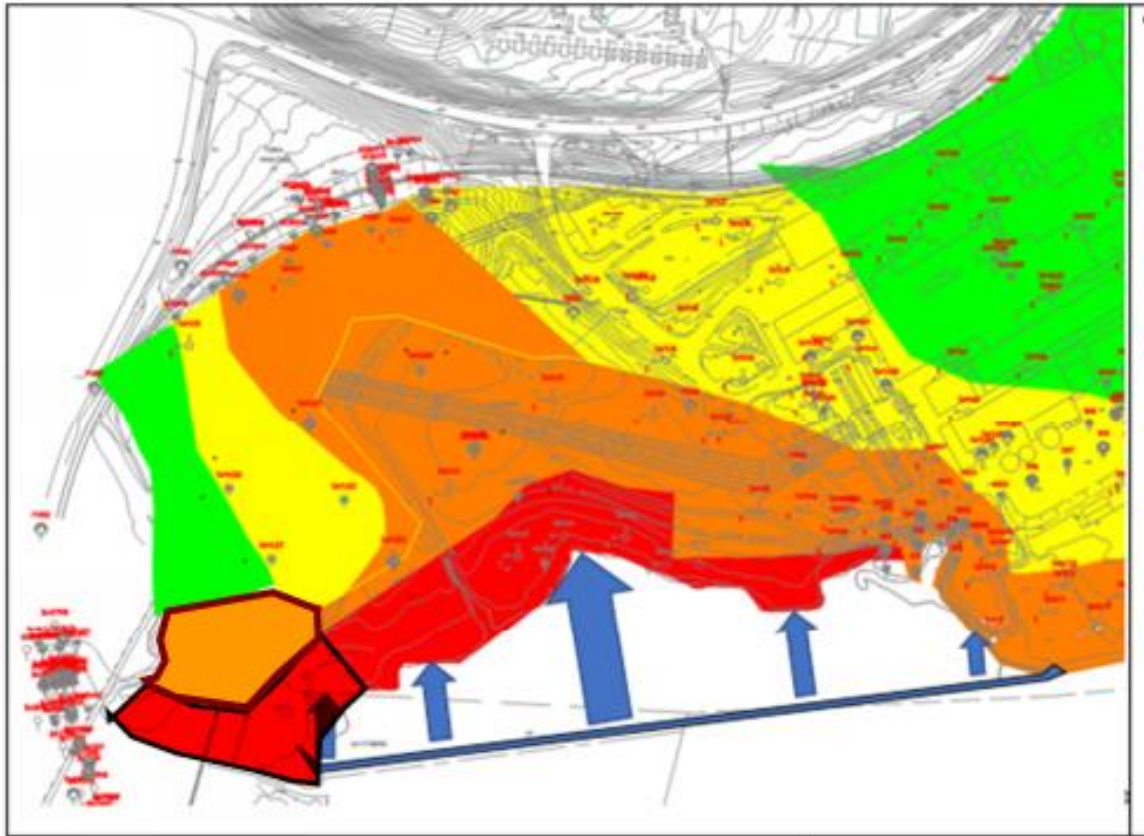







SCA Östrands Bioraffinaderi

Geotekniskt PM med beräkningar

Preliminär handling 2018-11-05



Nuvarande förhållande 2018

-  Spärrat område. Får ej beträdas innan undergrundens bärlighet kontrollerats
-  Riskområde. Markanvändning för varje enskilt fall. Samråd med geotekniker.
-  Totalstabiliteten tillfredsställande. Pålar krävs normalt för sättningsfri grundläggning
-  Totalstabiliteten tillfredsställande. Plattgrundläggning kan räcka i vissa fall.
-  Jordförstärkningsriktning från förstärkningsbarriär i vattenområdet

Solna 2018-11-XX

KFS AnläggningsKonstruktörer AB

Hans Klingenberg

David Horn

Bakgrund till detta PMs status

I remisser till detaljplan har efterlysts MarktekniskUndersökningsRapport, MUR, och ett Geotekniskt PM med beräkningar.

Detta Geotekniska PM med bilagda beräkningar är ett arbetsmaterial som innehåller:

- Hittills framtaget geotekniskt material, MUR, med tillhörande ritningar
- Geotekniska PM med beräkningar och ritningar från Trafikverket
- Geohydrologisk beskrivning
- Hittills utförda beräkningar av stabilitet och sättningar

- Geotekniskt PM med beräkningar, preliminär handling, klart för intern slutgranskning 2018-11-05

Underlag till Geotekniskt PM med beräkningar har erhållits enligt följande tidplan:

- MUR med tillhörande ritningar, preliminär handling 2018-10-31
- Geohydrologisk rapport, preliminär handling 2018-10-26
- (Sedimentrapport, preliminär handling klar 2018-09-30
Det återstår enstaka analysresultat från en undersökt punkt, men detta resultat påverkar inte bedömningar i Geotekniskt PM med beräkningar)

Detta Geotekniska PM med bifogade beräkningar slutgranskas internt för närvarande. Granskningen beräknas vara klar 2018-11-26

Bedömningen efter utförda undersökningar och beräkningar är att området kan göras byggbart med föreslagna förstärkningsmetoder med grundvattensänkning i undre grundvattenmagasinet. Samhällets krav vid exploatering kan uppfyllas.

Innehållsförteckning

1. Uppdragsinformation	5
2. Detaljplan Bioraffinaderi Östrand 3:4 m.fl.	5
3. Allmänt	6
4. Tidigare utredningar och dokumentation	7
5. Utförda grundundersökningar och hydrogeologiska undersökningar	8
5.1. Kartor, ortofoto, mätdata	8
5.2. Koordinat- och höjdsystem	8
5.3. Hydrologiska förhållanden	8
5.4. Grundundersökningar och geohydrologiska undersökningar	9
6. Befintliga anläggningar	9
6.1. Järnvägen	9
6.2. Massabruket	11
6.3. Ledningar	11
7. Geotekniska förutsättningar	13
7.1. Topografi och beskrivning av området	13
7.2. Grundförhållanden	14
8. Geohydrologisk bedömning	22
9. Regelverk och styrande dokument	25
10. Stabilitet	25
10.1. Allmänt	25
10.2. Förstärkningslinjen mot havet, dubbelspanten	26
10.3. Bakåtförankrade spanten i östra området mot massabruket	29
10.4. Järnvägsbanken	31
10.5. Västra området mot Merlobäcken	32
10.6. Området mellan förstärkningslinjen och järnvägen	32
11. Sättningar	32
11.1. Allmänt	32
11.2. Inom vattenområdet med markförstärkning och vertikaldräner	33
11.3. Längs järnvägen	34
12. Grundläggning av byggnader och installationer	35
12.1. Biomassaanläggning i norr.	35
12.2. Processanläggningar, linje 1 och 2	35
12.3. Tankområde	35
12.4. Markledningar	35

13. Sammanfattande bedömning	36
------------------------------------	----

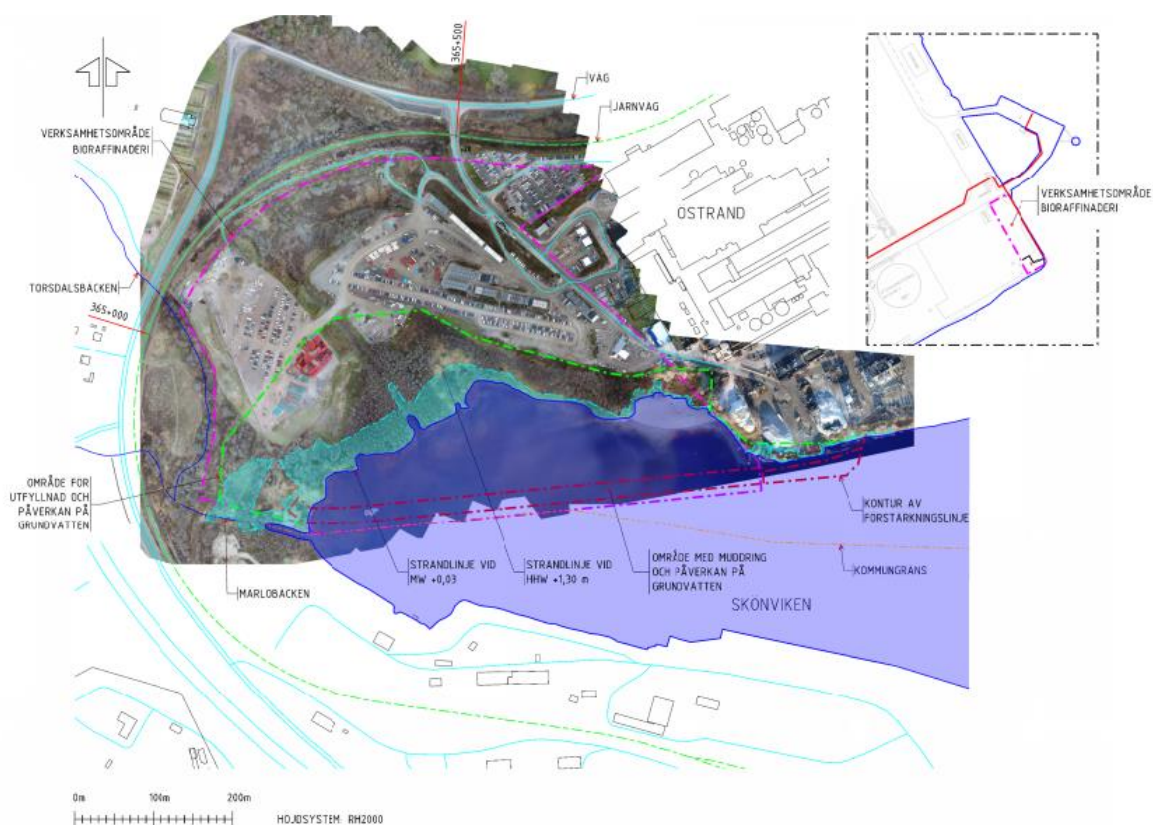
Bilagor

1. Rapport Geoteknik, RGeo, Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 364+750 – 364+850, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083117
2. Rapport Geoteknik, RGeo, Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 365+350 – 365+420, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083119
3. Beräknings-PM Geoteknik, PM/Geo, Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 364+750 – 365+420, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083118
4. PM Generalplan – SCA Östrand, upprättad av Sweco 2015-05-22 och rev 2015-05-27
5. Geoteknisk undersökning. Östrand Helios, västra området, Timrå. Beräknings PM/geoteknik, Sweco 2016-07-01
6. Geohydrologisk beskrivning, preliminär handling, Sweco 2018-10-26
7. MUR med tillhörande bilagor, preliminär handling, Sweco 2018-10-17 delvis kompletterad 2018-10-31
8. Aktuella georitningar, Sweco 2018-10-30
9. Beräkningsbilaga, KFS 2018-11-05
10. Ritningar, förslagshandling, KFS 2018-11-05

1. Uppdragsinformation

Uppdrag	Geoteknisk utredning för detaljplan Bioraffinaderi Östrand 3:4 m.fl.
Plats	Område direkt väster om Östrands massafabrik
Uppdragsgivare	SCA
Konsult, rådgivande ingenjör	KFS AnläggningsKonstruktörer AB
Ansvarig geotekniker	Hans Klingenberg, KFS
Handläggare, beräkningar	David Horn och Gianbattista Catapano, KFS
Sidokonsulter för geoteknisk bedömning	<ul style="list-style-type: none"> Sweco (grundundersökningar, geohydrologi, sedimentundersökningar) Structor (dagvattenutredning) SGI (Utvärdering av bindemedel för återanvändning av muddermassor)

2. Detaljplan Bioraffinaderi Östrand 3:4 m.fl.



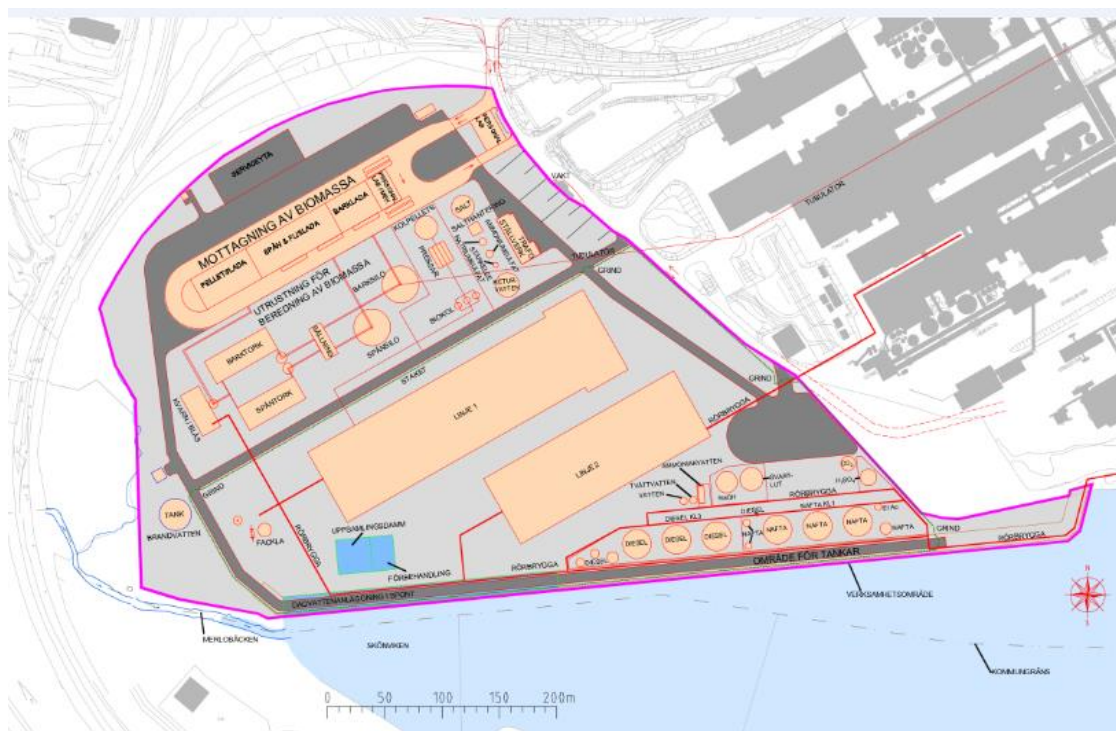
Figur 2.1. Drönbild från 2017 med inlagda gränser för detaljplan samt för vattenverksamhet och verksamhetsgränser som prövas i särskild ordning. Rutan till höger är hamnområdet ca 500 m österut.

Syftet med den geotekniska utredningen för detaljplanen är att redogöra för de geotekniska förhållandena och hur de inverkar på planerad exploatering enligt detaljplanen. Markens lämplighet för ändamålet enligt detaljplanen ska klargöras med avseende på de geotekniska förutsättningarna vad gäller grundläggning, byggbarhet etc. PM:et måste kompletteras inför framtida projektering och får inte biläggas förfrågningsunderlag för utförande- eller totalentreprenad i föreliggande form.

3. Allmänt

SCA har behov av mer markyta för industriell verksamhet och det område som studerats är beläget delvis ute i vattnet, strandnära och väster om Östrands nuvarande massabruk med tillhörande fabriksområde i Timrå kommun. Massabruket tillhör SCA Graphic Sundsvall AB.

SCA Biorefinery Östrand AB planerar att bygga ett bioraffinaderi på det aktuella området.



Figur 3.1. Planerat bioraffinaderiområde

Området har dålig bärighet med föroreningar i bottensediment och ställvis i mark, varför planerade åtgärder syftar till att säkerställa markens stabilitet, påskynda sättningförloppet i lösa lerlager samt stabilisera förorenade bottensediment och permanent kapsla in dessa och markföroreningar på ett säkert sätt.



