområdet till Korsvägen, dvs. där det finns förekomst av dränerande skikt i lerprofilen samt där leran har en betydligt högre permeabilitet än vad som generellt råder längs Västlänkens sträckning, är marken därmed mycket känslig för trycksänkningar då det medför betydande förväntade effekter redan efter kort tid.

Med ökande avstånd till Korsvägen övergår jordlagerförhållandena och lerans egenskaper mot vad som är mer normalt förekommande längs Västlänkens sträckning, dvs. där vissa konsolideringssättningar att vänta men förväntat sättningsförlopp har en något långsammare hastighet än närmast invid Korsvägen.

För att säkerställa/avgränsa områdets utbredning och övergången till mindre känsligt markområde är det därmed i av största vikt att i något skede utföra fördjupade undersökningar och analyser av sättningsriskerna för befintliga byggnader och anläggningar.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.



Marken är relativt känslig för trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet. Utförda analyser påvisar att konsolideringssättningar är att förvänta redan inom en femårsperiod i de studerade lastfallen med en trycksänkning på 20 respektive 40 kPa på lerdjup såväl 20 som 40 m. Vid en trycksänkning på upp till 10 kPa utbildas endast små konsolideringssättningar.

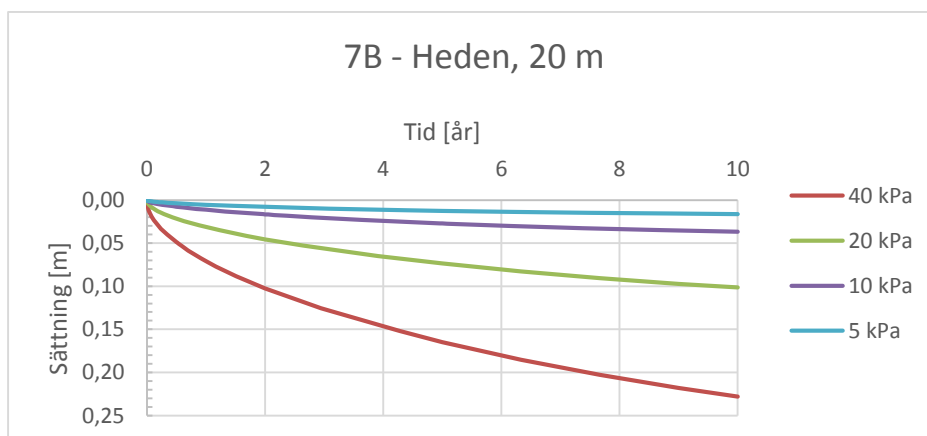
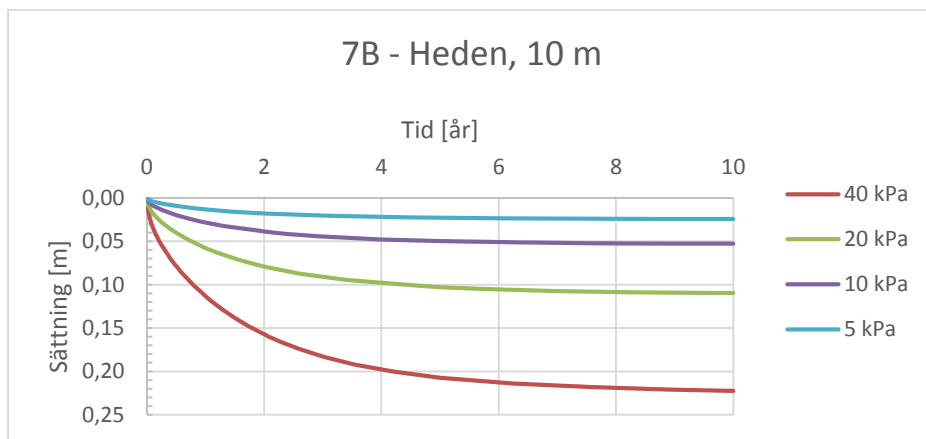
8.4.13 7B - Heden

Vid Heden är marken känslig för en trycksänkning oberoende av lerdjupet. Inom områden med mindre än 20 m lerdjup utbildas sättningen snabbt. På djupet ca 3-10 m är leran enligt inventerat underlag normalkonsoliderad.

En trycksänkning med 40 kPa i det undre grundvattenmagasinet medför konsolideringssättningar som är ca 20 cm efter 10 år.

I områden med 10 m djup till berg är sättningarna fullt utbildade efter 10 år, vid 5 och 40 kPa trycksänkning är sättningarna då ca 3 respektive 22 cm. Vid 20 m lerdjup är det stora skillnader i sättning beroende på trycksänkning. Efter 10 år är sättningen knappt 5 cm vid 10 kPa sänkning medan motsvarande sättning vid 40 kPa sänkning är över 20 cm.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden för olika representativa lerdjup.



8.4.14 8A - Mölndalsån

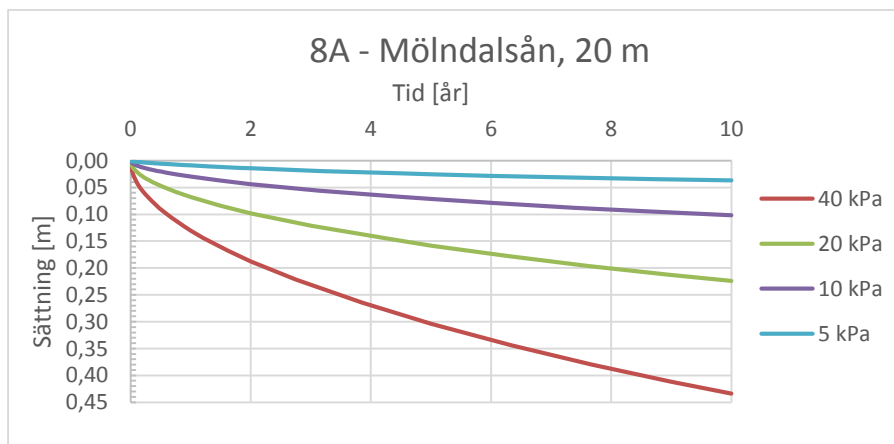
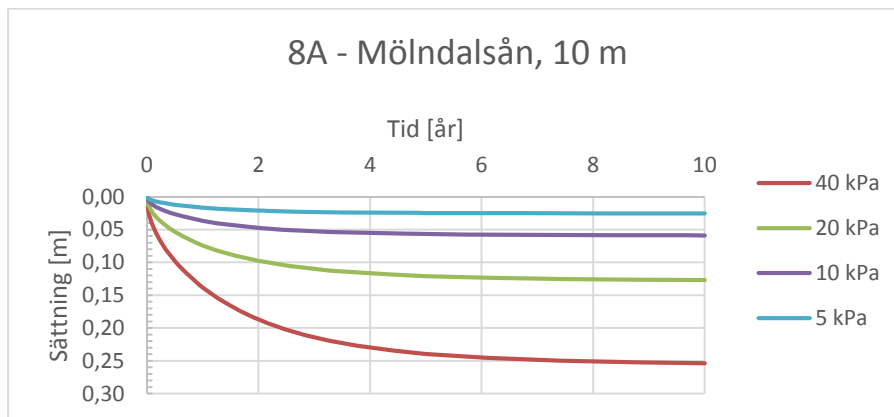
Vid Mölndalsån är leran i det närmaste normalkonsoliderad för dagens spänningsförhållanden och är därmed mycket känslig för belastning/tillskottsspänningar vilket uppstår vid en trycksänkning i undre magasinet.

Tidsförloppet av konsolideringssättningarna är relativt långsamt men då förväntad total-sättning är stor (ca 60-90 cm beroende på lerdjup) förväntas betydande sättningar utbildas redan inom ett kort tidsperspektiv vilket kan utläsas ur nedanstående diagram.

Vid en trycksänkning på 20 respektive 40 kPa förväntas sättningar i storleksordningen ca 4-10 cm utbildas under första året. Inom en femårsperiod förväntas en sättning på ca två decimeter vid en trycksänkning på 40 kPa.

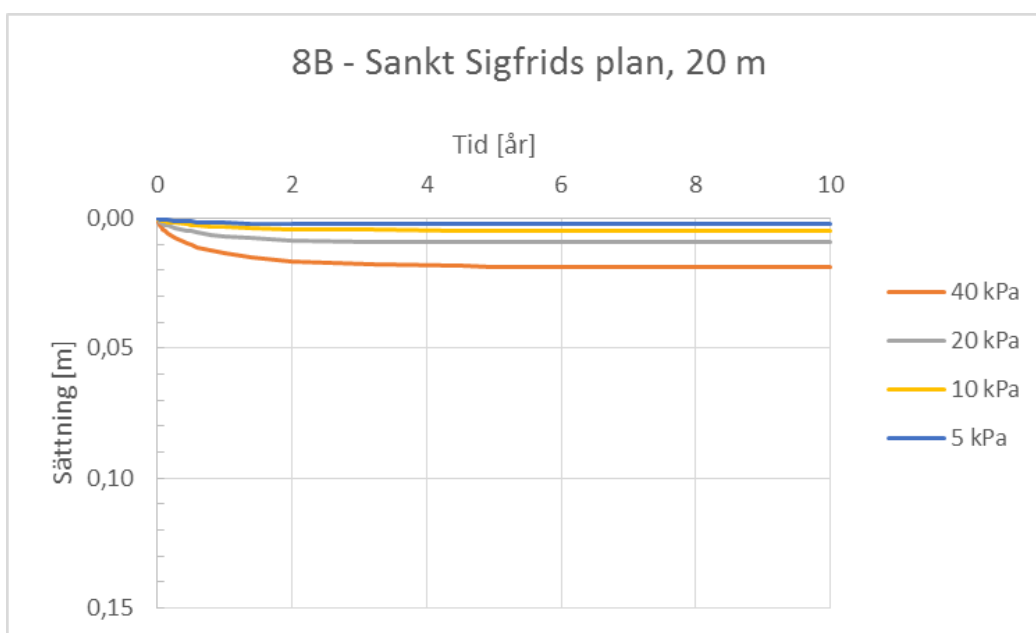
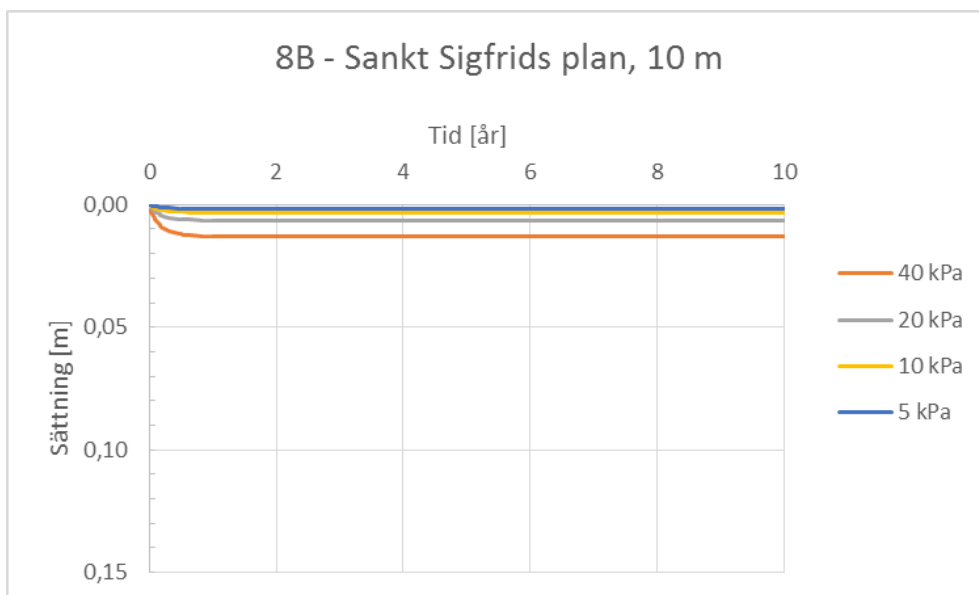
En trycksänkning på 5 kPa genererar en sättning som är i storleksordningen 2-4 cm som i huvudsak utbildas inom de första åren.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.



8.4.15 8B - Sankt Sigfrids plan

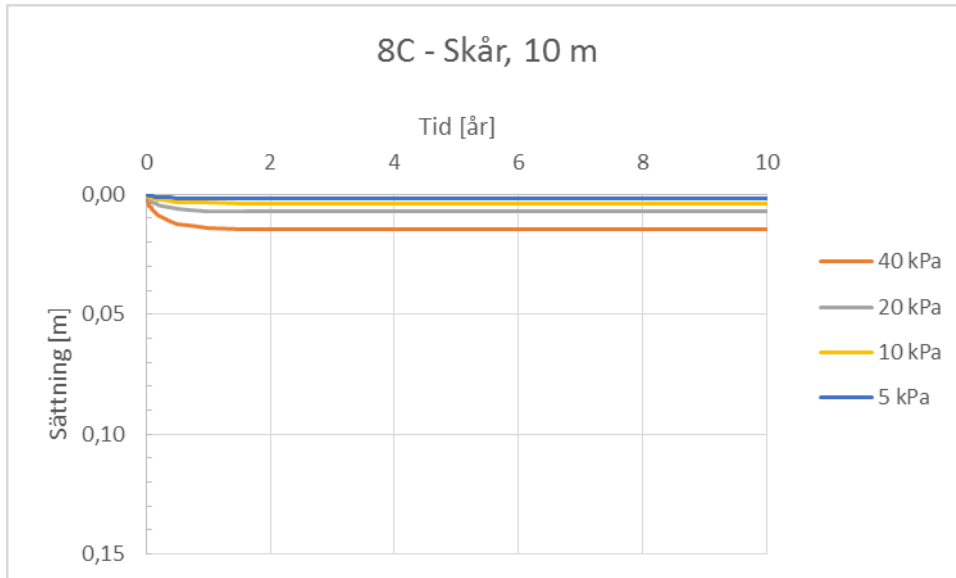
Inom området vid Sankt Sigfrids plan kan förväntas endast mindre sättningar till följd av en trycksänkning i det undre grundvattenmagasinet. Sättningar förväntas utbildas under kort tid (1 år) beroende av plats och lerdjup med en totalsättning som är någon enstaka cm i området vid en sänkning på 40 kPa.



8.4.16 8C - Skår

I Skår är leran överkonsoliderad och konsolideringssättningarna blir relativt små vid trycksänkning upp till 40 kPa i det undre magasinet. Vid en trycksänkning med 40 kPa utbildas sättningar i storleksordningen ca 2 cm.

I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.



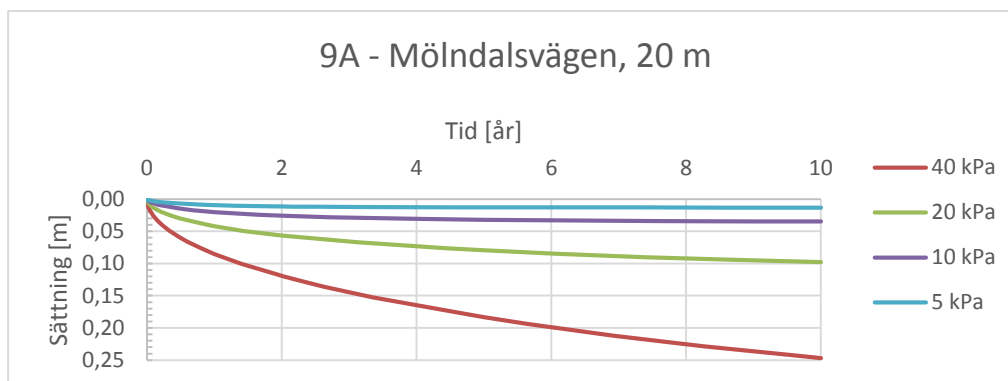
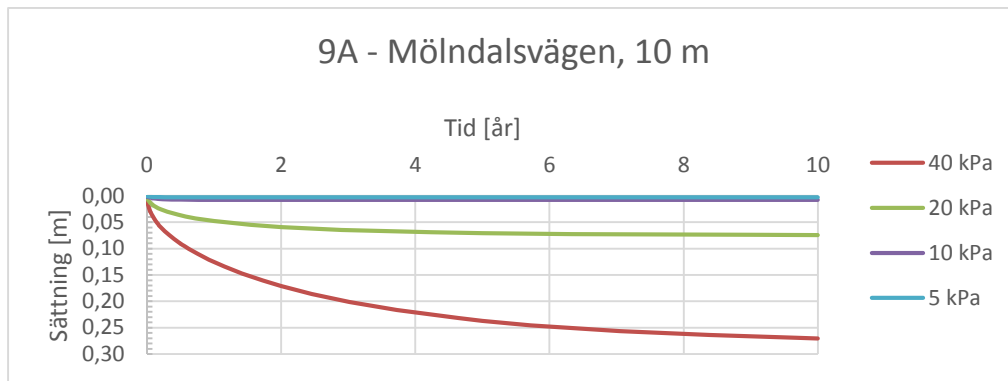
8.4.17 9A - Mölndalsvägen

Vid Mölndalsvägen är leran i det närmaste normalkonsoliderad för dagens spänningsförhållanden och är därmed mycket känslig för belastning/tillskottsspänningar vilket uppstår vid en trycksänkning i undre magasinet.

Marken är känslig för trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet. Utförda analyser påvisar att konsolideringssättningar är att förvänta redan inom en femårsperiod i de studerade lastfallen med en trycksänkning på 10, 20 respektive 40 kPa på lerdjup 10-20 m. Vid en trycksänkning med 5 kPa erhålls endast små konsolideringssättningar, i storleksordning < 1 cm.

Vid en trycksänkning på 5 respektive 10 kPa förväntas sättningar i storleksordningen ca 0,5-2 cm utbildas under första året. Inom en femårsperiod förväntas en sättning på ca två decimeter vid en trycksänkning på 40 kPa. Vid en trycksänkning på 20 respektive 40 kPa förväntas sättningar i storleksordningen ca 5-15 cm utbildas under första året. Inom en femårsperiod förväntas en sättning på ca två decimeter vid en trycksänkning på 40 kPa.

