

Vänersborgs kommun  
Norra Sanden, Vänersborg

**PM Geoteknik**  
Planeringsunderlag

Göteborg 2016-12-23

Structor Mark Göteborg AB

Projektbenämning:	Norra Sanden
Uppdragsansvarig:	Tomas Trapp (TTP)
Handläggning:	Axel Grahnström (AGm), Tomas Trapp
Granskad av:	Johan Bengtsson
Uppdragsnummer:	4021-1602
Dokumentbeteckning:	PM-001
Reviderad:	2017-03-27

**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg  
Org. Nr 556729-7832

Hemsida: [www.structor.se](http://www.structor.se)

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sida</u>
<b>1 ORIENTERING .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PLANOMRÅDET .....</b>	<b>3</b>
<b>3 BEFINTLIGA BYGGNADER OCH ANLÄGGNINGAR.....</b>	<b>4</b>
<b>4 BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KABLAR .....</b>	<b>4</b>
<b>5 UNDERLAG.....</b>	<b>5</b>
<b>6 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>6</b>
<b>7 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.....</b>	<b>7</b>
7.1 Topografi .....	7
7.2 Jordlagerföljd .....	7
7.3 Jordegenskaper .....	8
7.4 Geohydrologiska förhållanden .....	11
7.5 Sättningsförhållanden .....	11
7.6 Radon.....	11
<b>8 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR STABILITETSANALYS .....</b>	<b>12</b>
8.1 Säkerhetsrekommendationer.....	12
8.2 Geometri och lagergränser .....	14
8.3 Materialparametrar .....	14
8.4 Grund- och porvattentryck samt vattennivåer .....	14
8.5 Marklaster .....	15
8.6 Stabilitetsförhållanden .....	15
<b>9 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>21</b>
9.1 Mark .....	21
9.2 Grundläggning av byggnader .....	22
9.3 Schaktarbeten .....	22

## BILAGEFÖRTECKNING

	<u>Bilaga</u>
Jordegenskaper	A
Jordtrycksberäkning	B
Stabilitetsberäkningar	C

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## 1 ORIENTERING

Vänersborgs kommun planerar att exploatera det norra området av ön Sanden och Fisktorget i centrala Vänersborg. På uppdrag av Vänersborgs kommun har Structor Mark Göteborg AB, inför detaljplanarbetet för aktuellt objekt, utfört en geoteknisk undersökning. Planen för området innebär inga större förändringar för den nuvarande användningen. Norra Sanden används i dagsläget som rekreationsområde, småbåtshamn och för större evenemang så som festivalen Aqua Blå, bilbingo, tivoli och seglingstävlingar. Fisktorget används som parkeringsplats generellt och under sommaren även för tillfällig restaurangverksamhet.

I föreliggande PM beskrivs de geotekniska förutsättningarna för aktuellt område.

## 2 PLANOMRÅDET

Det markerade området i Figur 2-1 nedan visar läget på aktuellt planområde. Norr om området ligger Vänern, på västra sidan av Norra Sanden ligger Trafikkanalen och på östra sidan mellan Norra Sanden och Fisktorget bland annat ligger Hamnkanalen.



Figur 2-1 Planområdets läge

Norra Sanden utgörs generellt av gräsbeklädd mark, beachvolleybollplaner och anlagda ytor som vägar eller parkeringsplatser. Några mindre byggnader finns på den nordöstra delen av området.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

### 3 BEFINTLIGA BYGGNADER OCH ANLÄGGNINGAR

Inom Norra Sanden finns två friliggande byggnader, sannolikt plattgrundlagda. Inom Fisktorgets södra del finns en restaurang/servering och en pumpstation.

Enligt tidigare utredningar är den östra kajen söder om Vassbottenbron en murad stenkaj som via en rustbädd av trä bärs upp av spetsburna träpålar. Pålarna står inom denna sträcka med ett inbördes avstånd av ca 1 m.

Kajen i anslutning till Fisketorget bedöms vara grundlagd på ett likartat sätt. Arkivhandlingar avseende kajens uppbyggnad har eftersökts utan framgång. Dock har kajen utmed Gamla Hamnkanalen renoverats i etapper under åren 1996-1999. I samband med dessa arbeten har kajen och dess grundläggning besiktigats. Skicket har varit mycket varierande, inom delar har skicket varit fullgott medan pålarna utmed vissa delar endast haft en bedömd kapacitet om 20 %. Inga relationshandlingar eller motsvarande har hittats. Det enda underlaget som påträffats är protokoll från kommunfullmäktige vilka beskriver ovan nämnda förutsättningar samt att arbeten beställts. Pålar vilka inte har tillfredställande bärfarmåga antas ha bytts ut vilket medför att samtliga pålar bedöms hålla erforderlig bärfarmåga.

Utmed samtliga slänter som inte tas upp av stenvurar finns erosionsskydd. Utmed Gamla hamnkanalen är slänterna stensatta och inom övriga delar utgörs erosionsskydden av sprängsten, se exempelbilder i Figur 3-1 nedan.



Figur 3-1 Erosionsskydd i Gamla hamnkanalen och utmed norra delen av Sanden

### 4 BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KABLAR

Inom området finns ledningar och kablar för VA, el, tele och opto. För befintliga ledningar och kablers läge i plan skall kontakt tas med respektive ledningsägare.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## 5 UNDERLAG

Som underlag för utredningen har följande material nyttjats:

- SGU:s jordartskarta i skala 1:50 000
- Digital primärkarta med 1 m ekvidistans erhållen av Vänersborgs kommun
- Konceptskisser av planområdet
- Sjäkkort (Eniro.se)

Följande arkivhandlingar har inventerats:

- 1) *"Nyexploatering inom stadsdelen Sanden i Vänersborg"* Teknisk PM Geoteknik, planeringsunderlag upprättad av Structor Mark Göteborg AB, daterad 2017-02-17 med uppdragsnr 4119-1601
- 2) *"Vänersborgs kommun. Norra Sanden, Huvudnäs 2:1, Historisk inventering"* upprättad av Sweco Environment AB, daterad 2014-03-19 med uppdragsnr 1352032000
- 3) *"Resecentrum i Vänersborgs kommun. Geoteknisk utredning för detaljplan, PM geoteknik"* upprättad av Sweco Infrastructure AB, daterad 2012-10-12 med uppdragsnr 2305 477
- 4) *"Vänersborgs kommun. Kv. Briggen mm. Detaljplan. Geoteknisk utredning. RGeo. Planeringsunderlag."* upprättad av GEO-gruppen AB, daterad 2005-01-19 med uppdragsnr 04-212
- 5) *"Kv Julen 4 och 5, Vänersborgs kommun. Kompletterande geoteknisk utredning, PM stabilitet"*, upprättad av Jacobsson & Widmark, daterad 2002-04-14 med uppdragsnr 1002 0098
- 6) *Vänersborgs kommun Kv. Julen 4 och 5, Detaljplan"*, upprättad av GEO-gruppen AB, daterad 2002-01-22 med uppdragsnr 02 010
- 7) Kajen vid Gamla Hamnkanalen mellan Vassbottenbron och Järnvägsbron är undersökt av Gatubolaget år 1996 (finns bl a redovisade i GEO-gruppens utredning, 2005) (börpunkter betecknas med ID "GB96-X").
- 8) *"Utlåtande över geotekniska undersökningar för föreslagen vågbrytare i Vassbotten, Vänersborg"* upprättad av VIAK, daterad 1986-04-09, arbetsnummer 5516.54.9136-01
- 9) *"Utlåtande beträffande geoteknisk undersökning för planerad servicebyggnad och marintapp vid hamnplan, Vänersborgs kommun"*, daterad 1982-02-01, upprättad av K-Konsult, uppdragsnummer 66023-309-23.
- 10) *"PM angående geotekniska undersökningar för brygga för tullverket i Vänersborg"* upprättad av VIAK, daterad 1981-11-23 arbetsnummer 5516-9004

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

- 11) "Vänersborg, Kv Skonaren." *GF Konsult AB, år 1978. Arbetsnr 04-212. (borrpunkter betecknas med ID "GF78-X").* (Undersökningarna finns redovisade i GEO-gruppens utredning, 2005, enligt ovan.)
- 12) "PM angående geotekniska undersökningar för småbåtshamn vid inre Vågbrytaren Vänersborg" upprättat av VIAK daterad 1977-04-28, arbetsnummer 65.8839
- 13) Sammanträdesprotokoll från Vänersborgs kommun avseende kajreovering, samhällsbyggnadsnämnden, daterade 1995-02-06 till 1996-11-26, diarienummer1995.010

Tidigare utförda undersökningar, undantaget (1), och grundkarta har erhållits digitalt från Planenheten på Vänersborgs kommun.

