

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av

Västlänken och Olskroken planskildhet

Göteborgs Stad och Mölndals stad, Västra Götalands län

PM Geoteknik Stabilitet
TRV 2016/3151

2016-02-10



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

Författare: Urban Högsta och Karolina Sanell (Golder Associates)

Dokumentdatum: 2016-02-10

Ärendenummer: TRV 2016/3151

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	Underlag	4
2.1	Kartor, ortofoto, mätdata mm.....	4
2.2	Koordinat- och höjdsystem	4
2.3	Geotekniska undersökningar och utredningar	4
3	Översiktlig geoteknisk beskrivning av utredningsområdet	5
4	Lagar, normer och regelverk	8
5	Stabilitet befintliga förhållanden	9
5.1	Gullbergsån	9
5.2	Stora Hamnkanalen.....	15
5.3	Rosenlundskanalen	28
5.4	Mölnbalsån.....	37
5.5	Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser.....	45
6	Stabilitet för planerad anläggning (efter anläggningsskedet) vid passage av ytvattendrag ..	46
6.1	Gullbergsån	46
6.2	Stora Hamnkanalen.....	48
6.3	Rosenlundskanalen	48
6.4	Mölnbalsån.....	49

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.

I denna PM beskrivs stabilitetsförhållanden för berörda ytvattendrag längs Västlänkens sträckning. De ytvattenområden som berörs är Gullbergsån, Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen samt Mölndalsån.

Denna PM beskriver stabiliteten för dels befintliga förhållanden samt för den planerade anläggningen.

2 Underlag

2.1 Kartor, ortofoto, mätdata mm

Som underlag för denna PM har nedanstående underlagsmaterial nyttjats.

- Terrängmodell som är upprättad för projekteringen av Västlänken
- Ortofoton över aktuellt område

2.2 Koordinat- och höjdsystem

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

2.3 Geotekniska undersökningar och utredningar

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 2014-06-19, projektnummer 2305478.

Inom och i anslutning till området för Västlänken har ett stort antal geotekniska undersökningar utförts under årens lopp. Materialet är mycket omfattande och innehåller såväl en stor mängd sonderingar som en stor mängd hållfasthetsbestämningar som underlag för nu utförda stabilitetsberäkningar. Inventering av tidigare utförda geotekniska undersökningar har genomförts för utredningsområdet och redovisas i följande handling:

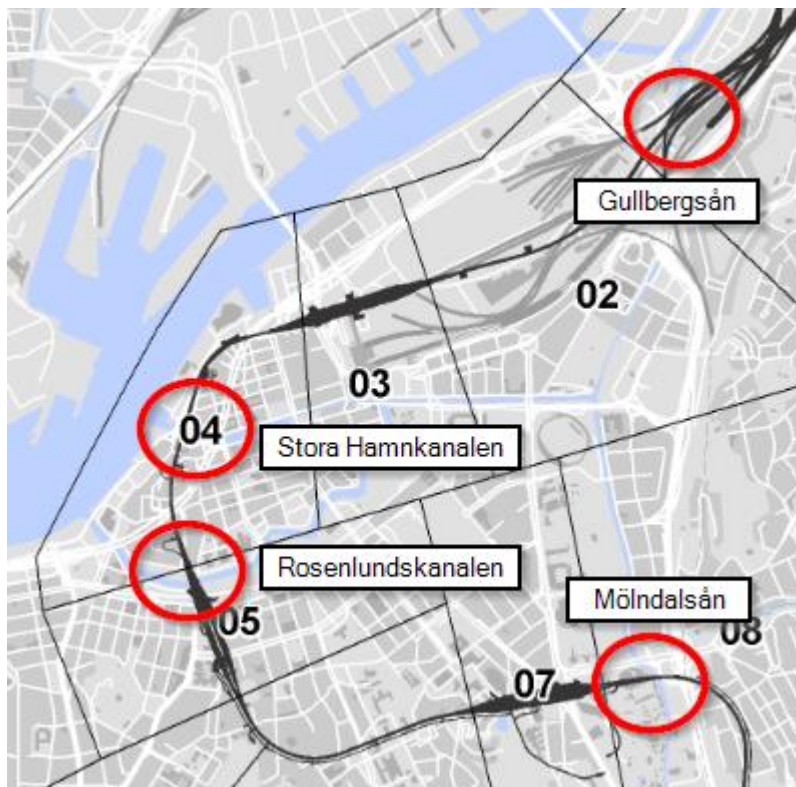
- PM F 05 – 101, Inventering tidigare utförda geotekniska undersökningar för Miljöprövningsuppdraget, Västlänken, Trafikverket, daterad 2014-12-19, rev 2015-02-26, projektnummer 2305478.

I detta sammanhang kan konstateras att den mängd undersökningar som utförts utgör ett tillräckligt underlag för att utföra även fördjupade stabilitetsutredningar. Om det skulle krävas fördjupade utredningar finns således erforderligt undersökningsmaterial framtaget.

Stabilitetsförhållandena längs Västlänkens sträckning har tidigare beskrivits i samband med upprättandet av järnvägsplan samt systemhandling. Stabiliteten har vidare även beskrivits i arbetet med framtagande av detaljplaner för Västlänken, utökning av bangården i Olskroken

respektive Västlänken, Station Haga. Material i denna PM är i huvudsak utdrag från rapporter från dessa skeden.

Denna rapport beskriver endast stabilitetsförhållandena inom läget för de aktuella ytvattendragen som berörs. För en mer komplett beskrivning av de geotekniska förhållandena inom berörda delområden hänvisas till övriga geotekniska PM inom projekt Västlänken.



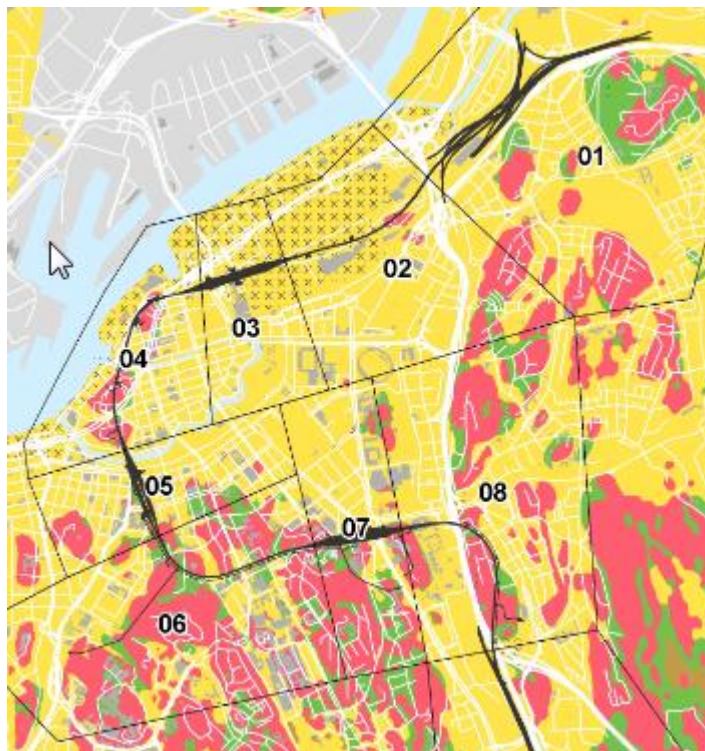
Figur 1 Översikt som visar läget för de fyra ytvattendrag som berörs av Västlänken. Kartunderlag från Hydromodellen i Västlänken.

För fullständig redovisning av undersökningarna hänvisas till upprättad Markteknisk undersökningsrapport - Geoteknik (MUR Geoteknik) för Västlänken (PM F 05 - 004) med tillhörande digitala geoarkiv.

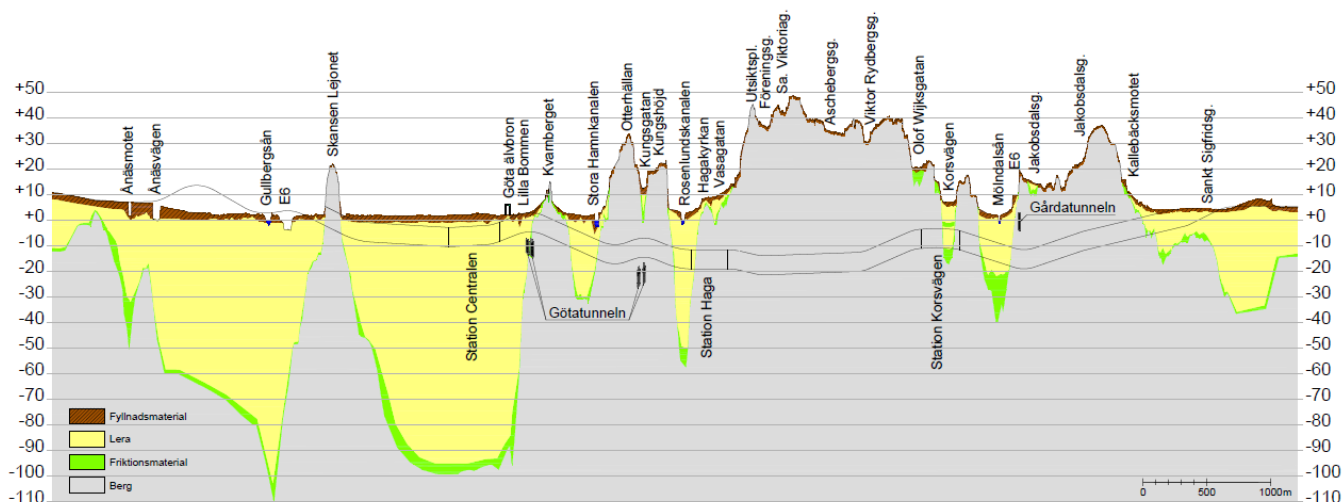
3 Översiktlig geoteknisk beskrivning av utredningsområdet

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 Mölnbäcksdalens dalgång. Nivåskillnaden mellan de lågt och högre liggande områdena är ungefär 40 m. Markförhållandena längs sträckan utgörs i huvudsak av hårdgjorda ytor och bebyggda områden.

Jordlagren i dalgångarna utgörs generellt överst av *fyllning* och därunder följer ett relativt mäktigt lager med *lera*. Leran vilar normalt på ett lager av grövre material, *friktingsjord*, innan berget tar vid. Inom de högre liggande partierna utgörs jordlagren i huvudsak av friktionsjord. Jordlagren framgår översiktligt av nedanstående jordartskarta (Figur 2) samt tolkad jordlager- och bergprofil längs järnvägstunnelns sträckning, Figur 3.



Figur 2 Utdrag av jordartskarta från Västlänkens hydromodell.



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

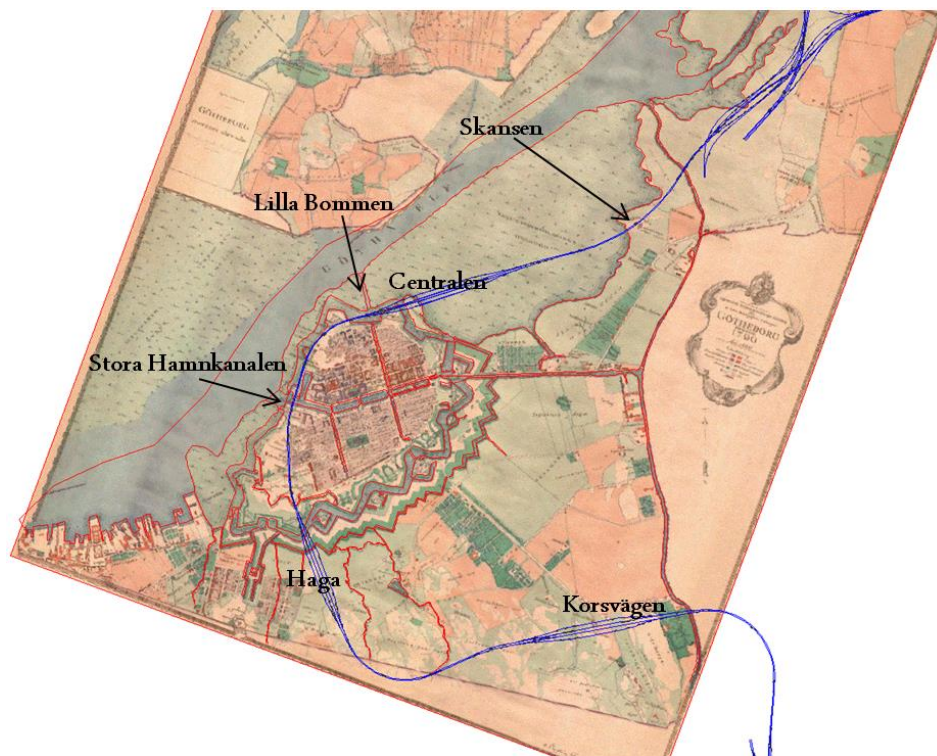
Fyllning

Jordlagen, 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 Partihallarna, Gullbergsvass, Centralen, Lilla Bommen och Packhusplatsen. Även Vallgraven/Rosenlundskanalen grävdes om i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan. Som fyllnadsmaterial användes främst muddermassor från älven och andra schakt- och rivningsmassor. Den äldre och djupare fyllningen 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 m 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, höglastisk 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.

4 Lager, normer och regelverk

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

Bedömning av stabiliteten för planerad anläggning (nybyggnad) har utförts i enlighet med "Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13, TDOK 2013:0667".

5 Stabilitet befintliga förhållanden

5.1 Gullbergsån

5.1.1 Historisk översikt

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 5.



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860



Göteborg år 1923

Figur 5 Historiska kartor som visar utfyllnad samt omläggningar av åarna (Källa, Jubileumsutställningen 1923, Stadsbyggnadskontorets arkiv)

5.1.2 Geotekniska förutsättningar

Jordlagerbeskrivning

Fyllning

Fyllningens mäktighet är generellt ca 2-3 m. Inom området för E6 och Gullbergsån kan mäktigare fyllnadslager påträffas vilket troligen sammanfaller med Gullbergsåns tidigare läge. Fyllnadslagren, som härrör från slutet av 1800-tal och 1900-talet, utgörs generellt överst av väg- och spårfyllnadsmaterial men även finkornigare jord som sand, silt, lera och organisk jord förekommer ytligt.

Lera

Under fyllningen följer ca 1 m silt/siltig lera som därunder underlagras av en homogen, lös lera som blir fastare mot djupet. Utförd sondering till stopp visar att lerans mäktighet är ca 80-90 m.

Friktionsjord

Leran underlagras av fast friktionsjord med stor mäktighet. Utförd jordbergsondering har avbrutits ca 20 m ner i friktionsjorden.

Geotekniska parametrar, översiktlig beskrivning

Lerans densitet är ca 1,5-1,75 t/m³ där den högsta uppmätta densiteten förekommer på stora djup. Vattenkvoten varierar mellan 60-100% med svagt minskande tendens mot djupet. Konflytgränsen varierar mellan 60-80% genom lerprofilen. Leran är inom delområdet mellansensitiv ($s_t=10-30$).

Den odränerade skjuvhållfastheten (c_{uk}) är 15 kPa ner till nivån -9 och därunder är hållfasthetstillväxten 1,7 kPa/m.

Leran är överkonsoliderad med ca 20 kPa ner till nivån -20 (ca $OCR=1,4-1,1$). Överkonsolideringen ökar därunder konstant mot djupet till att vara ca 110 kPa på ca 60 m djup (ca $OCR=1,3$).

De geotekniska materialparametrarna redovisas detaljerat i bilaga till PM Geoteknik Sättningar (MPU02-50GT-025-00_001) som utgör underlagsrapport till PM Hydrogeologi.

Grundvatten och portryck

Grundvatten förekommer dels i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial, och dels i friktionsjordslagren under de mäktiga lerlagren. Mätningar i det övre magasinet visar på att grundvattennivån ligger på ca 1 m djup under markytan.

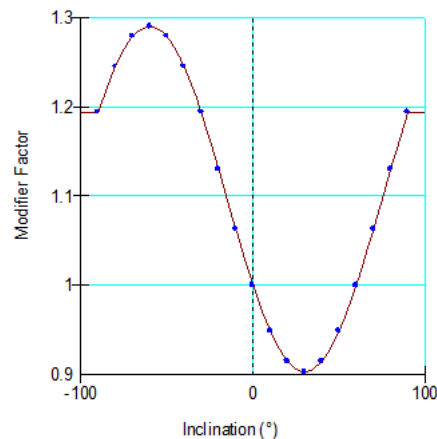
Utförda mätningar visar att portrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta på nivån +1,0 med en i princip hydrostatisk portrycksprofil.