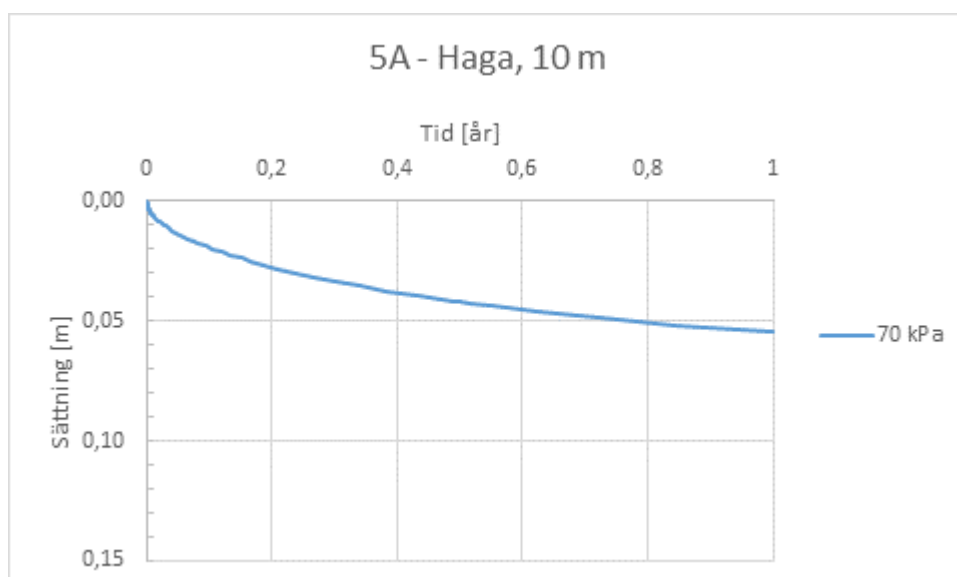
I nedanstående diagram presenteras förväntade sättningar som en funktion av tiden.

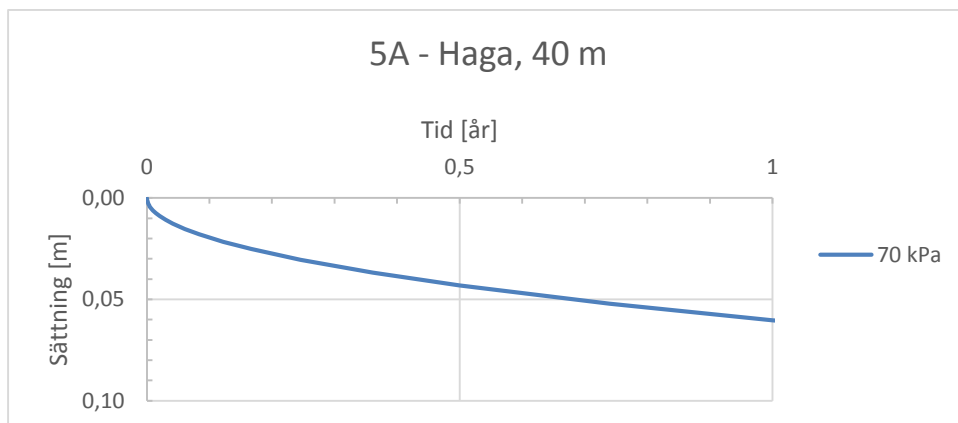


8.5 Kortvarig stor avsänkning

En översiktlig sättningsanalys har även utförts för en tillfälligt stor avsänkning i Rosenlund/Haga som pågår under en mycket kort (i beräkningen har av analytiska skäl lagts in att vara en tid på 1 år vilket är en lång period då syftet är att visa effekten på en kort period avseende max en månad) period (70 kPa). Avsikten med beräkningen är att illustrera vilken sättning som uppstår om ingen åtgärd vidtas för att motverka avsänkningen.

Analysen visar att efter ca 1 månader med en avsänkning motsvarande 70 kPa i det undre magasinet (med lerdjup till 10 respektive 40 m) erhålls konsolideringssättningar i storleksordningen ca 2 cm.





9 Resultat och sammanfattning

Ett omfattande arbete har inom projekt Västlänken utförts med att undersöka, analysera, kravställa samt bedöma de risker och konsekvenser avseende sättningpåverkan som kan orsakas av byggandet av Västlänken. Denna PM är en underlagsrapport till PM Hydrogeologi med syfte att ge underlag för konsekvensbeskrivning av storleken på eventuella marksättningar som kan uppstå till följd av eventuella trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet. Beräkningar har utförts inom hela utredningsområdet enligt den hydrogeologiska modellen.

Utförda analyser visar att effekten av trycksänkningar i det undre grundvattenmagasinet visar att förekommande jordlager med lera vanligen är så känslig för spänningsökningar/belastning att det i flera områden ger upphov till sättningar av en märkbar storlek redan inom tidsintervall på 1-5 år.

Sättning som uppstår på grund av en trycksänkning i underliggande friktionsjord som pågår under kortare perioder (under 1 månad) är dock i regel mycket små.

I denna samt även i andra PM har beskrivits de sättningar som redan idag pågår inom området. Inventeringen av pågående sättningar är ett mycket viktigt underlag för att göra en total bedömning av vilka skador som Västlänken kan orsaka. Det kan av utförda inventeringar noteras att det idag, inom stora delar av utredningsområdet, pågår och har pågått sättningar under lång tid. Dessa sättningar har orsakats av t.ex. äldre markutfyllnader, underdimensionerade grundläggningar eller undermarksanläggningar som äldre tunnlar som idag inte är helt täta. Sättningar inom alla dessa områden kommer att fortsätta oberoende av på den påverkan som Västlänken skulle kunna medföra.

Sättningsskador kan bland annat uppstå till följd av grundvattensänkning. I projekterings-skedet kommer Trafikverket att utforma anläggningen så att icke acceptabla skador på omgivningen till följd av grundvattenpåverkan undviks. Inför anläggningsskedet kommer noggranna utredningar och riskbedömningar att genomföras med hänsyn till arbetenas påverkan på omgivande byggnader och mark. Under anläggningsskedet görs kontrollmätningar av olika parametrar som till exempel markrörelser, vibrationer och grundvattennivåer för att anpassa produktionsmetoder och skyddsåtgärder.

I kontrollprogram med avseende på sättningar som tas fram i samråd med tillsynsmyndigheten kommer larm- och åtgärdsnivåer för respektive fastighet/kvarter att bestämmas. Om åtgärdsnivåerna överskrids, exempelvis om grundvattennivån sjunker för mycket, vidtar Trafikverket åtgärder som förhindrar att byggnaden skadas.

Bilaga 1

Västlänken

PM F 05 – 008

Geotekniska förutsättningar Linje Olskroken

BILAGA 8.1

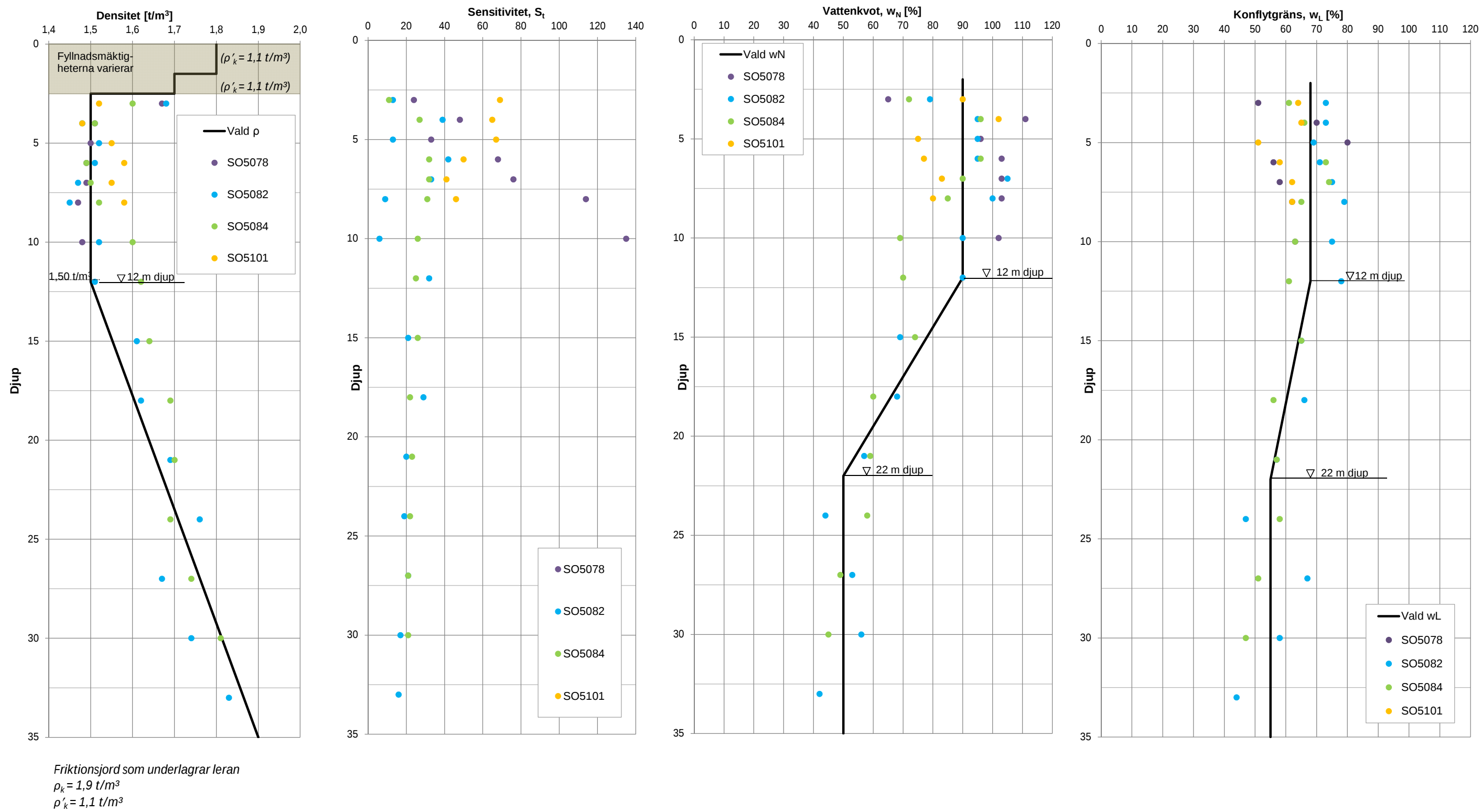
km 453+600 – 454+300

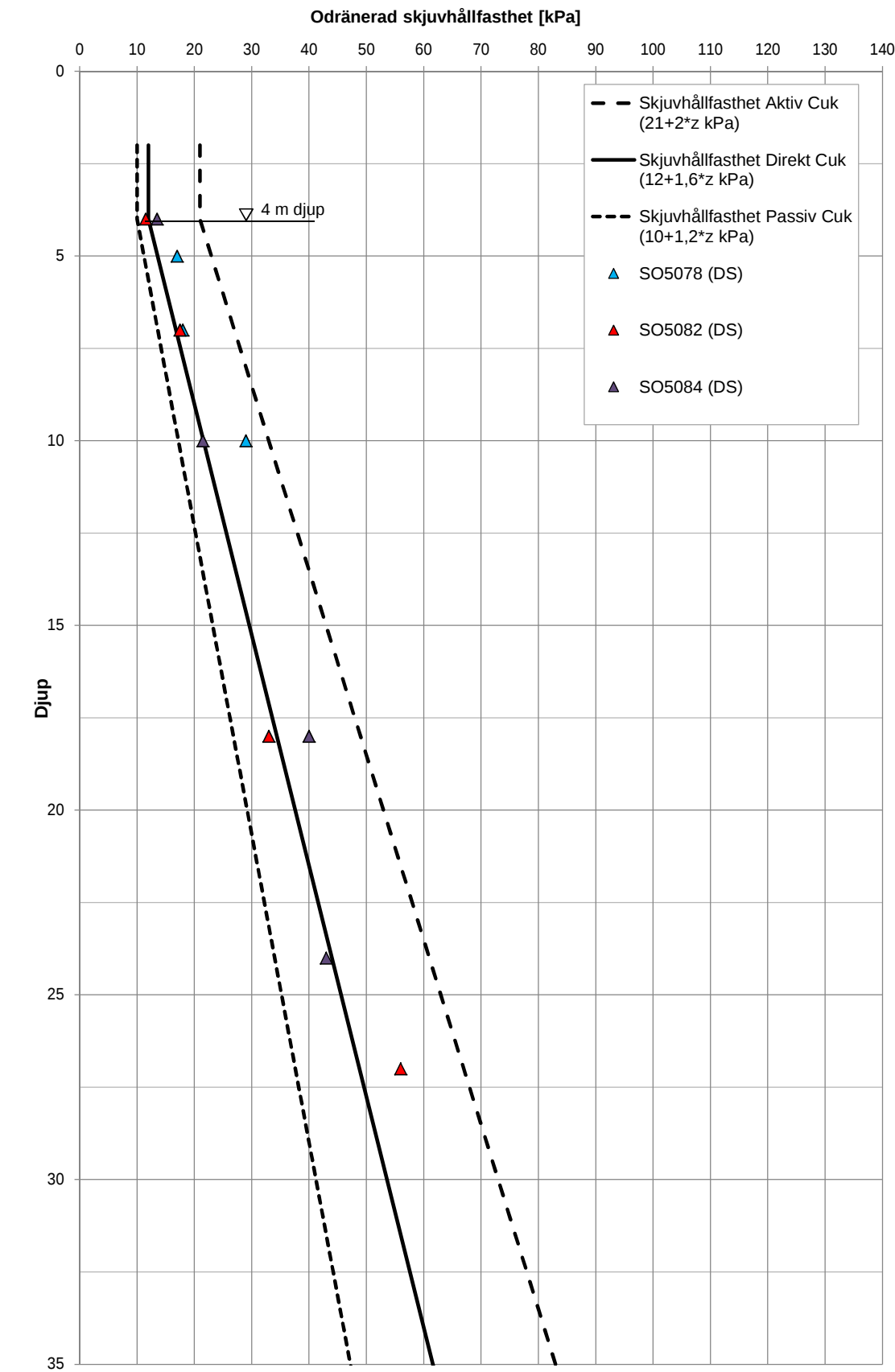
Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

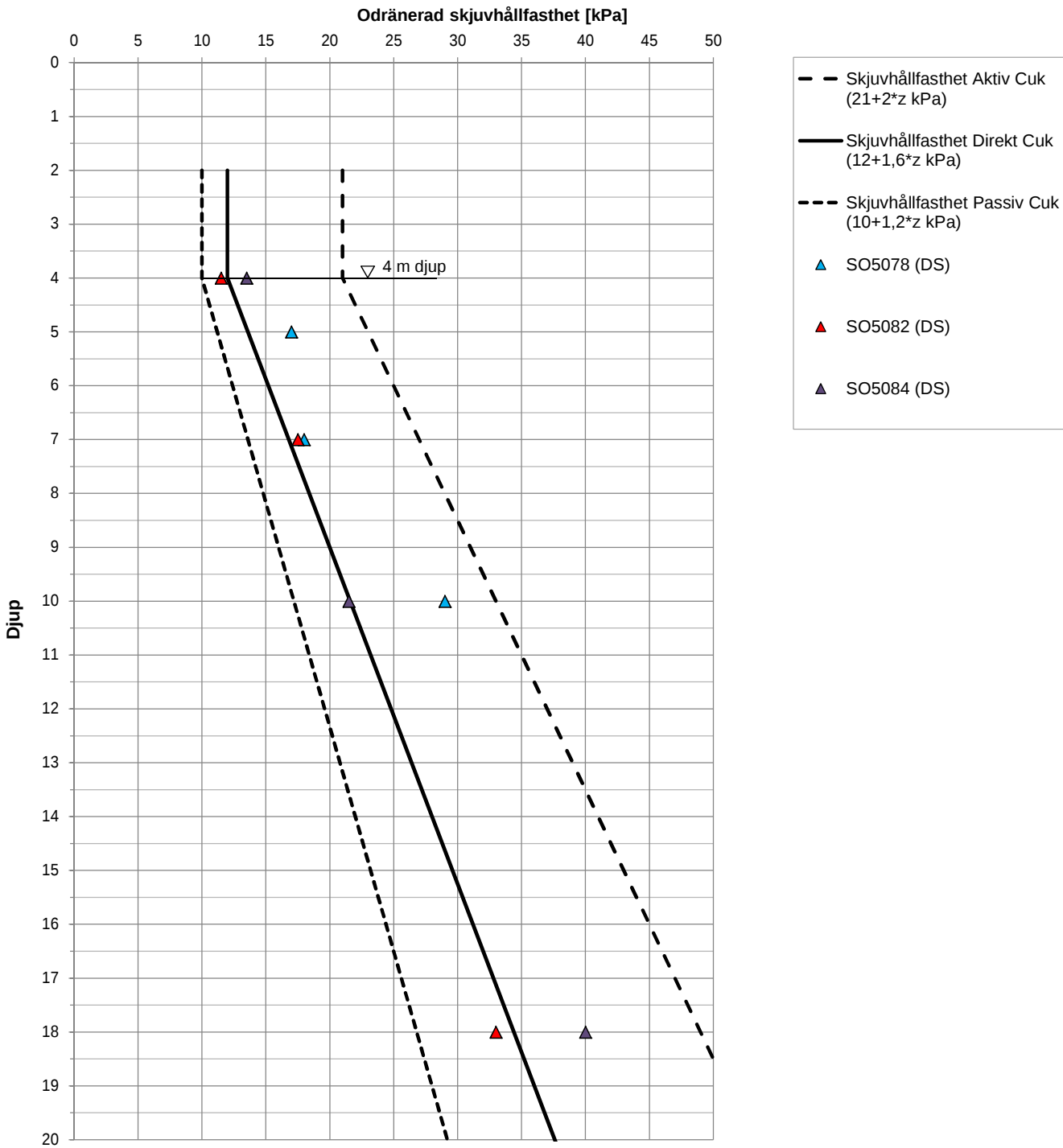
Upprättad av:	Karolina Sanell/Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