## 6 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

Geotekniska fält- och laboratorieundersökningar redovisas i en separat handling benämnd:

- "Markteknisk undersökningsrapport (MUR)/ Geoteknik", daterad 2016-12-23, reviderad 2017-03-27, upprättad av Structor Mark Göteborg AB, uppdragsnummer 4021-1602.

Inom området har geotekniska fält- och laboratorieundersökningar tidigare utförts vid ett flertal tillfällen. Läget på tidigare utförda undersökningspunkter, vilka ligger inom planområdet eller dess närhet, redovisas i *MUR*. Ett flertal undersökningar finns även utförda i de sydvästra delarna av Sanden. Läget på dessa har dock inte digitaliserats.

Inom ramen för uppdraget har geotekniska fält- och laboratorieundersökningar utförts under hösten 2016 och kompletterats under vintern 2017. Undersökningarna har utförts inom planområdet med syftet att bestämma jordlagerföljd, hållfasthetsegenskaper och grund- och porvattentrycksförhållanden.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
PM Geoteknik	2016-12-23	2017-03-27
Uppdragsnummer	Handläggare	Status
4021-1602	AGm/TTp	

## 7 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

### 7.1 Topografi

Marklutningarna inom områdena är mycket små. Marknivån för Norra Sanden varierar mellan +46 och +47 och vid Fisktorget är marknivån strax över +46.

Bottengeometrin i viken strax norr om båthamnen och Gamla hamnkanalen har lodats i ett antal sektioner. Bottennivån ligger mellan +40,5 och +42 i den norra delen och som lägst ca +39 i hamnkanalen.

### 7.2 Jordlagerföljd

#### 7.2.1 Norra Sanden

Norra Sanden har tidigare varit låglänt naturområde. Under slutet av 1960- och början av 1970-talet utfördes dels en muddring för småbåtshamnen och dels en utfyllnad av området. Utfyllnadsmassorna har varierande sammansättning och består dels av muddermassor från småbåtshamnen och dels sprängsten från kommunens olika VA-arbeten. Utfyllnadsmassorna har vallats in med sprängsten. I Figur 7.2.1-1 nedan visas flygfoton tagna under 1960-tal och nutid (Eniro). På foto från 1960-tal syns att utfyllnad har påbörjats liksom anläggning av Vassbottenleden. Vågbrytaren tillkom under senare delen av 1980-talet.



Figur 7.2.1-1 Flygfoto över området, 1960-tal och nutid (Eniro).

Tidigare utförda undersökningar inom hela Sanden liksom för vågbrytaren i norr visar på ett mäktigt friktionsjordlager som täcker hela området. Friktionsjordlagret är ca 10 m tjockt.

I nu utförda (ytliga) undersökningar har sand och silt med inslag av sten, silt, grus, mulljord och tegelrester konstaterats. Friktionsjorden som följer har en varierande sammansättning och bedöms bestå av siltig sand/ sandig silt med varierande

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

lagringstäthet. Den sammanlagda tjockleken hos fyllning och friktionsjord uppgår till ca 9 à 11 m och följs av ett mäktigt lerlager.

Leran som följer är normalkonsoliderad med en mäktighet överstigande 20 m, sonderingar har avbrutits på ca 30 m djup utan att stopp erhållits.

### 7.2.2 Fisketorget

Jorddjupen varierar mycket, från några enstaka meter i söder och öster till ca 16 m i den nordvästra delen.

Överst i jordprofilen finns fyllning som utgörs av överbyggnadsmaterial. Närmare hamnkanalen under överbyggnaden följer en mer blandad fyllning av bl. a. sand och tegel. Under fyllningen finns ett tunnare lager siltig sand/sandig silt. Nära kanalen finns lera under fyllningen. Leran vilar på ett friktionsjordlager ovan förmodat berg. Ytlig fyllning/friktionsjord är närmast kanalen ca 3 m tjock och leran som mest ca 10 m.

### 7.3 Jordegenskaper

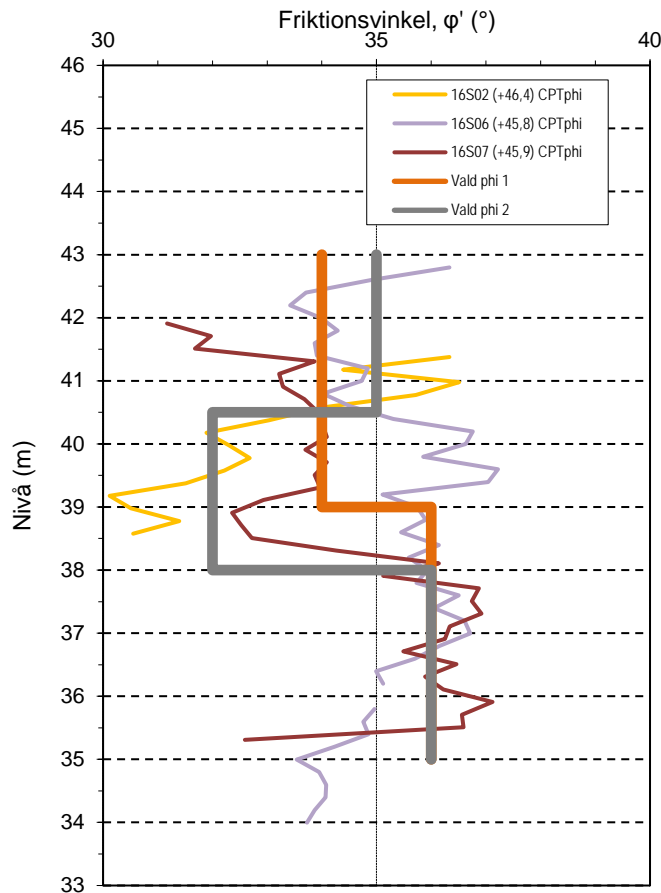
Nedan redovisas utvärderade jordegenskaper för förekommande jordlager inom detaljplaneområdet. Angivna hållfasthetsbestämningar avser valt värde för stabilitetsberäkning.

#### 7.3.1 Friktionsjord

Friktionsjorden är mycket löst till fast lagrad. Jorden inom Norra Sanden har delats in i tre lager med olika lagringstäthet och friktionsvinklar. Den inre friktionsvinkeln för respektive lager kan tillskrivas  $\varphi'_{k,1} = 37^\circ$ ,  $\varphi'_{k,2} = 33^\circ$  och  $\varphi'_{k,3} = 35^\circ$ , se Figur 7.3.1-1. Skrymdensiteten varierar i omättat tillstånd mellan ca 1,8 och 1,9 ton/m<sup>3</sup> respektive 2,0 och 2,1 ton/m<sup>3</sup> i vattenmättat tillstånd.