5.1.3 Generella geotekniska parametrar

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

De geotekniska undersökningarna som utgör geotekniskt underlag för Västlänken utgörs bland annat av ett antal odränerade aktiva triaxialförsök. Utförda triaxialförsök för Västlänken visar entydligt att skjuvhållfastheten vid ett aktivt brott är markant högre (ca 30-50%) än vid direkt skjuvning (vilket även överensstämmer med empiriska relationer). Försöken visar därmed att hållfasthetsanisotropi kan tillgodoräknas i leran.

Vid utförda stabilitetsanalyser har hållfasthetsanisotropi använts med anisotropifunktionen $K_0=0,7$ (enligt Skredkommissionens anvisningar, rapport 3:95) vilket normalt råder för västsvenska leror. Detta betyder i praktiken att i glidyornas aktivzon, beroende på skjuvytans lutning mot horisontalplanet, erhålls en förhöjning av den odränerade skjuv-hållfastheten med ca 0-30% (sinusformad funktion beroende på skjuvplanets lutning, **Fel! Hittar inte eferenskölla.**). I glidyornas passivzon erhålls däremot en reducering av skjuvhållfastheten med ca 0-10%. Effekten av anisotropi blir därmed större ju brantare slänten och glidytan är.



Figur 6 Anisotropifunktion, $K_0=0,7$.

Valet av anisotropifunktion ($K_0=0,7$) kan tyckas vara något försiktigt med hänsyn till att de utförda triaxialförsöken visar att skjuvhållfastheten vid ett aktivt brott är så mycket högre än vid direkt skjuvning. Med hänsyn till en viss spridning i de utförda försöken anses det dock i detta skede utgöra ett rimligt ansättande.

Vid betraktande av dränerade brott i lera (kohesionsjord) har följande parametrar använts:

- $\phi'_k=30^\circ$
- $c'_k=0,1 \cdot c_{uk}$ (där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet)

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

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

5.1.4 Vattenförhållanden

Karaktäristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Gullbergsån redovisas i nedanstående tabell (Tabell 1).

Tabell 1 Karakteristiska vattenståndsnivåer(lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Gullbergsån och i Säveån (höjdsystem, RH2000)

MLW	-0,58
LLW (100 år)	-1,00

5.1.5 Erosion

Generellt pågår ingen synlig erosion inom utredningsområdet. Inom huvuddelen av området längs Gullbergsån återfinns ett erosionsskydd av relativt finkrossad sprängsten längs strandkanterna. Vidare är slänterna mot vattendragen i allmänhet bevuxna med träd, buskar och vattenkrävande växtlighet.

5.1.6 Stabilitet

Beräkningsförutsättningar

Stabilitetsförhållandena för befintliga förhållanden har kontrollerats mot rekommenderade säkerhetskrav enligt gällande IEG rapporter (rapport 4:2010 eller 6:2008).

För kontroll av stabiliteten för befintliga förhållanden tillämpas normalt rapport 4:2010 medan vid projektering/dimensionering används rapport 6:2008. Den huvudsakliga skillnaden dessa föreskrifter emellan är att värderingen av stabilitetsförhållandena baseras på totalsäkerhetsanalyser (4:2010) respektive partialsäkerhetsanalyser (6:2008). Inom detta delområde har projektet tidigare valt att i arbetet med detaljplan arbeta helt i enlighet med rapport 6:2008, varför denna rapport redovisar resultat från partialsäkerhetsanalys vid värderingen av stabilitetsförhållandena

Beräkningarna följer beräkningsgången enligt IEG rapport 6:2008, dimensioneringssätt DA3.

Partialkoefficienter för materialparametrar som har använts för analyser i brottgräns redovisas i nedanstående tabell

Tabell 2 Partialkoefficienter för materialparametrar i brottgräns

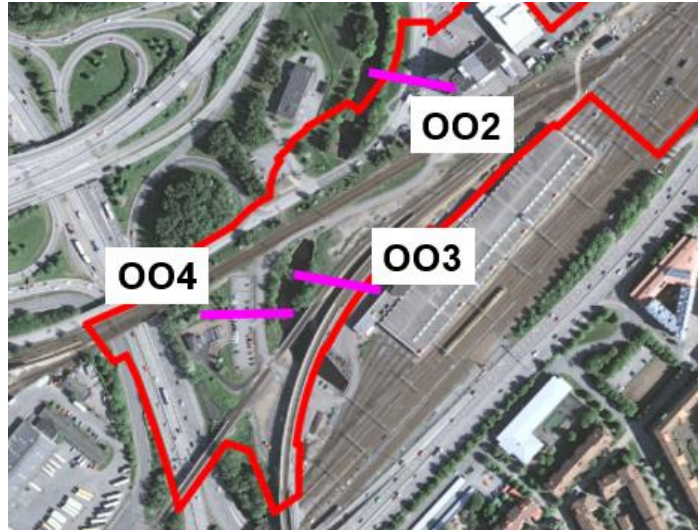
Partialkoefficienter för materialparametrar i brottgräns, γ_m

Friktionsvinkel	1,3
Effektiv kohesion	1,3
Odränerad skjuvhållfasthet	1,5
Enaxial tryckhållfasthet	1,5
Tunghet	1

Stabilitetsanalyserna har utförts med programmet GeoStudio 2012 (Slope/W version 8.12) med beräkningsmetod enligt Morgenstern-Price för cirkulärcylindriska glidytor. Beräkningarna av stabiliteten har utförts som odränerad respektive kombinerad analys.

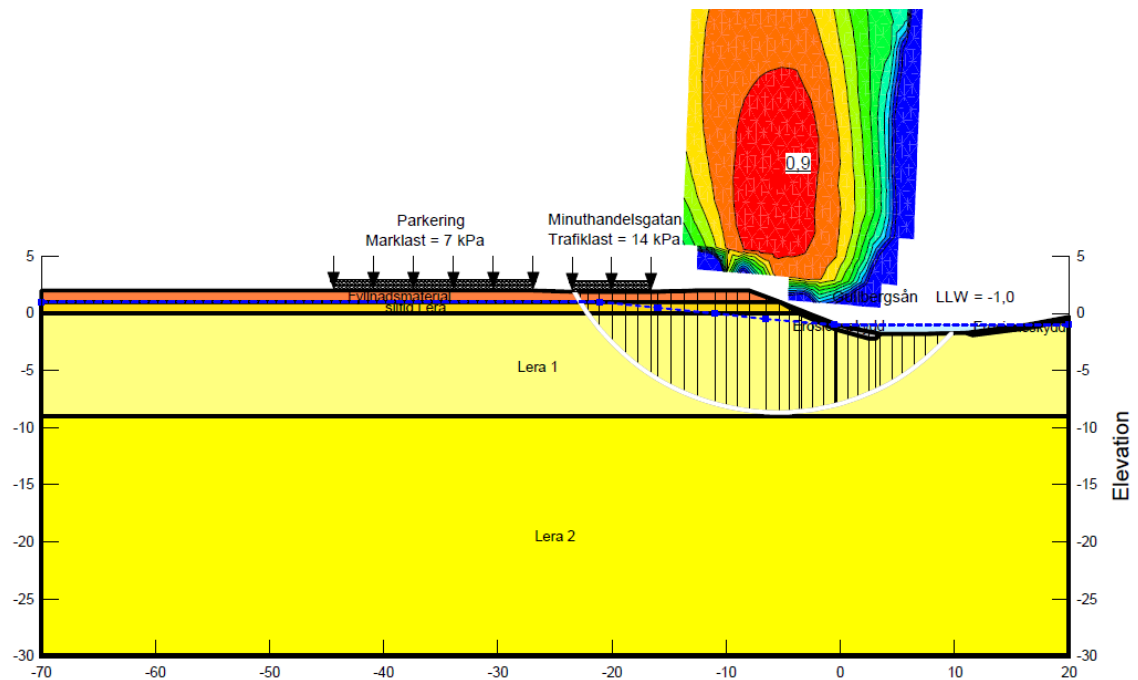
Beräkningar utgör utdrag från Geotekniskt PM "Västlänken, utökning av bangården i Olskroken Geoteknisk utredning för detaljplan".

Stabiliteten inom området har, för *befintliga förhållanden* i naturliga slänter idag, analyserats i 3 st representativa sektioner (benämnda OO2 till OO4,) i slänter mot Gullbergsån med sektionslägen enligt Figur 7.



Figur 7 Utförda beräkningssektioner längs med Gullbergsån Västlänken (röd linje visar detaljplanegränsen).

Säkerheten mot stabilitetsbrott mot Gullbergsån är lokalt något låg. I slänten längs den västra sidan (sektion OO4) är lägsta säkerhetsfaktor mot brott ca $F_{EN}=0,9$ vilket ej kan anses vara helt tillfredsställande, se Figur 8. Glidyrtorna med lägsta säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 20-40 m. Stabiliteten för slänten längs östra sidan av ån (sektion OO2 och OO3) uppfyller rekommenderad säkerhet, dvs. ca $F_{EN}>1,1$.



Figur 8 Stabilitetsberäkning sektion OO4, kombinerad analys.

Sammanställning av de befintliga stabilitetsförhållandena

Utförda beräkningssektioner är placerade med syfte att täcka in och representera stabilitetsförhållandena för både de *befintliga* slänterna och för de *planerade anläggningarna* inom det aktuella området.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden.

Tabell 3 *Säkerhetsfaktor mot brott i analyserade beräkningssektioner.*

Sektion	Befintliga förhållanden	
	Odrän. analys, $F_{EN, c}$	Komb. analys, $F_{EN, komb}$
Sektion OO2	1,3	1,3
Sektion OO3	1,1	1,1
Sektion OO4	0,9	0,9

5.2 Stora Hamnkanalen

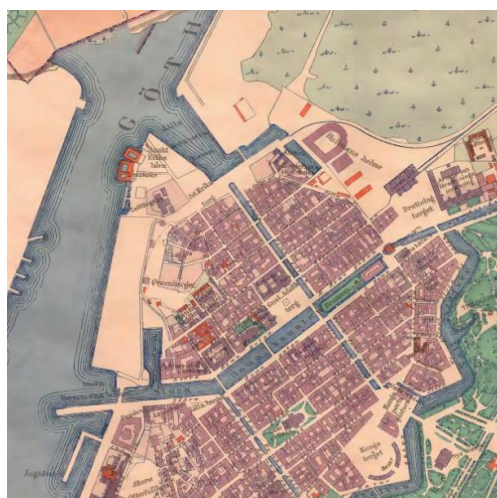
5.2.1 Topografi och områdesbeskrivning

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 9. Innanför bastionen vid nuvarande Packhusplatsen låg det en rektangelformad, ca 35 m bred, hamnbassäng (Kronans Masthamn) som anlades på 1600-talet. Hamnbassängen mynnade i Stora Hamnkanalen och sträckte sig norrut till i höjd med Kronhusgatan, se Figur 9. Masthamnen fylldes igen i mitten av 1800-talet. Rester från befästningarnas nedre delar och rester från kajmurarna för Masthamnen finns kvar under nuvarande gator och parkeringsytor.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1820



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890

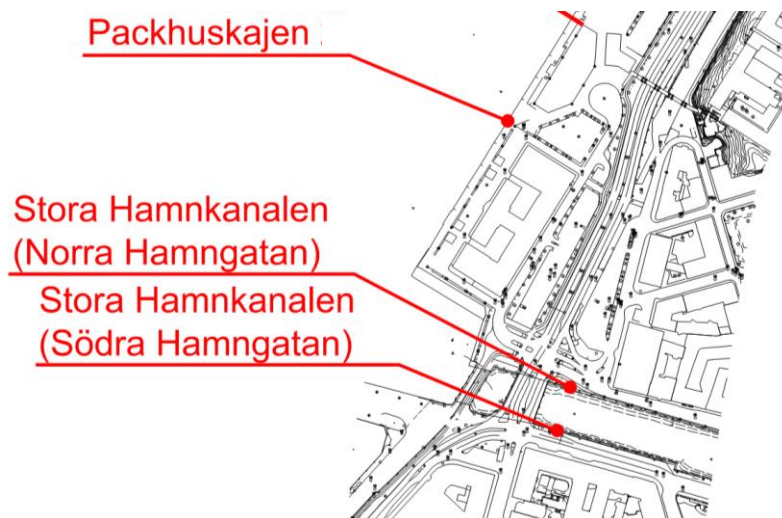


Göteborg år 1920

Figur 9 Historiska kartor som visar utreningsområdets utveckling och utfyllnader under 1800-talet.

5.2.2 Befintliga kajkonstruktioner

I området finns ett antal olika kajkonstruktioner som är byggda/renoverade under olika perioder. I detta avsnitt redovisas respektive kajkonstruktion och läget för de olika konstruktionerna illustreras geografiskt i Figur 10.



Figur 10 Indelning av kajerna längs området där varje del representerar en typ av kajkonstruktion.

Packhuskajen

Packhuskajen är inte direkt berörd av denna tillståndsansökan men beskrivningen av kajkonstruktionen ger en bra överblick av förhållandena längs Stora Hamnkanalen.

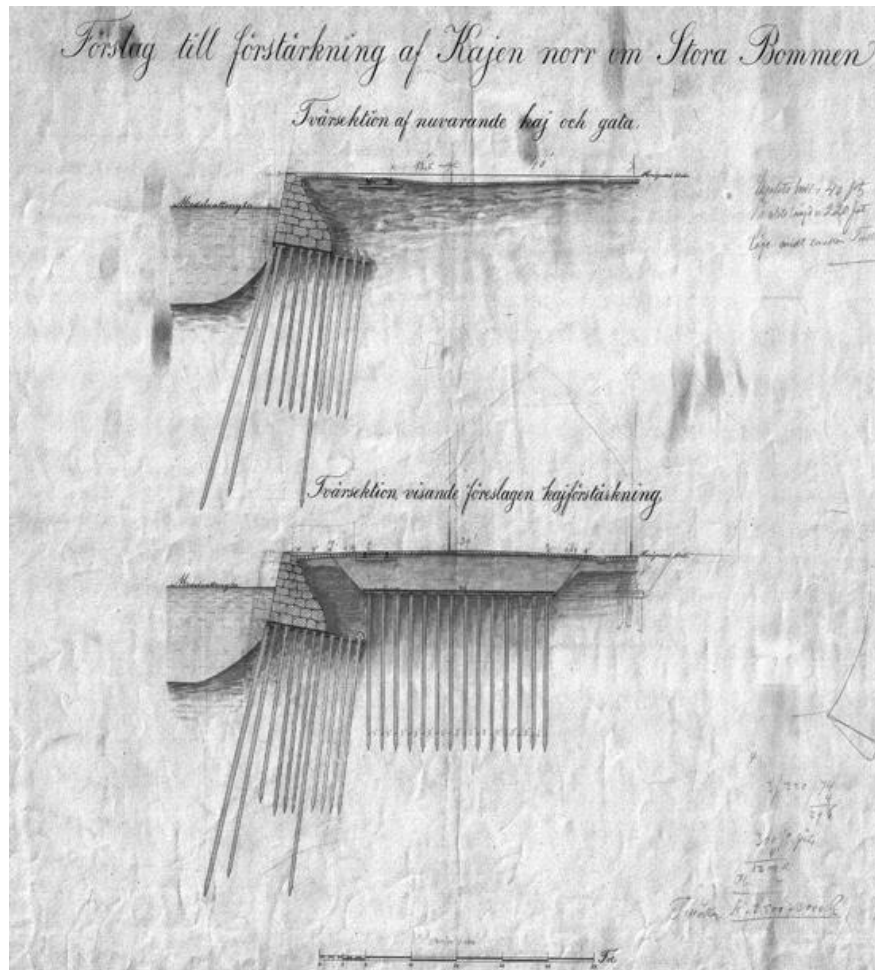
Packhuskajen byggdes i två omgångar med två olika konstruktioner. Den södra delen stod klar år 1867 och den norra delen (sträckan norr om kajskjul 8) byggdes under 1870-talet. Konstruktionen inom den södra delen består av en stensatt mur som är grundlagd på träpålar, se Figur 11. Bakom muren är marken förstärkt med ytterligare pålrader. Till följd av stora sättningar under kajens första år började kajen påtagligt att luta varpå marken bakom kajkonstruktionen förstärktes med ett påldäck av träpålar.