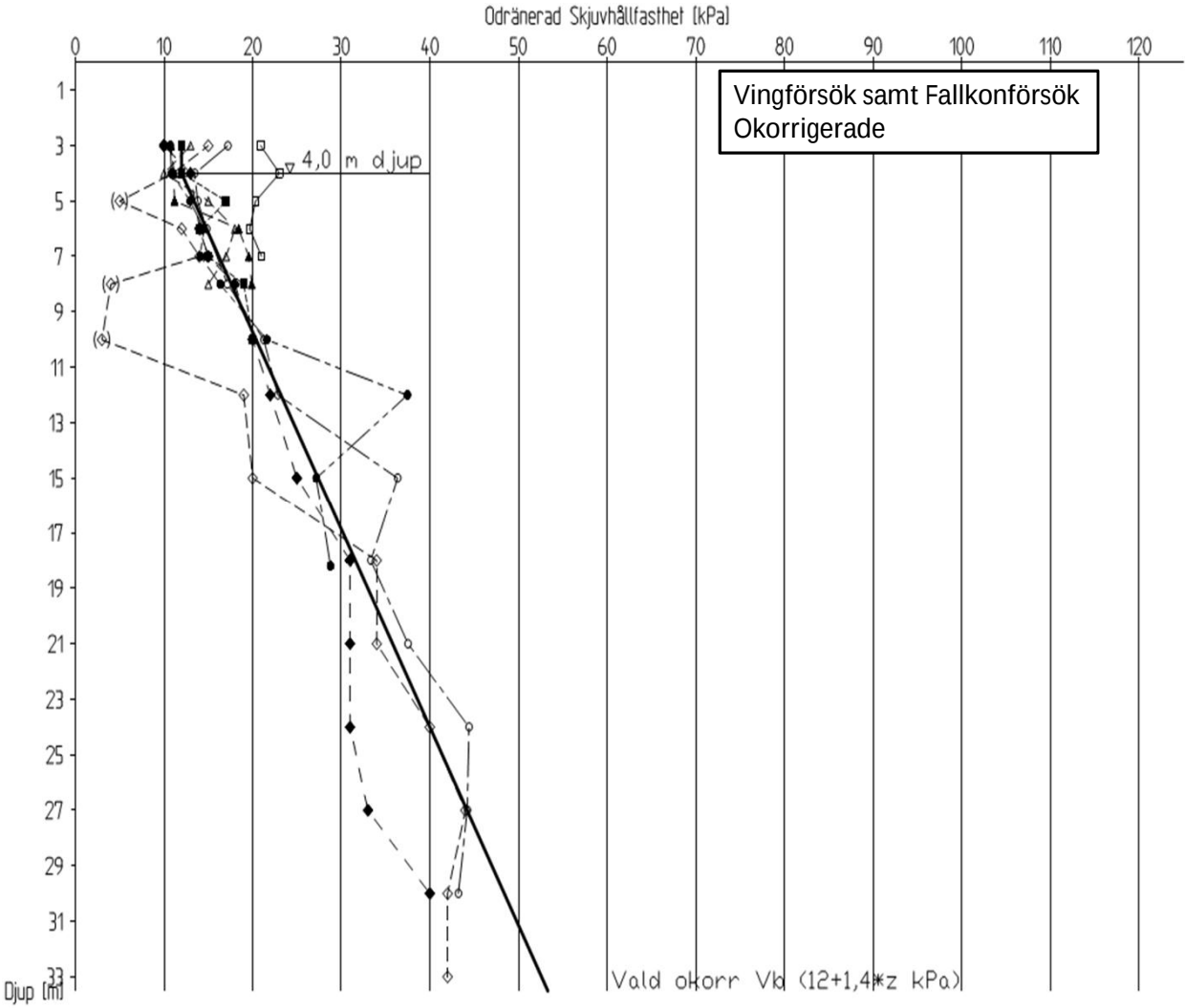
2014-06-19



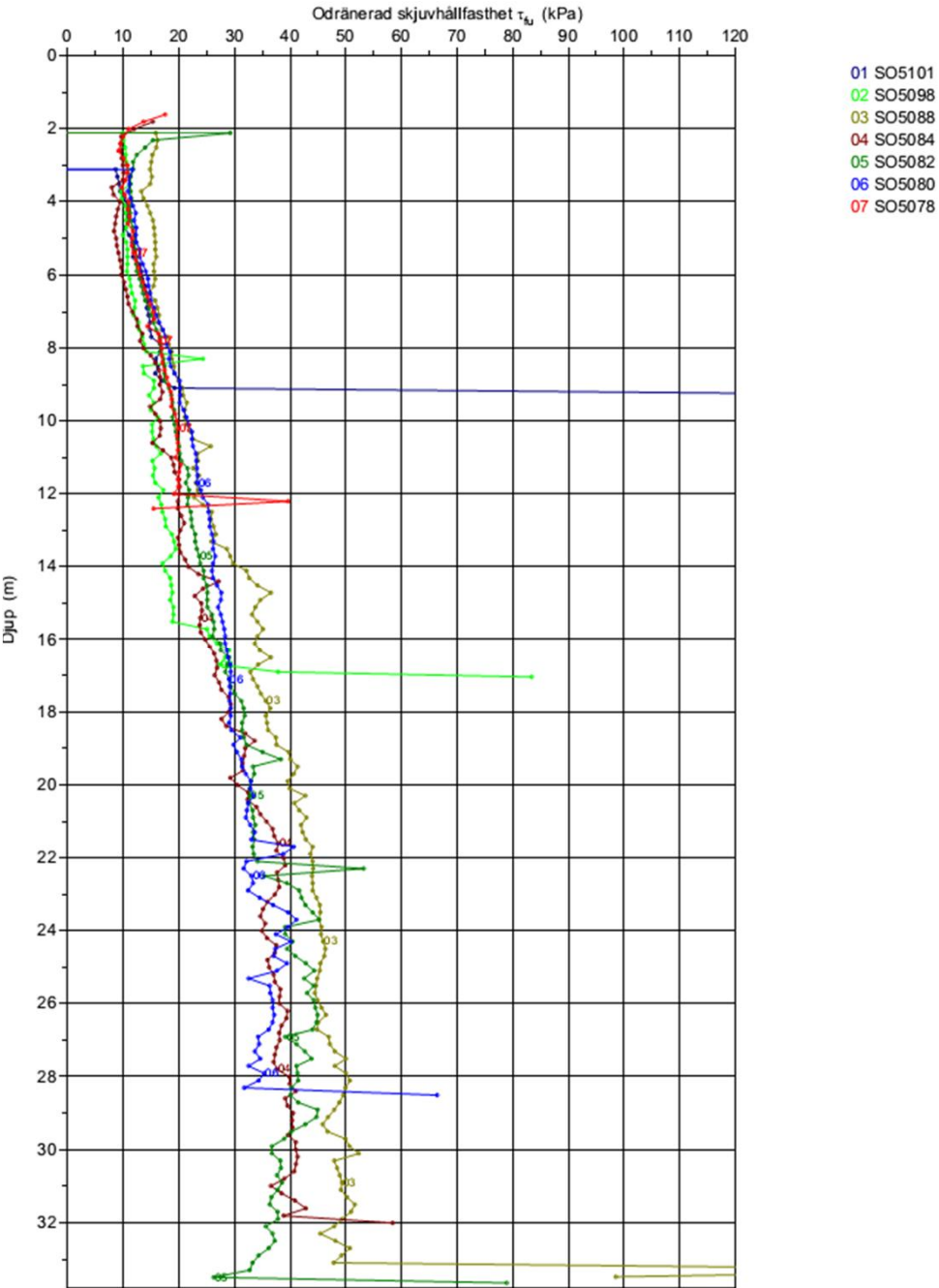


Detalj - Övre delen av jordprofilen





	Id	Min	Max
—□—	S05076 Vingsond	20	23
---■---	S05078 Fallkon	12	20
---◇---	S05082 Fallkon	3	44
---◆---	S05084 Fallkon	10	40
—●—	S05088 Vingsond	13	44
—◆—	S05099 Vingsond	11	37
—▲—	S05101 Fallkon	10	18
—▲—	S05101 Vingsond	11	20



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

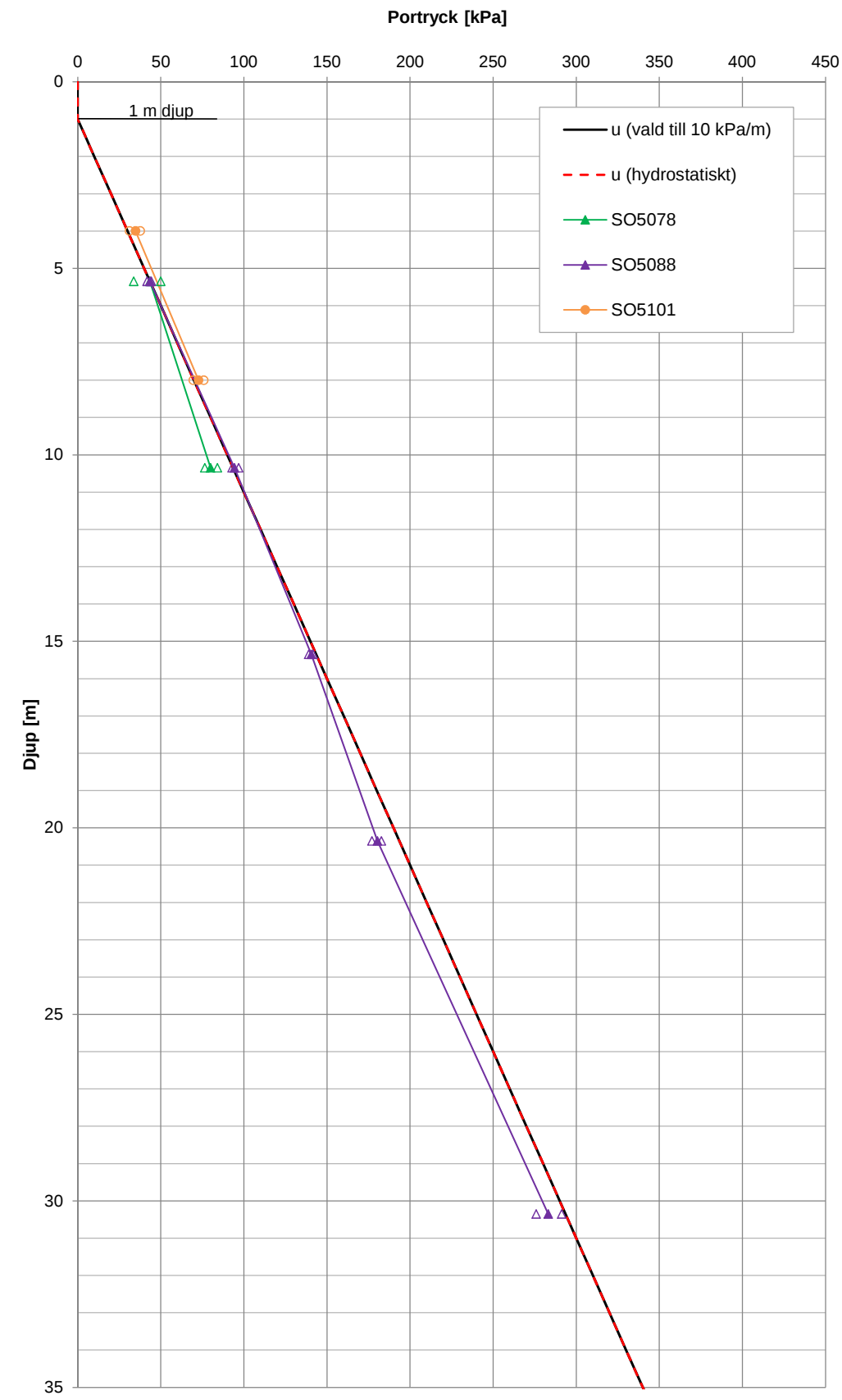
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

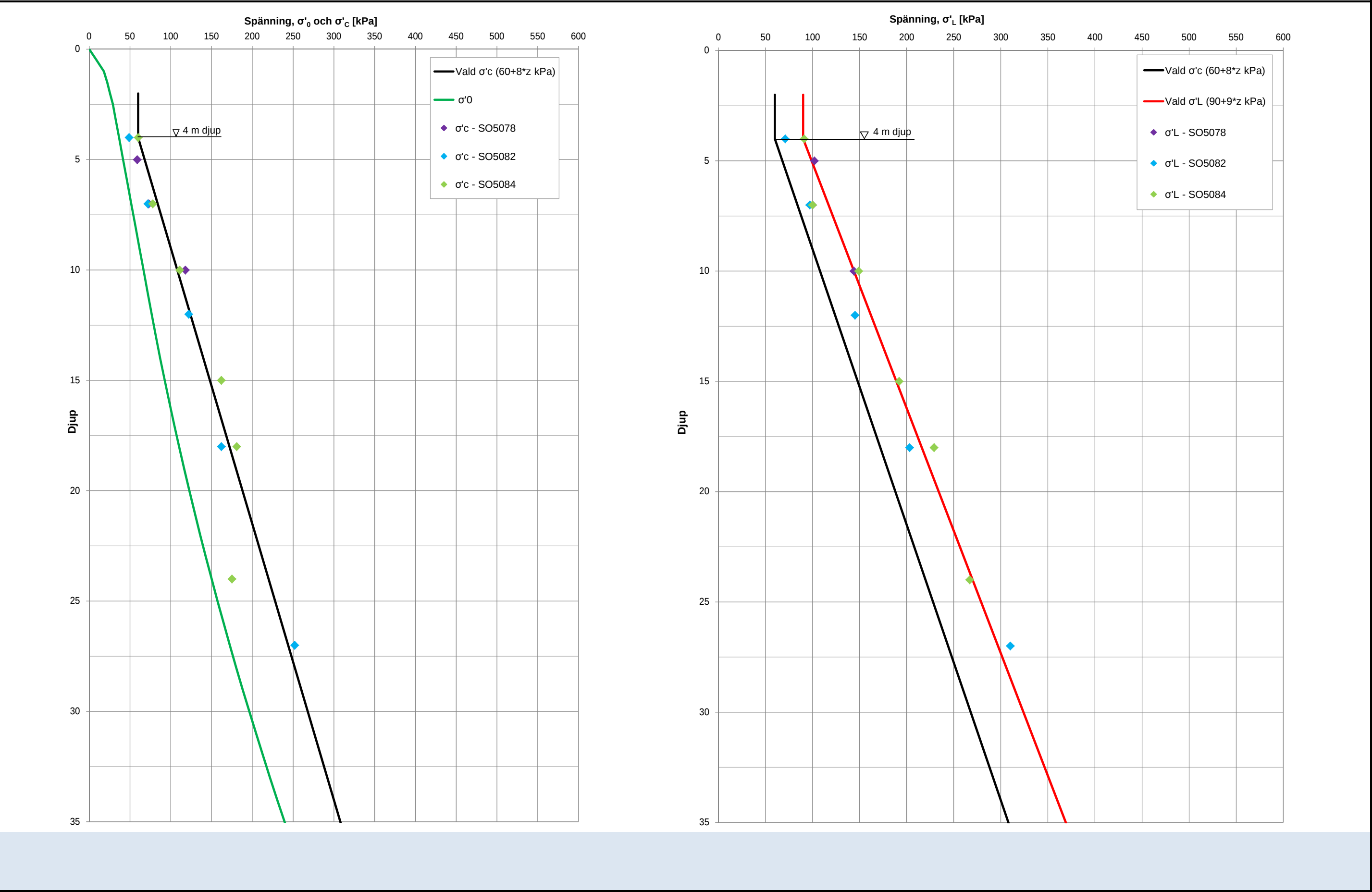
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

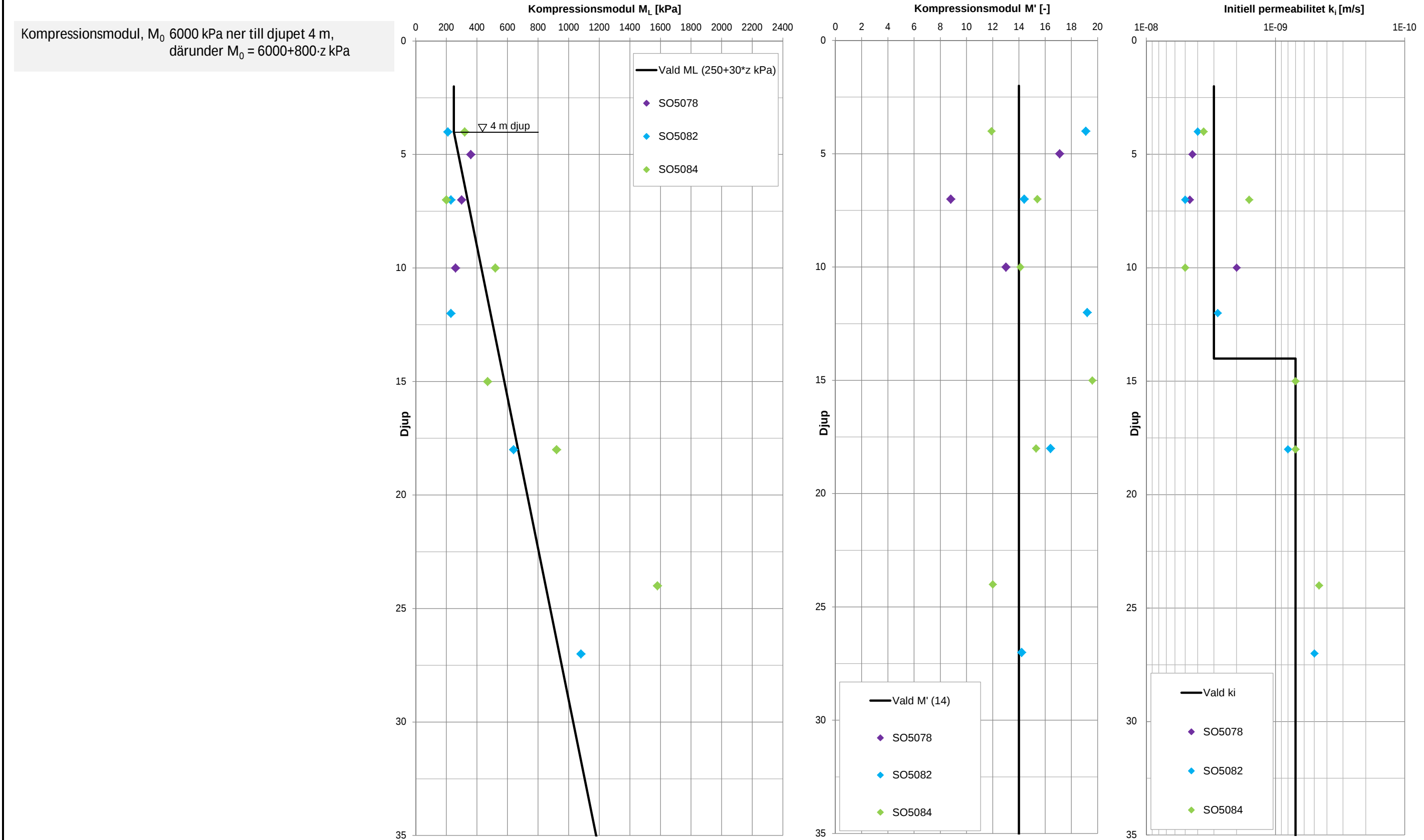
Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