<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>



Figur 7.3.1-1 Sammanställning av utförda hållfasthetsbestämningar i friktionsjord och vald hållfasthetsprofil för utförda stabilitetsberäkningar

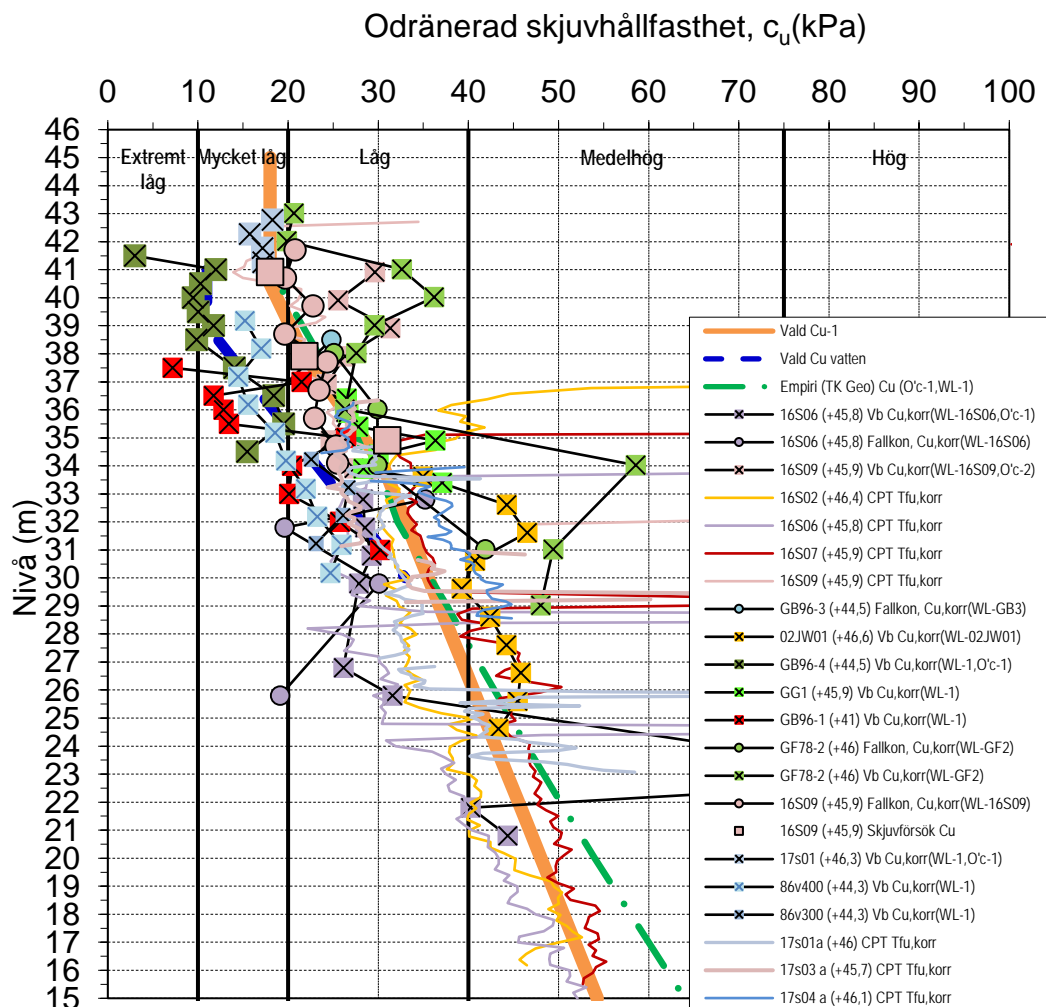
### 7.3.2 Kohesionsjord

Den siltiga leran inom planområdet har en densitet som varierar mellan ca 1,65 och 1,80 ton/m<sup>3</sup>. Dess naturliga vattenkvot varierar mellan ca 40 och 50 % och konflytgränsen ligger kring 50 %. Leran är därmed mellanplastisk. Uppmätta sensitivitetsskivor varierar mellan ca 10 och 50 vilket innebär en mellan- högsensitiv lera. En enstaka nivå vid Fisketorget har en sensitivitet som uppgår till 68 i anslutning till lerans underkant. Leran har mycket låg till medelhög odränerad skjuvhållfasthet. Hållfasthetsbestämningar är baserade på utförda cpt-sonderingar, kon- och vingförsök samt direkta odränerade skjuvförsök. I Figur 7.3.2-1 redovisas utförda bestämningar av lerans odränerade skjuvhållfasthet,  $c_u$ , tillsammans med empiri inom området.

Ett antal hållfasthetsbestämningar har utförts i vattnet, dels i Gamla hamnkanalen söder om aktuellt planområde och dels inför anläggning av vågbrytaren norr om småbåtshamnen. Dessa visar på en lägre hållfasthet i leran närmast botten. En lägre hållfasthet har vid beräkning därför ansatts för ytliga jordlager inom vatten.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Hållfasthetsbestämningar av leran längre väster och söderut visar generellt på högre hållfasthet. Dessa undersökningar redovisas ej i sammanställning med hänsyn till avståndet från nu aktuellt planområde.



Figur 7.3.2-1 Sammanställning av utförda hållfasthetsbestämningar i kohesionsjord och vald hållfasthetsprofil för utförda stabilitetsberäkningar

Leran är normal- till lätt överkonsoliderad, se även avsnitt 7.5

”Sättningsförhållanden”. Ödometerförsök (typ CRS) har nu utförts i punkt 16S06 och 17S01.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## 7.4 Geohydrologiska förhållanden

Grundvattenyttrycknivån har på Norra sanden mätts i en station bestående av ett grundvattenrör installerat i den övre friktionsjorden och 2 st porttrycksmätare (BAT) installerade i leran på två djup. Mätning har utförts under perioden november till mars 2017. Ett grundvattenrör är även installerat i friktionsjorden under leran vid Fisketorget.

Uppmätta nivåer ligger runt +44,2 till +44,8, dvs. ungefär i nivå med medelvattenytan. Tryckökningen ligger något över hydrostatisk tryckfördelning.

Vattenståndsvariationerna i Vänern framgår av Tabell 7.4-1.

Tabell 7.4-1 Vattenståndsvariationer i Vänern (SMHI)

Vattenstånd	Nivå (RH2000)*
HHW	+46,01
MHW	+45,16
LLW	+43,47

\* "Klimatanalys för Västra Götalands län", Rapport 2011:84, Länsstyrelsen Västra Götalands län

## 7.5 Sättningsförhållanden

Inom Norra Sanden har fyllning lagts ut med varierande tjocklek och sammansättning. Fyllningen har medfört att belastningen på leran har ökat avsevärt. Utförda kompressionsförsök visar tillsammans med utvärderade CPT-sonderingar att leran inom Norra Sanden är normalkonsoliderad. Överkonsolideringsgraden (OCR) minskar från ca 1,3 i de ytliga lerlagren till ca 1,0 mot djupet. Normalt anses att risk för krypsättningar finns när  $OCR < 1,25$ . Sättningar pågår sannolikt i de djupare lerlagren och redan vid små tillskottsspänningar finns risk att stora sättningar utbildas över lång tid.

Inom Fisketorget belastas leran av mindre fyllning och överkonsolideringsgraden varierar mellan 1,23 och 1,5. Sättningar bedöms ej pågå inom området.

## 7.6 Radon

Radongas har ej mätts inom ramen för detta uppdrag.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## 8 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR STABILITETSANALYS

Stabilitetsanalyserna har utförts i datorprogrammet Geostudio 2016 Slope/W. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred och ras i jordslänter med jämviktsteorier i det vertikala planet. I de aktuella analyserna har cirkulär-cylindriska glidytor beräknats med Morgenstern-Prices lamellmetod.

### 8.1 Säkerhetsrekommendationer

Utredningsnivån varierar över området. Generellt för den norra delen av Sanden motsvarar utredningen detaljerad utredningsnivå. Vid Fisketorget där noggrann hållfasthetsbestämning med skjuvförsök utförts bedöms att utredningsnivån när fördjupad utredning. Denna nivå bedöms även omfatta den sydöstra delen av Sanden.