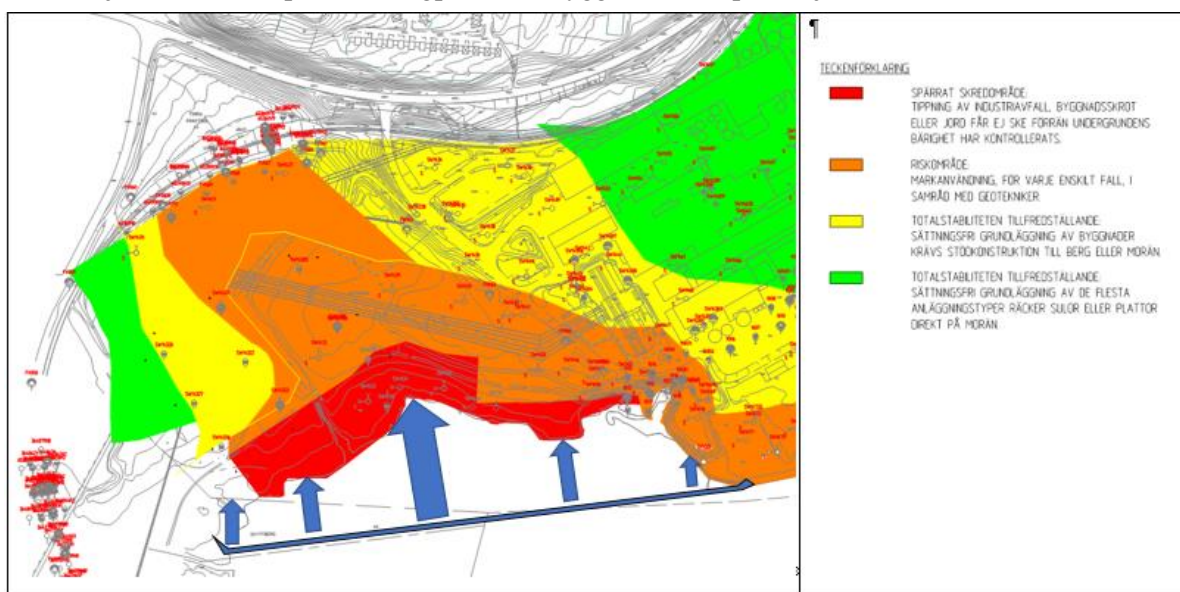
Figur 3.2. Foto från 1981 efter skredet den 16 juni.

I detta Geotekniska PM redovisas under avsnitt 10 – 11 tillvägagångssätt med beräkningar för att hantera områdets stabilitet, sättningar samt omgivningspåverkan av planerade åtgärder.

Ute i vattenområdet på betryggande avstånd från nuvarande strandlinje planeras byggas en ca 600 m lång förstärkningslinje med två parallella spontväggar, en så kallad ”dubbelspont”. Lös jord muddras ur dubbelsponton och ersätts med fyllning av huvudsakligen bergkrossmaterial. Därefter kan området successivt fyllas ut och förstärkas i riktning inåt mot stranden och befintligt landområde, se [figur 3.3](#).

I östra delen av området behöver verksamheten även nyttja en ca 30 m bred och drygt 150 m lång remsa av vattenområdet längs befintlig strandlinje vid tidigare nyttjad kajplats.

Utförd grundundersökning utanför stranden i denna del visar på lös jord och stort djup till fast botten. En bakåtförankrad spont, troligen borrspont av grova betongfyllda stålrör, installeras först längs strandlinjen varefter en pålad betongplattform byggs utanför spontlinjen.



Figur 3.3. Bedömning av området enligt ”PM GENERALPLAN – SCA ÖSTRAND”, upprättad av Sweco 2015-02-27rev. Inlagda blå pilar i figuren symboliserar hur åtgärder i vattenområdet från den blå heldragna förstärkningslinjen över viken i steg skapar ett mothåll och stabiliserar markområden innanför strandlinjen

4. Tidigare utredningar och dokumentation

Underlag för bedömning av området och för planering av nu utförda nya undersökningar består i huvudsak av följande handlingar med tillhörande ritningar och bilagor:

- Geoteknisk utredning för Generalplan ”Kontroll av stabilitetsförhållandena efter skredet 1981-06-16 inom Östrands industriområde”, upprättad av Tyréns 1982-12-10
- ”Rapport Geoteknik, RGeo” Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 364+750 - 364+850, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083117
- ”Rapport Geoteknik, RGeo” Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 365+350 - 365+420, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083119
- ”Beräknings - PM Geoteknik, PM/Geo, Stabilitetsutredning Ådalsbanan km 364+750 - 365+420, upprättad för Trafikverket av Ramböll 2011-10-31, handlingsnummer RMG083118
- ”PM Generalplan – SCA Östrand”, upprättad av Sweco 2015-05-22 och rev 2015-05-27
- Geoteknisk undersökning. Östrand Helios, västra området, Timrå. Beräknings PM/geoteknik, upprättat av Sweco 2016-07-01

5. Utförda grundundersökningar och hydrogeologiska undersökningar

5.1. Kartor, ortofoto, mätdata

SCA har tillhandahållit mätdata från fotografering av området med drönare hösten 2017. Punktmoln, som erhållits från drönarfotograferingen, träffar inte marken på alla platser inom området på grund av parkerade bilar, containrar, byggnader och tät vegetation. Drönarfotograferingen har därför kompletterats med manuella mätningar med GPS vid flera tillfällen, september 2017, maj och oktober 2018, varefter topografin på kartmaterialet kunnat justeras.

Bottennivåer inom vattenområdet har erhållits från Swecos sjömätning 21 juni 2016.

5.2. Koordinat- och höjdsystem

Ny detaljplan upprättas i koordinatsystem SWEREF 99 17 15 och höjdsystem RH2000.

I tidigare utredningar och dokumentation finns angivet andra koordinat- och höjdsystem.

I tidigare utredningar finns höjdsystemen RH00, RHB70 och Östrands lokala representerade. Dessa förhåller sig till varandra enligt följande:

+0,000 i RH00 = +0,688 i RHB70 = +0,970 i RH2000 = +29,905 i Östrands lokala.

Erhållet underlagsmaterial har på nya ritningar transformerats till detaljplanens system.

5.3. Hydrologiska förhållanden

Planområdet är generellt sett ett utströmningsområde för yt- och grundvatten mot Skönviken. De karakteristiska havsvattenstånden styr emellertid grundvattennivåerna i de lägre belägna delarna av området för ett övre grundvattenmagasin (akvifär).

Enligt SMHI rapport, 2018-02-09	RH2000
Högsta högvattenstånd (HHW)	+1,30 m
Medelhögvattenstånd (MHW)	+0,68 m
Medelvattenstånd (MW)	+0,03 m
Medellågvattenstånd (MLW)	-0,57 m
Lägsta lågvattenstånd (LLW)	-0,93 m

Den skenbara landhöjningen för området, ofta benämnd apparent landhöjning (absolut landhöjning – havsnivåhöjning), är ca 0,74 cm/år.

Klimatscenarioer

Med hänvisning till Rapport nr 2014:16 från Länsstyrelsen i Västernorrland ”Konsekvenser behov och åtgärder, Klimatförändringar i Timrå kommun”, bedöms årsmedelnederbörden kunna bli ca 20% högre inom 100 år.

Åtgärder för att förhindra erosion och ras kommer med anledning av ökade flöden att beaktas med stabiliseringsåtgärder inom planområdet.

Med hänvisning till ”Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor” över Västernorrlands län (SGI 2010) bedöms en eventuell höjning av havsnivåerna komma att motverkas av landhöjningen. I SMHIs rapport 2018-05-29 redovisas en högsta havsvattenhöjning globalt om 100 cm fram till år 2100. Denna prognos bygger på utvecklingen enligt klimatscenario RCP8.5 (RPC=Representative Concentration Pathways, 8,5 är skillnaden mellan in- och utstrålad energi till och från jorden uttryckt i W/m²).

Med en global havsnivåförändring på 100 cm beräknas nettoförändringen av havsvattennivån i aktuellt område komma att vara i stort sett oförändrad.

5.4. Grundundersökningar och geohydrologiska undersökningar

Grundundersökningar och geohydrologiska undersökningar har utförts i omgångar mellan år 2016 och 2018 av SWECO.

Grundundersökningarna finns avrapporterade i SWECOs MUR, daterad 2017-10-10 (rev 2018-10-31) med tillhörande bilagor och ritningar. Det finns i MUR hänvisning till tidigare geoteknisk dokumentation som beaktats för undersökningar och redovisningen av MUR.

/Vid arbete med detta Geotekniska PM har upptäckts några fel och frågor i MUR och på några georitningar, som måste redas ut. Ett antal undersökningspunkter har på georitningar redovisats på fel nivå i RH2000 vid överföring från Trafikverkets georitningar med höjdsystemet RHB70. Dessutom saknas en komplett redovisning i några punkter. Utvärderingen av CPT i vattenområdet bör ses över. På grund av begränsad tid mellan leverans av MUR och detta Geotekniska PM kommer inte erforderliga justeringar i MUR och på georitningar att hinnas med i bifogad upplaga av MUR. Upptäckta fel och frågor bedöms inte påverka gjorda bedömningar i detta Geotekniska PM/

Geohydrologiska undersökningar finns avrapporterade i SWECOs "Beskrivning av geohydrologiska förhållanden" daterad 2018-10-26.

Undersökningar har i planeringsfasen för objektet utförts i geoteknisk kategori 2 (GK2).

När investeringsbeslut föreligger kommer kompletterande undersökningar att behöva utföras. Då kommer särskilt känsliga områden med högsensitiv lera längs förstärkningslinjen, som bildar den nya strandlinjen, med dess landanslutningar i väster vid Merlobäcken och till stranden i öster mot massabruket att behöva utföras i Geoteknisk kategori 3 (GK3).

6. Befintliga anläggningar

6.1. Järnvägen

Området, där bioraffinaderiet planeras är beläget mellan havsviken Skönviken och Ådalsbanan i dess längdmätning km ca 364+750 till km 365+500.

Bansträckningen öppnades för trafik år 1925.

Bansträckningen korsar Merlobäcken ursprungligen på en bro med ca 7 m spännvidd i km ca 364+849. Brons landfästen var byggda som klumpmurar grundlagda på tätt slagna träpålar. År 1980 ersattes bron av en rörbro av varmförzinkad plåt, 3,5 m bredd, 3,9 m höjd och 16,75 m bottenlängd. Rörbron grundlades mellan ursprungliga landfästen på en betongplatta på betongpålar och 0,2 m grusbädd. Vattengången i trumman har nivån ca +0,2 i RH2000, ca 0,17 m över havsytans MW.

Järnvägen korsar Torsdalsbäcken i km ca 365+050. Bäcken leds i en ca 1,5 x 1,5 m stensatt kulvert under järnvägen.

Järnvägen ligger mestadels på bank längs aktuellt banavsnitt undantaget en mindre sträcka efter passage av Torsdalsbäcken. Bankhöjden är ca 3 m från rälsöverkant till bankfot i km 364+750 och ca 8 m i km 365+390.

För att klara stabiliteten där järnvägsbanken är som högst över den naturliga omgivande marken har längs banken en successivt större tryckbank lagts ut på delen km ca 365+240 och fram till km ca 365+390. Järnvägen går in i skärning i km ca 365+450.

Vad som kunnat utläsas av erhållna handlingar och utförda grundundersökningar är järnvägen på aktuellt banavsnitt förutom i broläget över Merlobäcken grundlagd på befintlig mark utan grundförstärkning.

Bron över järnvägen till massabruket i km ca 365+500 byggdes i SCAs regi år 1980. Bron är enligt erhållna ritningar från SCA grundlagd på utbredda plattor i ett område där järnvägen redan övergått från bank till skärning.



Figur 6.1. Foto från 1930-talet



Figur 6.2. Foto från 1980. Brobygget över järnvägen till massafabriken pågår.

6.2. Massabruket

År 1929 bildades SCA och ett sulfatmassabruk byggdes och togs i drift 1932. År 1936 byggdes fabriken ut till en kapacitet på 140 000 årston sulfatmassa, vilket gjorde den till Europas största sulfatmassafabrik. En större utbyggnad av fabriken utfördes år 1980 - 82 och nu senast år 2016 – 2018 byggdes fabriken ut till fördubblad produktion, ca 900 000 årston sulfatmassa. Massabruket har fortlöpande utvecklats med anläggningar för att minska utsläppen till mark, vatten och luft. Vid massabruket produceras ånga, el och värme och överskott kan levereras till nytta för samhällen utanför fabriken.



Figur 6.3. Foto från 1982.

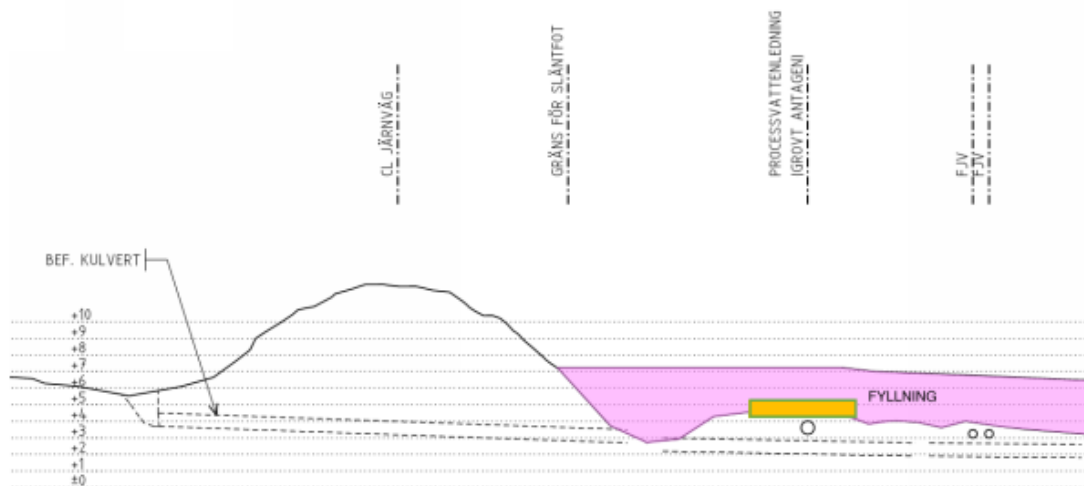
Markområdet som ska säkras för bioraffinaderiet gränsar i östra delen till massabrukets anläggningar med en stor mesaugn samt en äldre sodapanna, den senare grundlagd på träpålar. Omgivningspåverkan på dessa anläggningar och markområde tillhörande massabruket beaktas i det fortlöpande arbetet.

6.3. Ledningar

I områdets norra del inom ca 50 m från järnvägen finns markledningar, som ska behållas och några ska läggas om.

Från Indalsälven finns en bergtunnel till ett svalltorn/reservoar vid SCAs massafabrik i Östrand för uttag av processvatten till fabriken. Svalltornet/reservoaren är belägen ca 500 m öster om det planerade Bioraffinaderiområdet. Från reservoaren leds även processvatten i en ledning till SCAs pappersbruk vid Ortviken i Sundsvall. Denna ledning med 800 mm diameter omsluter det planerade verksamhetsområdet för bioraffinaderiet i norr och väster. Ledningen ägs av SCA.

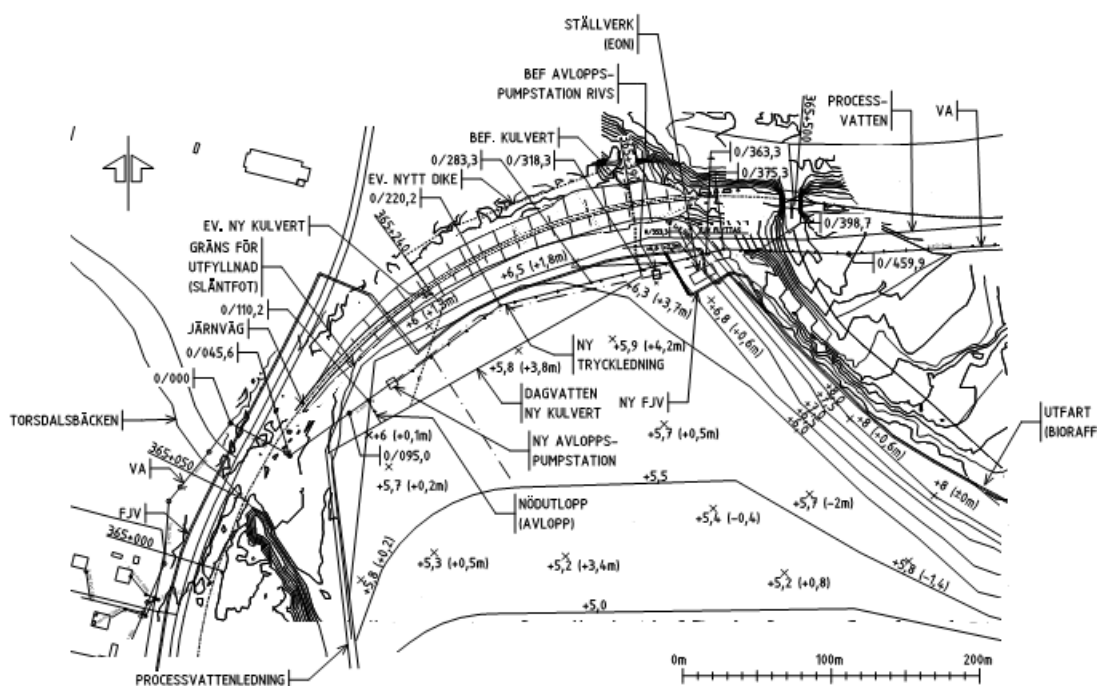
För att bibehålla processvattenledningen i befintligt läge kommer lättfyllning att krävas, där markuppfyllnaden på ledningen blir som störst, dvs kring järnvägens längdmätning ca 365+390 H25m.