Vidare utgörs konstruktionen inom den norra delen av Packhuskajen av en mur i granit vilken är grundlagd på träpålar enligt Figur 12. Bakom kajkonstruktionen har en bankpållning av träpålar utförts. Ovan denna pållning lades risfaskiner (risbäddar) i syfte att fördela lasten från ovanliggande fyllning.

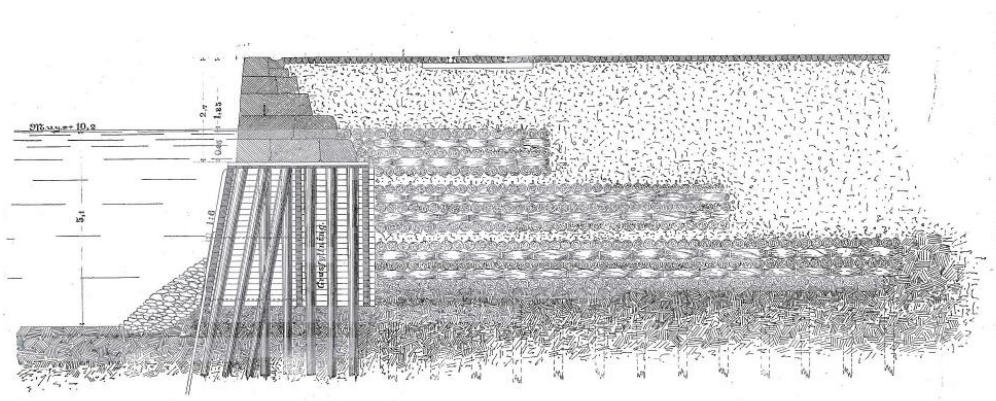
Inspektionen av den västra kajen inom Lilla Bommens kaj omfattade även hela Packhuskajen. Inspektionsrapporten visade att murens skick i stort sätt var intakt. Vidare konstaterades det att såväl pålarna som inneslutningen och virket ovan pålarna är hårt angripet av rötsvamp. Detta har medfört att anläggningen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

Kajen längst i söder, mot Stora Hamnkanalen och Stenpiren, består innerst av motsvarande konstruktionstyp som gäller för den ursprungliga kajen i Lilla Bommens hamn som består av en stenmur som pålats (träpålar) i fem pålrader. Pållningen innesluts på ömse sidor av pålsponter. Utanför denna konstruktion har det byggts en träbrygga som togs i bruk 2015. Bryggan är grundlagd på kohesionspålar av betong. Träbryggan är dimensionerad för en maximal fordonslast 6 ton. En del av träbryggan, som ligger i anslutning till Stora Bommens bro (Osthyveln), har dock inte ersatts under 2015 utan utgörs av en äldre träbrygga. Denna del är

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



Figur 11 Packhuskajens södra del inklusive förstärkningsåtgärd (se Figur 10).



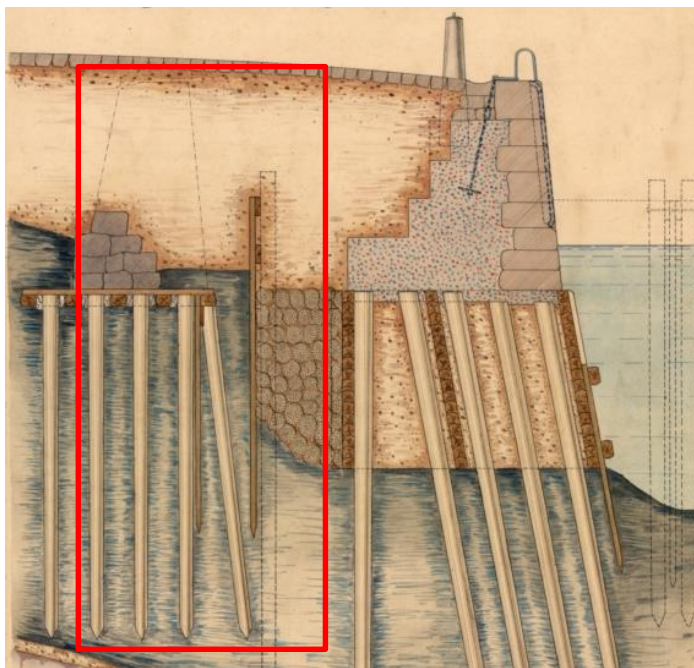
Figur 12 *Packhuskajens norra del (norr om kajskjul 8).*

Stora Hamnkanalen (Norra Hamngatan)

Ett begränsat underlag finns gällande kajkonstruktioner längs Norra Hamngatan. Kajkonstruktionen bedöms utgöras av en murad kajmur som står på en rustbädd av korslagt virke vilken i sin tur är grundlagd på träpålar i 4-5 rader likt den rödmarkerade delen av Figur 13. Detta bedömda utförande stärks av en dykinspektion som utfördes år 2011 av FROG marinservice (*"Dykinspektion Hamnkanalen, Residensbron till Kämpebron – Göteborg, 2011-06-17"*). Dykinspektionen visar att såväl pålar som rustbädd generellt är skadade och att anläggningen mellan dessa på många ställen är bristfälliga.

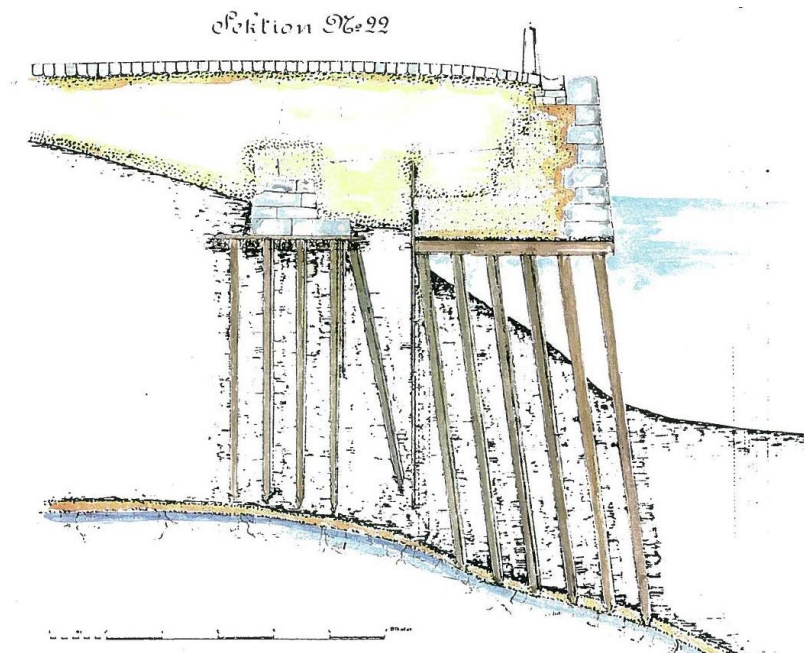
Stora Hamnkanalen (Södra Hamngatan)

Stora Hamnkanalen anlades under åren 1620-1622. Den ursprungliga kajkonstruktion illustreras inom den röda rutan i Figur 13 och består av en kajmur utav huggen granit som står på en rustbädd av trä. Rustbädden bärs upp av ca 5 m långa träpålar som är slagna i 5 rader.



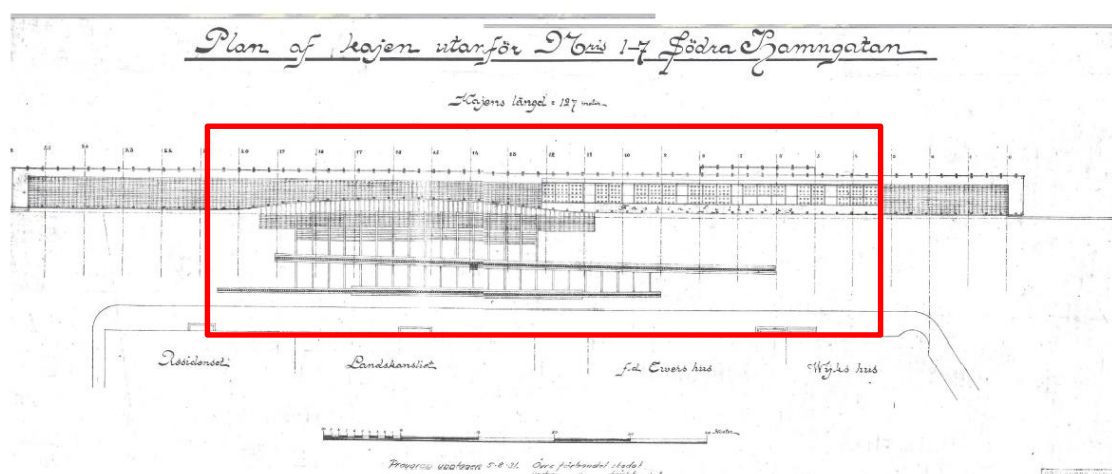
Figur 13 Röd ruta markerar ursprunglig kajkonstruktion längs Södra Hamngatan.

Vid kajsträckan mellan Residensbron och Lilla Torget utfördes det år 1893 en omfattande ombyggnation. Stadens dåvarande byggnadschef, Major Philip Åqvist tog beslutet år 1892 att bygga om kajen eftersom den ursprungliga kajen förflyttats 5 cm på 2 år ut mot kanalen. Ombyggnationen bestod av att en ny kajkonstruktion uppfördes ca 5 m utanför den ursprungliga som revs när bygget av den nya var färdigställt. Planen var från början att den nya kajkonstruktionen skulle uppföras enligt den som visas i Figur 14. Denna konstruktion består av en kajmur som till största del utgörs av betong men där fronten utgörs av huggen granit. Kajmuren är grundlagd på en rustbädd som står på träpålar som slagits i sex rader. Brädden på rustbädden är ca 3,5 m och pålarna är slagna till fast botten.



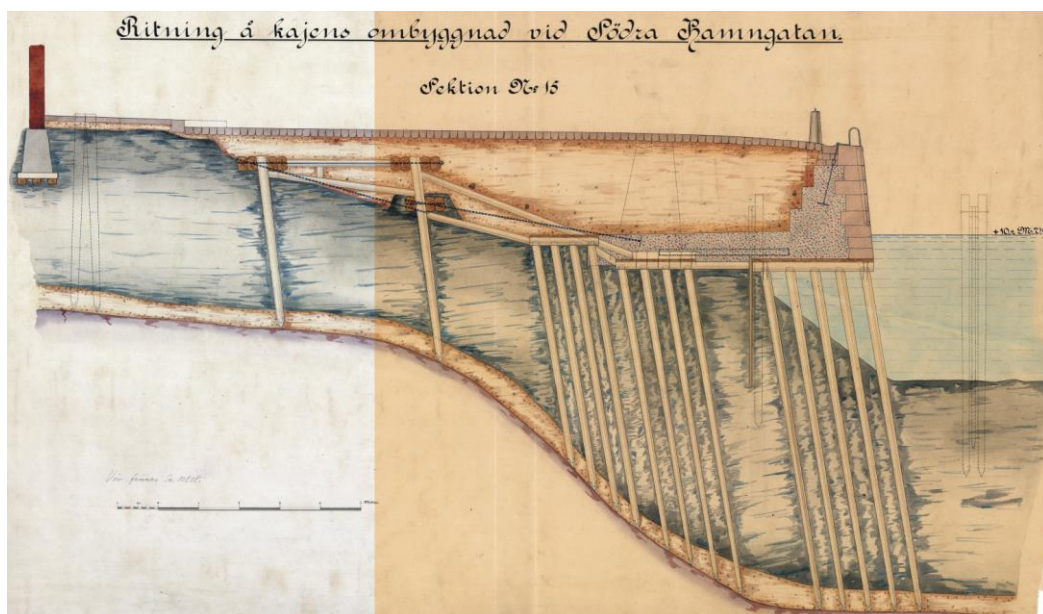
Figur 14 Kajkonstruktion för stora delar av den nuvarande kajen vid sträckan Residenset-Lilla Torget längs Södra Hamngatan.

Då arbetet fortskridit fram till Landskanslibyggnaden strax öster om Residenset uppstod förskjutningar när pålarna slogs. Detta medförde att ytterligare åtgärder var nödvändiga. Figur 15 illustrerar i plan de olika kajkonstruktionerna inom sträckan mellan Residenset och Lilla Torget. Den röda rutan markerar de delar av sträckan där förstärkningsåtgärderna utfördes.



Figur 15 Planritning illustrerande den ombyggda (nuvarande) kajen längs Södra Hamngatan mellan Residenset och Lilla Torget. Röd ruta markerar den sträcka där förstärkningar fick utföras till följd av stora förskjutningar under byggandet.

Förstärkningsåtgärderna utfördes i två olika utföranden. Den mest betydande förstärkningen utfördes enligt Figur 16 där betongdelen av kajmuren bräddades och grundlades på fler träpålar. Pålarna slogs även här till fast botten samt att ytterligare två pålrader slogs innanför och förankrades med dragstag i konstruktionen.



Figur 16 Kajkonstruktion västra delen av den förstärkta kajsträckan mellan Residenset och Lilla Torget.

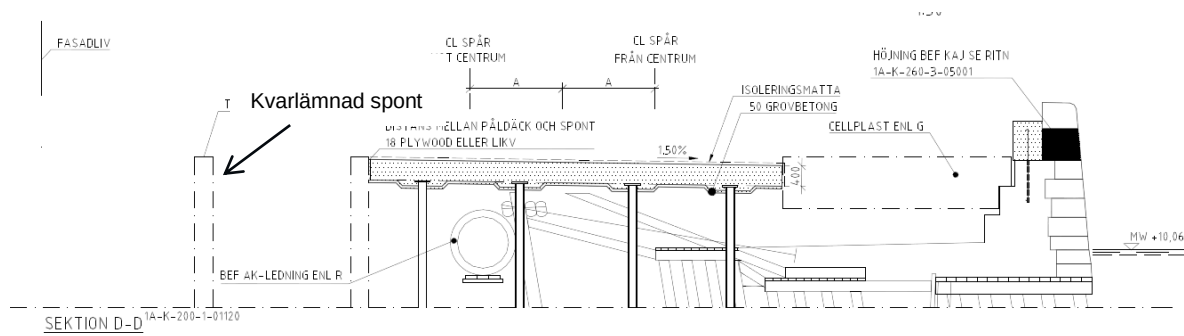
Andra delen av den förstärkta kajsträckan uppfördes i enlighet med den konstruktion som illustreras i Figur 13. Denna konstruktion bestod överst av en kajmur av i huvudsak betong men där fronten bestod av huggen granit. Denna mur grundlades på träpålar i fem pålrader till fast botten. Runt dessa pålars övre del byggdes stenkistor bestående av korslagt virke och där hålrummen fylldes med grus. En bit innanför stenkistan slogs en mindre spont och mellanrummet till stenkistan fylldes med virke i syfte att minska jordtrycket.

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

Påldäck spårväg, Södra Hamngatan

I samband med arbetet med att bygga en ny spårväg i Södra Hamngatan längs Stora Hamnkanalen utfördes omfattande ombyggnad av Södra Hamngatan. Den nya spårvägen är grundlagd på ett påldäck med borrarade stålörspålar ner till berg. Omfattande ledningsomläggningar har utförts, bland annat har den gamla AK-ledningen ersatts av en ny AK-ledning som placerats mellan de befintliga byggnader och påldäcket. Tillfälliga sponter för ledningsschakten har kvarlämnats utmed befintliga fastigheter längs Södra Hamngatan.