För detaljplanen har stabilitetsberäkningar utförts enligt IEG:s rapport 4:2010 där erforderlig säkerhetsfaktor anges för detaljerad och fördjupad stabilitetsutredning för områden med markanvändningen "Nyexploatering" och "befintlig bebyggelse och anläggning".

Slänt med kohesionsjord vid "Nyexploatering" kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,7–1,5 ( $F_C \geq 1,7-1,5$ ), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,5–1,4 ( $F_{KOMB} \geq 1,5-1,4$ ). Vid en fördjupad utredning ska  $F_C \geq 1,5-1,4$ , samtidigt som  $F_{KOMB} \geq 1,4-1,3$ .

Motsvarande rekommendation vid detaljerad utredningsnivå för "befintlig bebyggelse och anläggning" är att säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,7–1,5 ( $F_C \geq 1,7-1,5$ ), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,5–1,3 ( $F_{KOMB} \geq 1,5-1,3$ ). Vid en fördjupad utredning ska  $F_C \geq 1,4-1,3$ , samtidigt som  $F_{KOMB} \geq 1,3-1,2$ .

För friktionsjord ska säkerhetsfaktorn vid dränerad analys överstiga 1,3 ( $F_\phi \geq 1,3$ ) för både detaljerad och fördjupad utredning.

Erforderlig säkerhetsfaktor inom spannen bedöms utifrån aktuella försättningar med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden. I Tabell 8.1-1 nedan listas gynnsamma och ogynnsamma förhållanden inom utredningsområdet.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Tabell 8.1-1 Gynnsamma och ogynnsamma förhållanden inom utredningsområdet

<b>Förutsättning</b>	<b>Gynnsam</b>	<b>Ogynnsam</b>
Konsekvens av skred	Leran är mellan till högsensitiv Glidytor med låg säkerhet berör mellansensitiv lera	Risk för människoliv och ekonomisk skada  Risk för bakåt- och framåtgripande skred
Slätens beständighet	Erosionsskydd av god kvalitet	Kanalmurars grundläggning ej känd i detalj.
Tidigare förändringar i slänten	Utlagda erosionsskydd, invallningar av sprängsten	
Jordens egenskaper	Likartade förhållanden inom utredningsområdet	Kohesionsjord, spridning i uppmätta värden
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd.  Kritiska glidytor omfattar stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet  Tvådimensionell analys, på säkra sidan	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar
Fält- och laboratorieundersökningar	CPT-sonderingar är utförda Kompressionsförsök är utförda In situ-provning är utförd med vingförsök Direkta odränerade skjuvförsök utförda	Glest undersökt i förhållande till områdets storlek
Slätens geometri	Bottenlodning utförd i anslutning till området	
Grundvatten- och portrycksförhållanden	Begränsade förväntade tryckvariationer, Väners yta är reglerad	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena inte utförd
Ytvattenförhållanden	Karaktäristiska vattenstånd är kända  Små vattenståndsvariationer	

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Utifrån ovan listade förutsättningar rekommenderas följande säkerhetsnivå för aktuell stabilitetsutredning. Vald säkerhetsnivå framgår av Tabell 8.1-2 nedan.

Tabell 8.1-2 Vald säkerhetsnivå för respektive område

Markanvändning	Erforderlig säkerhet mot brott		
	$F_c$	$F_{KOMB}$	$F_\phi$
Nyexploatering, norra delen av Sanden	1,60	1,45	1,30
Nyexploatering, Fisketorget och sydöstra delen av Sanden	1,45	1,35	1,30
Befintlig bebyggelse och anläggning, Fisketorget	1,35	1,25	-

## 8.2 Geometri och lagergränser

Släntgeometri har genererats utifrån grundkarta och nu utförda bottenlodningar. Jordlagerföljd, lagertjocklekar och egenskaper har utvärderats från de geotekniska undersökningarna.

## 8.3 Materialparameterar

Materialparametrar har utvärderats direkt utifrån grafiska sammanställningar av härledda värden. Valda värden är att betrakta som karakteristiska värden (omräkningsfaktorn  $\eta=0$ ).

För kohesionsjord har odränerad skjuvhållfasthet ( $c_{uk}$ ) och densitet ( $\rho_k$ ) utvärderats direkt från grafisk sammanställning av härledda värden.

Den dränerade skjuvhållfastheten för kohesionsjord har beskrivits enligt praxis (Skredkommissionens riktlinjer) med hjälp av en inre friktionsvinkel  $\phi'_k = 30^\circ$ , samt ett kohesionsintercept som är 10 % av den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten ( $c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$ ).

För friktions- och mellanjord har materialegenskaperna (hållfasthet och densitet) valts enligt utvärderade CPT-sonderingar, praxis (TK Geo) samt utifrån resultat av jordprover klassificerade i laboratorium och fält.

## 8.4 Grund- och porvattentryck samt vattennivåer

Mätningar av portryck har inom ramen för denna utredning utförts under relativt kort tidsperiod. Någon prognostisering har därmed inte kunnat utföras. Variationer i portryck i underliggande lera kan förväntas variera i samma storleksordning som vattenstånden i Vätern. Grundvattentryck i friktionsjord kan förväntas följa vattenståndsvariationerna i Vätern.

Lägsta lågvatten har ansatts vid stabilitetsberäkningar.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

## 8.5 Marklaster

Förekommande laster utgörs av trafiklast och lätta byggnader. Norra Sanden används periodvis för större evenemang med uppställda fordon etc. varför trafiklast antas verka som permanent last. Antagna laster har valts till  $13 \text{ kN/m}^2$  med stor utbredning. Byggnader kan antas utgöras av en lätt stomme och antas belasta marken med  $5 \text{ kN/m}^2$  och inryms således i trafiklasten.

Inom Fisketorget finns dels parkeringsytor och dels några mindre byggnader. Antagna laster har inom Fisketorget valts till  $5 \text{ kN/m}^2$ . Belastningen motsvarar dubbla belastningen av uppställda personbilar.

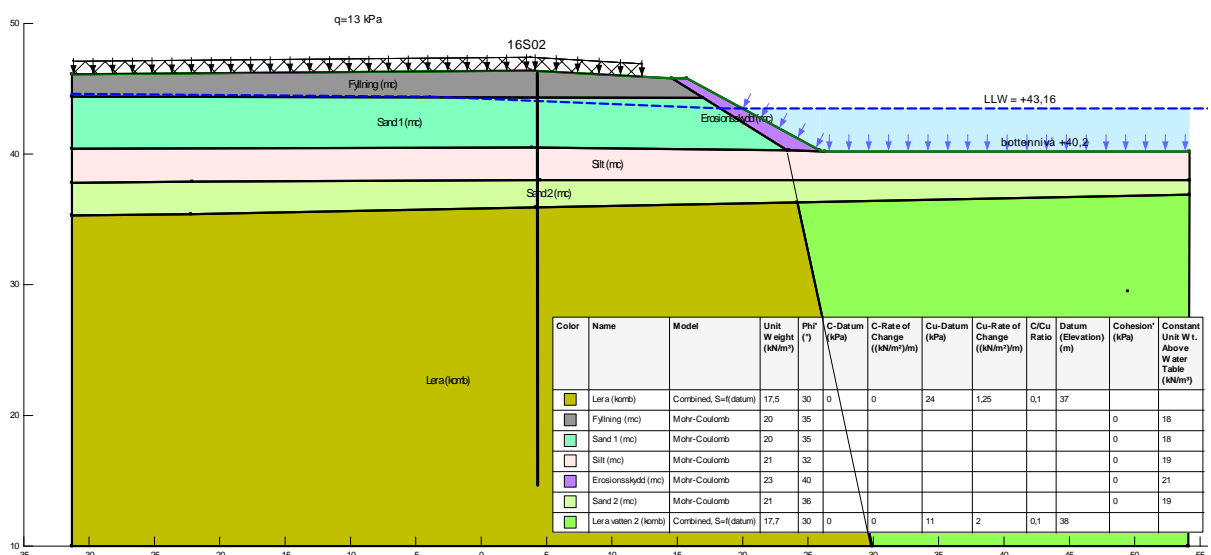
## 8.6 Stabilitetsförhållanden

Friktionsjorden sammansättning varierar i området och två jordmodeller har därvid upprättats för den norra delen av Sanden och södra delen av Sanden inklusive Fisketorget.