Figur 6.4. Sektion. Lättfyllning på processvattenledning. Fjärrvärmeledningar läggs om lokalt och till en högre nivå.

Idag avvattnas området norr om järnvägen via en stensatt kulvert B=0,85 x H=0,7 m under järnvägsbanken i dess längdmätning ca 395 + 390. Från kulvertmynningen med vattengång ca +2,7 leds vattnet i trummor under processvattenledning och fjärrvärmeledningar till ett dike som mynnar i Skönviken. Om dagvattnet skall ledas från befintliga trummor kräver det att en kulvert byggs på stort djup under planerad uppfylld markyta.

Alternativt sätt att avvattna området norr om järnvägen är att även fylla upp området norr om järnvägen och leda ytvattnet i ett öppet dike västerut till en ny kulvert, som bedöms kunna tryckas under järnvägen i km ca 395+240, se [figur 6.5](#).



Figur 6.5. Plan. Ledningar längs järnväg

För att ge plats för den nya dagvattenkulverten efter dess passage under järnvägen och vidare till Torsdalsbäcken krävs en partiell omläggning av processvattenledningen. Samtidigt kan ledningen förläggas på en högre nivå där marken ska fyllas upp som mest, vilket eliminerar risken för att den skadas av sättningar. Processvattenledningens eventuella nya läge redovisas ej på figur 6.4 och 6.5.

Samråd om denna alternativa lösning med partiell markuppfyllnad norr om järnvägen och ny dagvattenkylvert under järnvägen har hållits med Trafikverket. Vid en realisering av alternativet krävs förnyade samråd och avtal med Trafikverket samt med berörda markägare, som är Trafikverket, Svenska Kyrkan och Timrå kommun.

MittSverige Vatten & Avfall har en avloppspumpstation med inkommande självfallsledning och utgående tryckavloppsledning. Pumpstationen kommer att flyttas till nytt läge längre västerut i området, då den annars skulle hamna för djupt ner under planerad markyta. Befintlig självfallsledning till det nya pumpstationsläget behöver inte läggas om. Ledningen korsar järnvägen i dess km ca 365+090. Från pumpstationen läggs en ny tryckavloppsledning i uppfylld mark och ger därmed ingen schakt längs järnvägen.

Nytt pumpstationsläge i km ca 365+190 H35 m behöver schaktas ner ca 2,5 m under befintlig markyta på en yta av ca 16 m². Ny pumpstation och ledningsomläggningar bedöms inte påverka järnvägen eller markytan negativt.

Partiell omläggning av befintliga fjärrvärmeledningar krävs i järnvägens längdmätning km ca 365+430 H50 m för att bereda plats för ny ställverksbyggnad. Omläggningen bedöms inte påverka järnvägen.

För att kunna demontera befintliga luftledningar inom området planeras nya kraftledningskablar förläggas parallellt med järnvägen på ca 0,7 - 1,5 m djup under i huvudsak planerad uppfylld markyta.

Samråd om beskrivna åtgärder enligt ovan har hållits med Trafikverket och MittSverige Vatten & Avfall.

7. Geotekniska förutsättningar

7.1. Topografi och beskrivning av området

Mark- och bottennivåer inom planområdet kan sammanfattas enligt följande.

Landområdet, västra o norra delen längs järnvägen.

Markytan längs järnvägen höjer sig från havsytanivån nere vid Merlobäcken och upp till nivån ca +7 vid korsningen av Torsdalsbäcken, som i landskapet där bildat en ca 4 m djup ravin. Den stensatta kulvertens vattengång på nedströmssidan av järnvägen har nivån ca +3,6.

Öster om Torsdalsbäcken faller marknivån till ca +3 vid kommunens pumpstation, som är belägen vid släntfoten av järnvägsbanken och vid släntfoten av infarten till massabruket.

Vid passage av Torsdalsbäcken har järnvägen i dess längdmätning km 365+045 nivån ca +8 varifrån den som nämnts ovan under avsnitt 6.1 succesivt byggs upp på en ca 8 m hög bank i förhållande till omgivande mark i längdmätning 365+390. Där har järnvägen nivån ca +12,2 och den stöds av en tryckbank med nivåer mellan +4 och +6,5.

Järnvägen har i längdmätning km 365+500 nivån ca +13,7, där infarten till massabruket passerar på bro med nivån ca +21,5 över järnvägen.

Landområdet, norra, östra och centrala delen.

Vägen in till massabruket i öster faller på en sträcka av ca 460 m från nivån ca +21,5 vid järnvägs korsningen till ca +5 vid passage över västra process- och kylvattenutloppet. Vägen är där belägen ca 50 m innanför strandlinjen.

Släntlutningen in mot planområdet från infartsvägen är närmast järnvägen ca 1:4 ner mot pumpstationen för att längre ner längs vägen plana ut till en väsentligt flackare lutning.

Inom de centrala delarna av området varierar marknivåerna mellan +1 och +4.

Bottennivåer i vattenområdet.

Viken är tämligen grund inom berört vattenområde. Djupen tilltar i jämn lutning från strandområdet och är ca 5 m mitt i viken och som mest ca 7 m i östra delen av planerad förstärkningslinje för området, som nu efter 150 m förlängning österut har total längd på ca 750 m.

Vattendjupet 100 m utanför Merlobäckens mynning är ca 2 m. Beräknad vattenvolym innanför förstärkningslinjen vid medelvatten är ca 120 000 m³.

7.2. Grundförhållanden

Längs järnvägen.

Trafikverket har ställt ett betydande geotekniskt underlag till förfogande för projektet som kunnat nyttjats för beräkningar och bedömningar längs järnvägssträckningen och området närmast utanför järnvägen.

Trafikverkets undersökning har kompletterats inom ca 50 - 100 m från järnvägen med ca 10 undersökningspunkter, där det utförts vikt-, CPT- och Jb tot-sondering samt provtagning med skruvprovtagare och kolvprovtagare.

Järnvägsbanken är uppbyggd av makadam som underlagras av fyllning bestående av sand och silt.

Bankens mäktighet är som störst ca 8 m i längdmätning ca 365+400. De naturliga jordlagren under järnvägsbanken i sträckningen mellan bron över Merlobäcken, längdmätning 364+849, och infarten till massafabriken, längdmätning ca 365+500, utgörs huvudsakligen av sulfidhaltig jord av siltig lera och lerig silt med 8 till 15 meters mäktighet. Därunder följer 5 - 10 m friktionsjord, som i ytan är löst lagrad och av blandjordskaraktär med inslag av silt och närmast berget finns fast lagrad morän. Djupet till berg varierar mellan 20 och 25 m inom detta område och bergnivån varierar mellan ca -17 och -22. Bergets tvärlutning ner mot strandlinjen är som mest ca 1:20, där bergnivån är mellan -25 och -32.

Enligt Trafikverkets sammanfattande bedömning, Bilaga 3 till detta PM, för området längs järnvägen på sträckan 364+750 till 365+420 gäller följande:

”Den oreducerade skjuvhållfastheten har med vingborr i fält och konförsök på laboratorium uppmätts till mellan 20 - 42 kPa. Lerans sensitivitet har enligt utförda rutinundersökningar värden mellan 8 - 38.

Vattenkvoten i leran uppgår till mellan 45 - 61 % och konflytgränsen mellan 42 - 59%.

CONRAD-utvärderade CPT-sonderingar visar uppmätta oreducerade skjuvhållfastheter mellan 20 - 50 kPa. Utförda glödförluster, med kolorimetermetoden, på skruvprov visar att den organiska halten är mellan 0,5 - 1,9 % för de sulfidhaltiga sedimenten.

För att ytterligare utreda de sulfidhaltiga sedimentens skjuvhållfasthet har direkta skjuvförsök utförts på kolvprover från sektion km 364+833 och km 365+390. Utförda skjuvförsök visar på skjuvhållfastheter mellan 23 - 32 kPa.”

Den oreducerade skjuvhållfastheten är generellt något lägre ju längre bort från järnvägen man kommer. Den oreducerade skjuvhållfastheten bestämd med konförsök på laboratorium har inom 50 - 100 m från järnvägen uppmätts till mellan 20 - 48 kPa och leran har ställvis en mycket hög sensitivitet, mellan 39 och 222.

I CONRAD-utvärderade CPT-sonderingar är uppmätt oreducerad skjuvhållfasthet mellan ca 14 och 42 kPa. Skjuvhållfastheten i MUR är lerutvärderad och för sulfidjord reduceras värdet med ca 15%.

<p>Lera eller gyttja med vanlig filterplacering och flytgräns angiven:</p> $c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{13,4 + 6,65 \cdot w_L} \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,2}$	<p>Sulfidjord:</p> $c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{20} * \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,2}$ <p>Utvärdering enligt SGI Rapport 69.</p>
---	--

Det är två punkter som avviker något.

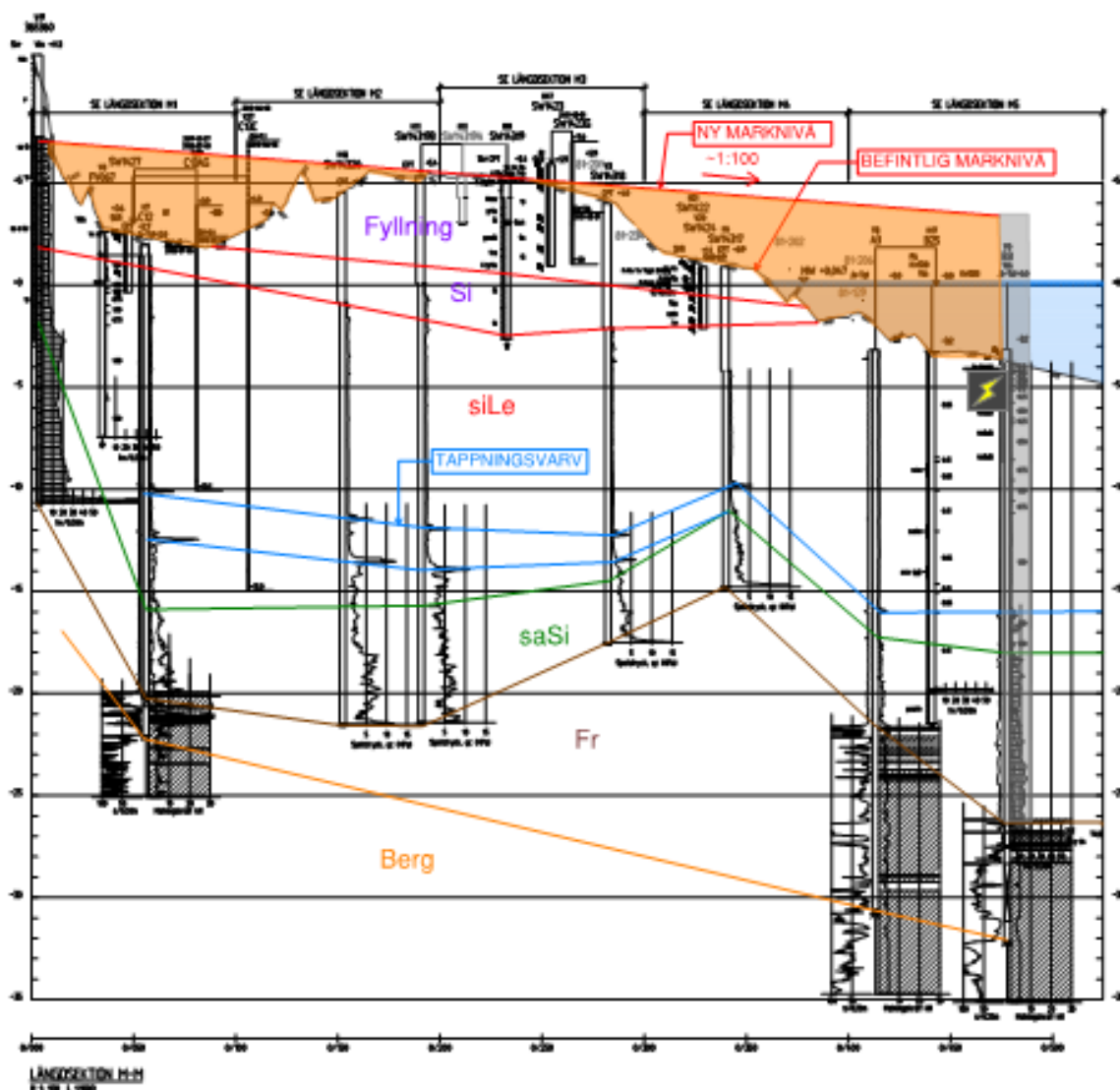
I punkten C4 närmast Merlobäcken, på 2 - ca 10 m djup, varierar uppmätt oreducerad skjuvhållfasthet bestämd med konförsök mellan ca 19 och 20 kPa och reducerat till 65% för sulfidjord blir det 12 - 13 kPa. Detta överensstämmer i punkten med oreducerad skjuvhållfasthet 12 - 13 kPa enligt CONRAD-analys från CPT-sondering.

Direkt skjuvförsök i punkten på 10 m djup ger dock ett högre värde på 27,7 kPa.

I punkt C14 belägen mellan befintlig avloppspumpstation och infarten till massafabriken är den oreducerad skjuvhållfasthet närmast fast botten på djupet 7 - 8 m mellan ca 7 och 10 kPa enligt CONRAD-analys från CPT-sondering.

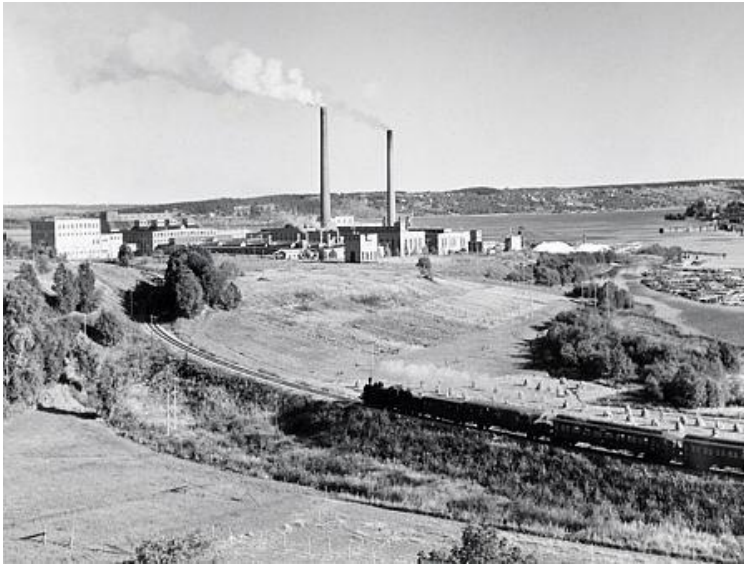
Det 4 m höga artesiska grundvattentrycket i det undre grundvattenmagasinet påverkar hållfastheten negativt på aktuellt djup. Dessa höga tryck har även registrerats i ca 0,2 - 0,5 m mäktiga friktionsjordslager, som finns inlagrade i undre delen av lerlagret, s.k. tappningsvarv från Jämtländska issjön.

Grundvattenförhållanden sammanfattas närmare under avsnitt 8 nedan.