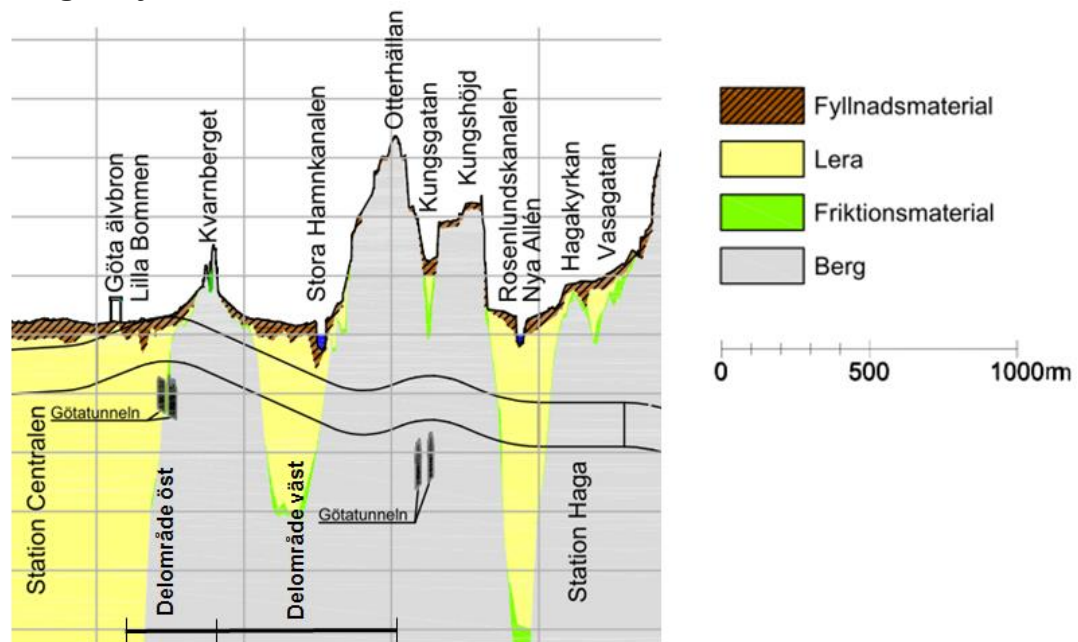
I samband med arbetena höjdes även marknivåerna vilket innebar att kajmuren har höjts med ett par skift. Lastkompensation med 1 m cellplast har utförts bakom kajmuren. Ingen förstärkning av den ursprungliga grundläggningen av kajmuren har utförts.



Figur 17 Påldäck för ny spårväg i Södra Hamngatan, cellplast och kvarlämnad spont. (bild från bygghandling, Skeppsbron etapp 1A)

5.2.3 Geotekniska förutsättningar

Jordlagerföljd



Figur 18 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Station Centralen – Station Haga.

Fyllning

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 ett mer finkornigt 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 kasinot.

Lera

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

Friktionsjord

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

5.2.4 Generella geotekniska parametrar

Densitet, vattenkvot och konflytgräns och sensitivitet

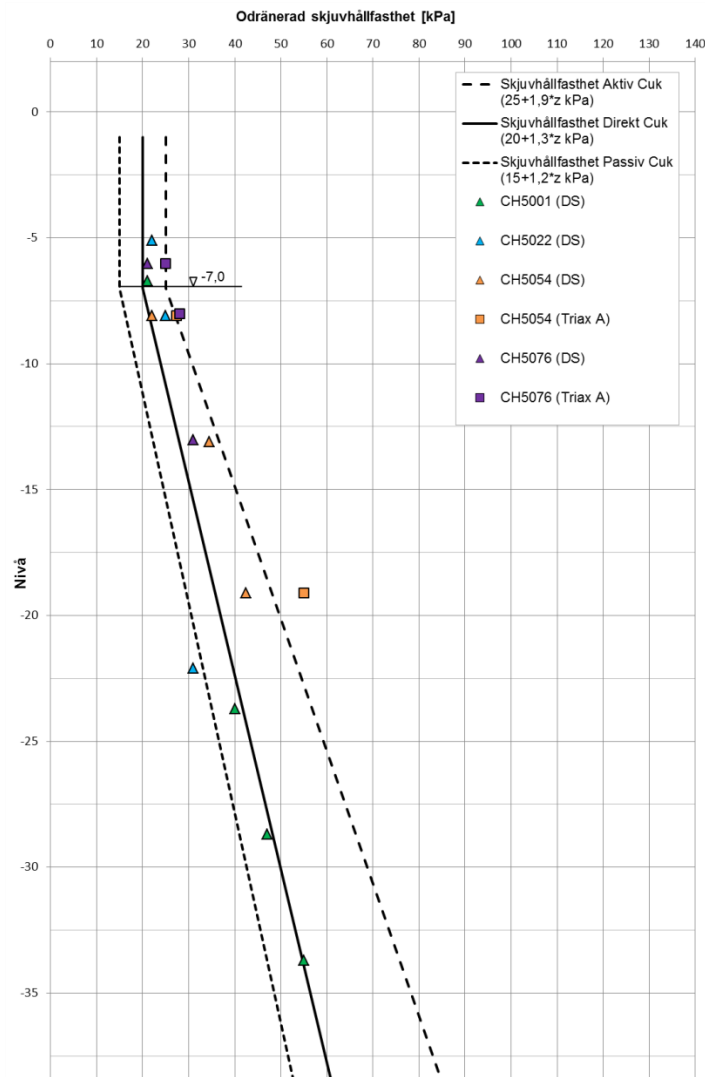
Lerans densitet är ca 1,65 t/m³ ner till nivån -10 och därunder 1,6 t/m³. Det kan noteras att densiteten i leran i den övre delen av jordprofilen, ner till nivån -10, varierar en hel del mellan de olika borrhöjningarna.

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

Hållfasthetsparametrar

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

Den valda odränerade hållfastheten är för detta delområde 20 kPa ned till nivån -7 och har vidare tillväxten 1,3 kPa/m mot djupet, se Figur 19.



Figur 19 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.

Under Göta älv är normalt lerans odränerade skjuvhållfasthet något lägre inom de ytligare delarna av lerprofilen under älvbotten än vad som gäller för motsvarande nivåer på land. Detta beror på den avlastning som erosionen medfört längs hela södra Göta älv dalen.

Undersökningar som är utförda i älven inom utredningsområdet visar att detta fenomen även gäller inom detta område. Generellt är hållfastheten ca 7 kPa i ytan av bottensedimenten och har därunder en tillväxt på ca 3-5 kPa/m ner till som mest ca 3-4 m under älvbotten. Från denna nivå och mot djupet är skjuvhållfastheten i leran under älven densamma som inom älv- och landområdena.

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

Vid betraktande av dränerade brott i lera (kohesionsjord) har följande parametrar använts:

- $\phi'_k = 30^\circ$
- $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$ (där c_{uk} är karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet)

Vid stabilitetsanalyserna har karakteristiskt värde för friktionsvinkeln (ϕ'_k) för befintligt fyllnadsmaterial ansatts till 35° .

De geotekniska materialparametrarna redovisas detaljerat i bilaga till PM Geoteknik Sättningar (MPU02-50GT-025-00_001) som utgör underlagsrapport till PM Hydrogeologi.

Grundvatten och portryck

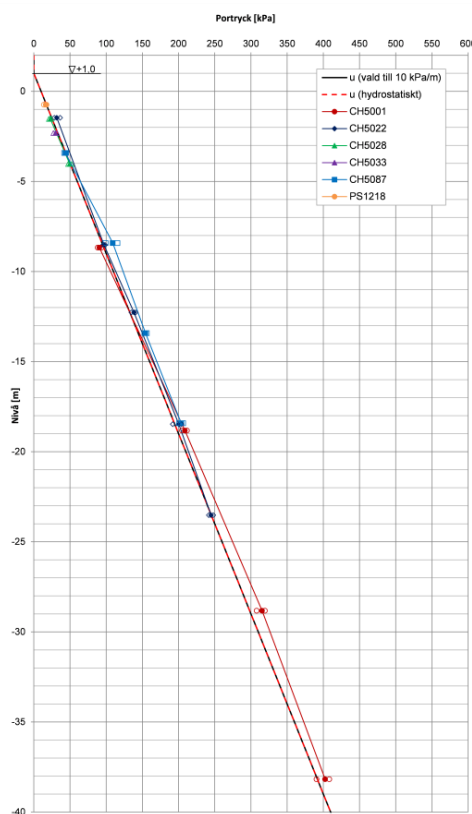
Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Göta älv och i Stora Hamnkanalen redovisas i nedanstående tabell (Tabell 4).

Tabell 4 Karakteristiska vattenståndsnivåer (lägsta lågvatten samt medellågvatten) (höjdsystem, RH2000) i Göta älv och i Stora Hamnkanalen

MLW	-0,58
LLW (100 år)	-1,00

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

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



Figur 20 Portrycksfördelning för området. Röd, streckad linje visar hydrostatisk fördelning och svart, heldragen linje visar vald portrycksfördelning.

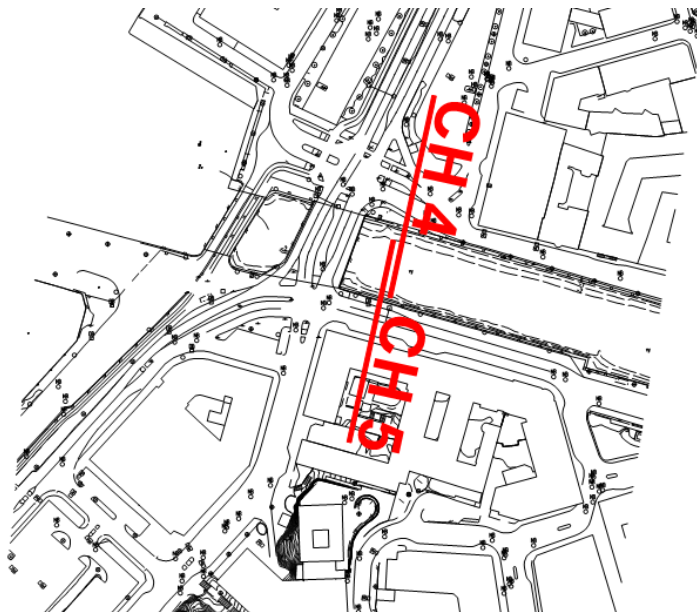
5.2.5 Erosion

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

5.2.6 Stabilitet

Beräkningsförutsättningar

Inom ramen för projekt Västlänken har stabiliteten bedömts längs hela Västlänkens sträckning. I detta avsnitt redovisas stabilitetsberäkningar endast i läget för Stora Hamnkanalen. Beräkningar är utförda i samband med delprojekt AKF5, framtagande av geotekniska krav och förutsättningar. Stabiliteten har för befintliga förhållanden i läget för Stora Hamnkanalen analyserats i totalt två stycken representativa sektioner med sektionslägen enligt Figur 21.



Figur 21 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

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

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

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

Tabell 5 Säkerhetsrekommendation enligt IEG:s rapport 4:2010 för detaljerad utredning.

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

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

Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området mycket omfattande och är helt i linjen med de krav som ställs på en fördjupad utredningsnivå. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom det aktuella delområdet är mellansensitiv.

Konsekvenserna av ett skred bedöms som relativt stora men förutsättningarna för att skred skall uppstå är liten med tanke på att alla slänter utgörs av uppbyggda konstruktioner.

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

Tabell 6 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

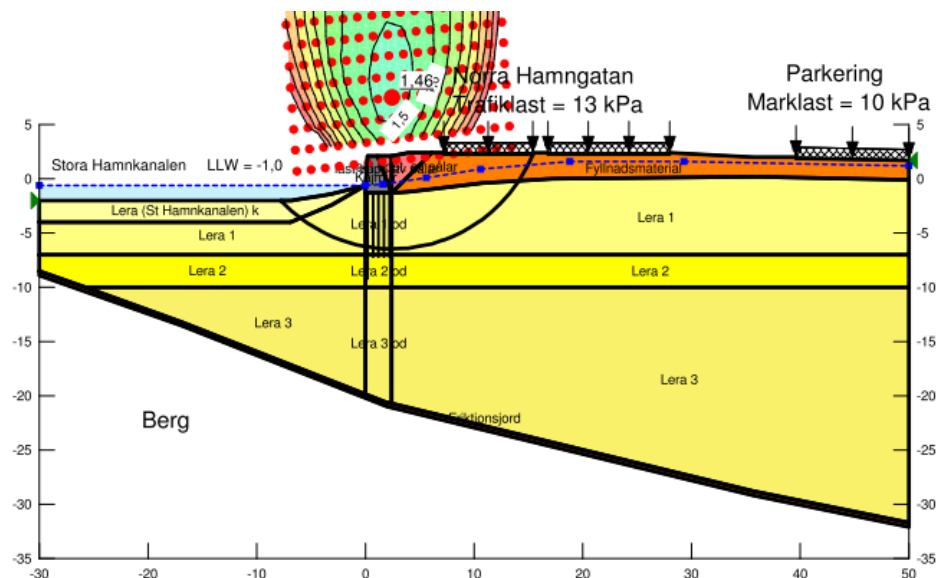
F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,3$

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

5.2.7 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

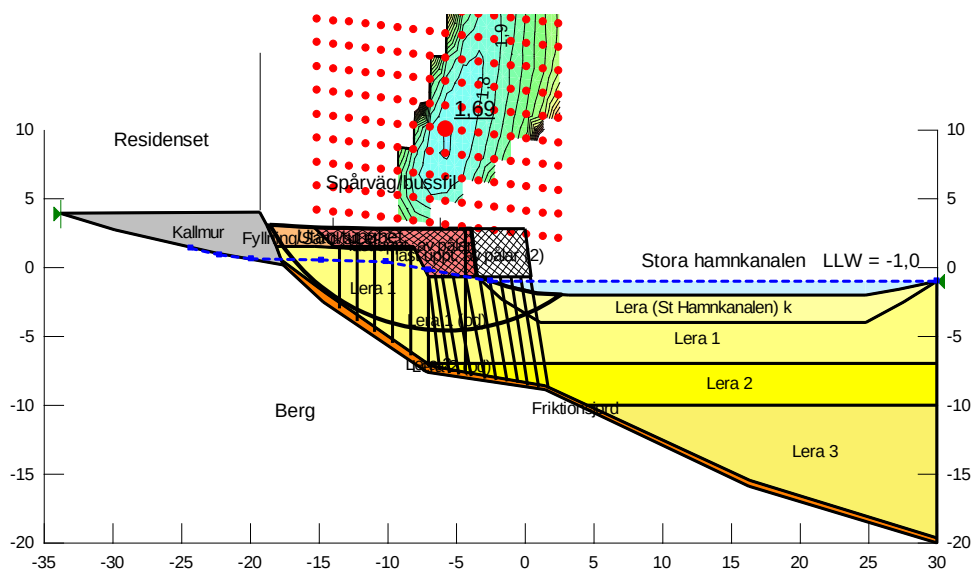
Stabiliteten mot Stora Hamnkanalen har kontrollerats i två stycken sektioner, sektion CH4 längs Norra Hamngatan och sektion CH5 längs Södra Hamngatan. Dessa båda sektioner bedöms representera stabilitetsförhållandet på ömse sidor Stora Hamnkanalen inom det område där Västlänkens anläggning planeras.

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



Figur 22 Stabilitetsberäkning sektion CH 4, kombinerad analys.

Stabiliteten längs Södra Hamngatan har analyserats utifrån det befintliga förhållande som kommer att råda vid byggandet av Västlänken. Stabilitetsanalysen för sektion CH 5 längs Södra Hamngatan visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är $F_c=2,0$ respektive $F_{komb}=1,7$ och således uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden.



Figur 23 Stabilitetsberäkning sektion CH 5, kombinerad analys.

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

5.2.8 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

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

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

Tabell 7 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna. Fet text innebär att rekommenderad säkerhetsnivå för stabiliteten inte är uppfyllt.

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

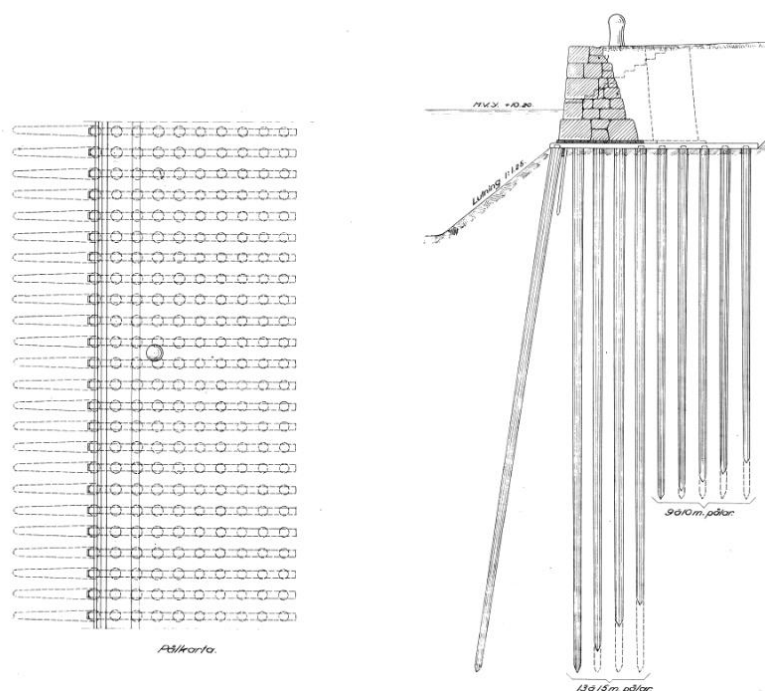
Utförda stabilitetsutredningar visar att stabilitet i läget för Stora Hamnkanalen är tillfredställande i enlighet med uppställda krav på erforderliga säkerhetsfaktor mot brott.