Jordegenskaperna inom Sanden varierar förhållandevis lite, med ett tjockt friktionsjordlager ovan lera. Eftersom variation av mark- och bottennivåer är liten har beräkningar endast utförts där bottennivån är som djupast. En högre bottennivå innebär en större säkerhetsfaktor.

### 8.6.1 Norra Sanden, norra delen

Jordmodellen baseras på utförda sonderingar. I Figur 8.6.1-1 nedan visas antagen jordmodell.



Figur 8.6.1-1 Jordmodell, norra delen Sanden.

I Tabell 8.6.1-1 redovisas karakteristiska geotekniska parametrar som har använts i stabilitetsberäkningarna.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Tabell 8.6.1-1 Karakteristiska geotekniska parametrar, Sanden, norra delen

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
<i>Erosionsskydd</i>	Tunghet	$\gamma_k = 23,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 21,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\varphi'_k = 40,0^\circ$
<i>Fyllning</i> Från markyta ned till nivå ca +43	Tunghet	$\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\varphi'_k = 35,0^\circ$
<i>Sand 1</i> Från uk fyllning ned till nivå ca +40,5	Tunghet	$\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\varphi'_k = 35,0^\circ$
<i>Silt</i> Från uk sand 1 ned till nivå ca +38	Tunghet	$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\varphi'_k = 32,0^\circ$
<i>Sand 2</i> Från uk silt ned till nivå ca +36	Tunghet	$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\varphi'_k = 36,0^\circ$
<i>Lera</i> Från uk sand 2	Tunghet	$\gamma_k = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17,7 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet z = 0 vid nivån +38	$c_{uk} = 24,0 \text{ kPa} + 1,25 \cdot z \text{ kPa/m}$
<i>Lera sjöbotten</i> Från uk sand 2	Tunghet	$\gamma_k = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17,7 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet z = 0 vid nivån +38	$c_{uk} = 11,0 \text{ kPa} + 2,2 \cdot z \text{ kPa/m}$

Stabiliteten har kontrollerats för nuvarande förhållanden i en beräkningssektion belägen i den norra delen av Sanden i anslutning till småbåtshamnen. Vassbottenleden ligger strax över omgivande mark och stiger svagt söderut. Inga stabilitetsproblem är att förvänta mellan Vassbottenleden och angränsande mark.

I samband med projektering av den yttre vågbrytaren i hamnen utfördes stabilitetsberäkningar vilka visar på tillfredställande stabilitet (8).



<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

En sammanställning av resultat framgår av tabellen nedan.

Tabell 7.2.2-1 Resultat från utförda beräkningar, samt hänvisning till respektive figur i beräkningsbilaga.

Sektion	Lägst beräknad säkerhetsfaktor mot brott, F			
	F <sub>KOMB</sub>	(Bilaga)	F <sub>φ</sub>	(Bilaga)
Sanden, norra delen	1,68	C1-1	1,42	C1-1

Enligt utförda beräkningar uppfylls erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott både för befintliga och planerade förhållanden.

Resultat från utförda beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga B1.

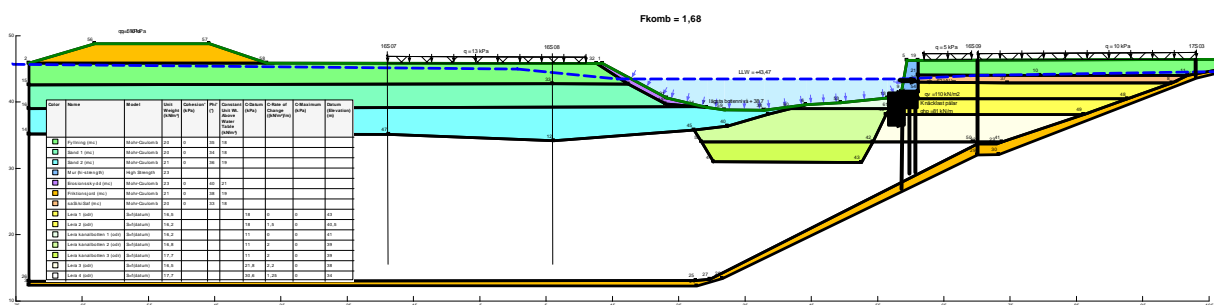
### 8.6.2 Norra Sanden, södra delen och Fisketorget

Jordlagerföljden skiljer sig åt på västra respektive östra sidan av Gamla hamnkanalen. På västra sidan utgörs jorden av drygt 10 m friktionsjord ovan lera medan den på östra sidan i norra delen, utgörs av ca 3 m friktionsjord följt av ca 10 m lera som vilar på friktionsjord.

Längre söderut närmare residentsbron minskar jorddjupen. I nu utförd sonderingspunkt 17S01 och tidigare utförd punkt KK82-1S utgörs jordlagerföljden närmast kanalmuren av ca 3 m fyllning ovan 3 m lera följt av friktionsjord. I sonderingspunkter på större avstånd från hamnkanalen, i anslutning till befintlig pumpstation, finns ingen lera registrerad.

Bottennivån i Gamla Hamnkanalen närmast kanalmuren ligger ytligare i den södra delen jämfört med den norra, se MUR.

I Figur 8.6.2-1 nedan visas antagen jordmodell för den norra delen av området. För den södra är jordmodellen snarlik, dock med grundare jorddjup vid Fisketorget.



Figur 8.6.2-1 Jordmodell norra delen, Gamla hamnkanalen.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Med vetskap om att kajen renoverats i slutet av 1990-talet bedöms att kajen antingen står på befintliga träpålar i gott skick eller har grundförstärkts. I utförda stabilitetsberäkningar har hänsyn till kajens stabiliserande effekt tagits genom att modellera en vertikal och horisontell reaktionskraft som ansätts i ett antaget pålavskärningsplan. Kajens underkant har bedömts ligga som högst i nivå med hamnkanalens botten, dvs kring + 41,5. Muren har vidare antagits ha en bottenbredd om 2 m. Muren står på minst två pålrader, men med tanke på dess höjd (och således bredd) bedöms den stå på minst tre pålrader.

Den vertikala lasten baseras på stenmurens egenvikt och den horisontella på det aktiva jordtryck (antagande på säker sida jämfört med vilojordtryck) som verkar på muren, korrigerat för rådande vattentryck. Den vertikala lasten antas till  $110 \text{ kN/m}^2$  ( $4,8 \text{ m} \times 23 \text{ kN/m}^3$ ) och den resulterande horisontella lasten till  $62 \text{ kN/m}$ .

Pålarnas bärförmåga har beaktats genom att beräkna gränstrycket innan plasticering sker av leran ( $q_d = 6 \cdot d \cdot c_u$ ) utmed pålelementet, där  $d$  motsvarar pålens diameter ( $0,25 \text{ m}$ ). I detta fall uppgår gränstrycket till  $27 \text{ kPa/m}$  och påle, med antagande om tre pålrader således  $81 \text{ kN/löpmeter mur}$ .

I beräkningsprogrammet kan ytlaster endast definieras på markytan och de utbredda laster som motsvarar vikten av muren samt gränstryck mot pålar har modellerats som punktlaster med ett avstånd av  $0,1 \text{ m}$ .

Beräknade reaktionskrafter redovisas i Bilaga B.