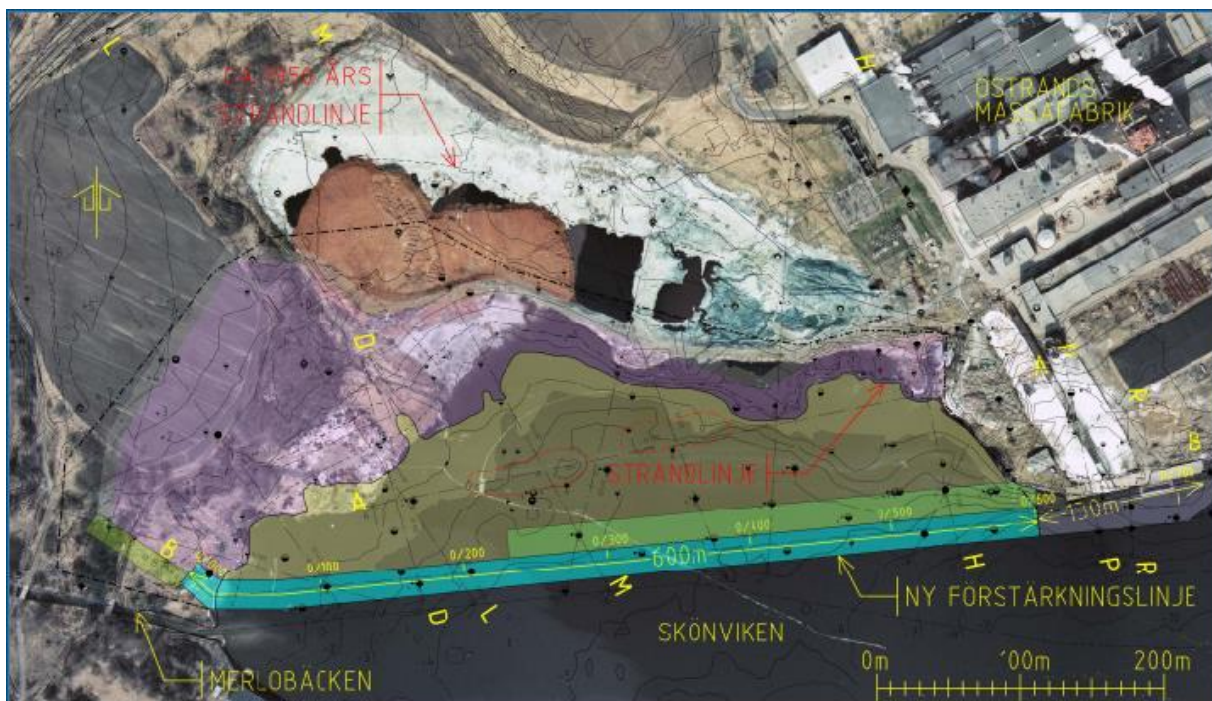
Figur 7.1. Profil i förställd skala, $L=1:1000$ och $H=1:100$, från järnvägsbanken till förstärkningslinjen.

Inom markområdet närmare Skönviken och det utfyllda området



Figur 7.2. Foto från 1951 innan utfyllnad i viken påbörjades.

Inom den centrala och östra delen av nuvarande markområdet sträckte sig Skönviken in drygt 200 m från nuvarande strandlinje och avståndet till järnvägen var fram till i mitten av 1950-talet ca 150 m. Då påbörjades en utfyllnad i viken med industri- och byggnadsavfall. Mellan gamla och nuvarande strandlinjen har fyllning av mesa, tegel och trä påträffats på 3 - 7 m djup under markytan.



Figur 7.3. Foto från 1968 som bakgrundsbild med pågående utfyllnad utanför 1950-års strandlinje. Planerad förstärkninglinje, landutfyllnad och jordförstärkning visas i figuren liksom geopunkter.

Utfyllnaden pågick fram till 16 juni 1981 då skredet inträffade utmed en ca 250 m sträcka av stranden och bakåtgripande ca 80 m från nuvarande strandlinjen.



Figur 7.4. Foto från 1975 före skredet



Figur 7.5. Foto från 1982 efter skredet med nya infarten på bro över järnvägen till nybyggd fabrik.

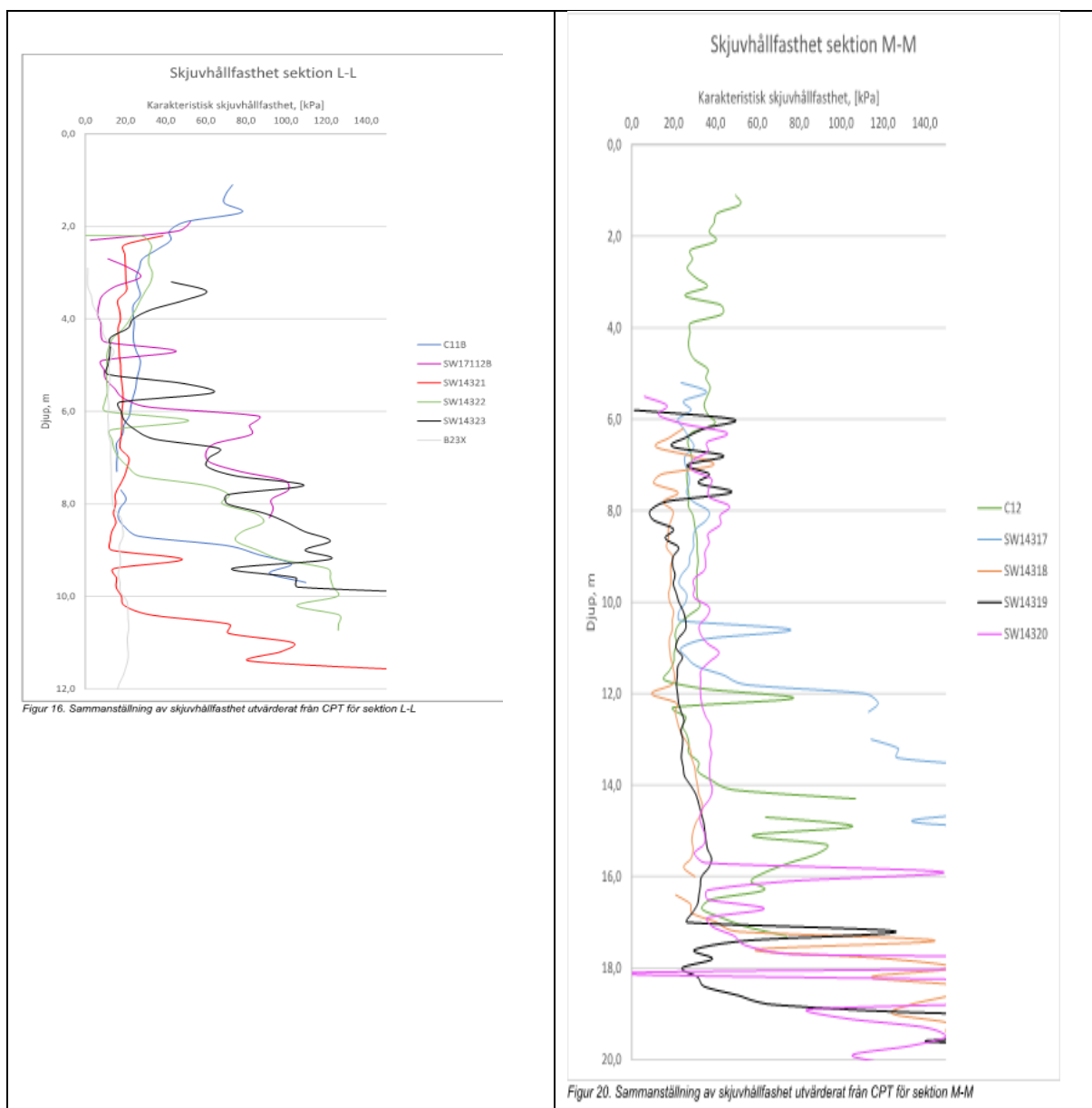
Utredningar som gjordes direkt efter skredet gav direktiv om att spärra av ett 50 – 70 m brett område innanför strandlinjen. Detta område får inte belastas ytterligare och försiktighet måste iakttas vid förändring av porvattentrycken i marken. Alla former av aktiviteter såsom uppläggning av lager, pålningar, schaktningar ska kontrolleras av geotekniker.

Även området innanför det spärrade området bedömdes år 1982 vara ett riskområde.

Baserat på undersökningar utförda kring järnvägen omkring år 2009 samt inom planområdet 2014 - 2015 gjorde Sweco 2015-05-27 bedömningen att riskområdet måste utökas helt upp mot järnvägen mellan dess längdmätning km ca 365+200 och km ca 365+390 samt att belastning av området ej bör ske närmare strandlinjen än ca 130 m, se figur 3.3 och 7.7 nedan.

De naturliga jordlagren under uppfyllda områden utgörs mestadels av kohesionsjord, siltig lera eller lerig silt av sulfidhaltig karaktär. Mäktigheten varierar som regel mellan 10 och 15 m.

Den reducerade skjuvhållfastheten bestämd med CPT är som regel ca 15 - 20 kPa, men det förekommer lokalt områden och skikt med lägre skjuvhållfasthet. Kohesionsjorden är flerstädes mycket högsensitiv och är därmed känslig för omrörning. Leran har egenskaper som påminner om kvicklera och det förekommer en kvot mellan ostörd och omrörd hållfasthet på över 100. Gränsen för högsensitiv lera brukar sättas vid 30.



Figur 7.6. Lerutvärderad CPT enligt Conrad för sektion L och M från järnvägen ner till stranden

I kohesionsjorden finns från issjö utsvallade sammanhängande sandskikt, så kallade tappningsvarv. Dessa finns som regel på 5 - 10 m djup. Dessa skikt och friktionsjorden under ler- och silt-jorden är

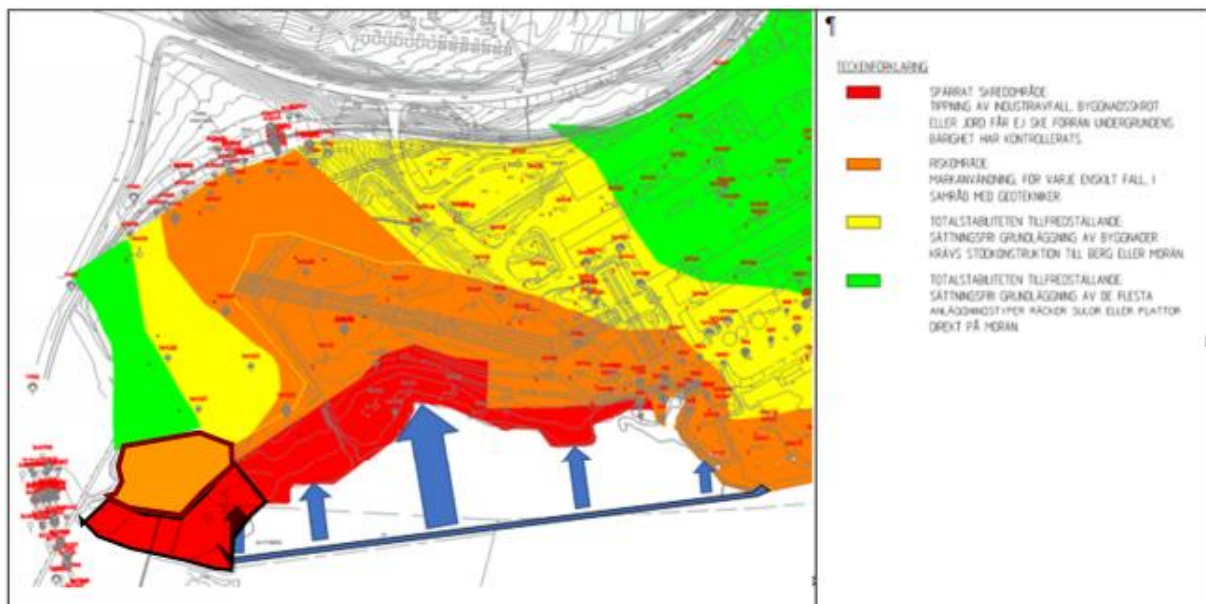
vattenförande. När den tätare kohesionsjorden genomborrats till fast botten har det visat sig att vatten rinner upp på markytan.

Det höga artesiska grundvattentrycket i det undre grundvattenmagasinet och i tappningsvarv påverkar skjuvhållfastheten negativt även på stora djup.

Inom centralt låglänta delar av området finns trycknivåer i det undre grundvattenmagasinet upptill ca 4 m över markytan. Längs strandlinjen inom området föreligger artesiska förhållanden med en grundvattentrycknivå på uppemot ca +4,5.

Detta är ett förhållande som idag bidrar till att delar av området är spärrat och är ett riskområde med begränsningar i att kunna nyttja området.

Efter analys av nu utförda undersökningar bör riskområdet och det spärrade området utökas i sydväst mot delar av Torsdalsbäcken ner till Merlobäcken, se figur 7.7 nedan.



Figur 7.7. Utökad spärrat område och riskområde i sydväst mot Torsdalsbäcken och Merlobäcken.

Vattenområdet utanför nuvarande strandlinjen.

Grundförhållandena i vattenområdet karakteriseras på huvuddelen av förstärkningslinjen med dubbelspont av lösa leriga jordlager med en mäktighet mellan 14 och 19 m, som når ner till nivåer mellan -12 och -20. Beräknad medelvattenyta för 2018 har nivån +0,03 i RH 2000.

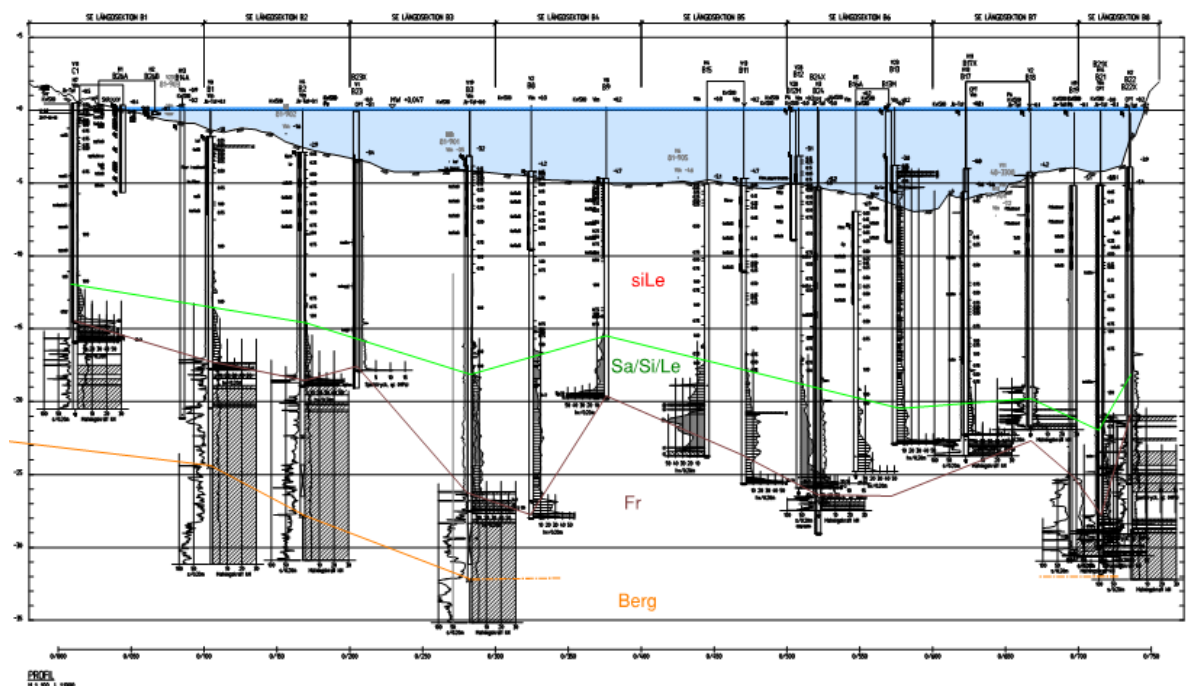
Längs förlängningen österut har de lösa jordlaget en mäktighet mellan 20 och 22 m. Längs den planerade linjen med bakåtförankrad spont når lösa jordlager ner till nivåer mellan ca -17 och -20. Längs påldäckets utsida når lösa jordlager ner till nivåer mellan -19 och -25.