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

5.3 Rosenlundskanalen

5.3.1 Befintliga kajkonstruktioner

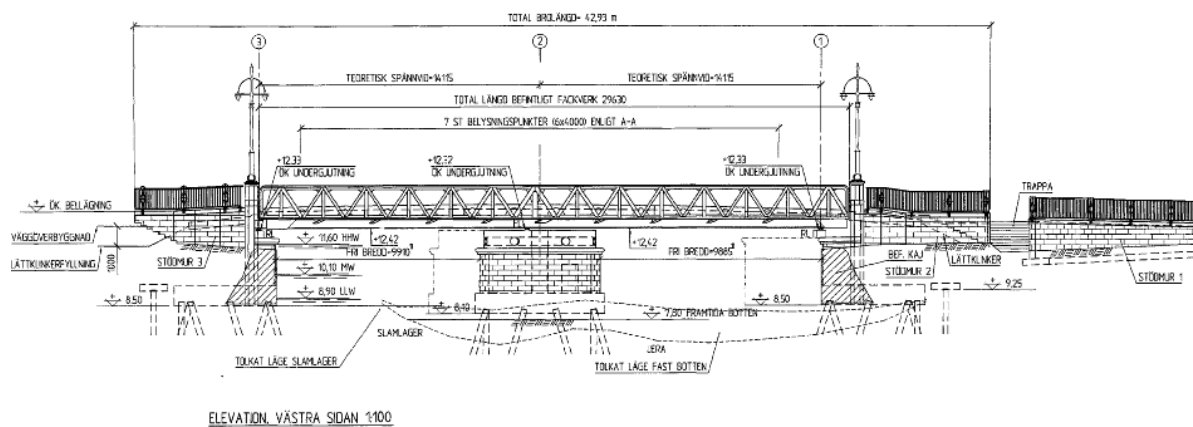
För kajerna mot Rosenlundskanalen gäller sannolikt kajkonstruktionen som illustreras i Figur 24. Konstruktionen utgörs av en murstenskaj som vilar på en ca 6 m bred rustbädd. Rustbädden är grundlagd på träpålar i 10 rader där den yttersta pålraden lutar 1:8. De fem raderna närmast kanalen har en pållängd ca 13-15 m medan pålarna inom de inre fem raderna är 9-10 m långa.



Figur 24 Kajkonstruktion längs Rosenlundskanalen väster om Rosenlundsbron

5.3.2 Befintliga broar

Rosenlundsbron över Rosenlundskanalen byggdes om år 1999. Den nya bron byggdes i samma sneda vinkel som föregångarna från år 1866 och 1921 och tar till vara dessa broars bärverk och svängpelaren. Bron är grundlagd på 39 m långa kohesionspålar av betong. Bakom landfästena finns en rad med bankpålar med lastfördelande pålplatta. Bankpålningen är utförd med 34 m långa kohesionspålar av betong. Lastkompensation med 1 m lättklinkerfyllning har utförts på båda sidor om bron. Utbredningen av lättklinkern i plan är okänt.



Figur 25 Rosenlundsbron över Rosenlundskanalen byggd 1999.

5.3.3 Geotekniska förutsättningar

Beskrivning av de geotekniska förutsättningarna och stabiliteten för Rosenlundskanalen i läget för Västlänken har utförts i samband med projekt Västlänken samt detaljplaner för Västlänken "Västlänken, Station Haga, Geoteknisk utredning för detaljplan". Texter och stabilitetsberäkningar i denna PM är hämtade från dessa utredningar.

Topografi och områdesbeskrivning

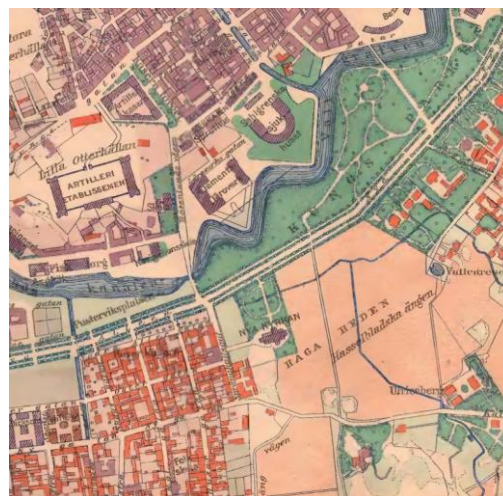
Denna PM berör endast området invid Rosenlundskanalen. I anslutning till området finns parkområdena kring Nya Allén och Haga kyrka samt vägar och gator för bil-, kollektiv-, spårväg- och gc-trafik.



Figur 26 Översikt del av detaljplanområde Station Haga (utkast planområde juni 2014).

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, i huvudsak rätades Vallgraven ut väster om dagens Rosenlundsbrog, och i samband med detta döptes kanalen om till Rosenlundskanalen. I anslutning till Rosenlundskanalen och Rosenlundbron, finns således såväl rester från det gamla befästningsverket som utfyllda områden där den ursprungliga Vallgraven var belägen.

Källa, Jubileumsutställningen 1923



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890

Göteborg år 1920

Figur 27 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling och Vallgravens-/Rosenlunds-kanalens omgrävningar under mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet.

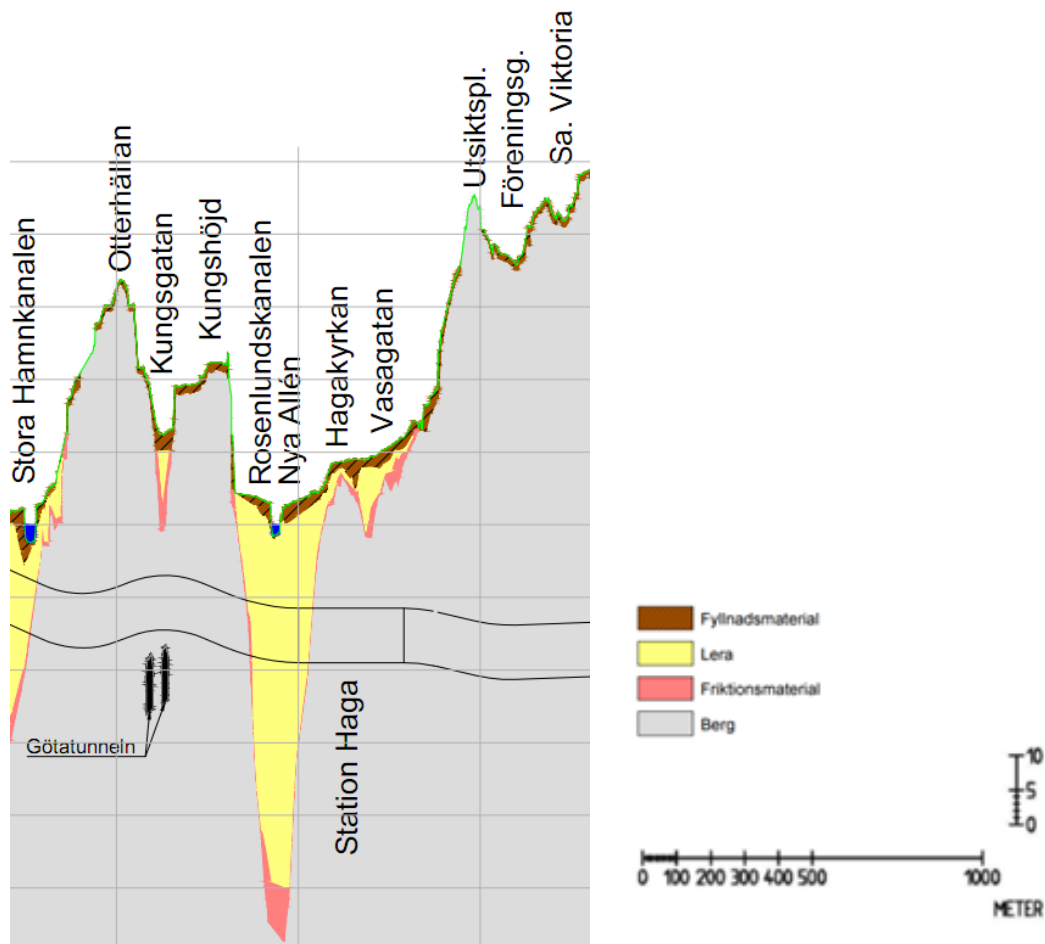
Marken ligger invid Rosenlundskanalen på nivån ca +1,5 vid kajlinjen. Kanalen har en bredd av ca 30 m bred och är ca 3,5-4 m djup i förhållande till omgivande markyta.

Jordlagerförhållanden

Jordlagerförhållanden varierar 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 *friktionsjord* ovan *berg*.

Variationerna i jordmäktighet framgår i nedanstående översiktliga jordlagerprofil längs Västlänkens sträckning genom området för Station Haga (Figur 28).



Figur 28 Översiktlig jord- och bergprofil över Station Haga

Fyllning

Inom den norra delen av området varierar fyllningens mäktighet en hel del med anledning av att Rosenlundskanalen/Vallgraven grävts om några gånger under årens lopp.

Fyllnadsmäktigheterna varierar från att vara mycket liten inom vissa grönytor till närmare 6-7 m inom Vallgravens tidigare lägen.

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.

Friktionsjord

Under leran följer ett lager friktionsjord där mäktigheten generellt är ca 0,5-2,0 m. Närmast invid Rosenlundskanalen 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. Friktionsjorden utgörs i huvudsak av fast lagrad sand och grus.

Berg

Bergnivåerna närmast Rosenlundskanalen 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.

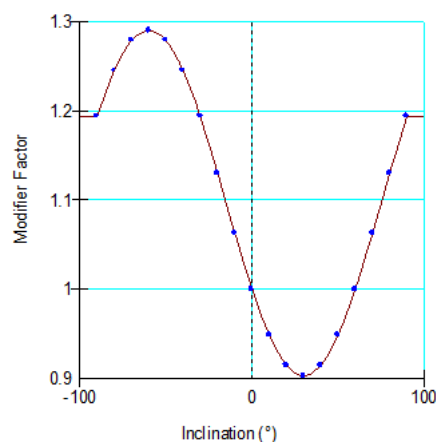
Geotekniska parametrar

Lerans densitet är ca 1,6 t/m³ ner till nivån -21, därunder ökar densiteten mot djupet för att vara ca 1,9 t/m³ på stora djup. Lerans vattenkvot är ca 70 % ner till nivån -18 och minskar därunder till ca 40 % vid nivån -37. Leran är mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan ca 3-30.

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

De geotekniska undersökningarna som utgör geotekniskt underlag för Västlänken utgörs bland annat av ett antal odränerade aktiva triaxialförsök. Utförda triaxialförsök för Västlänken visar entydligt att skjuvhållfastheten vid ett aktivt brott är markant högre (ca 30-50%) än vid direkt skjuvning (vilket även överensstämmer med empiriska relationer). Försöken visar därmed att hållfasthetsanisotropi kan tillgodoräknas i leran.

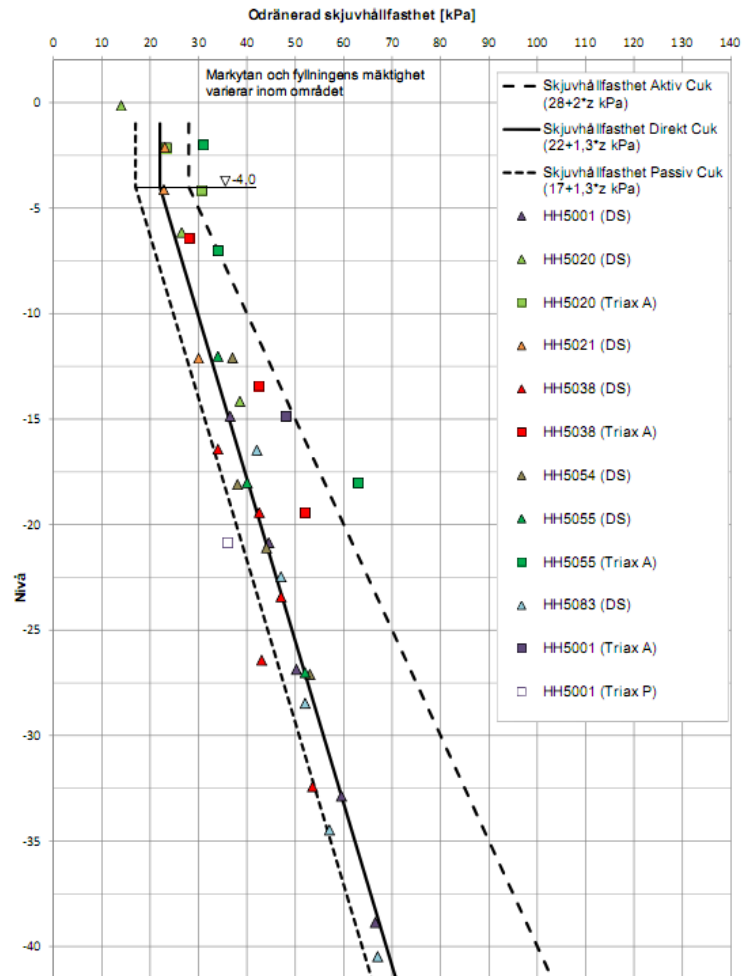
Vid utförda stabilitetsanalyser har hållfasthetsanisotropi använts med anisotropifunktionen $K_0=0,7$ (enligt Skredkommissionens anvisningar, rapport 3:95) vilket normalt råder för västsvenska leror. Detta betyder i praktiken att i glidyternas aktivzon, beroende på skjuvytans lutning mot horisontalplanet, erhålls en förhöjning av den odränerade skjuv-hållfastheten med ca 0-30% (sinusformad funktion beroende på skjuvplanets lutning, **Fel! Hittar inte referensskälla.**). I glidyternas passivzon erhålls däremot en reducering av skjuvhållfastheten med ca 0-10%. Effekten av anisotropi blir därmed större ju brantare slänten och glidyten är.



Figur 29 Anisotropifunktion, $K_0=0,7$.

Valet av anisotropifunktion ($K_0=0,7$) kan tyckas vara något försiktigt med hänsyn till att de utförda triaxialförsöken visar att skjuvhållfastheten vid ett aktivt brott är så mycket högre än vid direkt skjuvning. Med hänsyn till en viss spridning i de utförda försöken anses det dock i detta skede utgöra ett rimligt ansättande.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet (c_{uk}) är konstant 22 kPa ner till nivån -4 och därunder ökar skjuvhållfastheten med 1,3 kPa/m (Figur 30).



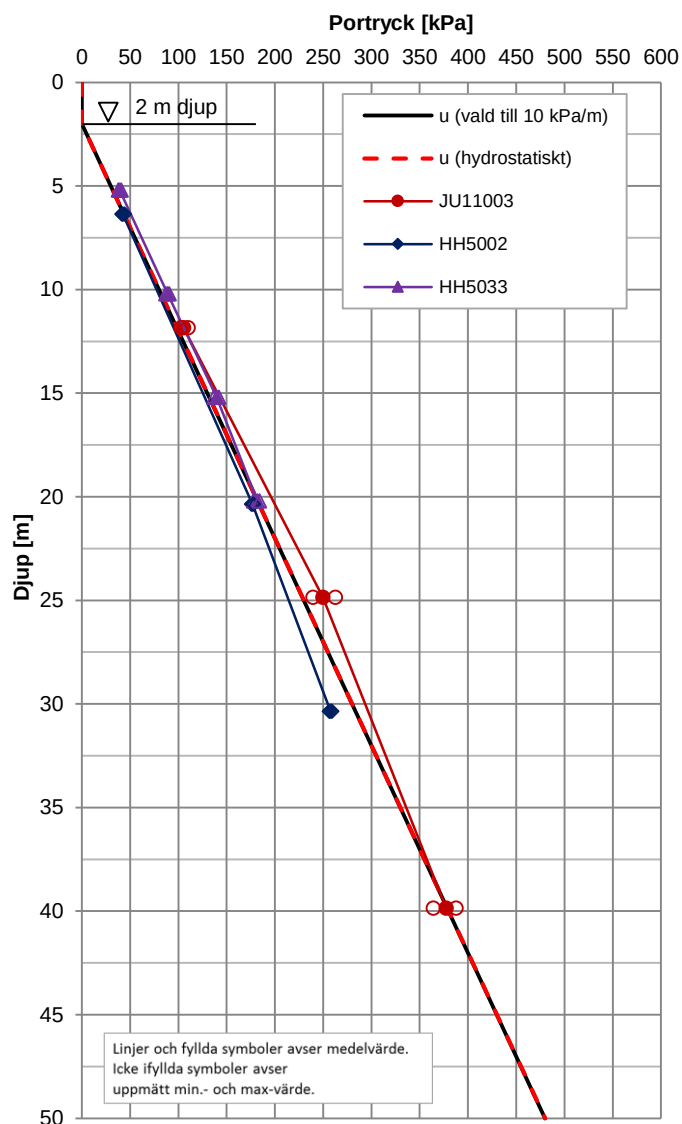
Figur 30 Skjuvhållfasthetsdiagram, (delen mellan Rosenlundskanalen och Haga kyrka)

Övriga geotekniska materialparametrar redovisas detaljerat i bilaga till PM Geoteknik Sättningar (MPU02-50GT-025-00_001) som utgör underlagsrapport till PM Hydrogeologi.