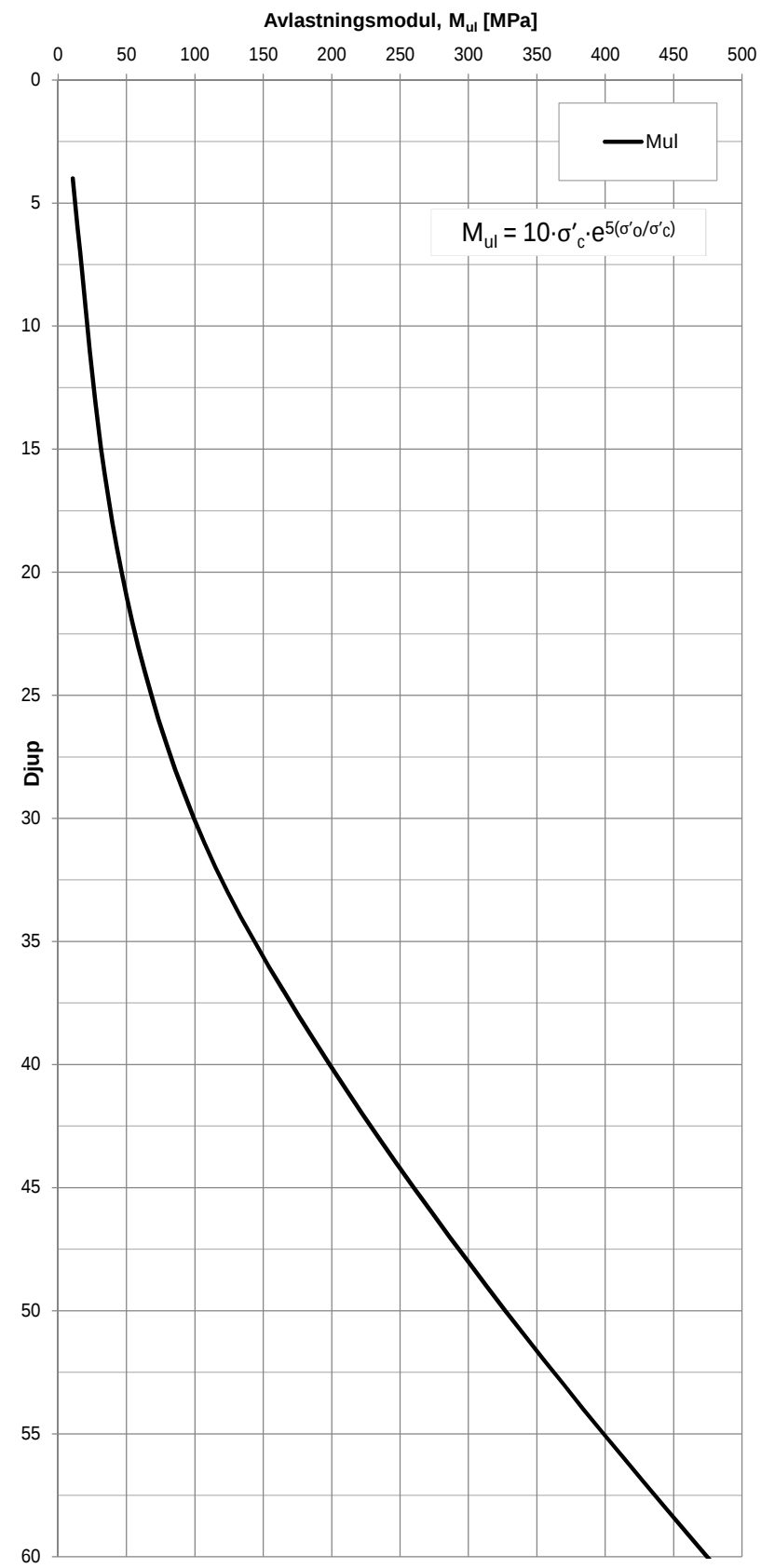
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

Mätperiod: 2013-04-25 - 2014-04-23







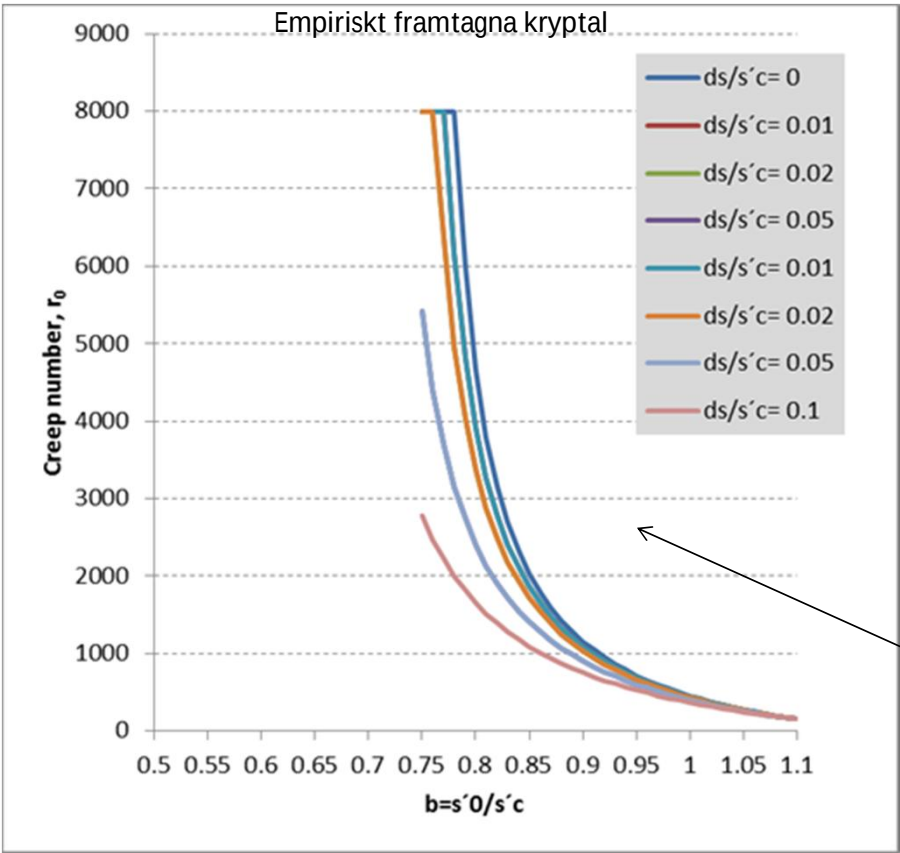


2014-06-19

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:

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

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

Västlänken

PM F 05 – 008

Geotekniska förutsättningar Linje Olskroken

BILAGA 8.2

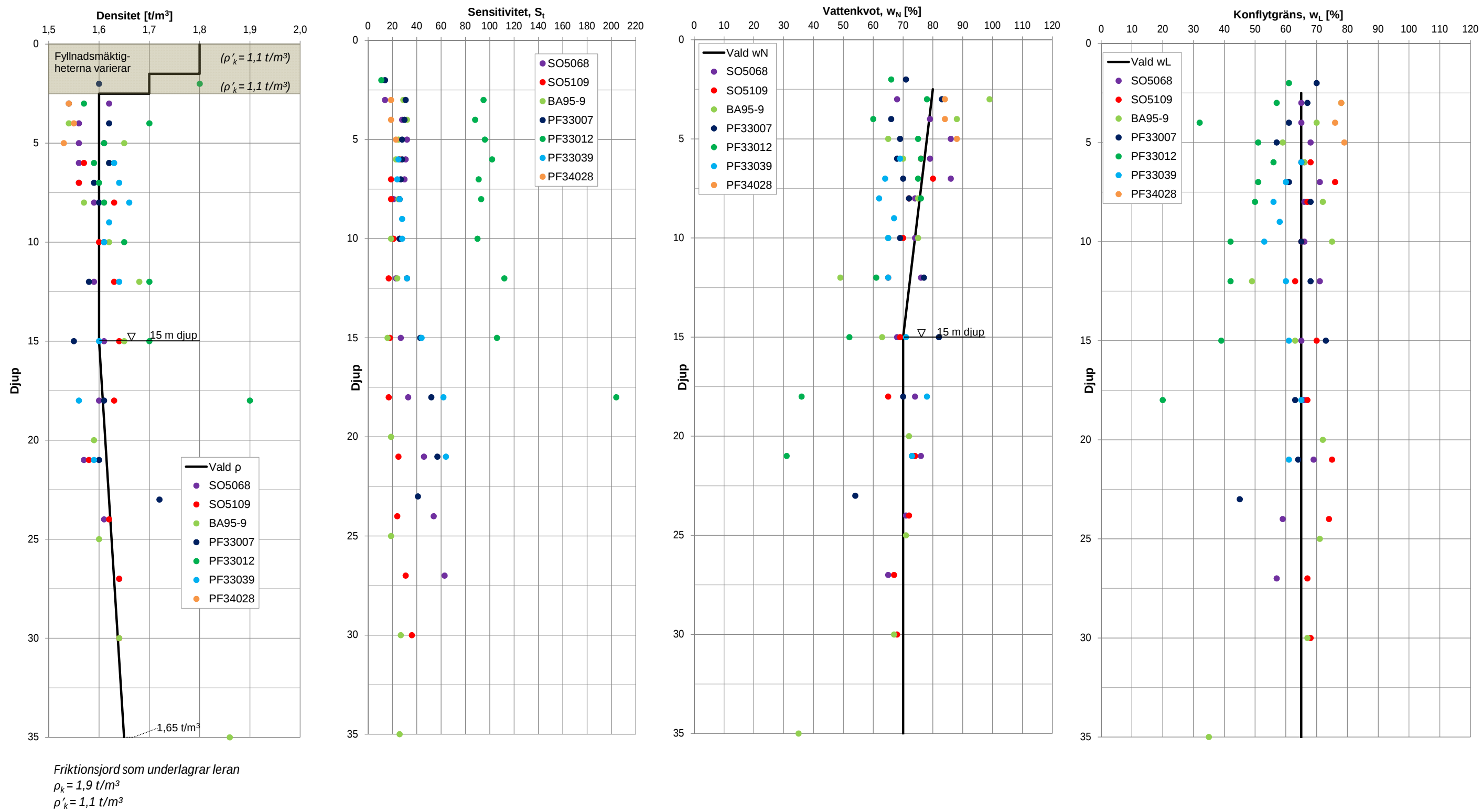
km 454+300 – 454+800

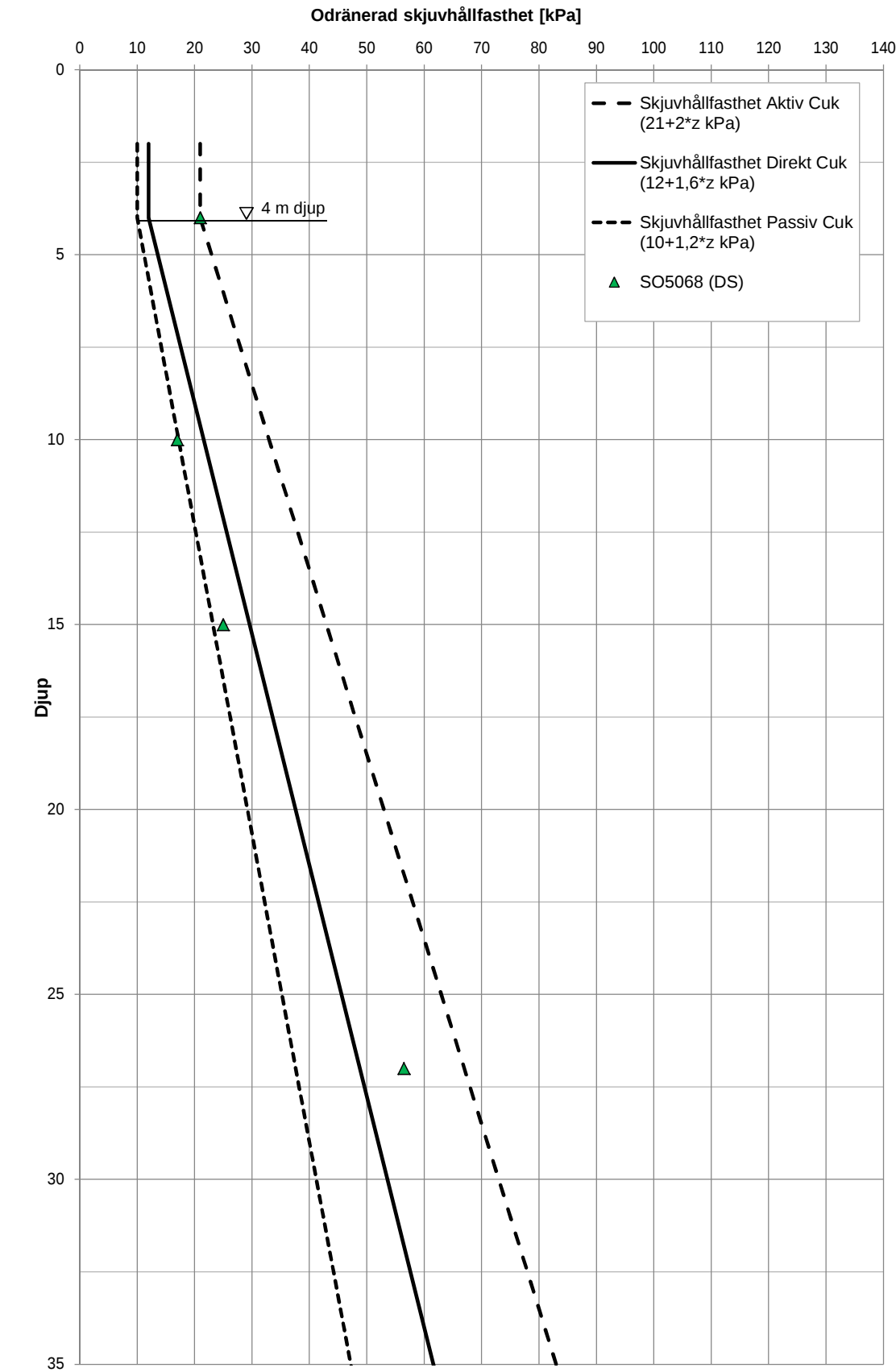
Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

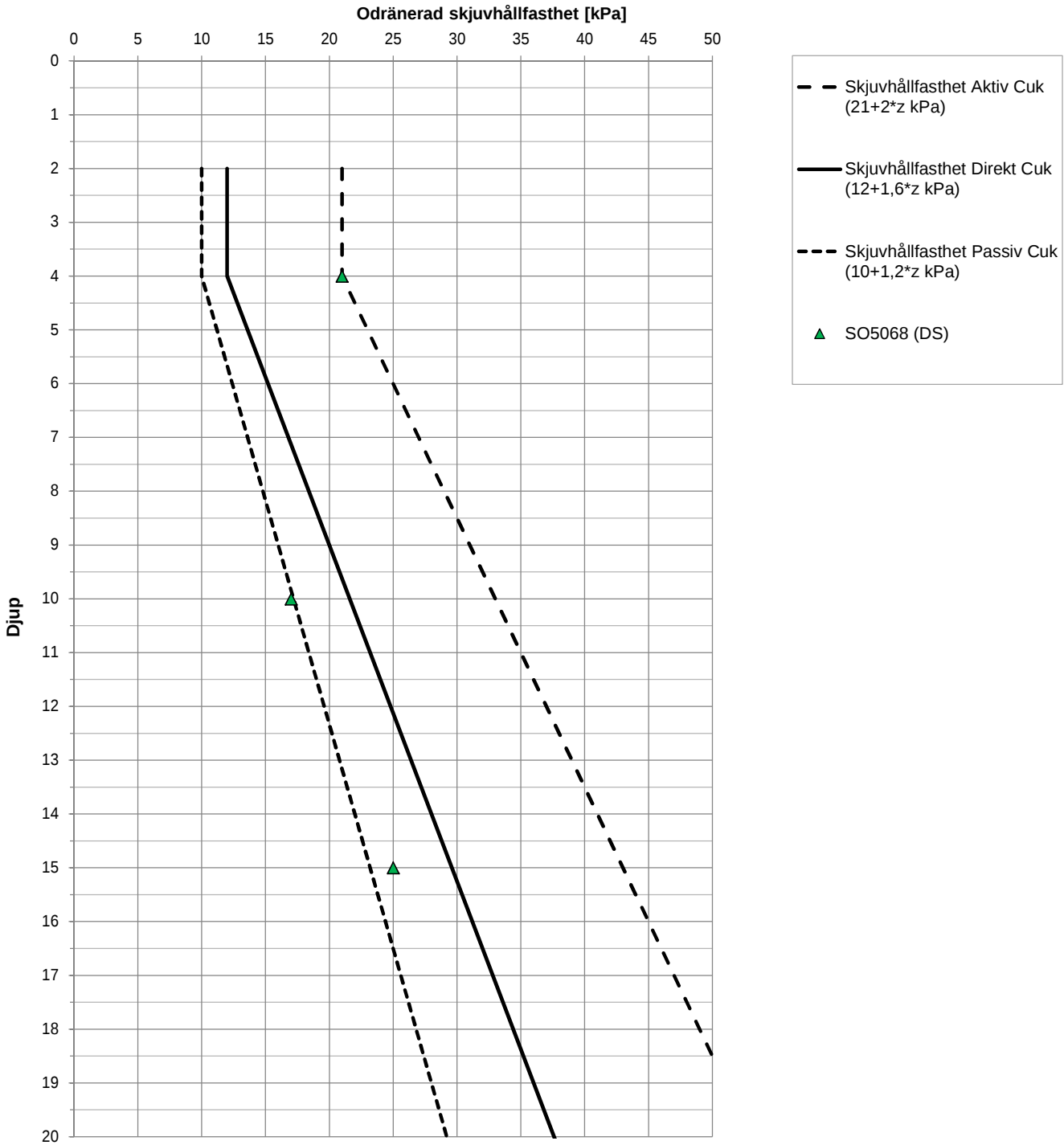
Upprättad av:	Karolina Sanell/Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