De lösa leriga jordlagret utgörs huvudsakligen av sulfidjordshaltig silt, siltig lera och lera med sand- och siltskikt.

Under det lösa leriga jordlagret följer en 3 - 9 m löst lagrad blandning av sand- och siltjord eller en något fastare lera med inslag av silt och sand. Därunder följer en fast friktionsjord, morän, med en uppmätt mäktighet av mellan 5 och drygt 9 m. Det finns genomborrade block i moränen. Fasta botten tvärlutning är här som mest ca 1:4, längst österut där den bakåtförankrade sponten planeras.

Bergnivån varierar i undersökta punkter mellan ca -24 och -32, men det kan finnas svackor i östra delen av vattenområdet där bergnivån ligger djupare. Jb sonderingen fick avbrytas på stort djup i några punkter.

Även inom vattenområdet finns tappningsvarv inlagrade i kohesionsjorden, tydligast på nivåer mellan -12 och -18 eller ca 1 - 3 m ovan den lösa siltiga lerans underyta.



Figur 7.8. Profil i förställd skala, $L=1:1000$ och $H=1:100$, längs förstärkningslinjen. Längsektion B enligt bifogade georitningar.

Uppmätt oreducerad skjuvhållfasthet bestämd med konförsök varierar mellan 10(6,5) och 20(13) kPa på ca 5 m djup under sjöbotten och ökar som regel till ca 19(12,3) – 29(18,8) kPa på 10 – 19 m djup under botten.

I östra delen av området i punkterna B24 och B17 är den oreducerad skjuvhållfasthet bestämd med konförsök lägre ca 10(6,5) – 15(9,7) kPa på 5 m djup under botten och det finns inte registrerat någon tillväxt av hållfastheten ner till 9 - 12 m djup under botten.

Värden inom parantes är skjuvhållfasthet reducerade med 65% för sulfidjord.

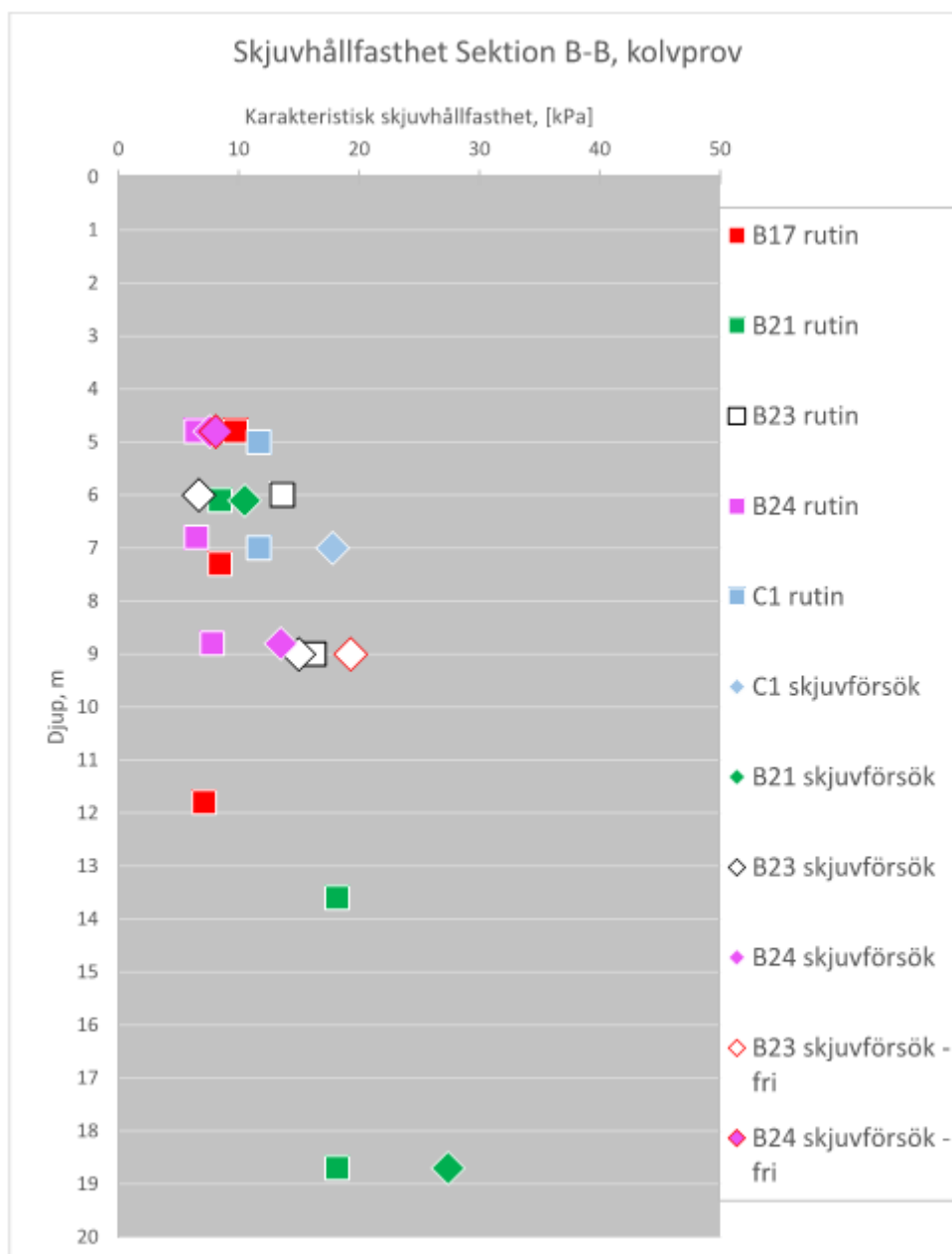
Direkta odränerade skjuvförsök har utförts på prover från 5 punkter i och i anslutning till vattenområdet, bilaga 6 i MUR. Skjuvförsöken är utförda enligt svensk standard SS 02 71 27.

I två 2 prover har skjuvförsöken utförts med olåst provhöjd för att hålla normalspänningen konstant med ändrad provhöjd. De slutsatser som dragits från undersökningar av direkta odränerade skjuvförsök på sulfidjord vid Luleå Tekniska Universitet tyder på att olåst provhöjd troligen simulerar verkligheten bättre. (Examensarbete 2017 vid LTU. Anton Laitila och Joakim Pehrson).

Skjuvförsöken visar mestadels på en skjuvhållfasthet från i nivå med de korrigerade konförsöken upp till de oreducerade konförsöken. Skjuvförsöken med olåst provhöjd i två prov är 0,5 respektive 4 kPa högre jämfört med låst provhöjd.

I en längdsektion A belägen 50 – 100 m innanför förstärkningslinjen är jordlagerföljen jämförbar med längdsektion B i förstärkningslinjen, men skiktgränserna är belägna på en ca 5 m högre nivå i de västra och östra delen av vattenområdet, vilket framgår av tvärsnitten D, L i väster respektive H, P och R i öster på georitningarna.

I MURen finns en sammanställning av skjuvhållfasthet utifrån utförda kolvprovtagningar i förstärkningslinjen, längdsektion B. Hållfastheten från rutinundersökning har reducerats med avseende på sulfidhalt genom $0,65 \times \tau_{fu}$ enligt SGI rapport 69, se figur 7.9 nedan.



Figur 11. Sammanställning av skjuvhållfasthet utifrån utförda kolvprovtagningar. Hållfastheten från rutinundersökning har reducerats med avseende på sulfidhalt genom $0,65 \times \tau_{ru}$ enligt SGI rapport 69.

Figur 7.9. Sammanställning av skjuvhållfastheten för prover i förstärkningslinjen. Utdrag ur MUR.

Det 3 till 9 m mäktiga lösa jordlagret som finns över moränen och under lerjorden har ställvis friktionsjordskaraktär i lös lagring och ställvis karaktär av fastare kohesionsjord. Vid beräkning måste båda egenskaperna beaktas med försiktigt antagna hållfasthetsparametrar.

Andra parametrar av betydelse, som bestämts vid rutinanalys, CRS-försök och vid utvärdering av CPT hänvisas till MUR och övriga bifogade handlingar.

Antagna förutsättningar för beräkningar av stabilitet och sättningar redovisas under respektive beräkningsbilaga.

8. Geohydrologisk bedömning

För att få en systematisk redovisning av grundvattenförhållandena i området utifrån dagens situation och efter planerade förstärkningsåtgärder hänvisas till SWECOs Geohydrologiska beskrivning, bilaga 6 till detta PM.

I det följande redovisas i huvudsak förhållanden som har betydelse för beräkning och bedömning av omgivningspåverkan vad avser stabilitet, sättningar och risken för påverkan på trägrundläggningar.

I området har registrerats två grundvattenmagasin ett övre och ett undre, som åtskiljs av en tät sulfidhaltig siltig lerjord.

Övre grundvattenmagasinet.

Grundvattennivåerna i det övre grundvattenmagasinet har lodats i 15 grundvattenrör under ca 1 år från november 2017 till oktober 2018. Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet ligger normalt ca 0 – 2 meter under markytan. Mätningarna av grundvattennivåer i det övre grundvattenmagasinet visar att avrinningen generellt följer topografin och diken ner mot Skönviken.

Registreringen av grundvattennivåerna i rör belägna ett stycke från strandkanten visar att det finns en tydlig koppling till större nederbördstillfällen då nivån stiger snabbt i samband med större regn. Grundvattennivåerna i de centralt låglänta områdena och närmast strandkanten kan sannolikt påverkas av havsvattenståndet.

Den hydrauliska konduktiviteten K_s , som kan användas för beräkning av mängden vatten som kan rinna genom marken på en viss tid, varierar mellan 7×10^{-6} och 3×10^{-8} m/s i de sandiga, siltiga och leriga ytligare jordlagren, dvs måttlig till låg permeabilitet.

Undre grundvattenmagasin med tappningsvarv.

Det undre grundvattenmagasinet utgörs av friktionsjord bestående av sand, grus och morän. Block kan förekomma.

Grundvattennivåerna i det undre grundvattenmagasinet har registrerats i 14 punkter, varav i 8 grundvattenrör och 6 porttryckspetsar. Fyra mätpunkter har kunnat nyttjats från Tyréns mätningar som installerades efter skredet år 1981. Registrering i nya mätpunkter har utförts från januari till oktober 2018, varav i 5 registrerande nivågivare.

De trycknivåer som har uppmätts i det undre grundvattenmagasinet motsvarar en grundvattengradient om ca 0,5 – 1 procent, främst riktad från områdets nordvästra och norra delar och ut mot Skönviken. Utförda mätningar av grundvattnets trycknivå i det undre grundvattenmagasinet visar en naturlig nivåvariation på ca 0,5 – 1 meter under mätperioden.

Interpolerade grundvattennivåer för området finns sammanställda i SWECOs Geohydrologiska beskrivning, som bifogas här som figur 8.1. Grundvattennivåerna är mellan +5,9 i norra delen av området och + 4 längs strandlinjen.

Mätningarna i det undre grundvattenmagasinet uppvisar en plötslig sänkning i grundvattentrycknivå i samtliga sex mätpunkter under perioderna 12 till 15 juli och 23 till 26 juli, därefter återhämtar sig grundvattnets trycknivå.

Det har inte varit möjligt att identifiera någon orsak till dessa tillfälliga förändringar, men de bedöms indikera någon yttre påverkan. Om det undre grundvattenmagasinet står i hydraulisk kontakt med grundvattnet i berggrunden kan förändringarna i grundvattentrycknivå även tänkas härstamma från grundvattennivåförändringar i berggrundsakviferen. Det bör utredas närmare om de plötsliga förändringarna av trycknivåerna är artificiella och påverkade av mänskliga aktiviteter i modern tid. Detta skulle ytterligare stärka de bedömningar som följer av utförda sättningsberäkningar.

Mätningarna av grundvattentrycknivåer i de nya portrycksspetsarna visar att trycknivåvariationen i det undre magasinet kan vara relativt stor, upp till ca 1,8 meter i en av punkterna (portrycksspets C13B).



Figur 8.1. Interpolerade grundvattennivåer från SWECOs beskrivning)

Vid dubbelsponton är avsikten att sänka grundvattentrycket i det undre grundvattenmagasinet till att där korrespondera med havsnivån med syftet för att förbättra stabiliteten för området.

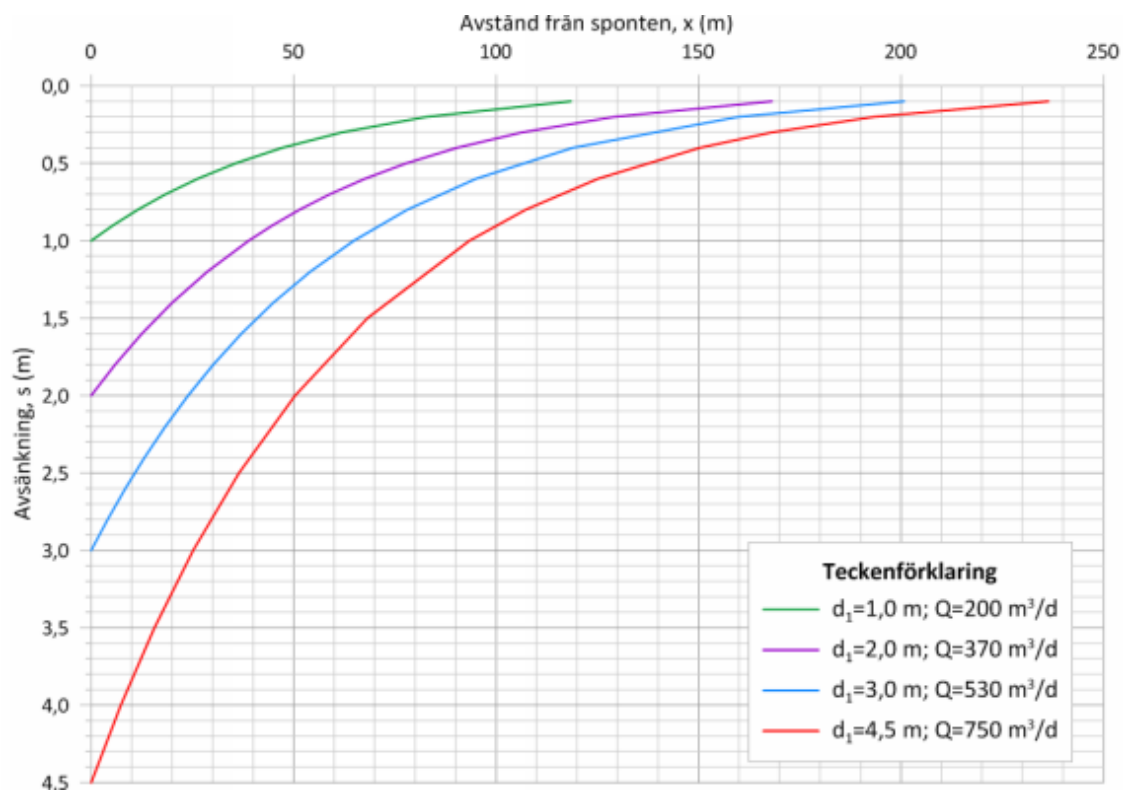
Vertikaldräner installeras för att snabbare konsolidera leran, dvs dränera bort vatten ur leran, och därmed kunna bygga i området inom rimlig tid. Dränerarna bidrar också till ett utflöde då de bedöms få hydraulisk kontakt med genomsläppliga tappningsvarv.

För beräkning dels av utläckaget genom dubbelsponton från det undre grundvattenmagasinet dels för avsänkningen på olika avstånd från dubbelsponton har använts en hydraulisk mättad konduktivitet K_s på 1×10^{-5} m/s och transmissivitet på 1×10^{-4} m/s.