Geohydrologiska förhållanden

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

Grundvattennivån i det övre magasinet, i området närmast Rosenlundskanalen, styrs av nivåerna i kanalen och Göta älv. Porttrycksmätningar visar att porttrycksnivån i leran motsvarar en grundvattenyta på ca 2 m djup under markytan (motsvarar nivån ca +1,0 i området kring Rosenlundskanalen med en i princip hydrostatisk porttrycksprofil (Figur 31).



Figur 31 Uppmätta portrycksnivåer (mellan Rosenlundskanalen och Haga Kyrka).

5.3.4 Stabilitet för befintliga förhållanden

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

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

Tabell 8 Säkerhetsrekommendation enligt IEG:s rapport 4:2010 för detaljerad utredning.

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

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

Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området mycket omfattande och är helt i linjen med de krav som ställs på en fördjupad utredningsnivå. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom det aktuella delområdet är mellansensitiv.

Konsekvenserna av ett skred bedöms som relativt stora men förutsättningarna för att skred skall uppstå är liten med tanke på att alla slänter utgörs av uppbyggda konstruktioner.

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

Tabell 9 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

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

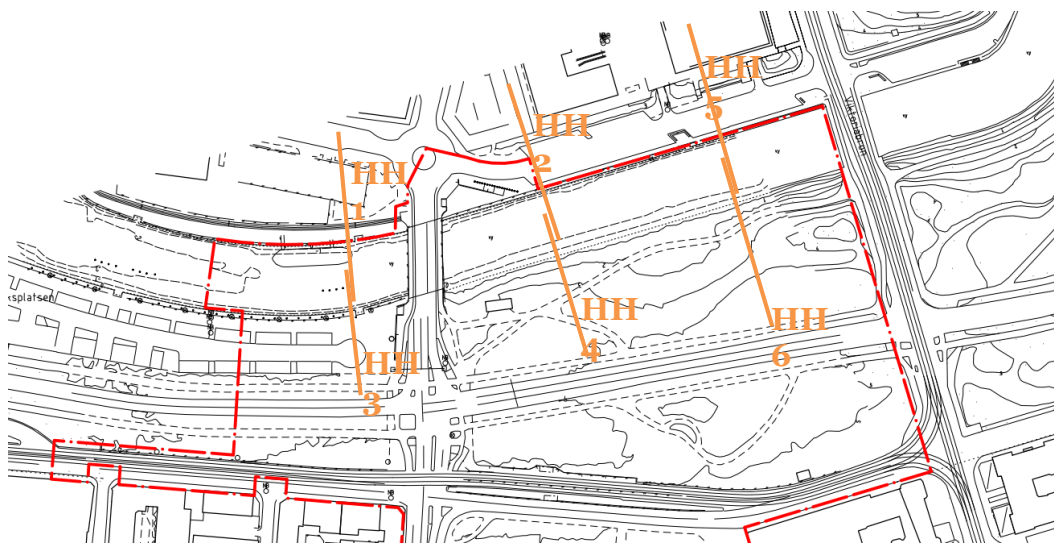
Marklaster

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

5.3.5 Stabilitetsanalyser

Stabilitetsanalyserna har utförts med kombinerad och odränerad analys med Slope/W version 8.12.3.7901 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod för cirkulär cylindriska glidytor.

Stabiliteten inom området har, för befintliga förhållanden samt framtida utformning, analyserats i totalt 6 st representativa sektioner (benämnda HH1 - HH6) med sektionsslägen enligt Figur 32. Använda materialparametrar för utförda stabilitetsanalyser redovisas i tabell på respektive stabilitetsberäkning.



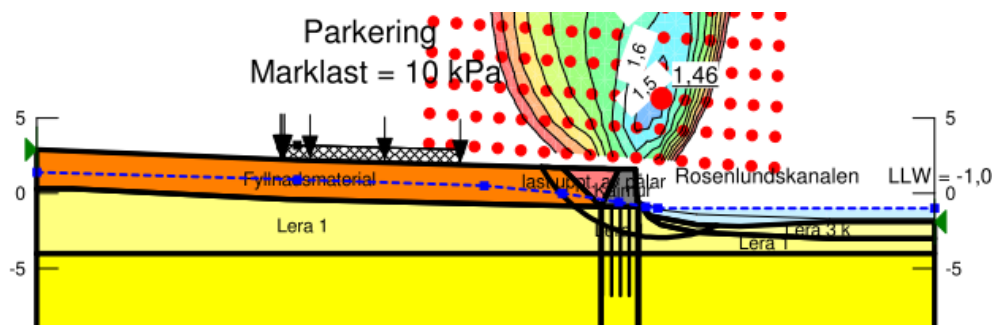
Figur 32 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

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

Utförda stabilitetsanalyser visar att stabilitetsförhållandena är tillfredsställande goda (dvs. rekommenderad säkerhetsnivå enl. IEG uppfylls) för befintliga förhållanden.

Lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_c=1,6$ respektive $F_{komb}=1,45$ (Figur 33) mot ett kombinerat brott. Glidyterna med lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i de kombinerade analyserna, är i princip helt dränerade, glidytan relativt grund och kort medan glidytan för det odränerade fallet är såväl längre som djupare.

Glidyterna med lägsta beräknade säkerhetsfaktor mot brott är korta och har normalt en utbredning på ca 15 m och startar ca 5-10 m ovan släntrönn/kajkant (Figur 33).



Figur 33 Stabilitetsberäkning sektion HH3, kombinerad analys.

Sammanställning av stabilitetsförhållanden

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

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser.

Tabell 10 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.

Sektion	Befintliga förhållanden	
	Odrän. analys, F_c	Komb. analys, F_{komb}
Sektion HH1	1,9	1,7
Sektion HH2	1,6	1,45
Sektion HH3	2,0	1,45
Sektion HH4	2,0	1,8
Sektion HH5	1,7	1,45
Sektion HH6	2,0	1,8

Stabiliteten för befintliga slänter längs Rosenlundskanalen är tillfredsställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå enligt IEG rapport 4:2010.

5.4 Mölndalsån

5.4.1 Topografi och områdesbeskrivning

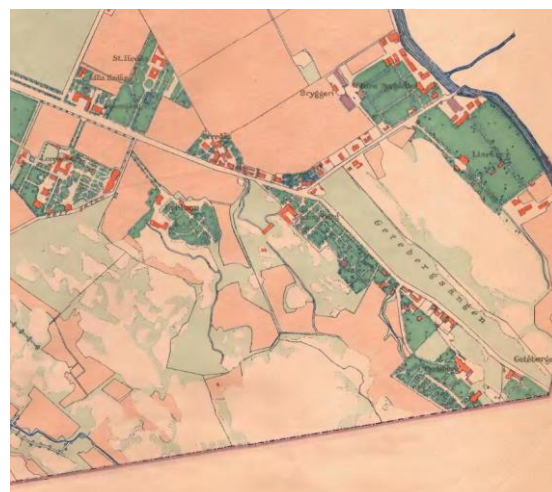
Markytan inom Lisebergsområdet sluttar svagt österut i riktning mot Mölndalsån, från nivån cirka +4 vid entrén till Liseberg till cirka +2 närmast Mölndalsån. På östra sidan av Mölndalsån stiger markytan från nivån cirka +2 närmast ån till ca +4 strax väster om E6/E20. Vägbanan för E6/E20 är inom norra delen av området belägen på nivån ca +9 och i södra delen på nivån +11 och där av- och påfart för Riksväg 40 ligger något högre.

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

Området var länge en del av landsbygden utanför staden Göteborg och det var inte förrän på slutet av 1800-talet och tidigt 1900-tal som bebyggelsen påbörjades. Stora delar av det, som idag är nöjesparken Liseberg, utgjordes ursprungligen av ängs- och åkermark. Figur 34 visar utvecklingen inom området mellan sent 1700-tal till tidigt 1900-tal.



Göteborg år 1790



Göteborg år 1860



Göteborg år 1890



Göteborg år 1920

Figur 34 Historiska kartor som visar utredningsområdets utveckling mellan slutet av 1700-talet till början av 1900-talet (Källa, Jubileumsutställningen 1923, Stadsbyggnadskontorets arkiv).

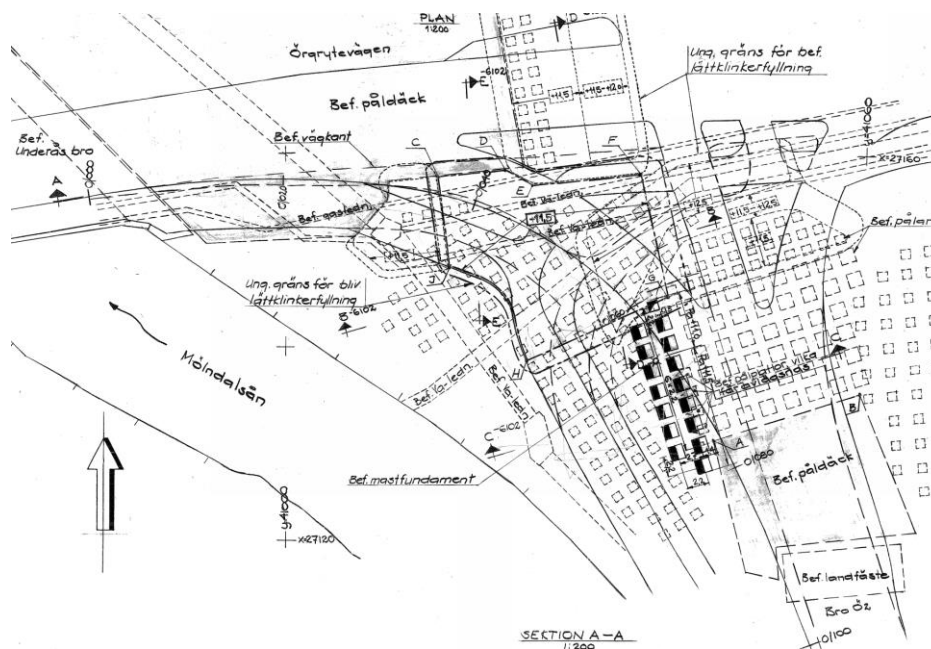
5.4.2 Befintliga kajkonstruktioner

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

5.4.3 Befintliga geotekniska förstärkningsåtgärder

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

Där av- och påfartsrampen för E6:an möter Örgrytevägen har geotekniska åtgärder i form av bankpålning och påldäck utförts, se Figur 35. Bankpålningen utgörs av ett stort antal pålar som i huvudsak är slagna till fast botten men även kohesionspålar förekommer. Banpålningen är utförd i såväl rampens anslutning mot Örgrytevägen som slänten mot Mölndalsån samt på östra sidan av rampen. Pålavskärningsplanet varierar för pålarna mellan nivå +1 till +1,5. Närmast Rampens landfäste återfinns ett påldäck vars pålar är slagna till fast botten. Pålavskärningsplanet är beläget på nivå ca +2.



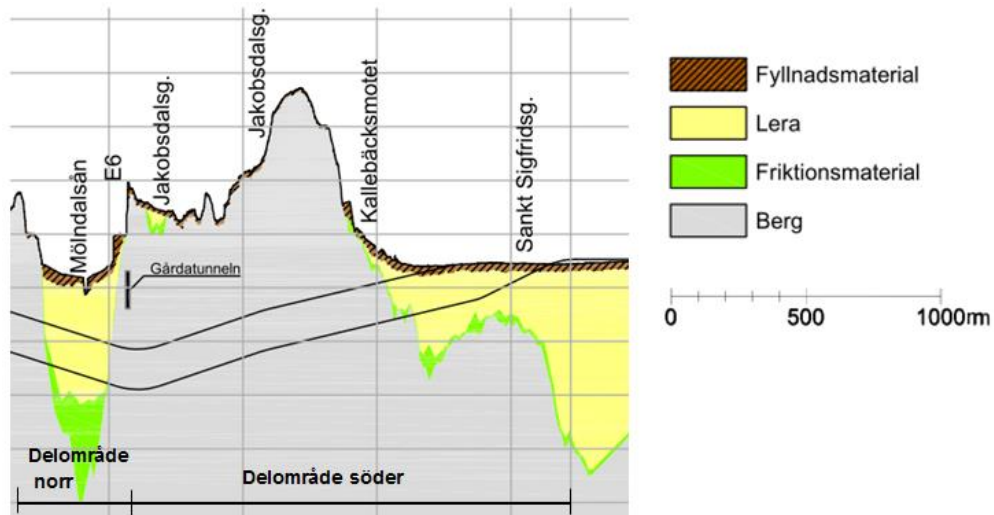
Figur 35 Bankpålning i anslutning till av- och påfartsramp från E6:an

5.4.4 Geotekniska förhållanden

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

Jordlagerföljd

Jordlagerföljden varierar stort inom området. I Figur 36 redovisas en översiktlig jordlagerprofil för hela området.



Figur 36 Översiktlig jord- och bergprofil för sträckan Station Korsvägen – Almedal.

Jordlagerföljden utgörs generellt överst av cirka 2 m fyllning. Lokala avvikelser förekommer exempelvis vid anslutningen mellan av- och påfartsrampen från E6:an och Örgrytevägen där fyllnadsmäktigheten uppgår till cirka 3-4 m.

Vid passagen av Mölndalsån är lerans mäktighet ca 20-25 m. Utförda sonderingar visar på en homogen lera utan någon förekomst av vattenförande skikt. Leran är mycket höglplastisk ner till nivån ca -11 och därunder avtar den för att vid nivån ca -17 vara mellanplastisk. Leran kan generellt betecknas som mellansensitiv. Högsensitiv lera förekommer dock under nivån -8.

Leran underlagras av ett cirka 10-20 m mäktigt lager med friktionsjord innan berget tar vid. Berget påträffas på nivåerna cirka -30 till -40 i läget för passagen av Mölndalsån.

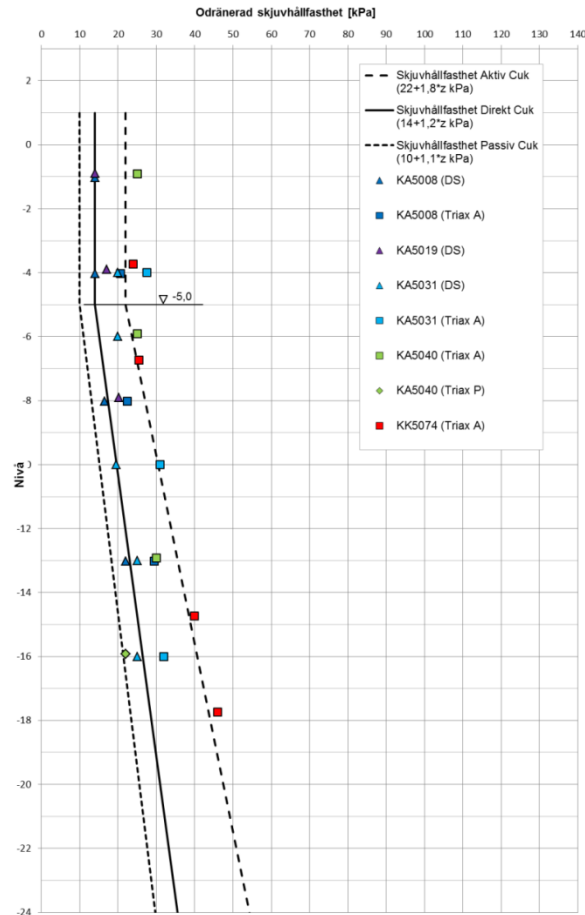
Densitet, vattenkvot och konflytgräns och sensitivitet

Lerans densitet varierar mellan 1,45-1,55 t/m³ ner till nivån -14 för att därunder öka något i anslutning till den underliggande friktionsjorden. Lerans vattenkvot är ca 80-110 %.