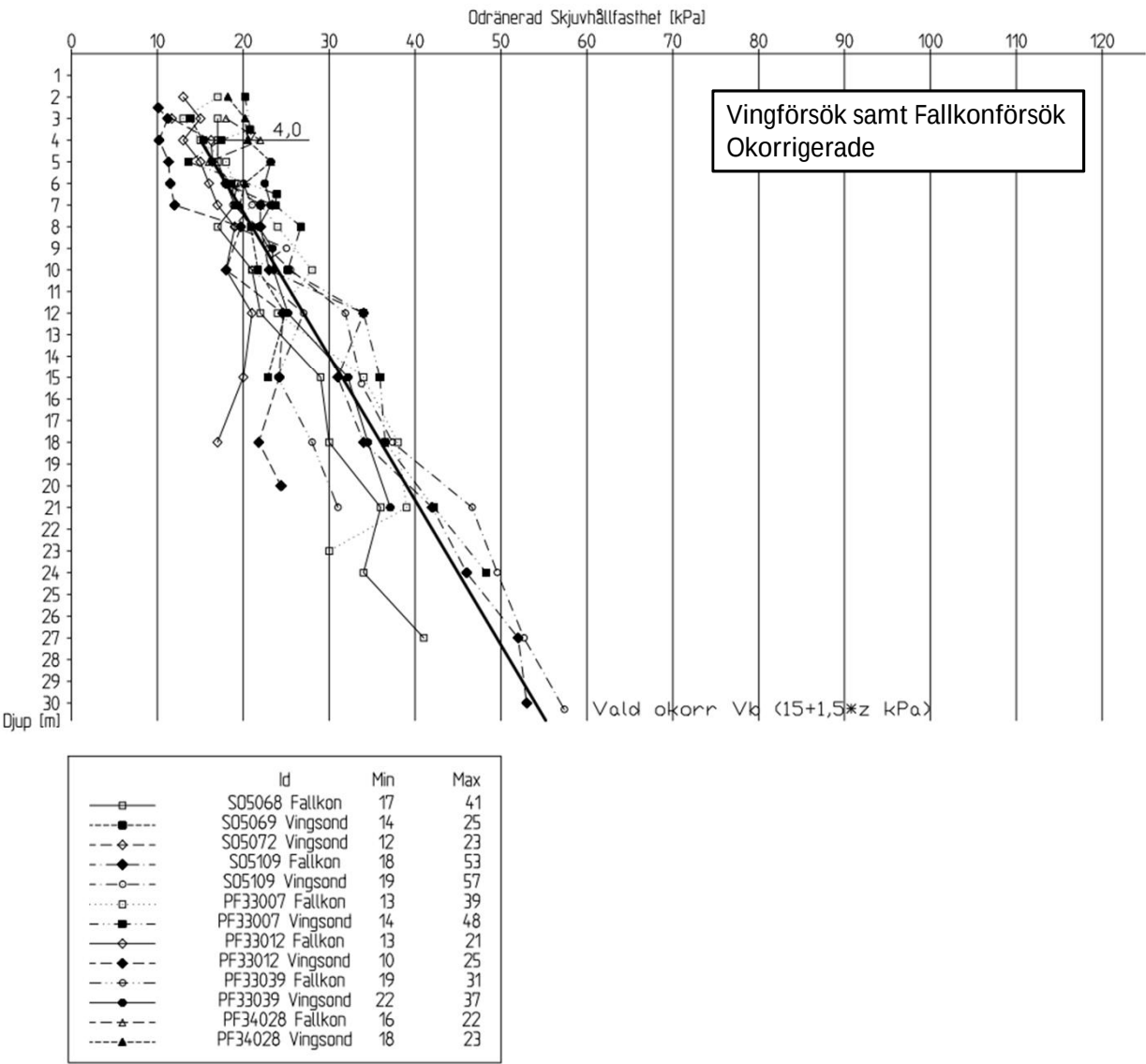
2014-06-19

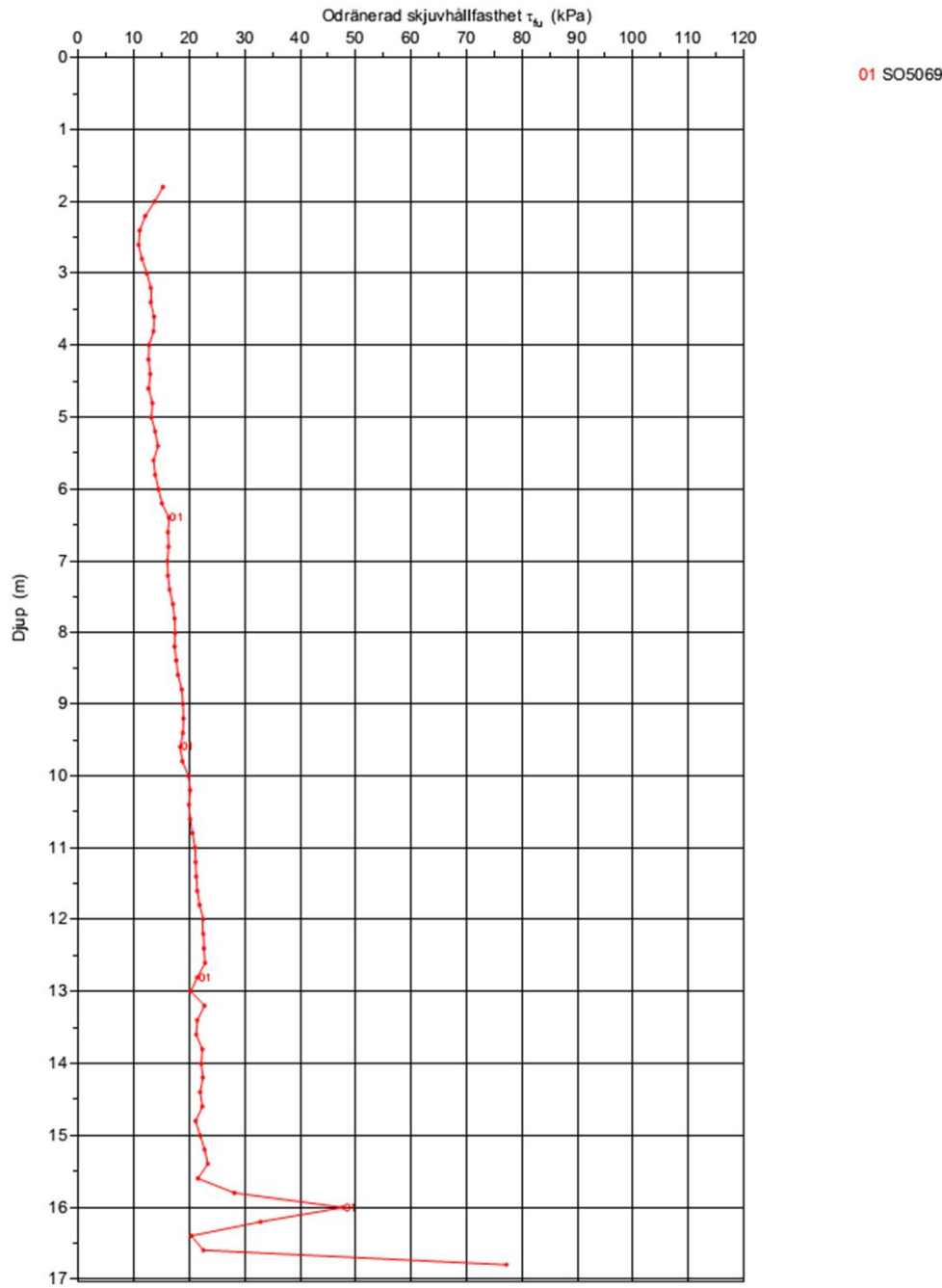




Detalj - Övre delen av jordprofilen







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

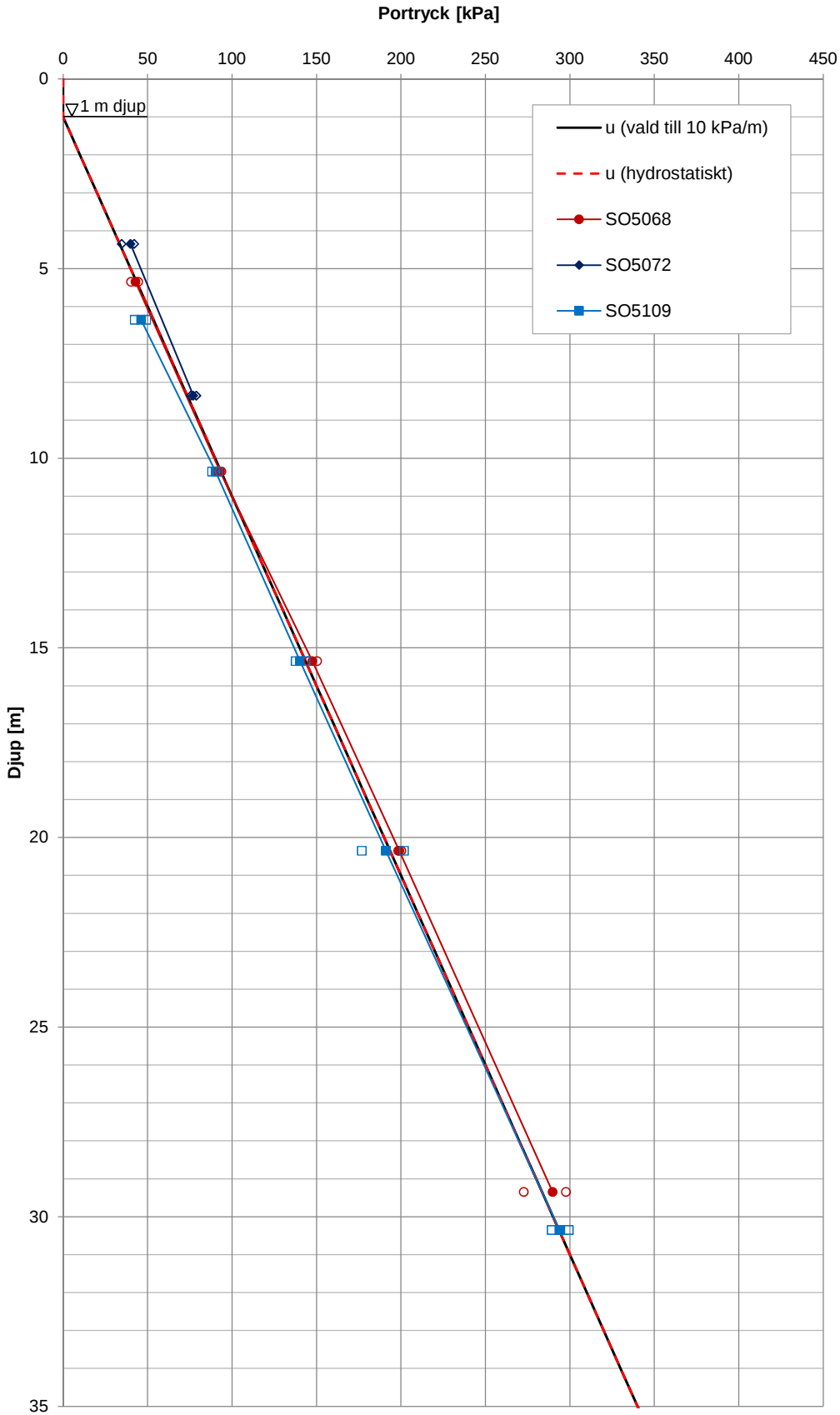
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

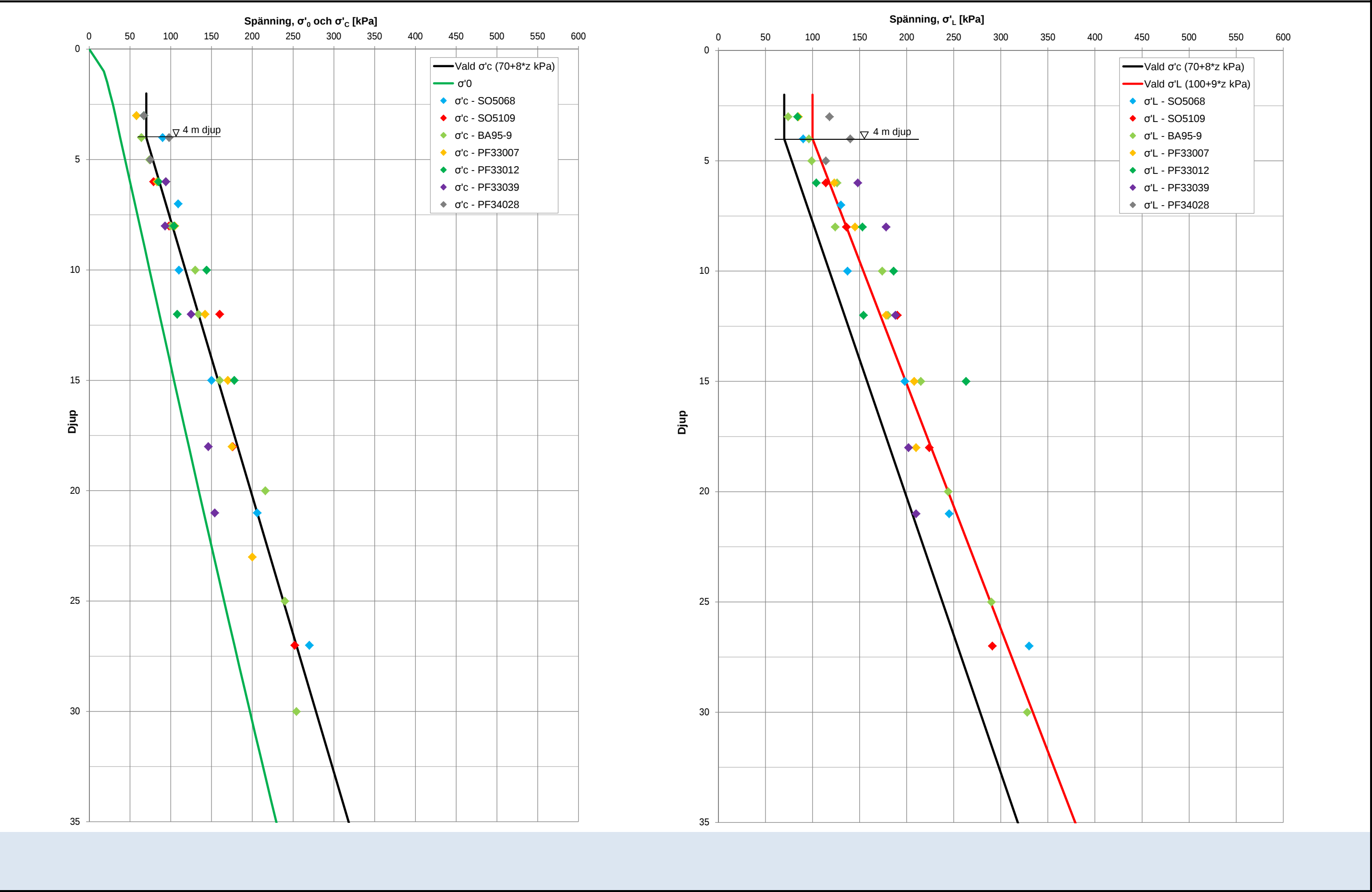
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

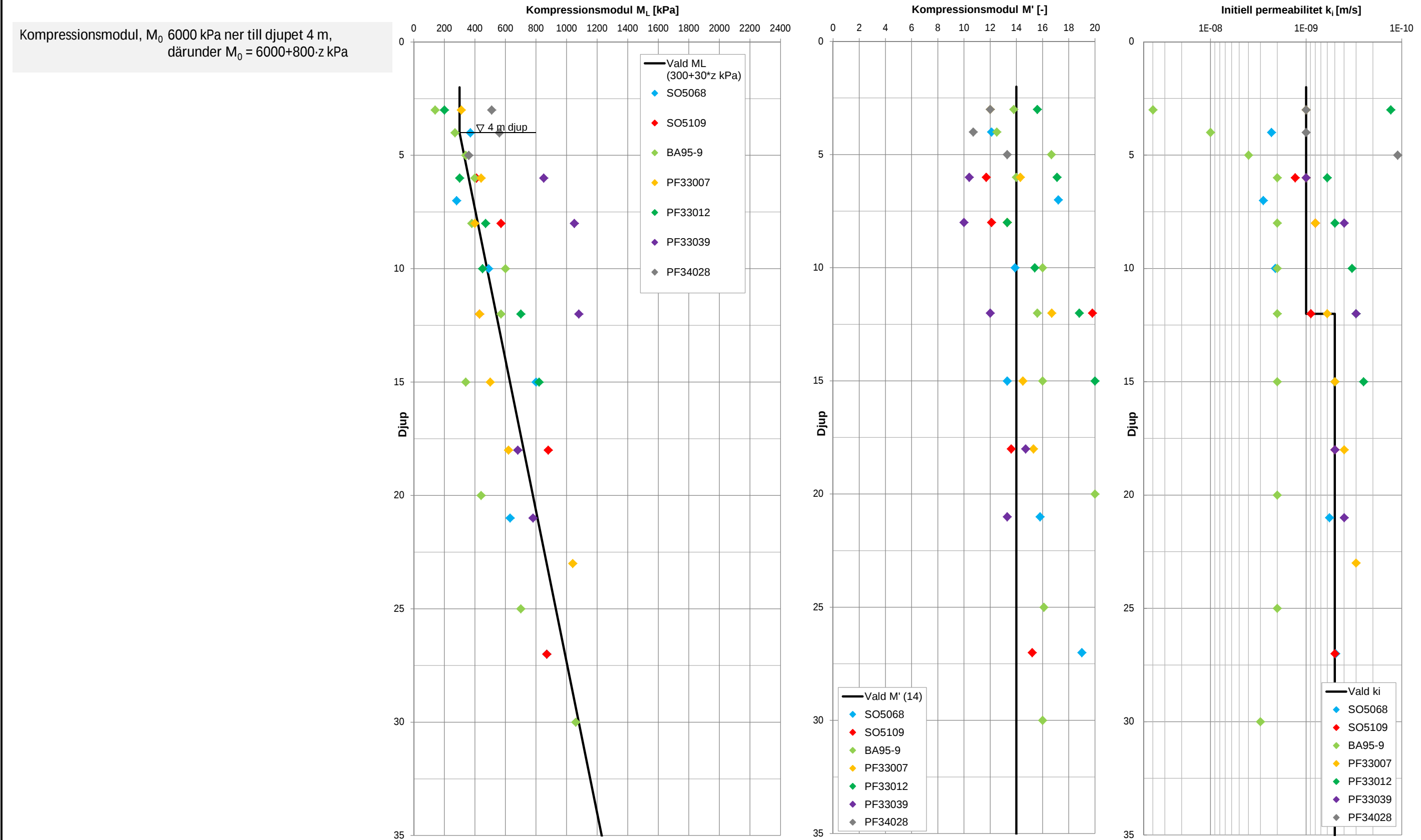
Jordlager	Friktionsvinkel, φ'
Fy/Gr/Sa (Befintlig överbyggnad, nyare fyllning)	38°
Fy/Sa/Si (Äldre befintlig fyllning)	35°
Friktionsjord (Naturligt avsatt friktionsjord som underlagrar leran)	39°