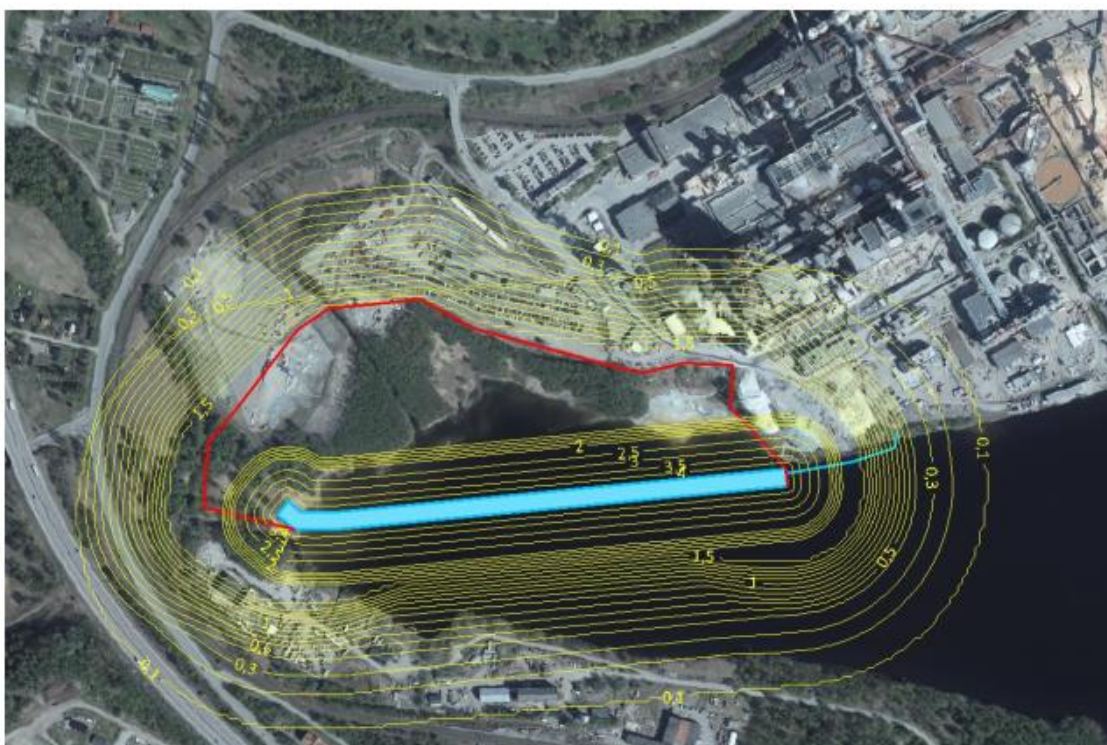
Flödet ut från det undre grundvattenmagasinet genom dubbelsponton och ut till havet beräknas till $750 \text{ m}^3/\text{dygn}$. Beräknat inläckage via vertikaldräneringarna är ca $130 \text{ m}^3/\text{dygn}$.

Utläckaget av grundvatten från dubbelsponton och vertikaldränering beräknas till sammanlagt ca $900 \text{ m}^3/\text{dygn}$, vilket motsvarar ca 10 l/s .

SWECOs beräkning av avsänkningens storlek som funktion av avståndet från dubbelspontonens inre vägg vid olika tryckskillnader mellan den artesiska trycknivån och havsytan framgår av [figur 8.2](#) och summeras till detta ett ca 150 meters påverkansområde utanför det vertikaldränerade området erhålls ett påverkansområde enligt [figur 8.3](#).



Figur 8.2. Avsänkningens storlek som funktion av avståndet från dubbelspontens inre vägg vid olika tryckskillnader mellan den artesiska trycknivån och havsytan, från SWECOs beskrivning



Figur 8.3. Beräknat påverkansområde för grundvattensänkning till följd av dubbelspont och vertikaldränering, från SWECOs beskrivning

9. Regelverk och styrande dokument

De regelverk och styrande dokument som i huvudsak tillämpas i föreliggande projekt är

- Boverkets konstruktionsregler, EKS 10 (BFS 2015:6)
- Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler (SS-EN 1997-1:2005)
- IEG Rapport 2:2008, Rev 3 - Tillämpningsdokument Grunderna i Eurokod 7
- IEG Rapport 6:2008, Rev 1 - Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar
- IEG Rapport 2:2009, Rev 1_Tillämpningsdokument EN 1997 - 1 Kapitel 9. Stödkonstruktioner
- IEG Rapport 4:2010 - Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar
- Skredkommissionens rapport 3:95
- Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner, TK Geo 13
- Sponthandboken 2018, Pålkommisionens rapport 107

För att säkerställa stabiliteten för planerad utbyggnad krävs olika geokonstruktioner inom området. För dimensioneringen av sådan konstruktion kommer hänvisning göras till tillämpade normer, tekniska råd och beräkningsstandarder.

10. Stabilitet

10.1. Allmänt

Området nära strandlinjen är spärrat och en stor del av området i övrigt är idag betraktat som ett riskområde med dålig stabilitet, jämför figur 7,7 ovan. Olika jordlagers låga hållfasthet tillsammans med höga artesiska grundvattentryck är huvudorsak till att stabiliteten är låg. För att kunna nyttja området för planerat bioraffinaderi måste mera landområde skapas genom utfyllnad i del av Skönviken. För att åstadkomma detta har föreslagits förstärkningsåtgärder med olika spontlösningar, stabiliseringar, vertikaldränering av området och utfyllnad med aska, grönlutslam och bergkross. Detta har presenterats tidigare i tekniskt underlag till detaljplanen och redovisas nu i bilagda uppdaterade ritningar.

Stabilitetsberäkningar och bedömning har utförts för kritiska delar av området enligt följande.

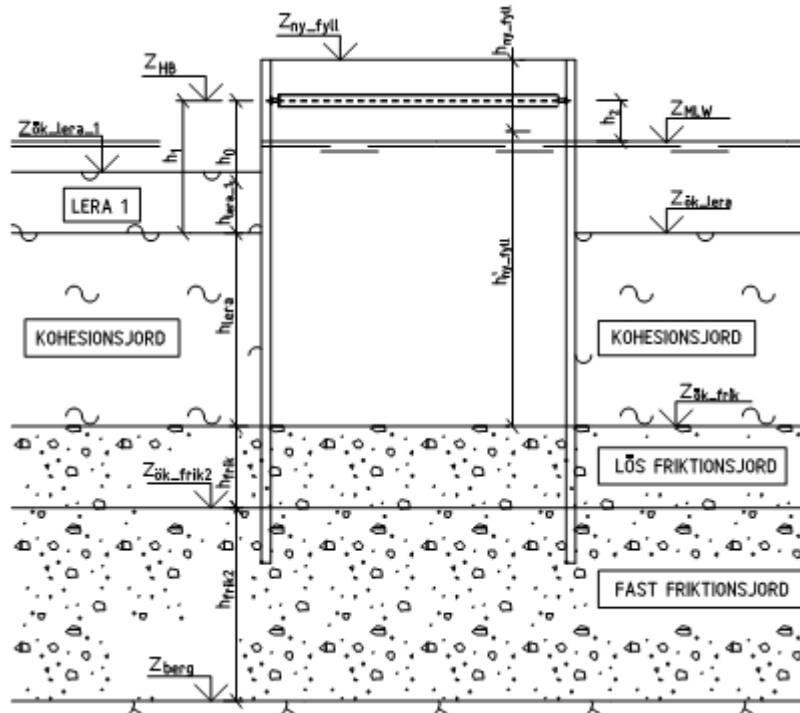
- Förstärkningslinjen med förslag till arbetsordning, redovisas på KFSs uppdaterade ritningar K20-K21 och K51-K53 daterade 2018-11-05.
- Dubbelsponten redovisas på ritning K24-K28 samt K51. Beräkningar av dubbelsponten redovisas i beräkningsbilaga, Bilaga 9.
- Bakåtförankrade sponten med på pålar grundlagd betongplattform finns på ritning K22 och K23. Beräkningar av sponten redovisas i beräkningsbilaga, Bilaga 9.
- Västra området mot Merlobäcken vid anslutning mot dubbelsponten, KC-pelarförstärkning finns på ritning K29. Stabilitetsberäkningen redovisas i Bilaga 9.
- Beräkningsbilaga för utfyllnad mot järnvägsbanken i km 365+390 redovisas i Bilaga 9.
- Markförstärkning och utfyllnad av vattenområdet innanför förstärkningslinjen finns på ritning K30-K37 samt K52-K53 (beskrivs ej närmare i detta PM)

Syftet med beräkningarna är primärt att visa att det med föreslagna åtgärder går att uppfylla samhällets krav på säkerhet. Någon optimering av visade geokonstruktioner har inte gjorts i detta skede utan det får göras i projekteringsfasen och i samband med framdriften vid utförandet.

10.2. Förstärkningslinjen mot havet, dubbelponten

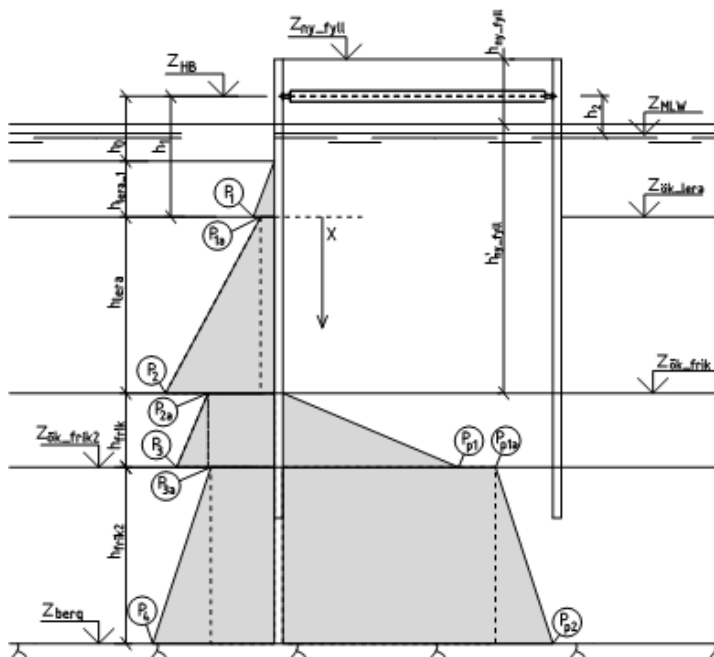
Kontroll av dubbelpontens stabilitet i byggskedet blir dimensionerande och utförs enligt följande:

- Byggskede etapp 1, avser muddring mellan spontväggarna till fullt djup.

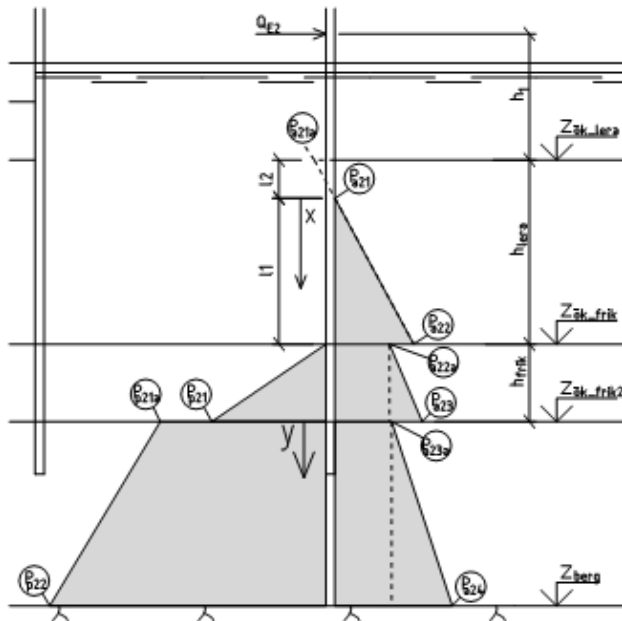


Figur 10.1. Muddring till fullt djup

Härvid kontrolleras inre spontväggen mot land och yttre spontväggen mot havssidan med avseende på erforderligt nedslagningsdjup, hammarbandslast och moment i spont. Då muddringen måste utföras till stort djup ökar det yttre jordtrycket på spontväggarna framförallt den inre spontväggen. Då har beräkning gjorts för hur jordtrycket mot sponten kan minskas med KC-pelare satta i skivor.

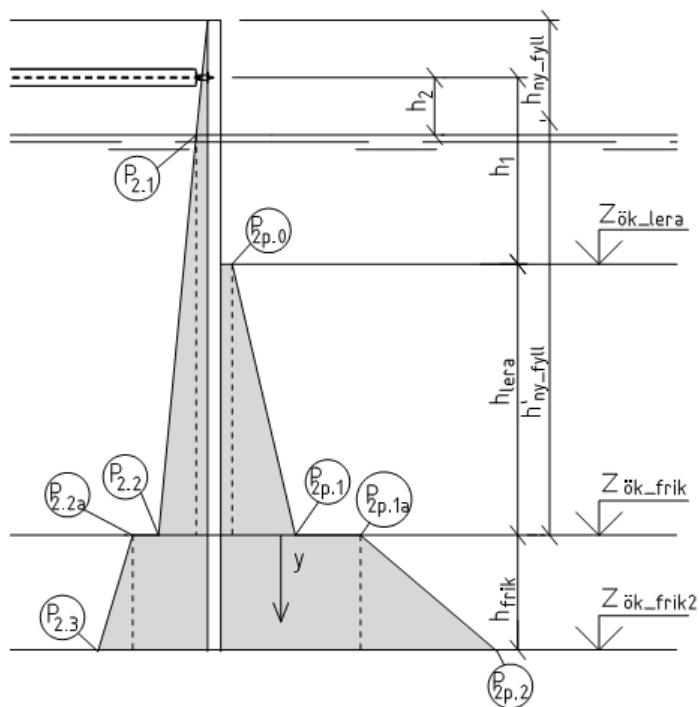


Figur 10.2. Jordtryck mot inre spontväggen från landsidan



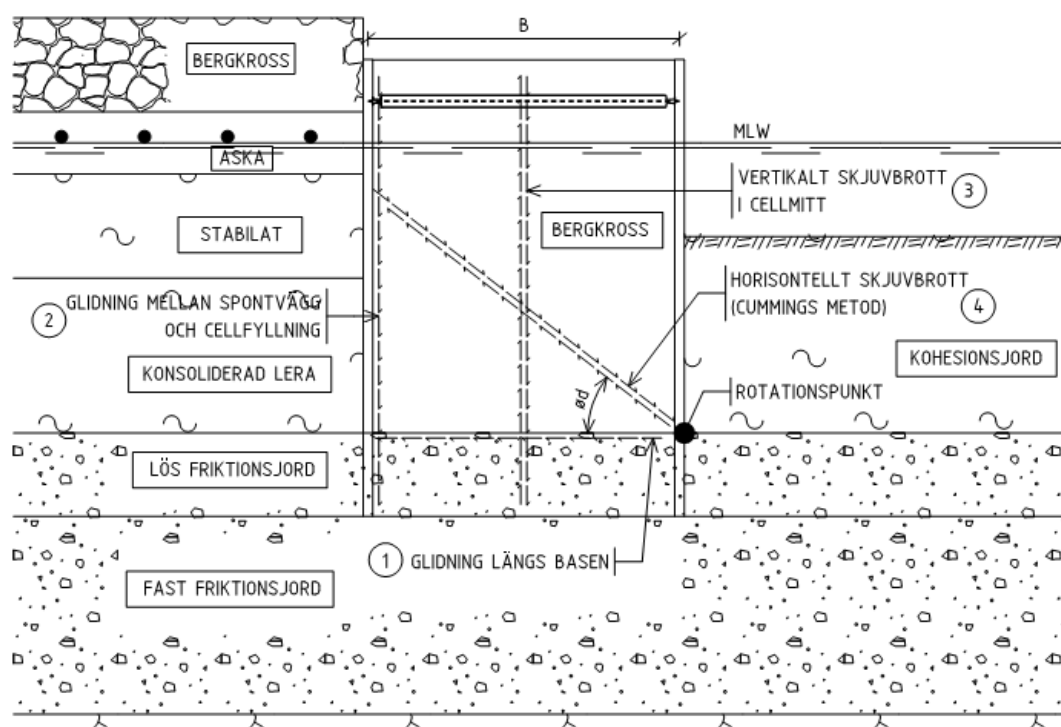
Figur 10.3. Jordtryck mot yttre spontväggen från havssidan

- Byggskede etapp 2 refererar till lastfallet då utrymme mellan dubbelsponton fylls med bergkross. Blir inte dimensionerande i studerade beräkningar.