I Tabell 8.6.2-1 och -2 redovisas karakteristiska geotekniska parametrar som har använts i stabilitetsberäkningarna.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Tabell 8.6.2-1 Karakteristiska geotekniska parametrar Norra Sanden, södra delen, och Fisketorget. friktionsjord.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
<i>Erosionsskydd</i>	Tunghet	$\gamma_k = 23,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 21,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 40,0^\circ$
<i>Fyllning</i> Från markyta ned till nivå +43 Sanden, ned till +44 Fisketorget	Tunghet	$\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 35,0^\circ$
<i>Sand 1</i> Från uk fyllning ned till nivå +40,5	Tunghet	$\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 34,0^\circ$
<i>Sand 2</i> Från uk sand 1 ned till nivå varierande mellan ca +34 och +39	Tunghet	$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 36,0^\circ$
<i>Sandig silt/siltig sand</i> Från uk fyllning ned till nivå +43	Tunghet	$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 33,0^\circ$
Bottenfriktion	Tunghet	$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$\phi'_k = 38,0^\circ$

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Tabell 8.6.2-2 Karakteristiska geotekniska parametrar Norra Sanden, södra delen, och Fisketorget, kohesionsjord.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
<i>Lera 1</i> Från uk siSa/saSi ned till nivå +40,5	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +43	$\gamma_k = 16,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16,5 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 18,0 \text{ kPa}$
<i>Lera 2</i> Från uk Lera 1 ned till nivå +38	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +40,5	$\gamma_k = 16,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16,5 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 18,0 \text{ kPa} + 1,5 \cdot z \text{ kPa/m}$
<i>Lera 3</i> Från uk Lera 2 ned till nivå +34	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +38	$\gamma_k = 16,2 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16,2 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 21,8 \text{ kPa} + 2,2 \cdot z \text{ kPa/m}$
<i>Lera 4</i> Från nivå +34	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +34	$\gamma_k = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 30,6 \text{ kPa} + 1,25 \cdot z \text{ kPa/m}$
<i>Lera kanalbotten 1</i> Ned till nivå +39	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +41	$\gamma_k = 16,2 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16,2 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 11,0 \text{ kPa}$
<i>Lera kanalbotten 2</i> Från nivå +39	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +41	$\gamma_k = 16,8 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16,8 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 11,0 \text{ kPa} + 2,0 \cdot z \text{ kPa/m}$
<i>Lera kanalbotten 3</i> Från nivå +34	Tunghet  Hållfasthet z = 0 vid nivån +41	$\gamma_k = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17,7 \text{ kN/m}^3$ $C_{uk} = 11,0 \text{ kPa} + 2,0 \cdot z \text{ kPa/m}$

Stabiliteten har kontrollerats för nuvarande förhållanden i två beräkningssektioner utmed Fisketorget, dels i den norra delen med stora jorddjup och dels i den södra med små jorddjup. En beräkning har också utförts mot väster (Norra Sanden).

Vidare har stabiliteten från Vassbottenkeden kontrollerats. Beräkning är utförd för geometrin i områdets södra del där nivåskillnaden mellan vägen och angränsande mark är som störst.

Den på grundlagda kajen går ej att modellera i kombinerad analys. Beräkning redovisas endast för odränerad analys.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Tabell 8.6.2-2 Resultat från utförda beräkningar, samt hänvisning till respektive figur i beräkningsbilaga.

Sektion	Lägst beräknad säkerhetsfaktor mot brott, F					
	F <sub>C</sub>	(Bilaga)	F <sub>KOMB</sub>	(Bilaga)	F <sub>φ</sub>	(Bilaga)
Norra Sanden, Gamla Hamnkanalen	-		1,64	C2-1	1,39	C2-1
Norra Sanden, Vassbottenleden	-		-		2,39	C2-2
Fisketorget, norra delen	<b>1,39</b>	C2-3	-		-	
Fisketorget, södra delen	1,62	C2-4				

Enligt utförda beräkningar uppfylls erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott för nyexplatering inom Sanden.

För Fisketorget's södra del (byggrätt) uppfylls erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott för nyexploatering.

För Fisketorget's norra del (parkering) uppnås erforderlig säkerhet mot stabilitetsbrott för befintliga förhållanden men inte för nyexploatering.

En väsentlig förbättring av stabilitetsförhållandena skulle kunna erhållas genom att anlägga en tryckbank i Gamla hamnkanalen. Metoden är enkel och robust samt mycket kostnadseffektiv.

En alternativ metod som finns är att ersätta den tunga fyllningen bakom kajmuren med lättfyllning. Dock är det med hänsyn till områdets marknivåer och nivån på högsta högvatten endast möjligt att lägga endast lite lättfyllning eftersom risk finns för upplyft. I förhållande till nytta blir också kostnaden förhållandevis hög.

Resultat från utförda beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga C2.

## 9 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER

I detta avsnitt ges preliminära geotekniska rekommendationer för mark och grundläggning av byggnader.

All dimensionering ska utföras enligt för projektet gällande BBR och tillhörande EKS. Grundläggningsarbetena kan hänföras till geoteknisk kategori 2 (GK2).

### 9.1 Mark

#### 9.1.1 Norra Sanden

Stabilitetsförhållandena är tillfredställande för både befintliga och blivande förhållanden inom Sanden. Med hänsyn till att den övre delen av jordprofilen utgörs av friktionsjord kan förhållandevis stora laster påföras utan risk för stabilitetsbrott.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> 2016-12-23	<b>Rev datum</b> 2017-03-27
<b>Uppdragsnummer</b> 4021-1602	<b>Handläggare</b> AGm/TTp	<b>Status</b>

Området ligger lågt i förhållande till Väneren och risk för översvämning med hänsyn till framtida klimatförändringar föreligger.

### 9.1.2 Fisketorget

För att nå krav för nyexploatering inom hela ytan krävs att åtgärder vidtas utmed de delar av Gamla Hamnkanalen där bottennivåerna är lägre. En möjlig åtgärd är utläggning av tryckbank i kanalen vilket är en robust och enkel åtgärd. Åtgärden kommer dock sannolikt kräva vattendom.

Inom Fisketorget krävs att belastningsrestriktioner införs både avseende befintliga och planerade förhållanden. För byggrätten är maximal ytlast 10 kPa. Övriga ytor kan belastas med maximalt 5 kPa.

Vidare krävs att Gamla hamnkanalens botten inte blir lägre än vad utförd lodning visar, exempelvis på grund av muddring.

## 9.2 Grundläggning av byggnader

Marken kan belastas med små permanenta laster  $< 5 \text{ kN/m}^2$  med begränsad utbredning, exempelvis små lätta byggnader, utan att några större sättningar kan förväntas. För större laster, t ex orsakade av tyngre byggnader eller uppfyllnader, finns en överhängande risk för stora konsoliderings- och krypsättningar. Uppfyllnad ska undvikas inom planområdet med hänsyn till sättningar. Små lätta byggnader inom ( $< 5 \text{ kN/m}^2$ ) kan grundläggas med platta på mark eller med plintar.