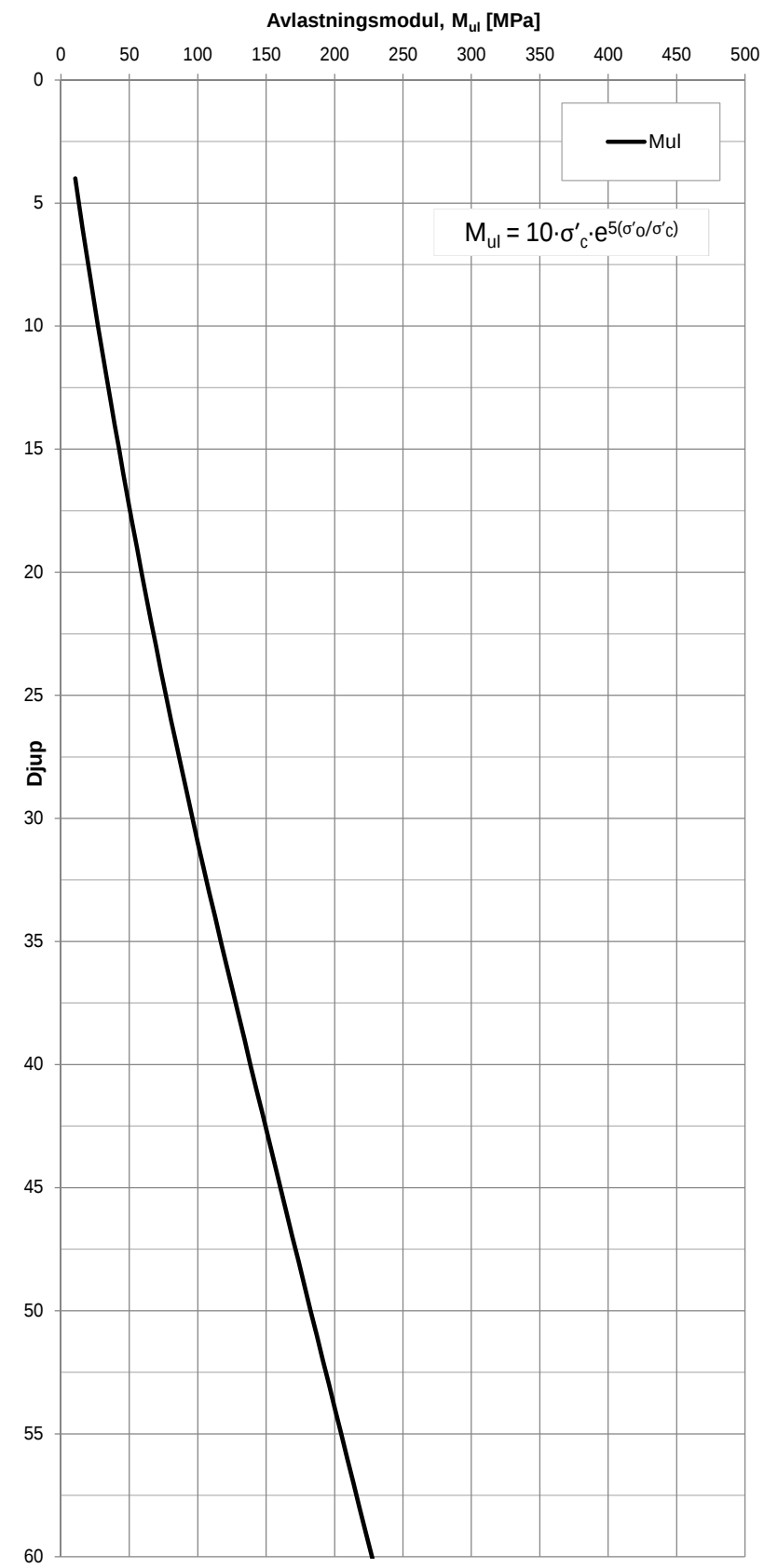
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde.
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

Mätperiod: 2013-04-25 - 2014-04-28







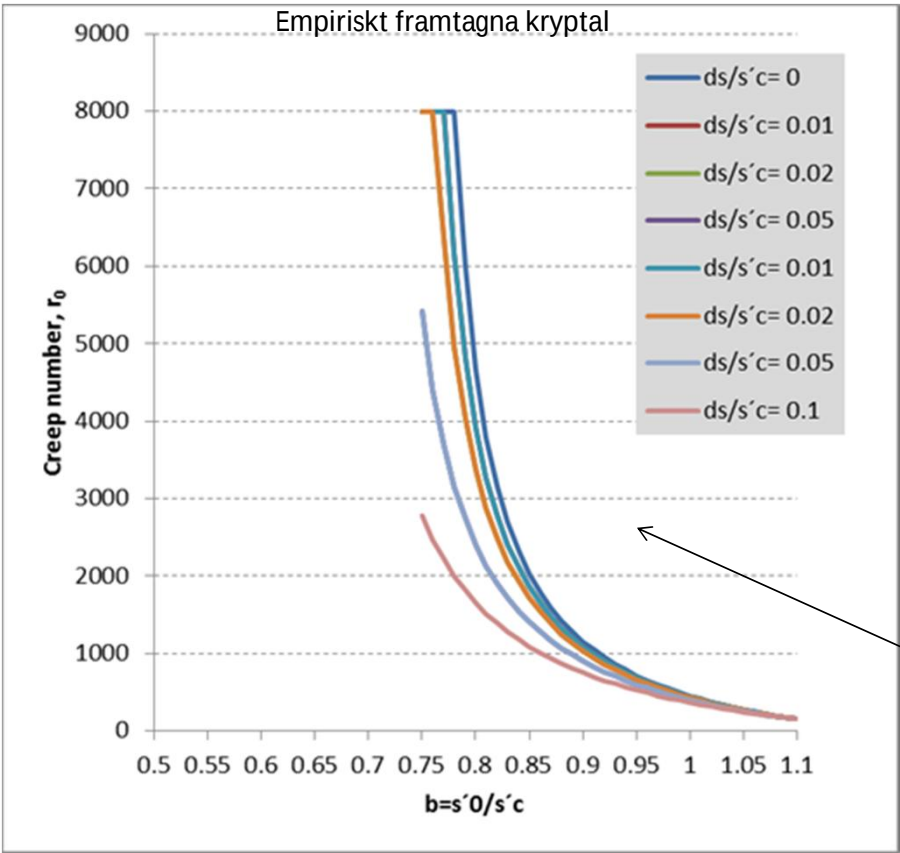


2014-06-19

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:

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

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

Västlänken

PM F 05 – 008

Geotekniska förutsättningar Linje Olskroken

BILAGA 8.3

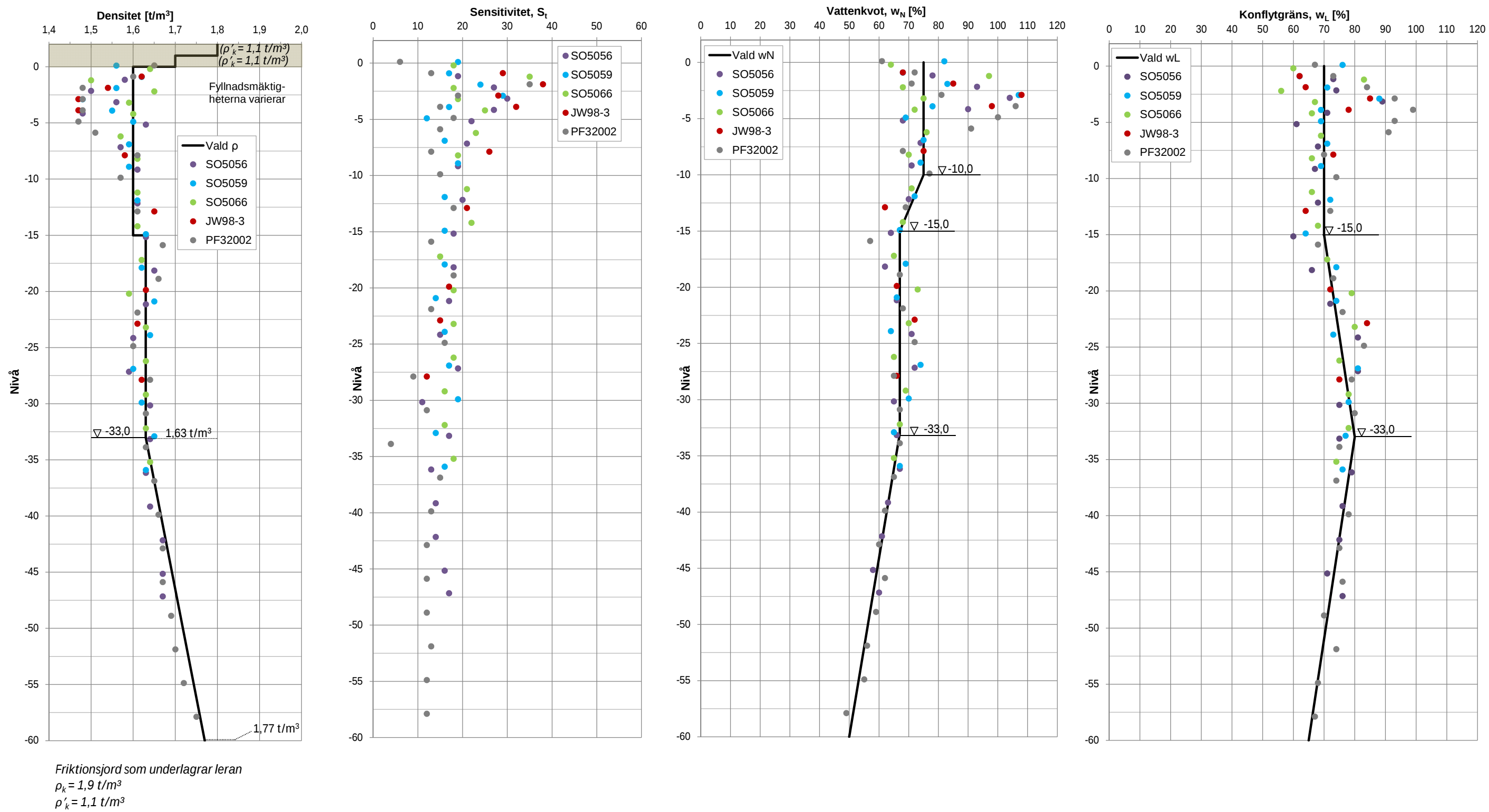
km 454+800 – 455+200

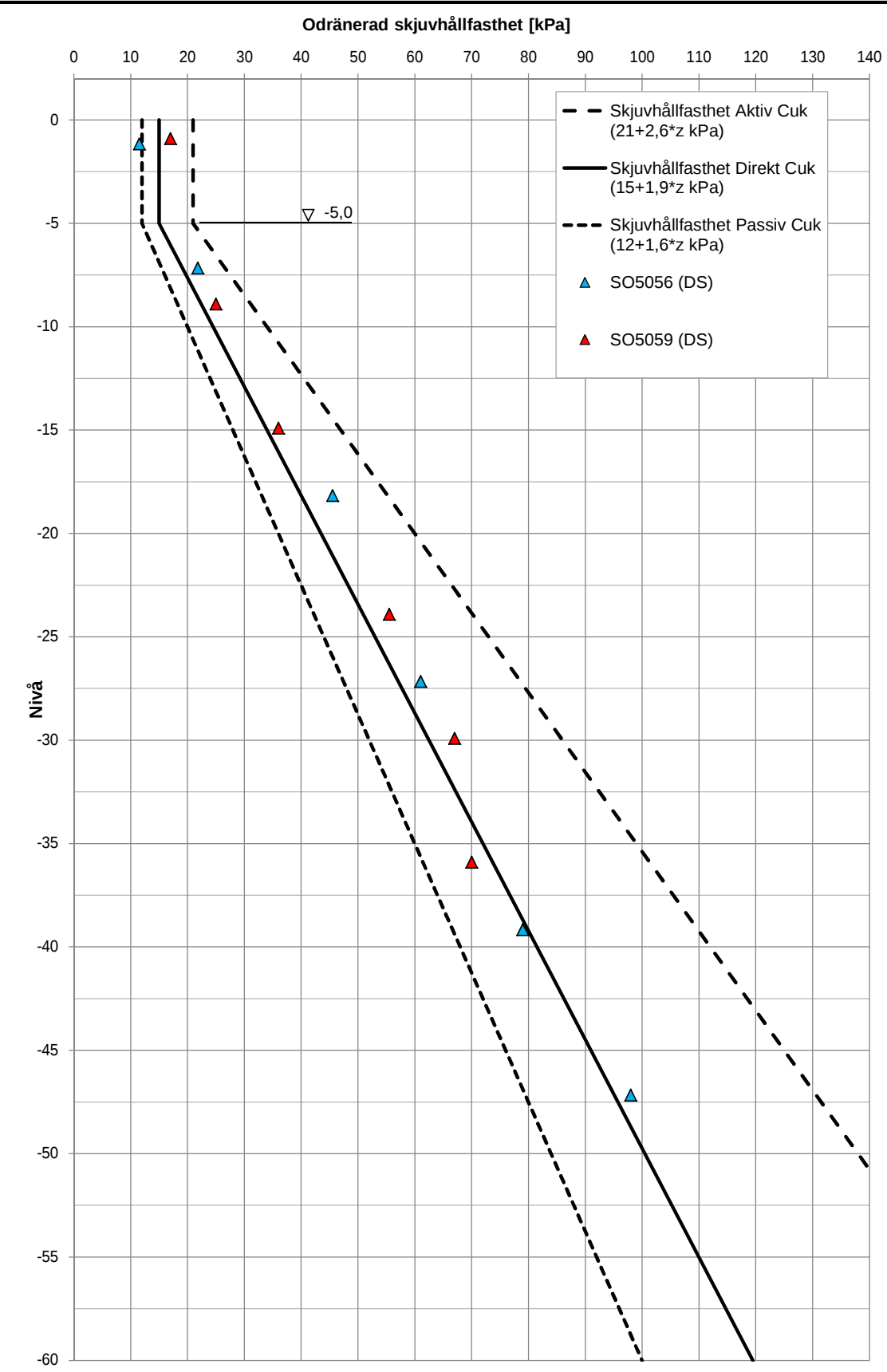
Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

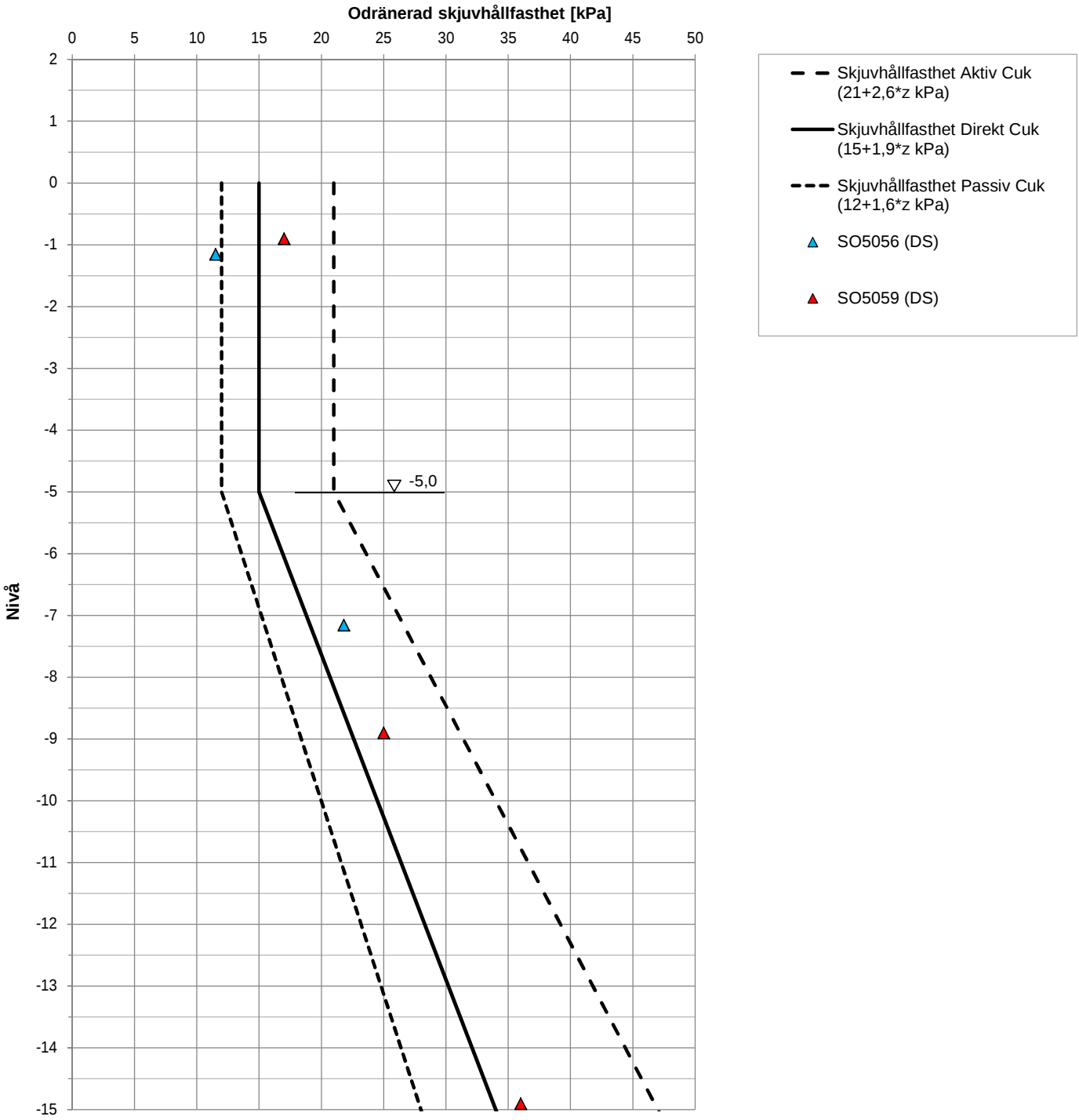
Upprättad av:	Karolina Sanell/Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