Figur 10.4. Jordtryck från fyllning i cellen mot yttre spontväggen

- Byggskede etapp 3 refererar till lastfallet då ytan närmast stranden fylls med aska och bergkross till maximal nivå för överlast. Därvid blir dubbelponten maximalt belastad från landsidan och 4 olika traditionella brottmoder ska därvid beräknas, se figur 10.5 nedan.
 1. Glidning längs basen och stjälpning
 2. Glidning mellan inre spontväggen och fyllningen i cellen, dvs att friktionen är tillräcklig mellan fyllningen och spontväggen.
 3. Vertikalt skjuvbrott i cellens mitt, dvs att friktionen är tillräcklig i glidytan
 4. Horisontellt skjuvbrott, (Cummings metod) dvs att friktionen är tillräcklig i glidytan.



Figur 10.5. Principfigur som visar studerade brottmoder för dubbelpontens stabilitet.

Beräkning av dubbelponten redovisas i bilagd handling ”Redogörelse för konstruktionsarbetets förutsättningar och metoder” (RKFM) tillsammans med upprättade beräkningar.

För beräkningen tillämpas Geoteknisk kategori 3, GK3, och säkerhetsklass 3, SK3.

Partialkoefficientmetoden har tillämpats för dubbelponten.

Resultatet av beräkningarna visar att dubbelpontens stabilitet är god med stora marginaler i byggskedet och därmed även i driftskedet med hänsyn till glidning längs basen och stjälpning, glidning mellan spontvägg och cellfyllning, vertikalt skjuvbrott i cellmitt och horisontellt skjuvbrott.

Inom områden där leran når ner till nivån ca -15 eller djupare kan markförstärkning med KC-pelare komma att utföras längs utanför spontvägg för att minska kravet på nedslagningsdjup i friktionsjorden under leran och minska jordtrycket mot sponten.

Beräkningarna visar att bredden mellan spontlinjerna behöver vara 15 - 20 m beroende på djupet till fast botten, uppnått nedslagningsdjup under schaktbotten och om KC-pelare installeras eller inte.

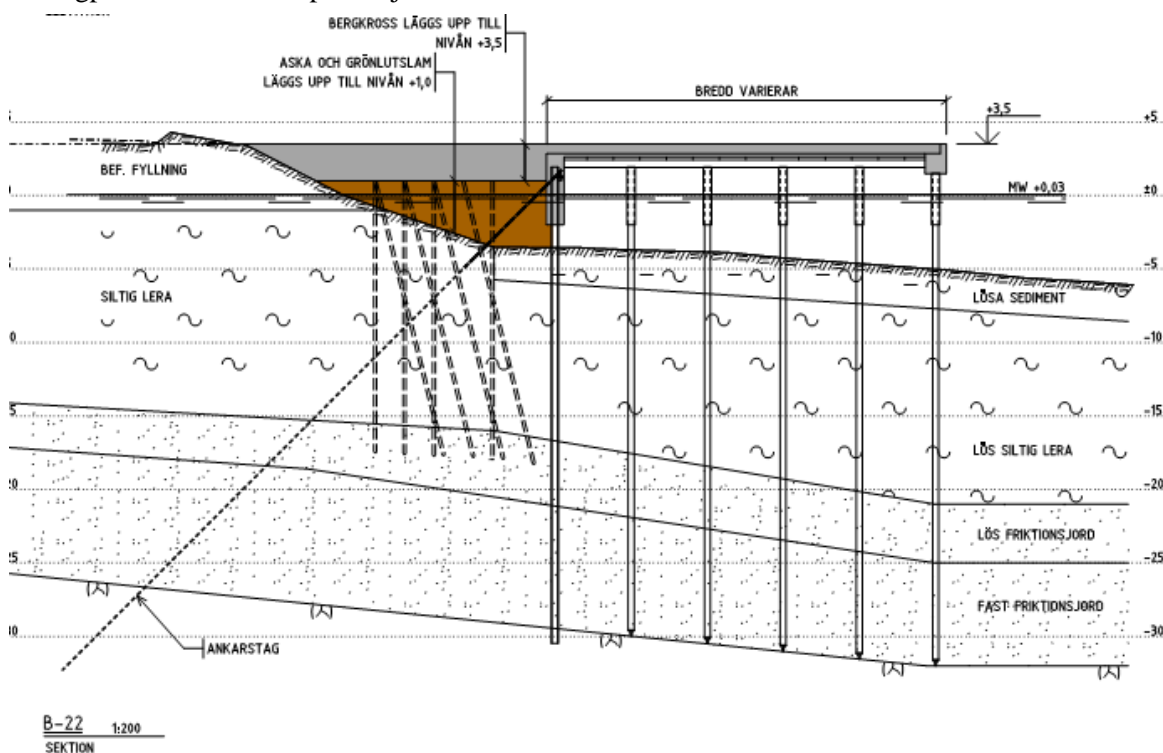
Bottenuppträckning och hydrauliskt grundbrott i schaktbotten.

Ingen särskild beräkning har utförts för att påvisa risken för bottenuppträckning och hydrauliskt grundbrott vid muddring ner till friktionsjorden under leran då risken kan elimineras. Denna risk finns, speciellt i inledningsfasen, när det första delområdet ska muddras ner till friktionsjorden under leran.

Risken elimineras genom att med rör som borrar ner i friktionsjoden under leran, så kallade blödarrör. Med hjälp av dessa sänks grundvattentrycket i friktionsjoden till en nivå som är lika med eller lägre än det rådande hydrostatiska trycket från vattennivån mellan dubbelspontraderna. När dubbelspontens första delområde fyllts med filter och bergfyllning bidrar dessa genomsläppliga fyllnadsmassor till att sänka det artesiska trycket framför muddringsfronten i delområde 2 och så vidare. Behovet av ytterligare blödarrör får avgöras vid projekteringen och vid planering av muddringens framdriftshastigheten. All muddringen måste utföras under en vattennivå mellan spontraderna, som är något högre än havsnivån och anpassad till vattentrycket i friktionsjoden under leran. Det vill säga att vatten måste pumpas in från havet för att ersätta det vatten som följer med skopan vid muddringen.

10.3. Bakåtförankrade sponten i östra området mot massabruket

En bakåtförankrad spont, sannolikt borrard spont, installeras längs strandlinjen med en pålad betongplattform utanför spontlinjen.

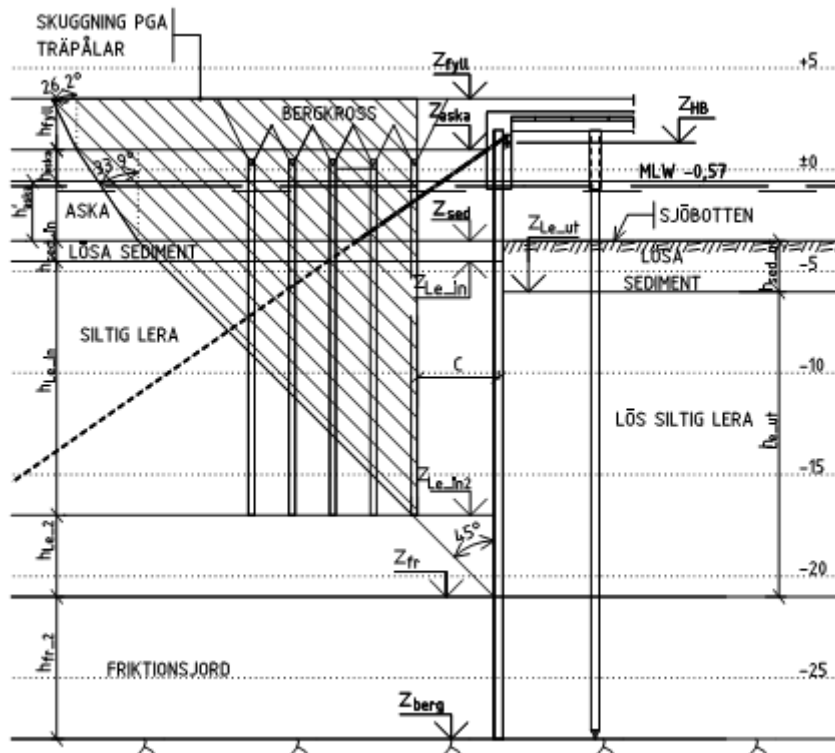


Figur 10.6. Bakåtförankrad spont med pålgrundlagd plattform utanför

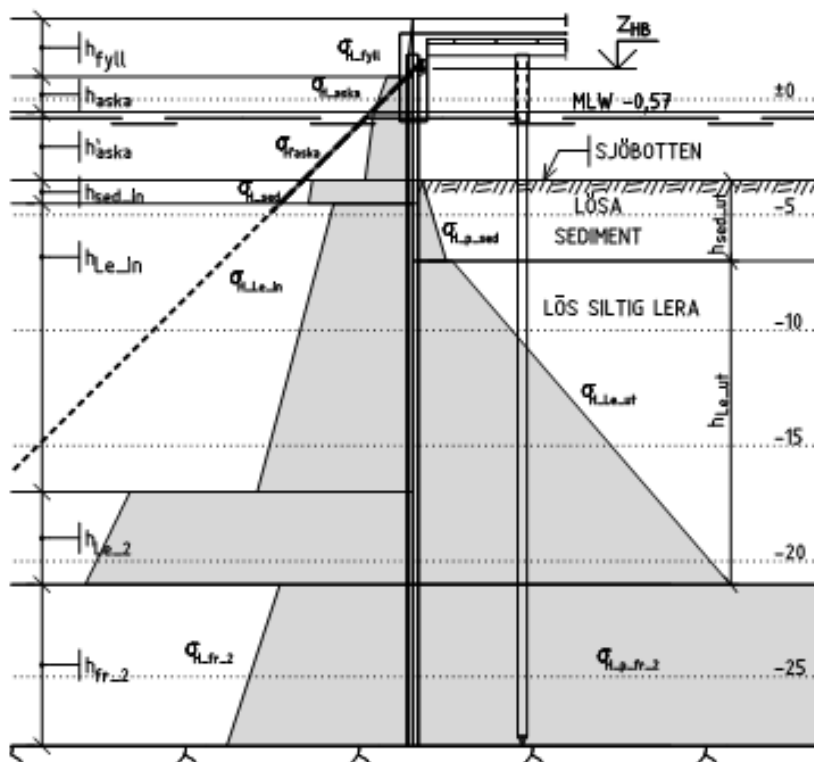
Beräkningen för den bakåtförankrade sponten är utförd i 3 avsnitt:

- Avsnitt A-1. Stabilitetsberäkning spont, sek B-22.
- Avsnitt A-2. Överslagsberäkning, dimensionering borrard rörspont.
- Avsnitt A-3. Överslagsberäkning, dimensionering slagen AZ-spont.

Dimensioneringsförutsättningarna framgår av en separat handling ”Redogörelse för konstruktionsarbetets förutsättningar och metoder [RKFM]”



Figur 10.7. Geometriska förutsättningar för beräkningen med beaktande av bakomliggande pålar från äldre kaj.



Figur 10.8. Jordtrycksfördelning för dimensionering i brottgränstillstånd

Dimensioneringen för stabilitet är utförd i brottgränstillstånd och bruksgränstillstånd.

Det är i brottgränstillstånd som blir dimensionerande och ger resultat enligt följande:

- Minsta nedslagningsnivå mht totalstabilitet --21,4
- Hammarbandslast horisontell 290 kN/m
- Staglast, 45 graders lutning 409 kN/m
- Max moment i spont 1169 kNm/m

Överslagsberäkning på borrard spont ger dimension RD=600 mm diameter och 16 mm godstjocklek.

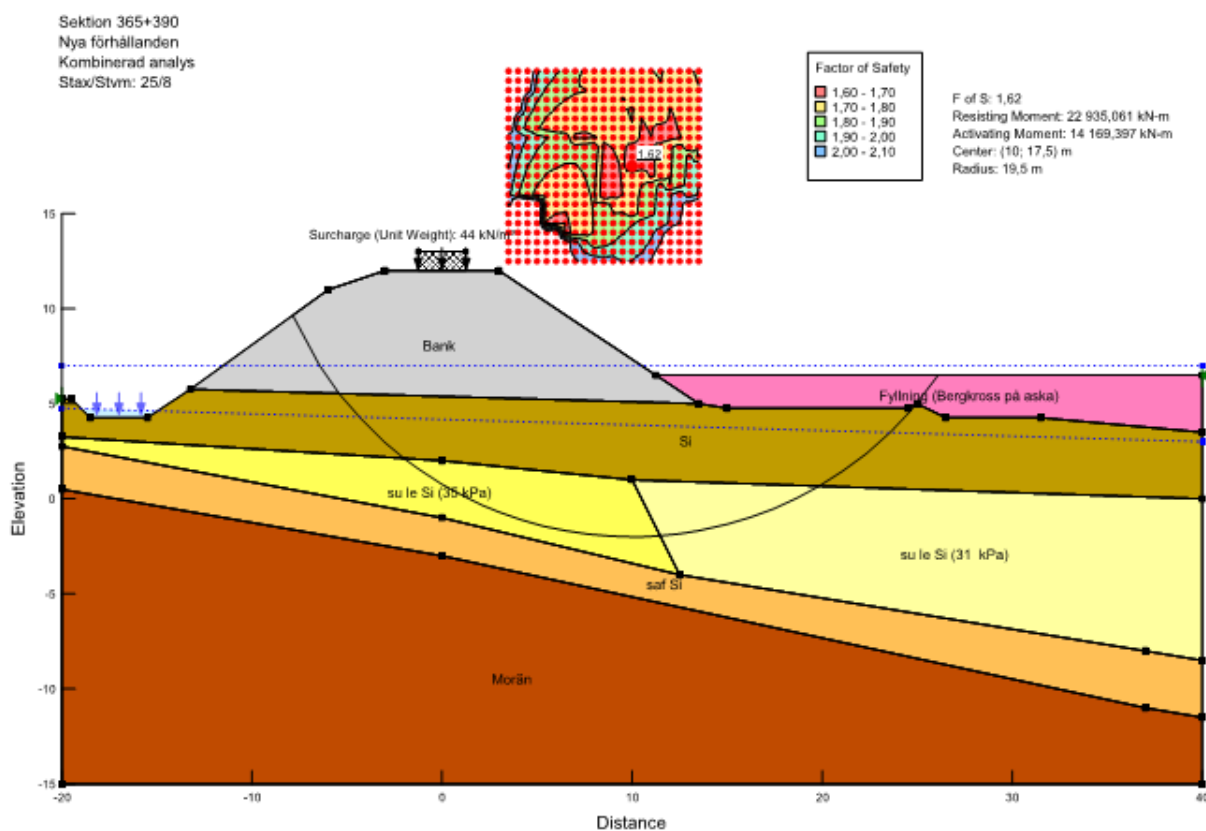
Om sponten kan utföras som slagen spont är en spont typ AZ 50-700 eller likvärdig tillräcklig.

10.4. Järnvägsbanken

Enligt Trafikverkets stabilitetsutredning för Ådalsbanan, handling RMG083118, Beräknings-PM Geoteknik, daterat 2011-10-31, är säkerheten mot stabilitetsbrott (=kvoten mellan stabiliserande krafter/moment och pådrivande krafter/moment) utifrån dagens situation med partiellt utlagd tryckbank är ca 1,47 vid odränerad analys och 1,42 för dränerad analys. Trafikverkets kravnivå i säkerhetsklass 2 är 1,5 för odränerad analys respektive 1,3 för dränerad analys enligt Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner, TK Geo.

Regelbundet återkommande säkerhetsbesiktningar utförs av sträckan 365+360 till 365+410. Erhållna mätningar och iakttagelser rapporterade i oktober 2012 visar små rörelser och inga kända problem med spårjusteringsbehov har funnits på sträckan.

- Järnvägsbankens stabilitet, där Trafikverket beräknat den vara som lägst.



Figur 10.9. Stabilitetsberäkning i km 365+390. Kombinerad analys efter uppfyllnad.

En beräkning av järnvägsbankens stabilitet har utförts för befintliga och planerade förhållanden i sektion km 365+390. I denna sektion är järnvägsbanken som högst och har bedömts ha den lägsta säkerheten mot stabilitetsbrott längs berört banavsnitt.

Trafikverket föreslår att beräkningen skall utföras i Geoteknisk kategori 2, GK2, och säkerhetsklass 2, SK2, och att totalsäkerhetsmetoden med karakteristiska värden kan användas enligt TK Geo 13.