Konflytgränsen är ca 80-110 % ner till nivån ca -8 för att sedan minska till ca 30-40 % vid nivån -20. De högsta värdena på lerans vattenkvot och konflytgräns påträffas i området kring Mölndalsån. Leran är generellt mellan- till högsensitiv med en sensitivitet som normalt varierar mellan ca 8-40.

Odränerad skjuvhållfasthet

Inom området är den valda odränerade skjuvhållfastheten 14 kPa ned till nivån -5 för att därunder har en hållfasthetstillväxt mot djupet med ca 1,2 kPa/m, se Figur 37.



Figur 37 Diagram över uppmätt respektive utvärderad odränerad skjuvhållfasthet för område norr. Svart, heldragen linje markerar vald hållfasthet.

De geotekniska materialparametrarna redovisas detaljerat i bilaga till PM Geoteknik Sättningar (MPU02-50GT-025-00_001) som utgör underlagsrapport till PM Hydrogeologi.

Grundvatten och porttryck

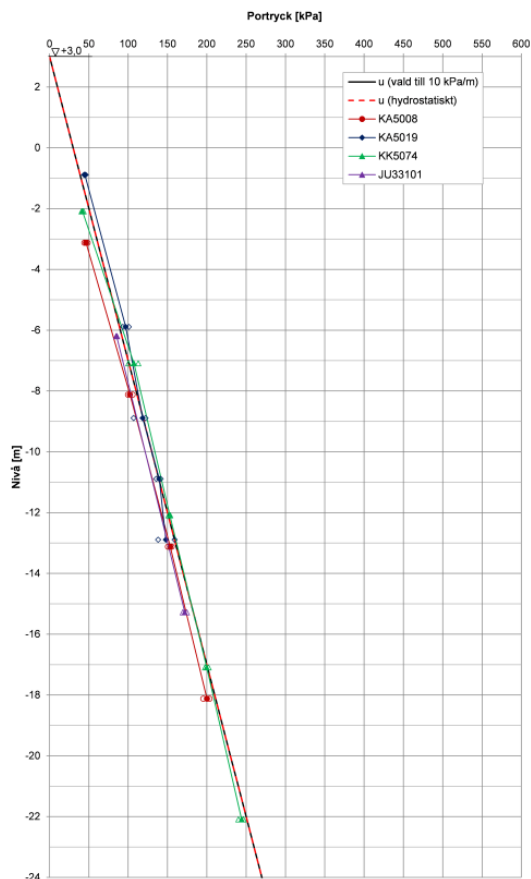
Mölndalsåns vattennivåer regleras enligt dom. Karakteristiska vattenstånd (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Mölndalsån redovisas i nedanstående tabell (Tabell 11).

Tabell 11 Karakteristiska vattenståndsnivåer (lägsta lågvatten samt medellågvatten) i Mölndalsån (höjdsystem, RH2000).

MLW	+1,25
LLW (100 år)	+1,05

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

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



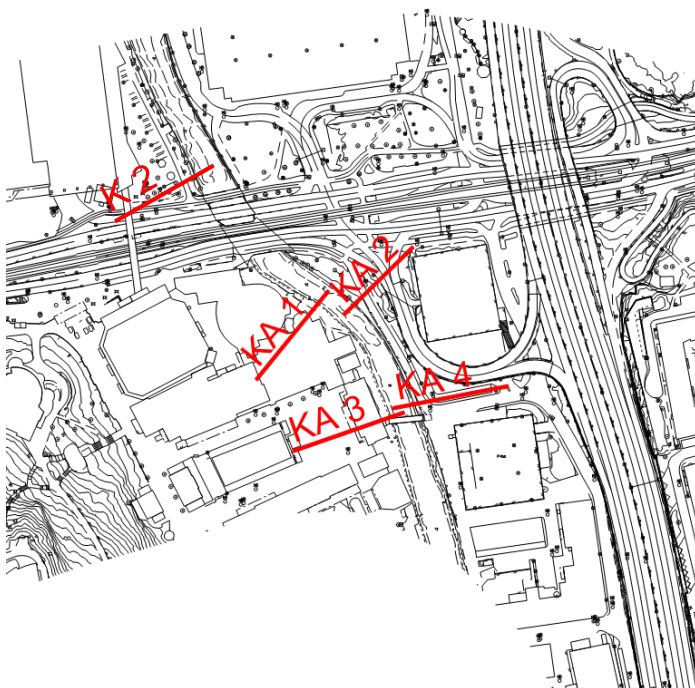
Figur 38 Uppmätta portrycksnivåer inom aktuellt område.

5.4.5 Erosion

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

5.4.6 Stabilitet för befintliga förhållanden

Stabiliteten har bedömts inom hela det aktuella området. Beräkningar har utförts i fem sektioner längs Mölndalsån, samtliga i anslutning till planerad linje för Västlänken. Stabiliteten har för befintliga förhållanden analyserats i representativa sektioner med sektionslägen enligt Figur 39.



Figur 39 Sektionslägen för stabilitetsberäkningar.

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

Erforderlig säkerhetsfaktor

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

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

Tabell 12 Säkerhetsrekommendation enligt Skredkommissionens anvisningar, Rapport 3:95 (Tabell 8:1).

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

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

Omfattningen på utförda undersökningar är inom det aktuella området mycket stor. Speciellt kan nämnas att det inom området utförts en stor mängd konsoliderade odränerade skjuvförsök. Marken utgörs till stor del av en halvfast till fast lera som inom stora delar av det aktuella delområdet är mellansensitiv. På större djup finns förekomst av högsensitiv lera. Leran är dock

att betrakta som mellansensitiv inom de delar av jordprofilen som huvudsakligen berörs av glidytor med lägst säkerhetsfaktor mot brott.

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

Tabell 13 Gällande säkerhetsrekommendation för denna detaljerade stabilitetsutredning.

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

5.4.7 Beräkningsförutsättningar

Grundvatten, porttryck och vattennivå

Grundvattenytan har i utförda stabilitetsberäkningar generellt bedömts ligga ca 1,5 m under markytan för de inre delarna av beräkningssektionerna. Närmare strandkant längs Mölndalsån har grundvattenytan antagits variera med vattenståndet.

Porttrycket i leran har i stabilitetsanalyserna ansatts ha en hydrostatisk ökning mot djupet enligt porttrycksfördelningarna enligt tidigare beskrivning.

I denna utredning har vattenståndet i Mölndalsån ansatts som lägsta lågvatten på nivån +1,05 enligt Tabell 11. Vid lägsta lågvatten är vattnets mothållande effekt som lägst vilket därmed utgör det farligaste fallet för stabiliteten (odränerad analys).

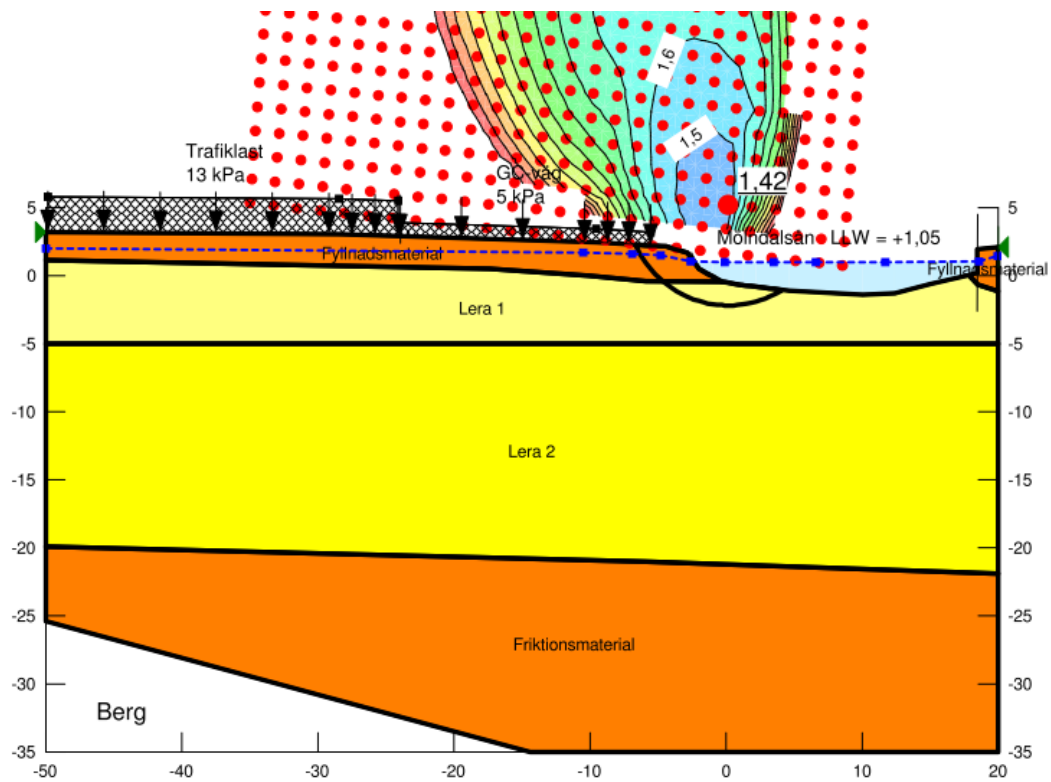
Marklaster

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

5.4.8 Stabilitetsanalyser för befintliga förhållanden

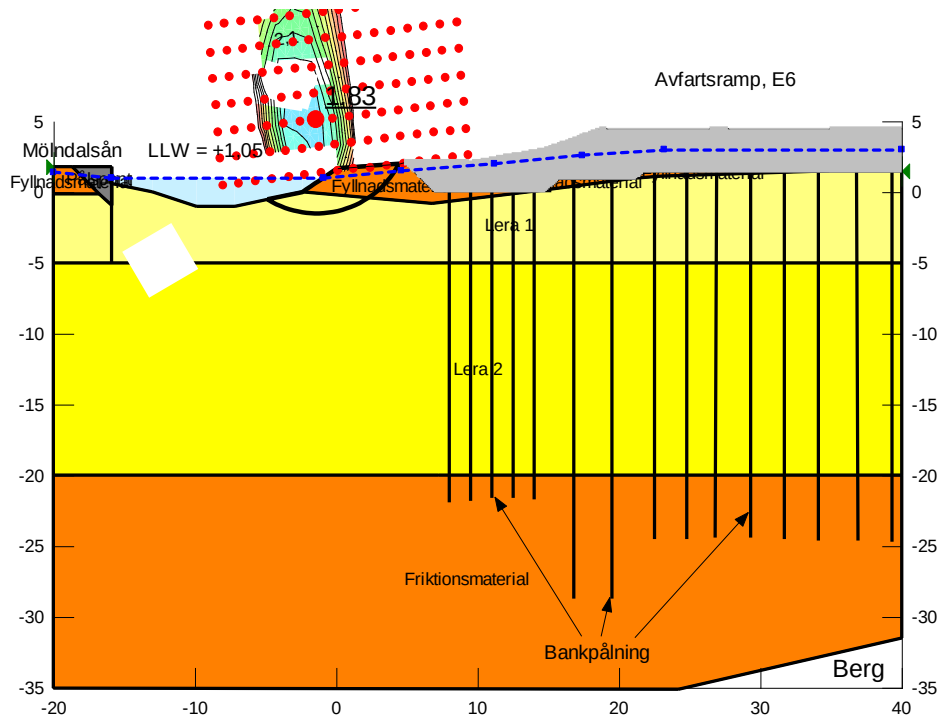
Stabiliteten för *befintliga förhållanden* har analyserats i de sex sektionerna inom området. Inom området varierar såväl markgeometri i form av höjd och lutning som jordlagerföljden mellan sektionerna.

Längs västra sidan av Mölndalsån har stabilitetsförhållandet kontrollerats i tre sektioner (sektion KA 1, K 2 och KA 3). Geometriskt och jordlagerföljdmässigt påminner sektionerna om varandra. Stabilitetsanalyserna visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot odränerat brott är ca $F_c=1,6-2,9$ respektive mot kombinerat brott ca $F_{komb}=1,4-1,8$. Detta innebär att erforderlig rekommenderad säkerhetsnivå för befintliga förhållanden uppfylls. Glidytor med lägsta beräknade säkerhetsfaktor mot brott har en begränsad utbredning (ca 10 m vid kombinerad analys och 15-25 m vid odränerad analys).



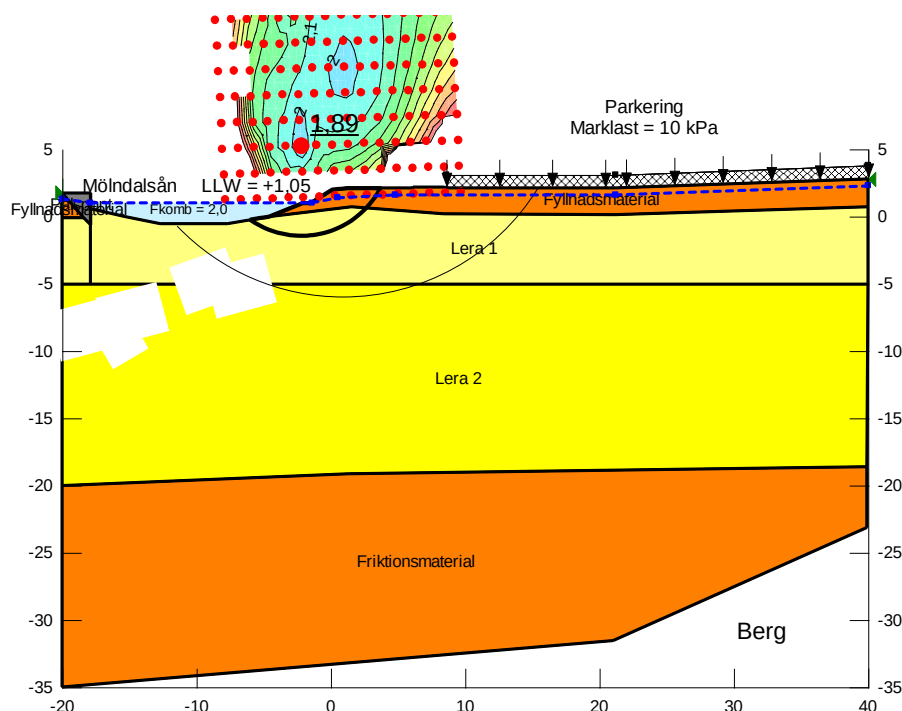
Figur 40 Stabilitetsberäkning sektion K 2, kombinerad analys.

På östra sidan av Mölnålsån stabilitetsförhållandet kontrollerats för såväl slänten i anslutning till av- och påfartsrampen för E6:an (sektion KA 2) som en flackare slänt strax söder därom (sektion KA 4). Den utförda stabilitetsanalysen i sektion KA 2 visar att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,3$ resp ca $F_{komb}=1,8$ vilket påvisar en tillfredsställande stabilitet. Glidyrtorna med lägsta säkerhetsfaktor mot brott har en utbredning av ca 10 m och når ner till djupet ca 7 m.



Figur 41 Stabilitetsberäkning sektion KA 2, kombinerad analys.

Vidare visar stabilitetsanalysen som är utförd i sektion KA 4 att lägsta säkerhetsfaktorn mot brott är ca $F_c=2,0$ respektive ca $F_{komb}=1,9$ vilket innebär att erforderlig rekommenderad säkerhetsnivå är uppfylld för befintliga förhållanden inom denna del av området, se Figur 42.



Figur 42 Stabilitetsberäkning sektion KA 4, kombinerad analys.

5.5 Sammanställning av utförda stabilitetsanalyser

Utförda beräkningssektioner är placerade med syfte att täcka in och representera de *befintliga* stabilitetsförhållandena på ömse sidor av Mölnålsån vid Västlänkens passage med Mölnålsån.

I nedanstående tabell redovisas lägsta säkerhetsfaktorer mot brott i utförda stabilitetsanalyser.

Utförda stabilitetsberäkningar för det rubricerade utredningsområdet visar att stabiliteten inom området är tillfredställande bra.

Tabell 14 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.