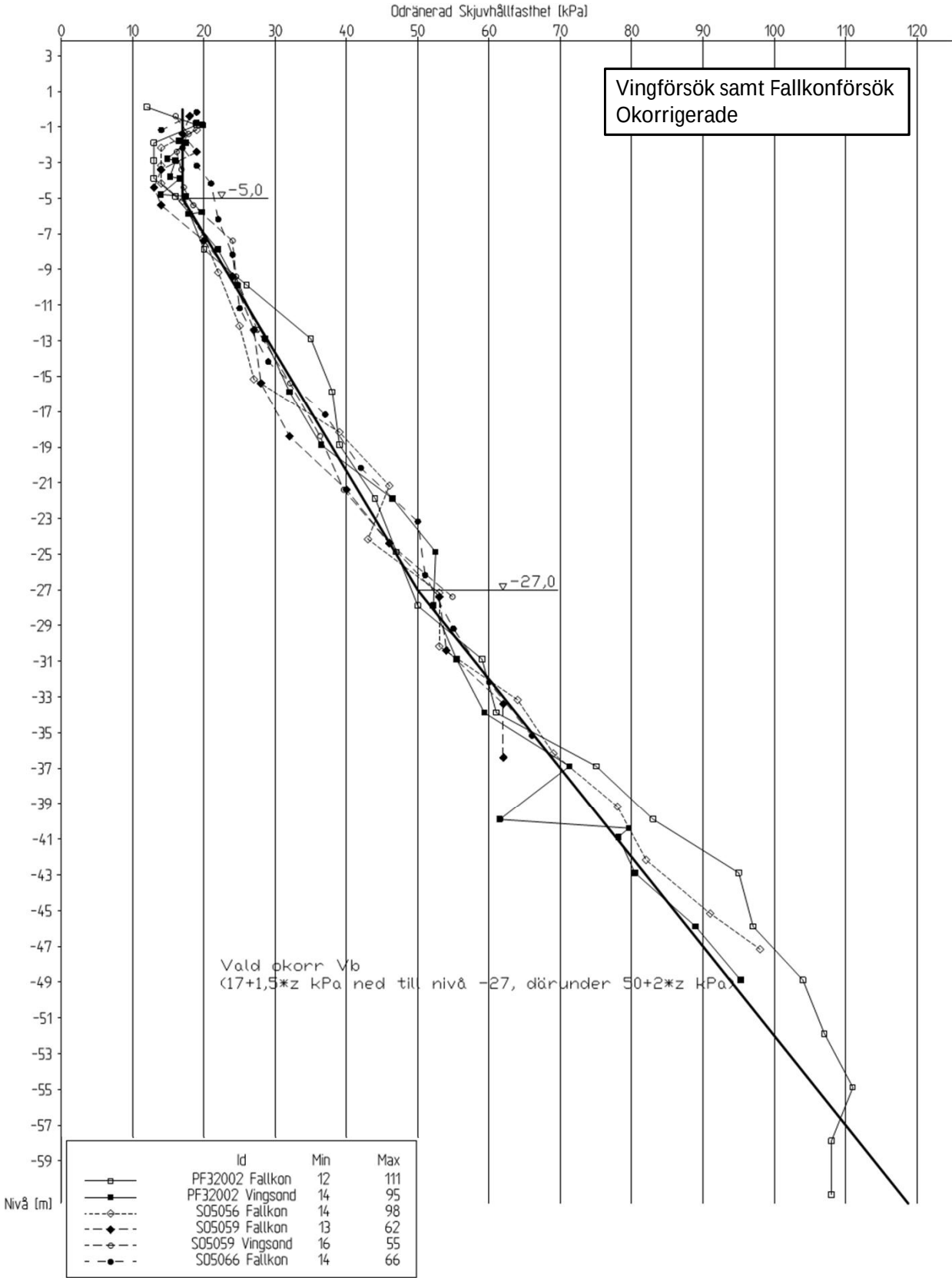
2014-06-19

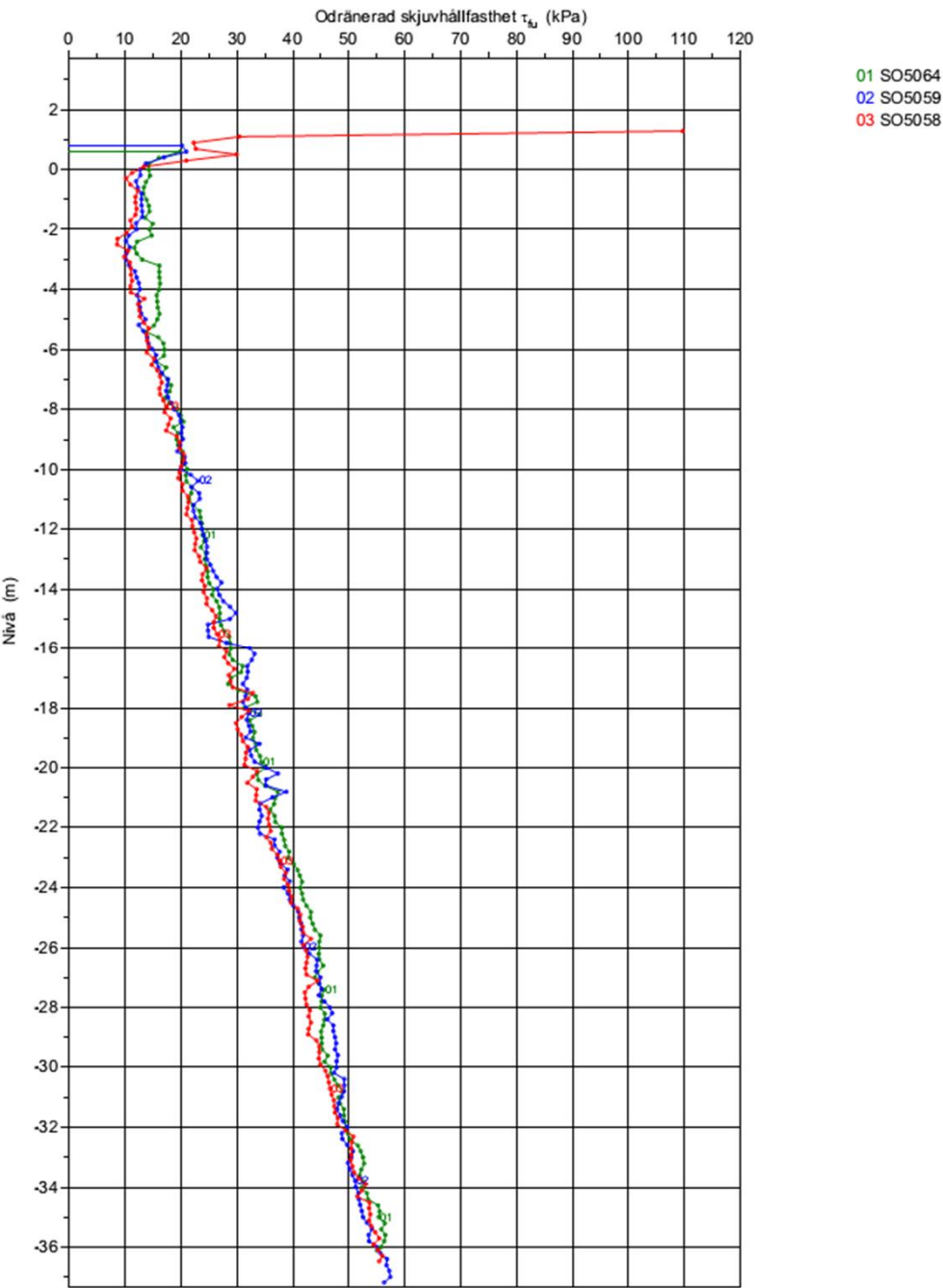




Detalj - Övre delen av jordprofilen







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

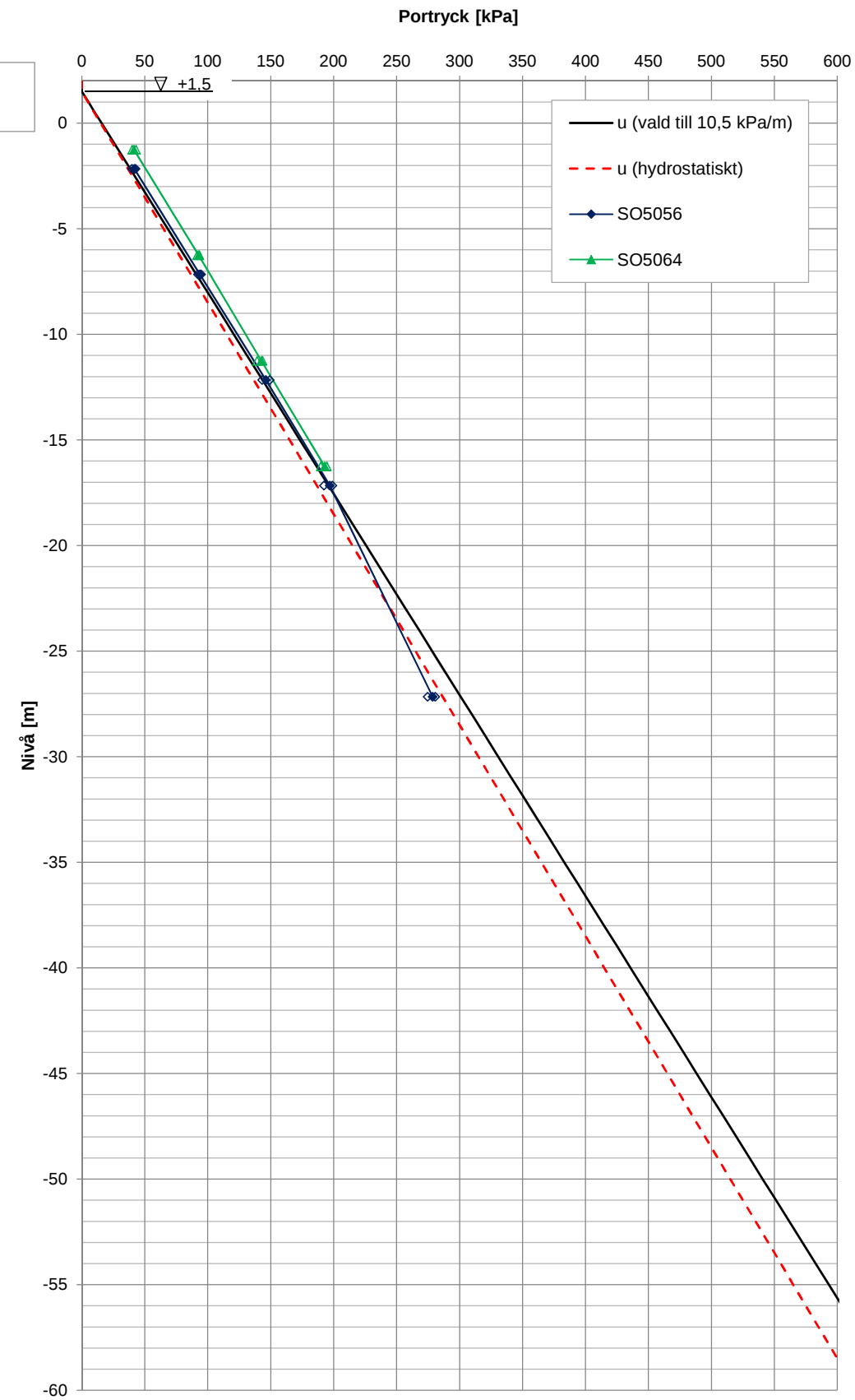
Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

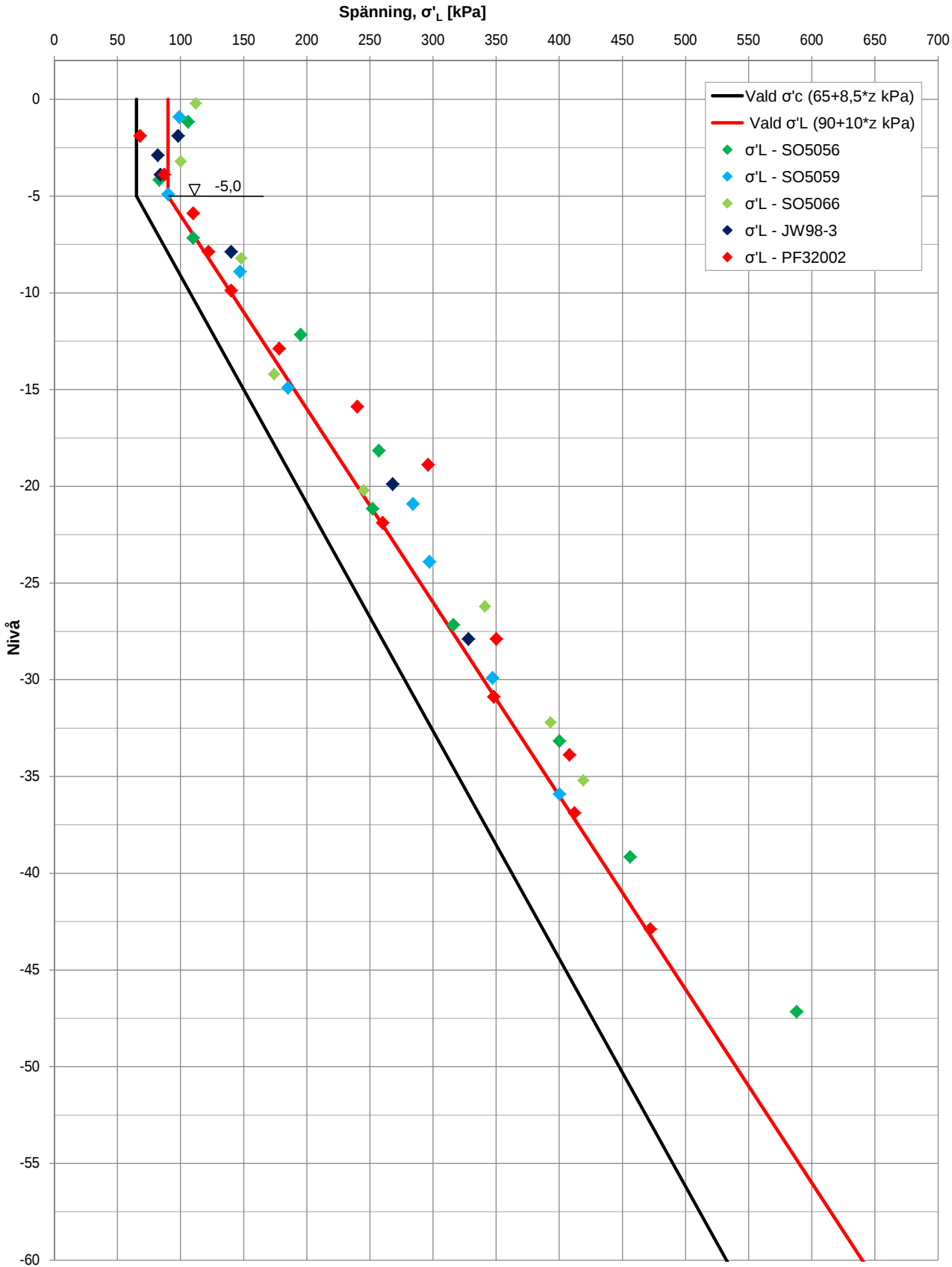
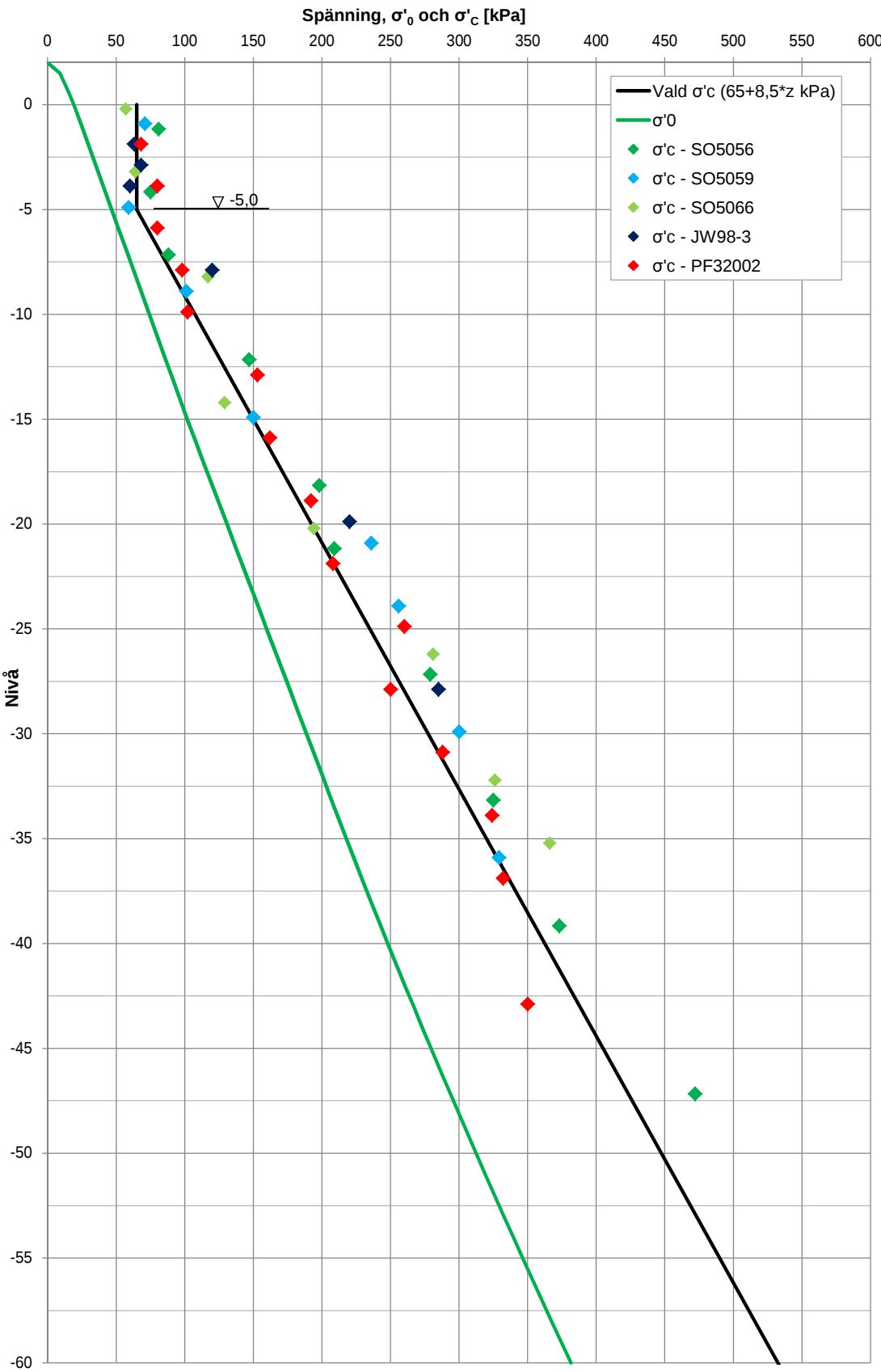
Karakteristiska värden för friktionsvinkeln för befintlig överbyggnad, äldre fyllning samt underliggande friktionsjord framgår av nedanstående tabell.