Beräkningen redovisas i bilagd handling ”Järnvägsbanken – Stabilitet och sättningar”, som är en beskrivning av antagna förutsättningar och metod för beräkningen.

Stabilitetsberäkningar har utförts med odränerad analys och kombinerad analys. Med antagna förutsättningar ökar säkerhetsfaktorerna F_c från 1,49 till 2,13 och F_{komb} från 1,46 till 1,62.

10.5. Västra området mot Merlobäcken

För att säkerställa stabiliteten av markområdet mot Merlobäcken, där dubbelsponton slutar planeras säkerhetshöjande åtgärder utföras med KC-pelare installerade och sammanfogade med överlappning i skivor.

En stabilitetsberäkning har utförts för planerade förhållanden i sektion B-29 efter utfyllnad från ca +1,0 upp till nivån ca +3,5. Markförstärkning med KC-pelare i skivor har studerats som åtgärd. Beräkningen redovisas i bilagd handling ”Västra området mot Merlobäcken – Stabilitet och markförstärkning”, som är en beskrivning av antagna förutsättningar och metod för beräkningen.

I stabilitetsberäkningarna har det antagits att undre grundvattenmagasinet dels har ett oförändrat artesiskt portryck på nivån +4,0, dels har ett lägre artesiskt portryck på nivån +1,0 efter en antagen sänkning av portrycket med 3 m.

Stabilitetsberäkningar har utförts med odränerad analys och kombinerad analys.

Med KC-pelare i skivor med diameter 800 mm, s-avstånd 2,2 m och bredd 15 m ökar säkerhetsfaktorn F_c från 1,4 till 1,8 och säkerhetsfaktorn F_{komb} från 1,3 till 1,7.

10.6. Området mellan förstärkningslinjen och järnvägen

Beräkningen och beskrivning för detta avsnitt redovisas ej.

I och med att förstärkningslinjen säkras för planerad uppfyllnad till ca +3,5 och att marken successivt byggs upp till ca +7 mot järnvägen på en sträcka av ca 400 m blir den framtida marklutningen mindre än 1%.

Inom vattenområdet installeras vertikaldräner och överlast läggs på ytan, som kommer att konsolidera den underliggande lösa siltiga lerjorden med tillväxt av hållfasthet som följd.

Den lägsta säkerheten mot lokala stabilitetsbrott är i byggskedet då den lösa och förorenade botten längs strandzonen ska stabiliseras ner till ca 5 m djup. Preliminära beräkningar visar en totalsäkerhetsfaktor på $F_c > 1,3$ utan speciella avlastningsåtgärder.

11.Sättningar

11.1. Allmänt

Sättningsberäkningar har utförts för kritiska delar av området enligt följande och bifogas i bilaga 9.

- Inom vattenområdet med markförstärkning och vertikaldräner
- Vid järnvägsbanken i sektion km 365+390
- Vid järnvägsbanken i sektion km 364+750H10 och km 364+833H10

11.2. Inom vattenområdet med markförstärkning och vertikaldräner

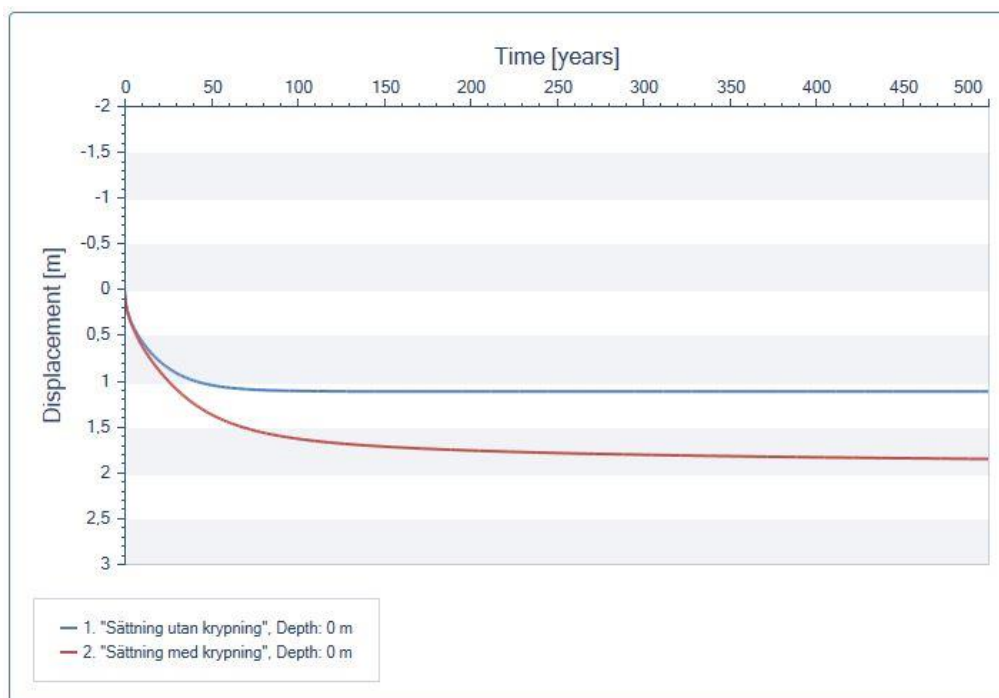
En beräkning av sättningar inom området där markförstärkning erfordras har utförts. Beräkningen redovisas i bilagd handling "Område med markförstärkning - Sättningar", som är en beskrivning av antagna förutsättningar och metod för beräkningen.

Sättningsberäkningar har utförts med en förenklad geometri och jordprofil för en grov uppskattning av totalsättningarna och hur lång tid det tar för sättningarna att utvecklas.

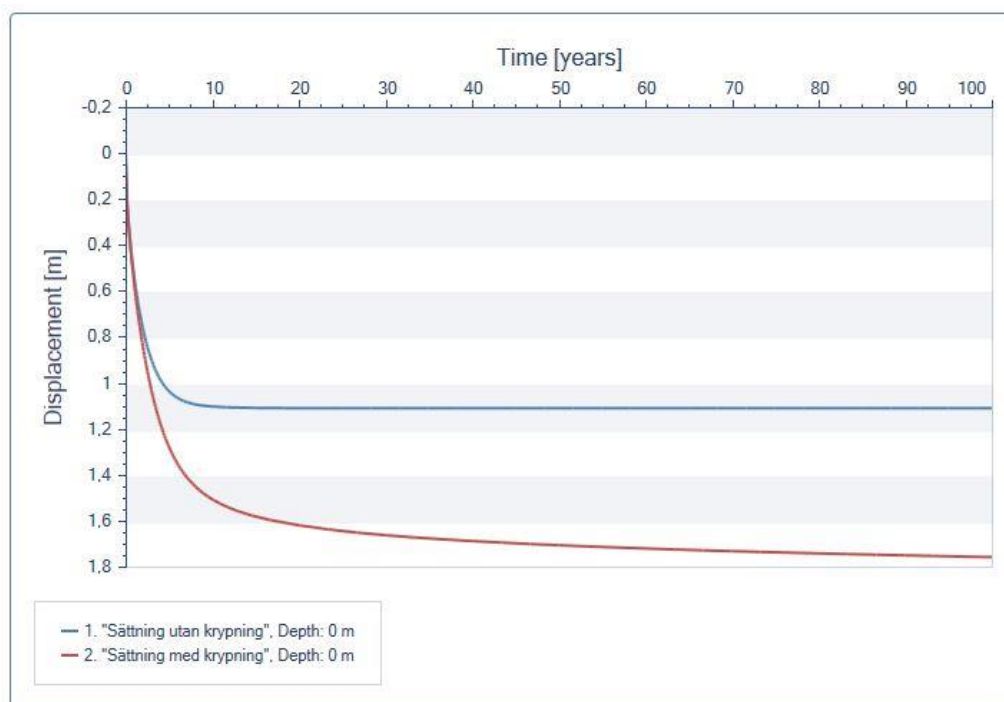
Beräkningar har utförts i punkt B24 efter utfyllnad från bottenivån ca -5,0 upp till nivån +3,5 (med 2,0 m överlast och utan överlast) och punkt B25 efter utfyllnad från bottenivån ca -3,0 upp till nivån +4,0 (utan överlast).

Med antagna förutsättningar bedöms sättningarna i punkt B24 uppgå till 0,8 - 1,3 m utan krypning och 1,8 - 2,0 m med krypning och i punkt B25 uppgå till 0,7 - 0,8 m utan krypning och 1,4 - 1,5 m med krypning. Sättningar beräknade med krypning är ca 50 % större än beräknade sättningar utan krypning.

I figur 11.1 redovisas sättningar i punkt B24 med lera utan överlast och i figur 11.2 redovisas sättningar i punkt B24 med finsilt utan överlast.



Figur 11.1. Sättningar i punkt 24 med lera och utan överlast. Observera att sättningarna är 0 m vid tiden 0.



Figur 11.2. Sättningar i punkt 24 vid med finsilt och utan överlast. Observera att sättningarna är 0 m vid tiden 0.

Med en permeabilitet motsvarande lera, som finns inom området, bedöms det ta 30 - 45 år, utan krypning, och 90 - 130 år, med krypning innan 90 % konsolidering uppnåtts.

Med en permeabilitet motsvarande finsilt, som finns ställvis inom området, bedöms det ta 3 - 5 år, utan krypning, och 10 - 30 år, med krypning, innan 90 % konsolidering uppnåtts.

Man måste således räkna med att det skulle ta mycket lång tid att få området byggbart endast genom att påföra överlast. För att påskynda tiden för konsolidering installeras vertikaldränering i kombination med överlast.

En sättningsberäkning med vertikaldränering och 2 m överlast visar att området kan tas i drift efter ca 12 månader förutsatt 1,3 m dränavstånd och att man kan acceptera ytterligare 20 cm konsolideringssättningar. De kvarstående konsolideringssättningarna kan förväntas inom en 5 års period efter idrifttagning.

11.3. Längs järnvägen

Järnvägsbanken har funnits drygt 90 år och konsolideringssättningarna torde i stort sett vara utbildade under järnvägsbanken i den 8 - 15 meters mäktiga underliggande silt- och lerjorden.

En beräkning av sättningar närmast järnvägsbanken har utförts för planerade förhållanden i sektion km 365+390.

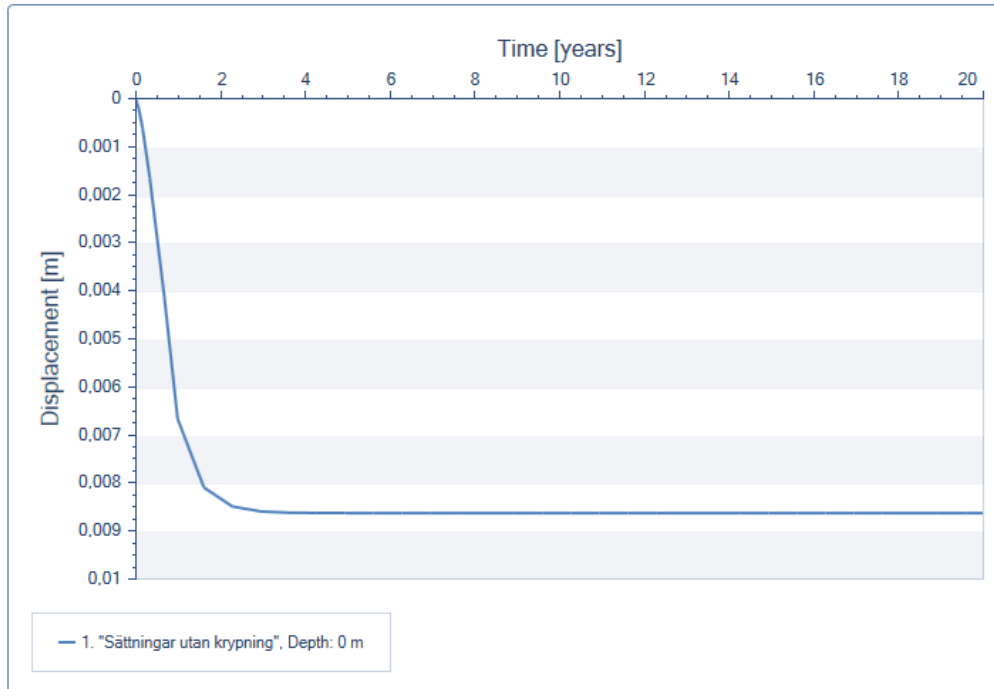
Beräkningen redovisas i bilagd handling "Järnvägsbanken – Stabilitet och sättningar", som är en beskrivning av antagna förutsättningar och metod för beräkningen.

Sättningsberäkningar har utförts med en förenklad geometri och jordprofil för en grov uppskattning av sättningarna. Med antagna förutsättningar bedöms sättningarna under höger räl (H2) uppgå till ca 1 cm och i övrigt uppgå till max 10 cm.

En beräkning av sättningar närmast järnvägsbanken har utförts för planerade förhållanden i sektion km 364+750H10 och km 364+833H10.

Beräkningen redovisas i bilagd handling ”Järnvägsbanken sektion km 364+750H10 och km 364+833H10 - Sättningar”, som är en beskrivning av antagna förutsättningar och metod för beräkningen.

Sättningsberäkningar har utförts med en förenklad geometri och jordprofil för en grov uppskattning av sättningarna. Med antagna förutsättningar bedöms sättningarna uppgå till ca 1 cm, se figur 11.3.



Figur 11.3. Sättningar i sektion 364+750H10.

12. Grundläggning av byggnader och installationer

Huvuddelen av anläggningar och byggnader inom området kommer att grundläggas på pålar och kommer att redovisas senare i planeringsstadiet.

- 12.1. Biomassaanläggning i norr.
- 12.2. Processanläggningar, linje 1 och 2
- 12.3. Tankområde
- 12.4. Markledningar

13.Sammanfattande bedömning

Bedömningen efter utförda undersökningar och beräkningar är att området kan göras byggbart med föreslagna förstärkningsmetoder med grundvattensänkning i undre grundvattenmagasinet. Samhällets krav vid exploatering kan uppfyllas.

Förstärkningslinjen mot havet, dubbelsponton och bakåtförankrade sponten

Stabilitetsberäkningarna visar att säkerheten i bygg- och driftskedet är god

Järnvägsbanken

Stabilitetsberäkningar visar att totalsäkerhetsfaktorn vid odränerad analys F_c höjs från 1,49 till 2,13/1,75* (det lägre värdet gäller för glidyta som går i själva banvallen). För dränerad analys höjs totalsäkerhetsfaktorn F_{komb} från 1,46 till 1,62. Kravnivå för $F_c > 1,5$ och för $F_{komb} > 1,3$

Sättningarna av planerad uppfyllnad mot järnvägsbanken beräknas bli ca 1 cm under spåren.

Markområdet mellan förstärkningslinje och järnväg inkluderat området mot Merlobäcken

Stabilitetsberäkningarna visar att säkerheten i bygg- och driftskedet blir god med vald byggordning, föreslagna stabiliseringsåtgärder och jordförstärkning med vertikaldräner kombinerat med överlast.

Mot Merlobäcken föreslås KC-pelarförstärkning.

Det blir stora sättningar i det utfyllda vattenområdet och i strandnära låglänta områden. För att dessa ska kunna utbildas inom rimlig tid erfordras vertikaldränering med överlast.

Omgivningspåverkan av grundvattensänkning

Det blir inga grundvattensänkningar i det övre grundvattenmagasinet som ger upphov till större tyngd och därmed sättningar i underliggande jordlager.

Det finns då heller ingen risk för att grundläggningar på träpålar kan ta skada.

Sänkningen av grundvattennivån i det undre grundvattenmagasinet sänker portrycket i leran och därmed effektivspänningarna i leran som har betydelse vid beräkning av sättningarna.

Beräkningar visar att förändringen av effektivspänningarna i leran ger små bidrag till sättningar i påverkat område, där grundvattensänkningen är mindre än 1 m.

Grundvattenbalansen i området

Det finns nu ett antal värdefulla mätpunkter där grundvattentrycken kan följas upp under en tid framöver för att säkerställa rådande förhållanden innan förstärkningsåtgärder vidtagits för området.

Det bör därvid också utredas närmare om de plötsliga förändringarna av trycknivåerna är artificiella och påverkade av mänskliga aktiviteter i modern tid.