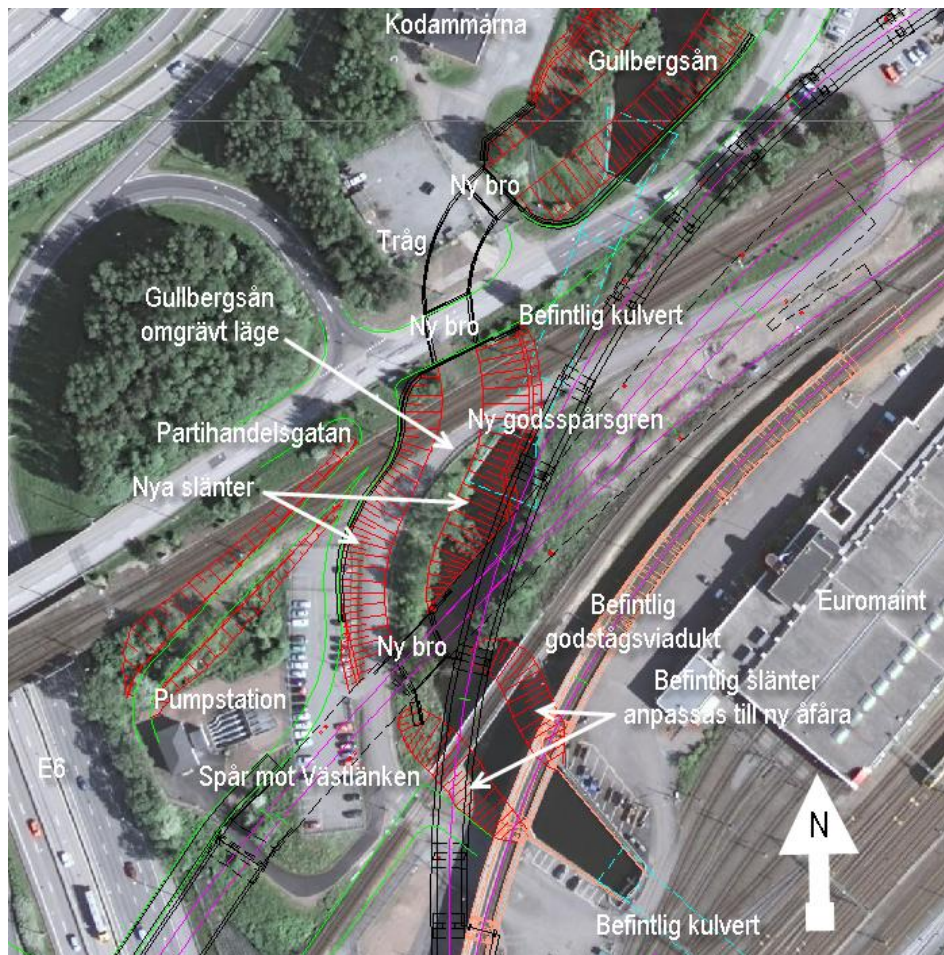
Sektion	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
KA 1	2,4	1,7
K 2	1,6	1,4
KA 2	2,3	1,8
KA 3	2,9	1,8
KA 4	2,0	1,9

6 Stabilitet för planerad anläggning (efter anläggningsskedet) vid passage av ytvattendrag

Stabilitetsförhållandena för planerad anläggning (efter anläggningsskedet) har analyserats i anslutning till Västlänkens passage av ytvattendragen. Bedömning av stabiliteten för planerad anläggning (nybyggnad) har utförts i enlighet med "Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13, TDOK 2013:0667".

6.1 Gullbergsån

För att möjliggöra järnvägsutbyggnaden planeras en omledning av Gullbergsån genom området. Gällande förslag/utformning på omledningen innebär att Gullbergsån läggs om i en S-formad kanal med slänter utmed ån där det är möjligt, se Figur 43. Den nya fåran är utformad med hänsyn till flödeskapacitet, möjlighet till att skapa naturliknande slänter och till de byggnadsverk som planeras över ån. Förslaget har även utformats med ett bättre skydd mot översvämningar för bangårdsområdet och väg E6. Vallarna som utgör översvämningsskydd utförs med tätskärm ned till leran. De nya slänterna anläggs med en ungefärlig lutning på 1:2,5. Det innebär att de bli flackare jämfört med dagens slänter som har en lutning på 1:2.

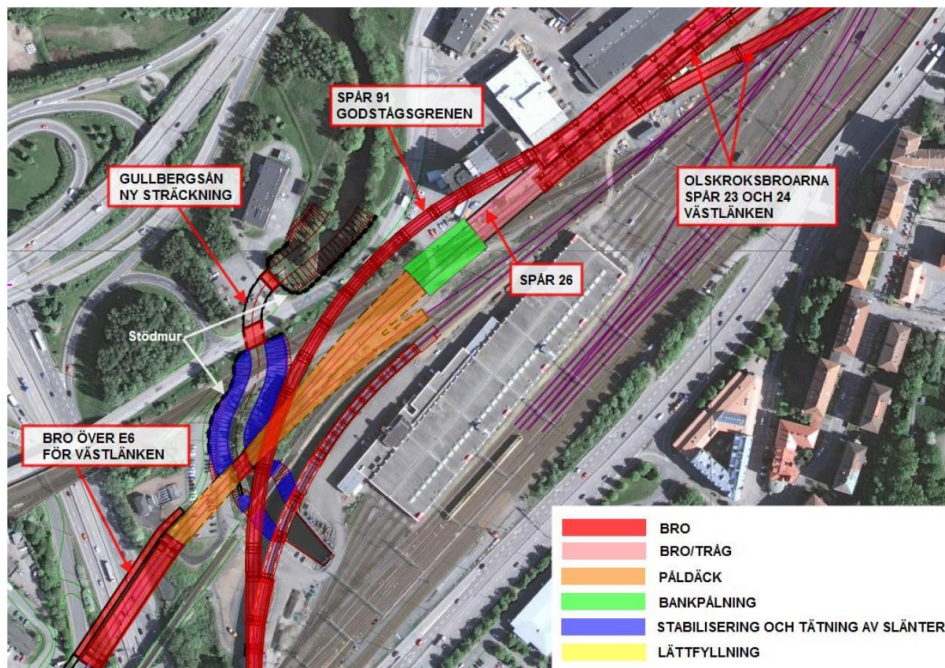


Figur 43 Illustration över planerad lösning för omledning av Gullbergsån.

Gullbergsån rinner igenom södra delen av området och mynnar ut i Sävån strax väster om utredningsområdet. Inom området finns även ett antal byggnader.

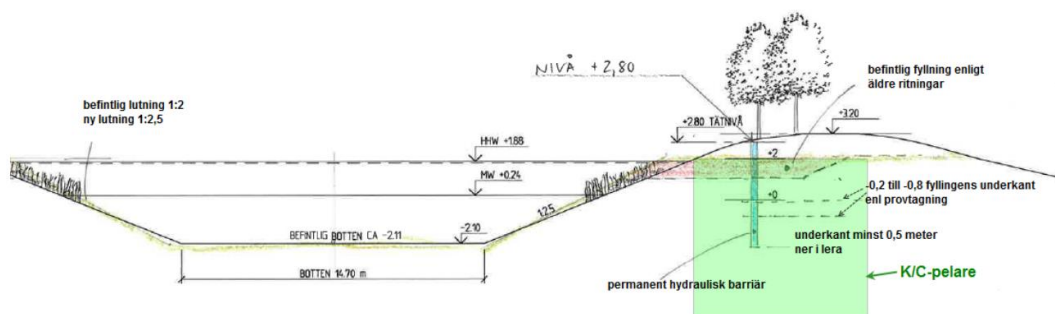
Rekommenderad säkerhet

I enlighet med IEG rapport 6:2008 rekommenderas en säkerhet mot stabilitetsbrott på $F_{EN} > 1,1$ (SK3) för delar som berör planerad järnvägsanläggning respektive $F_{EN} > 1,0$ (SK2) för övriga delar.



Figur 44 Planerade/erforderliga geotekniska grundförstärkningsåtgärder, broar och tråg.
(Enl Systemhandling, verifierationsdokument Anslutning Olskroken – Geoteknik, 2014-06-17, revC 2015-07-03).

Vid utförande av nämnda förstärkningsåtgärder enl Figur 44 uppnås en tillfredsställande stabilitet ($F_{EN} > 1,1$) inom hela området. Slänten mot Gullbergsån måste dessutom grundförstärkas, t.ex. med KC-pelare eller annan metod enligt nedanstående förslag, för att uppnå en tillräcklig säkerhet mot stabilitetsbrott.



*Figur 45 Förslag till tätning samt grundförstärkning av slänter ner i Gullbergsån
(Enl Systemhandling, verifikationsdokument Anslutning Olskroken – Geoteknik, 2014-06-17,
revC 2015-07-03)*

Stabilitetsförhållandena för planerad markanvändning med ny järnvägsanläggning enligt detaljplanen erfordrar geotekniska förstärkningsåtgärder för att uppfylla rekommenderad säkerhetsnivå ($F_{EN} > 1,1$) enligt gällande norm (IEG rapport 6:2008). Detta har fastställts i Systemhandlingen för Västlänken.

6.2 Stora Hamnkanalen

Anläggande av Västlänken kommer inte medföra någon ändring av Stora Hamnkanalens utformning efter färdigställt arbete.

Efter anläggningsskedet kommer Stora Hamnkanalen med dess kanalmurar att återställas i ursprungligt läge. Anläggningen utformas och konstruktivt anläggs så att gällande stabilitetskrav enligt TK Geo 13 för nybyggnation uppfylls.

Inom de delar av kanalen som direkt berörs av anläggandet av Västlänken (inom arbetsområdet) kommer nya murar att anläggas.

Stabilitetssituationen längs Stora Hamnkanalen i läget för Västlänken kommer att vara tillfredsställande bra (och med en stabilare utformning än idag) efter färdigställande av Västlänken.

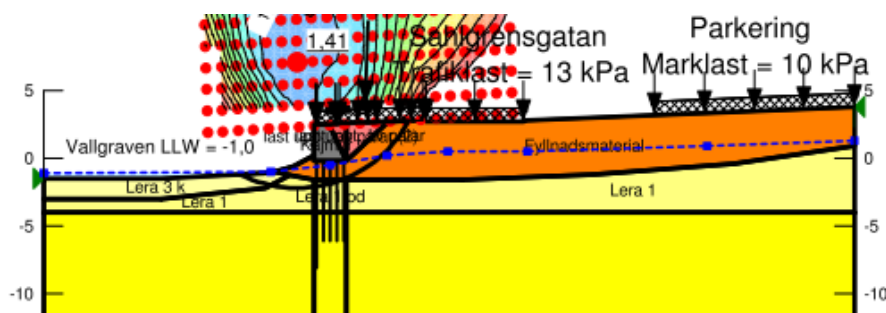
6.3 Rosenlundskanalen

I läget för Rosenlundskanalen har ny detaljplan upprättats där stabiliteten för planområdet beskrivits. Beräkningar i denna rapport är i huvudsak hämtade från PM Geoteknik för Detaljplan Station Haga.

I samband med framtagande av ny detaljplan för station Haga har stabilitetsförhållandena studerats för det aktuella planområdet vid markutnyttjande för ändamål enligt planen (illustration enligt nedan). Inom markområden på den södra sidan av Rosenlundskanalen har stabiliteten analyserats med hänsyn taget för en framtida eventuell förändrad lägsta nivåställning anpassad mot golvnivån +2,8 vid stationsbyggnaden/uppgången alternativt en höjning av marknivån med upp emot 0,5 m där marken redan idag ligger över nivån +2,8. Öster om Rosenlundsbron, på den norra sidan av Vallgraven, har stabilitetsförhållandena för ny detaljplan analyserats vid beaktande av en markbelastning på 5 kPa närmast invid kajen vilket kan tänkas motsvara eventuell framtida belastning från ny gångbro.

Utförda stabilitetsanalyser visar att stabilitetsförhållandena uppfyller rekommenderad säkerhet (enl. IEG rapport 4:2010) vid förutsättningar enligt detaljplanen. Stabilitetsförhållandena anses därmed vara tillfredsställande goda och det föreligger inget behov till stabilitetsförbättrande åtgärd.

Lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_c=1,6$ respektive $F_{komb}=1,4$ (Figur 46) mot ett kombinerat brott. Glidyterna med lägsta beräknade säkerhetsfaktor mot brott är korta och har normalt en utbredning på ca 15 m och startar ca 5-10 m ovan släntkrön/kaikant (Figur 46).



Figur 46 Stabilitetsberäkning för blivande förhållanden. Sektion HH2, kombinerad analys.

Utförda beräkningar visar att stabiliteten är tillfredställande i enlighet med uppställda krav för nybyggnation.

Tabell 15 Säkerhetsfaktorer mot brott i de analyserade beräkningssektionerna.

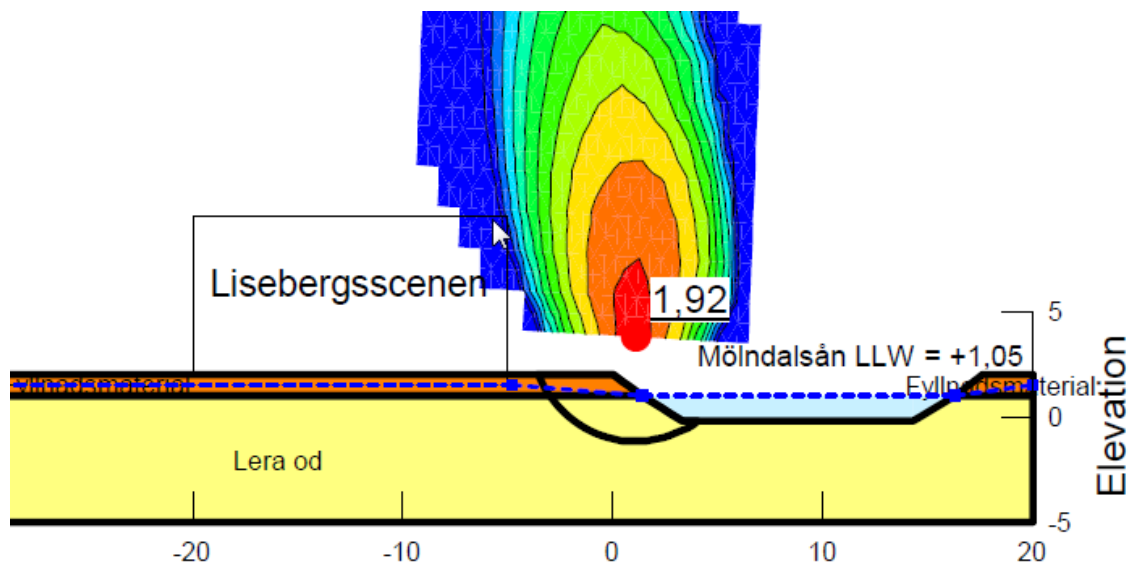
Sektion	Planskedet	
	Odrän. analys, F_c	Komb. analys, F_{komb}
Sektion HH1	–	–
Sektion HH2	1,6	1,4
Sektion HH3	1,7	1,4
Sektion HH4	1,8	1,7
Sektion HH5	1,7	1,4
Sektion HH6	1,8	1,7

6.4 Mölndalsån

I direkt anslutning till Västlänken innebär anläggandet av Västlänken förändrade förutsättningar avseende stabiliteten i området. Stabiliteten kommer att beaktas i samband med planeringen i kommande såväl projekterings- som anläggningsskedet.

Under anläggningsskedet kommer Mölndalsån temporärt att grävas om i nytt läge. Efter anläggningsskedet kommer Mölndalsån flyttas tillbaka och återställas och utformas så att gällande stabilitetskrav enligt TK Geo 13 för nybyggnad uppfylls. Inför anläggningsskedet kommer kontrollprogram avseende schakters stabilitet att upprättas. Kontrollerna innefattar bland annat kontroll av horisontella och vertikala rörelser intill schakter.

Vid återställande kommer slänter byggas upp, till exempel med utformning enligt bild nedan, så att slänten erhåller erforderlig säkerhet. Beräkningar som utförts i samband med projekteringen och miljöprövningsuppdraget visar att stabiliteten efter utbyggnad kommer att vara tillfredställande mot brott.



Figur 47 Exempel på utformning av slänter vid återställande av Mölndalsån i Sektion KA3, (notera att bild inte redovisar hela lermäktigheten)



Trafikverket, 405 33 Göteborg. Besöksadress: Kruthusgatan 17.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 99 97
www.trafikverket.se