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°

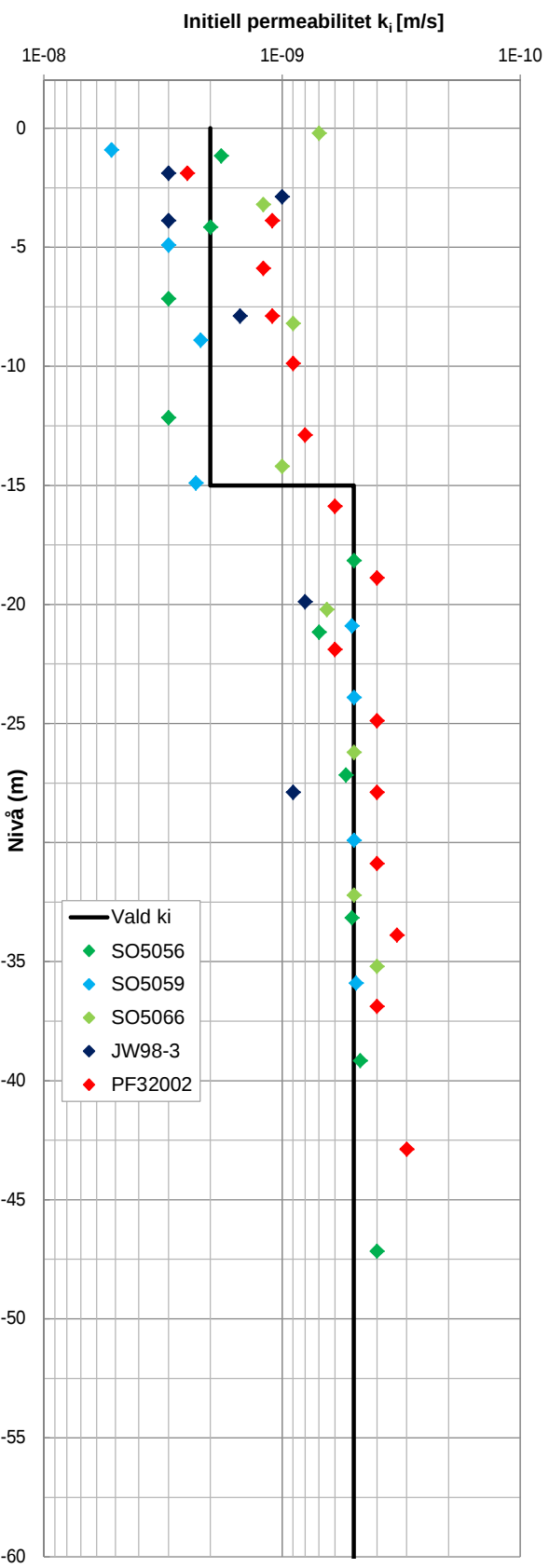
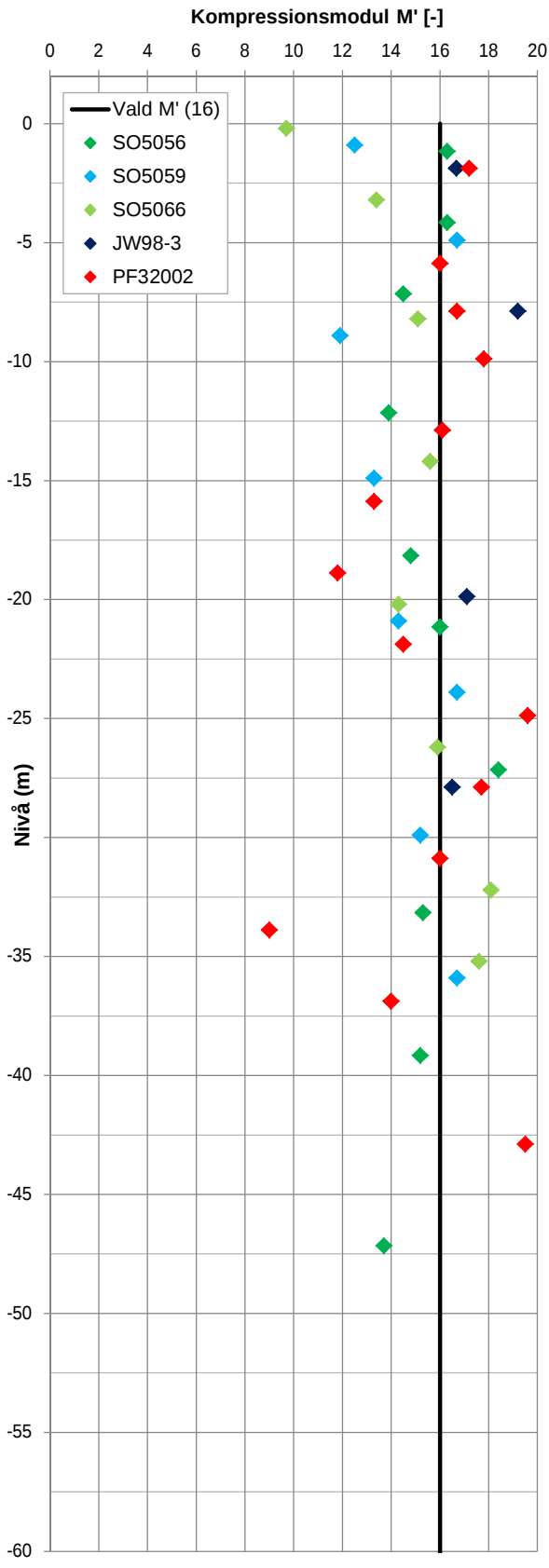
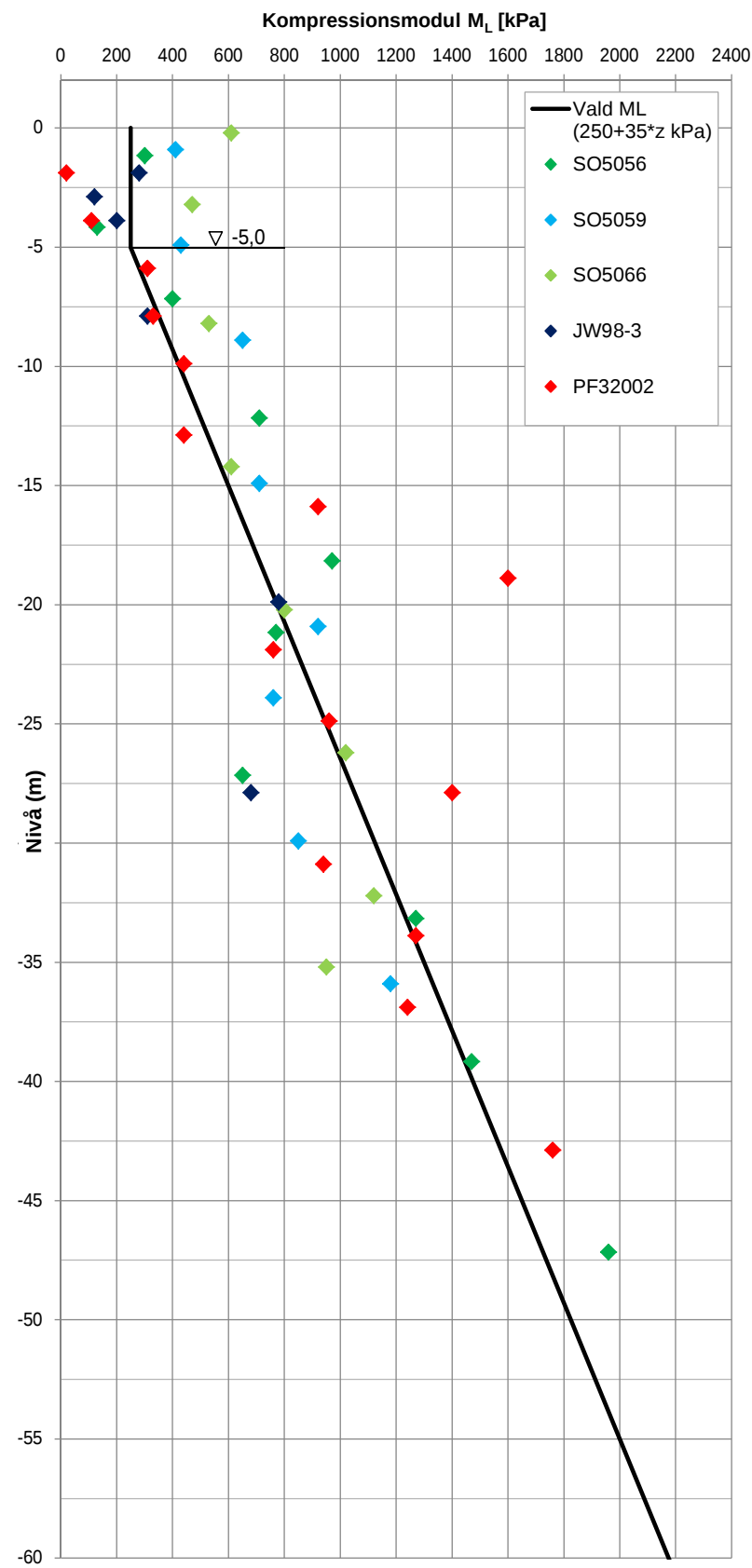
Linjer och fyllda symboler avser medelvärde
Icke ifyllda symboler avser uppmätt min.- och max-värde.

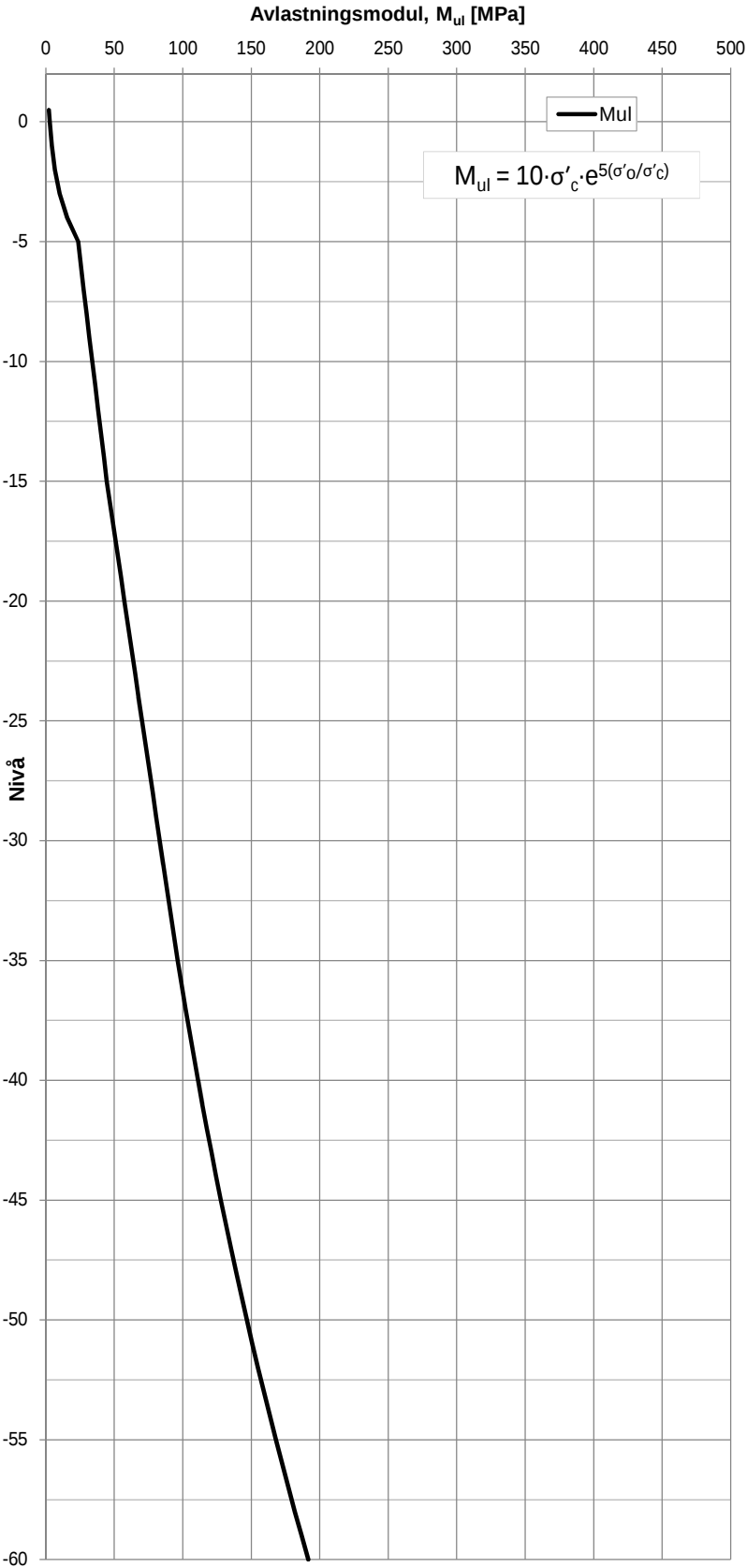
Mätperiod: 2013-04-25 - 2014-04-23





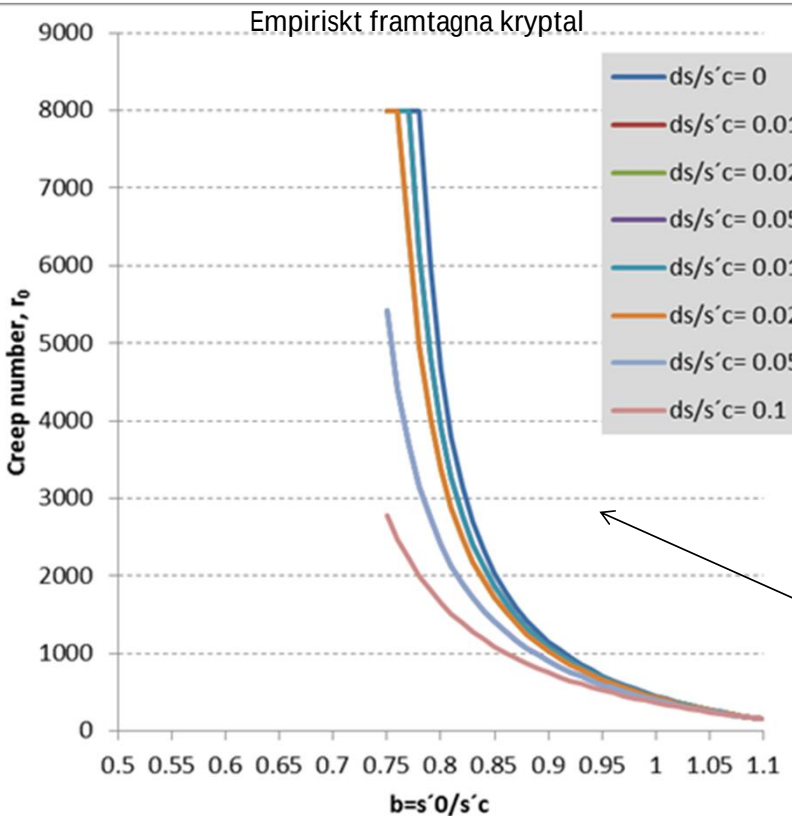
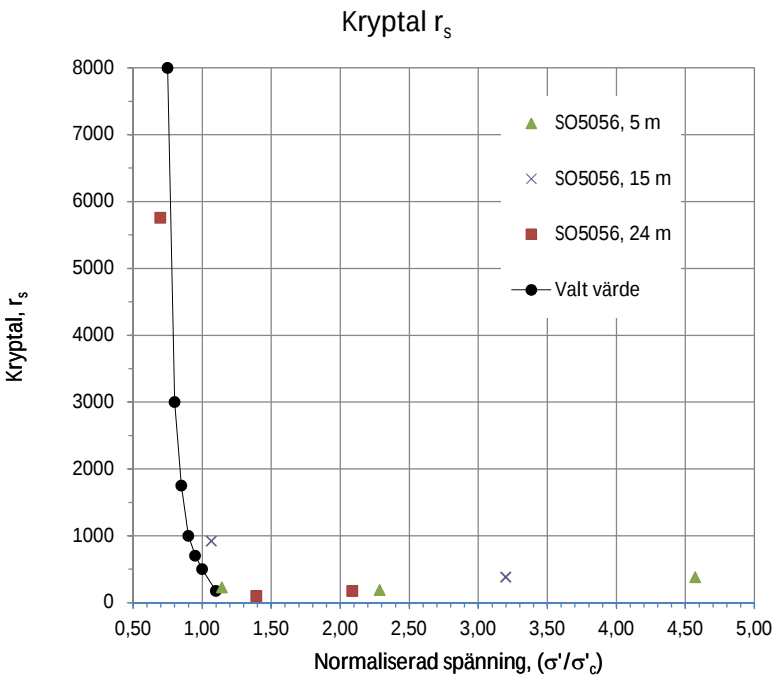
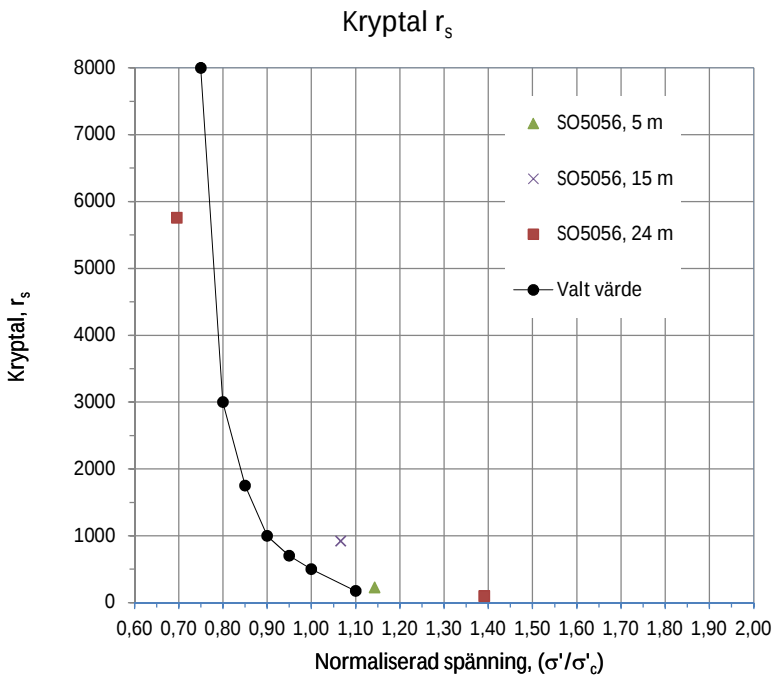
Kompressionsmodul, M_0 7500 kPa ner till nivån -5,
därunder $M_0 = 7500 + 950 \cdot z$ kPa





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	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:

$$\text{För } 0,75 < b < b_1 \\ r_0 = \frac{750 \cdot (b_1 - b_0)}{b_0 - 0,75 - \frac{\Delta \sigma}{\sigma'_{c,ref}}} + r_1 \quad \max r_0 = 8000 \\ \text{För } b \geq b_1 \text{ gäller } r_1$$

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

Västlänken

PM F 05 – 008

Geotekniska förutsättningar Linje Olskroken

BILAGA 8.4

km 455+200 – 455+700

Revideringen avser:

Avsnitt	Revideringen avser	Reviderad av

Upprättad av:	Karolina Sanell/Urban Högsta	
Granskad av:	Ola Skepp	

2014-06-19