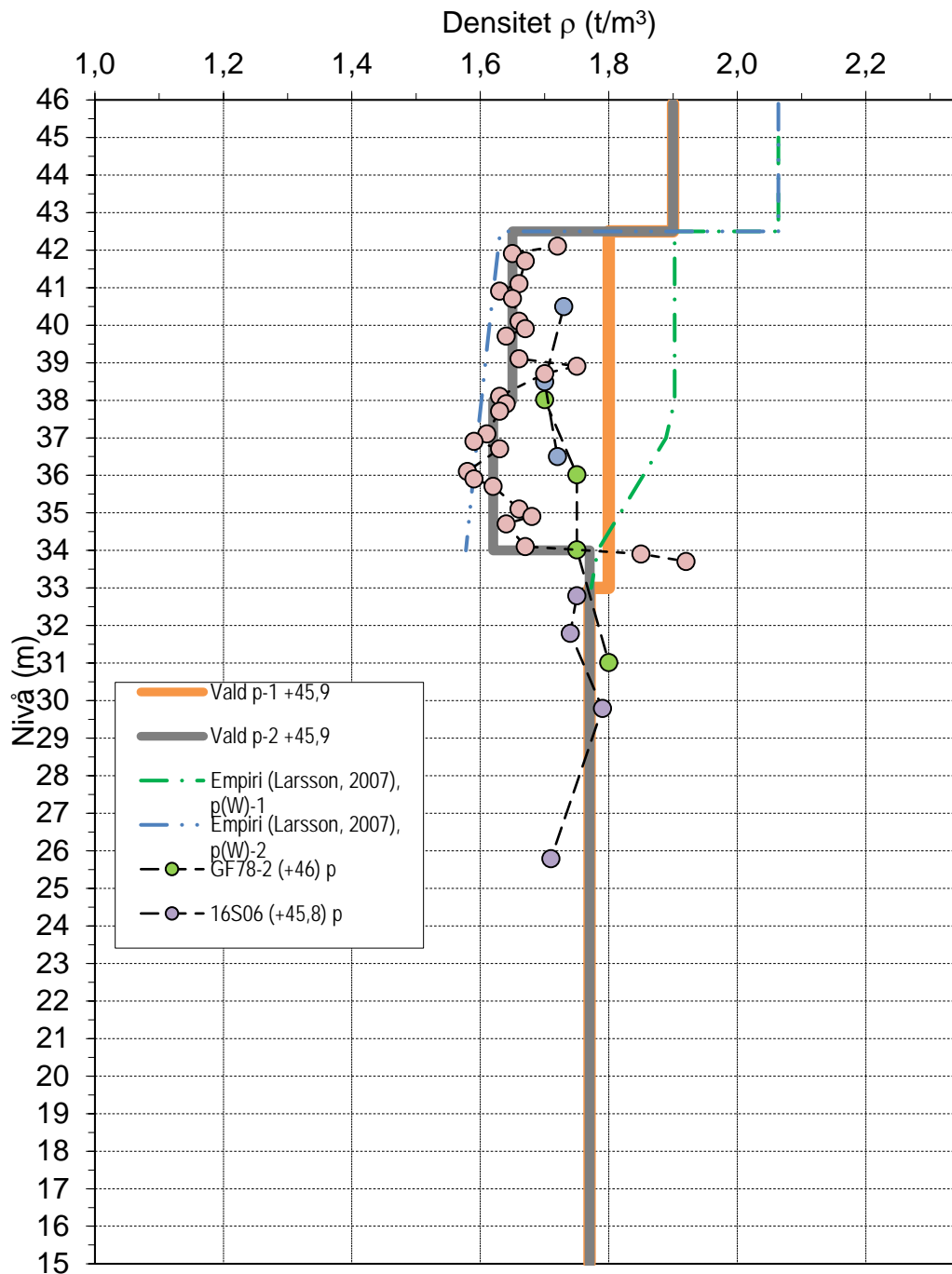
Byggnader, där människor stadigvarande vistas, inom normalriskområde ska normalt utföras med radonskyddande konstruktion eller motsvarande åtgärder så att högsta tillåtna radonhalt inte kommer att överskridas i byggnaden. Byggnader, där människor stadigvarande vistas, inom högriskområde ska normalt utföras med radonsäker konstruktion eller motsvarande åtgärder så att högsta tillåtna radonhalt inte kommer att överskridas i byggnaden. Ansvaret för att bedöma den faktiska radonrisken på varje byggplats och vidta tillräckliga skyddsåtgärder åligger dock den som ska bygga.

## 9.3 Schaktarbeten

Schaktslänter i sand och silt kan anses vara stabila för släntlutningar 1:1.5 eller flackare. Stabilitet för tillfälliga schaktarbeten ska verifieras i samband med detaljprojektering om schaktdjupet överstiger 2 m. Jorden innehåller silt och är flytbenägen vilket måste beaktas vid schaktarbeten.

Titel PM Geoteknik	Dokumentdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

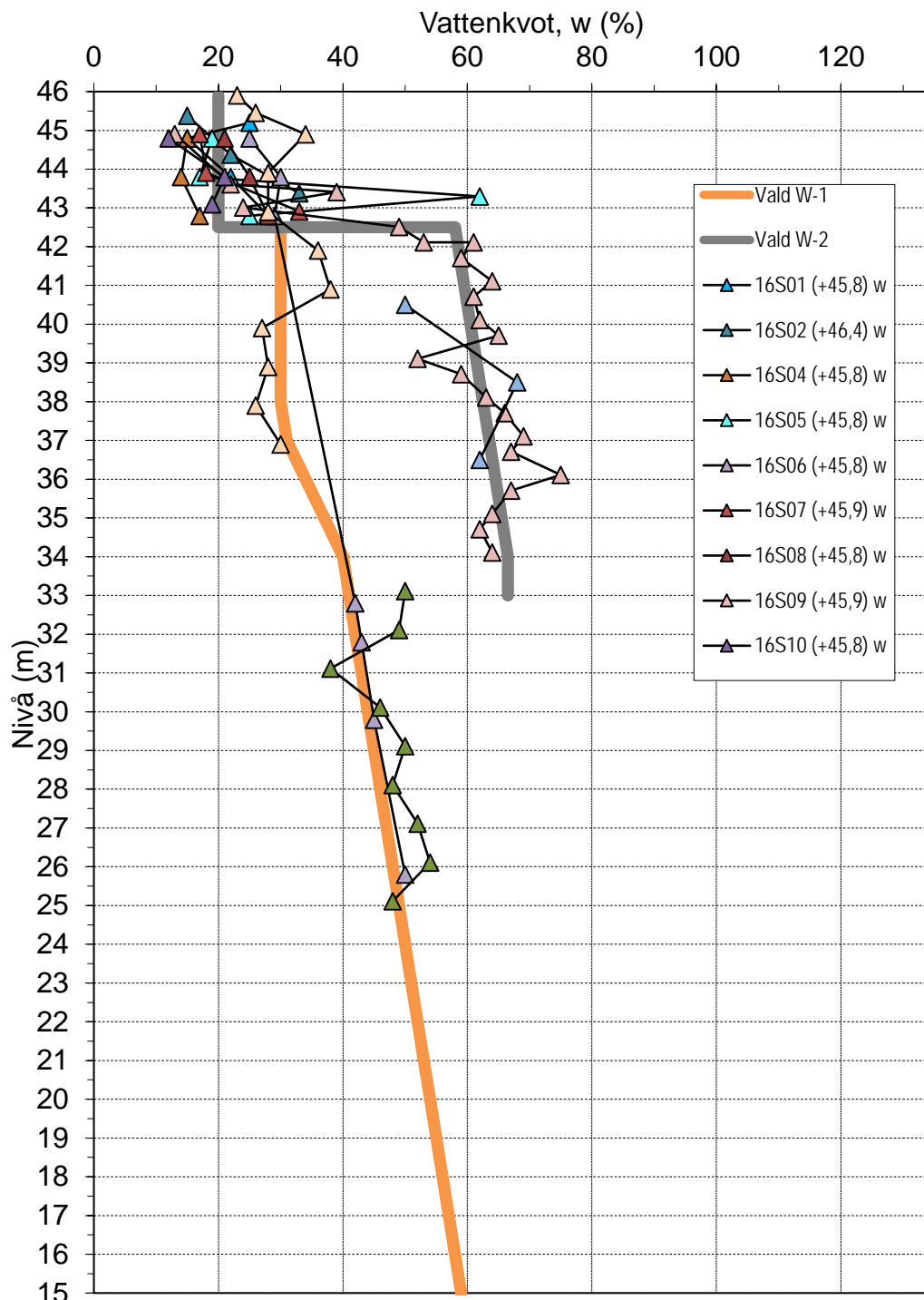
**Utvärderade värden**



Figur A1-1 Sammanställning av densitet och valt ingenjörsmässigt medelvärde.

Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

**Utvärderade värden**

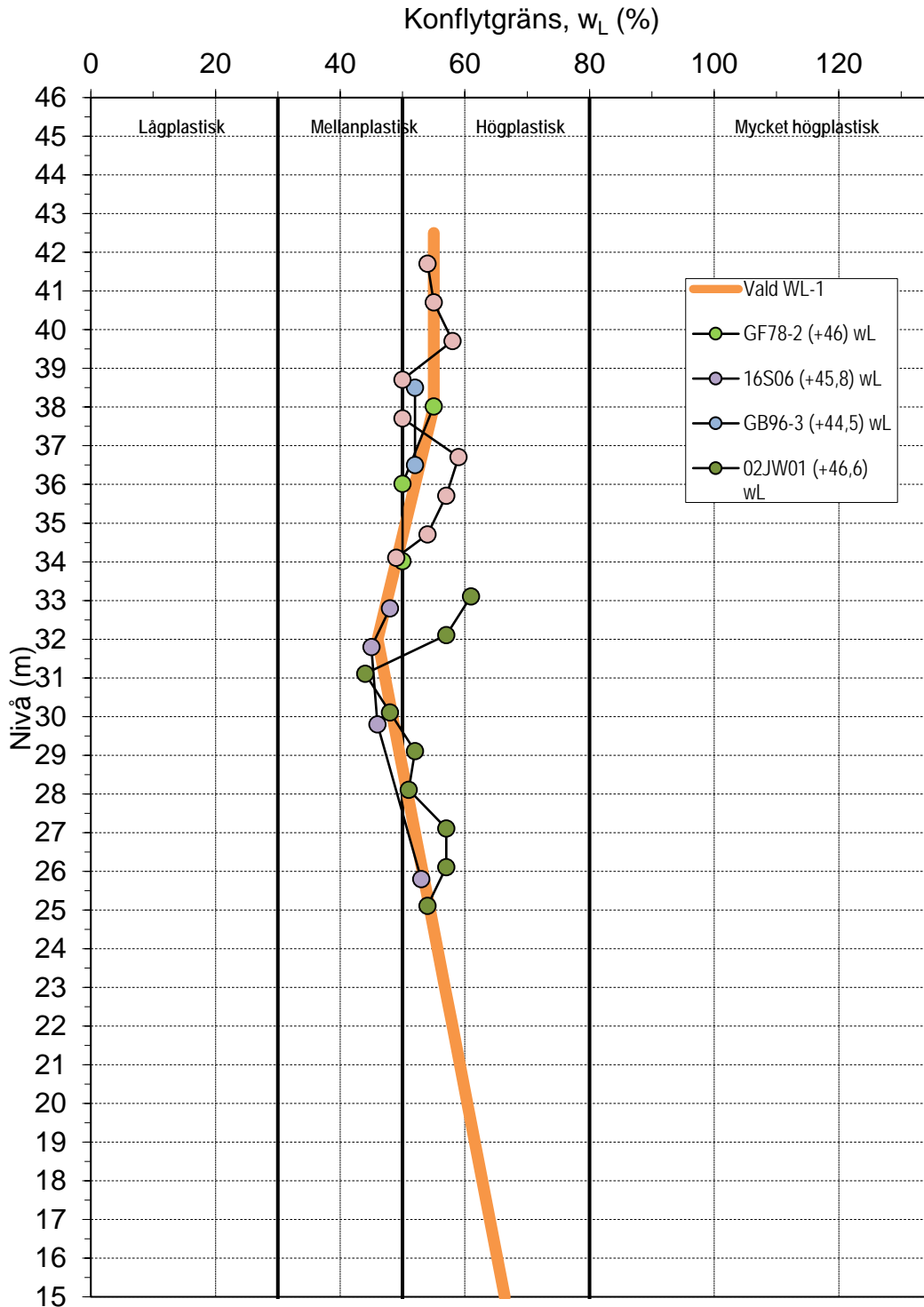


Figur A1-2 Sammanställning av vattenkvot och valt ingenjörsmässigt medelvärde.



Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

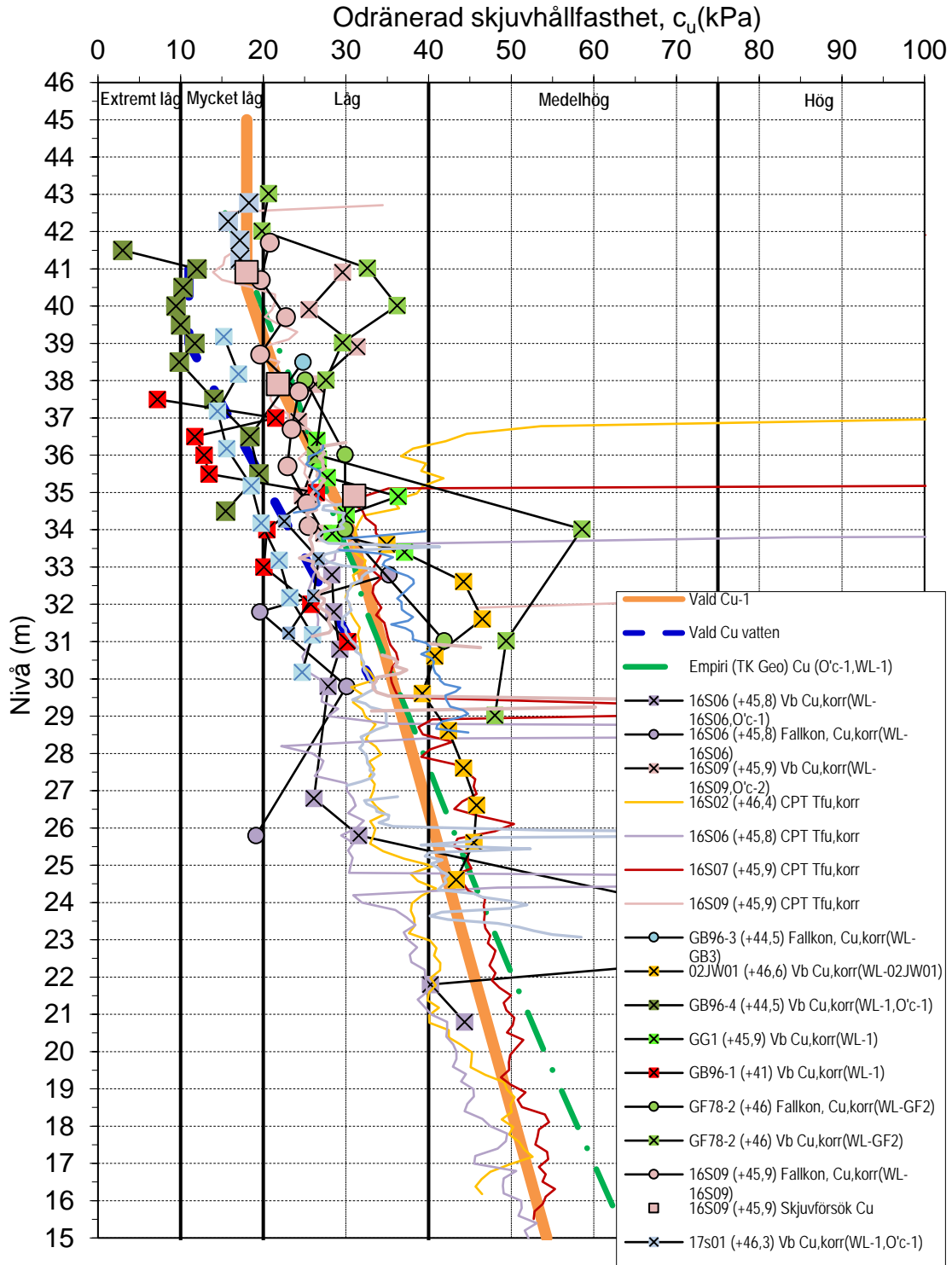
**Utvärderade värden**



Figur A1-3 Sammanställning av konflytgräns och valt ingenjörsmässigt medelvärde.

Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

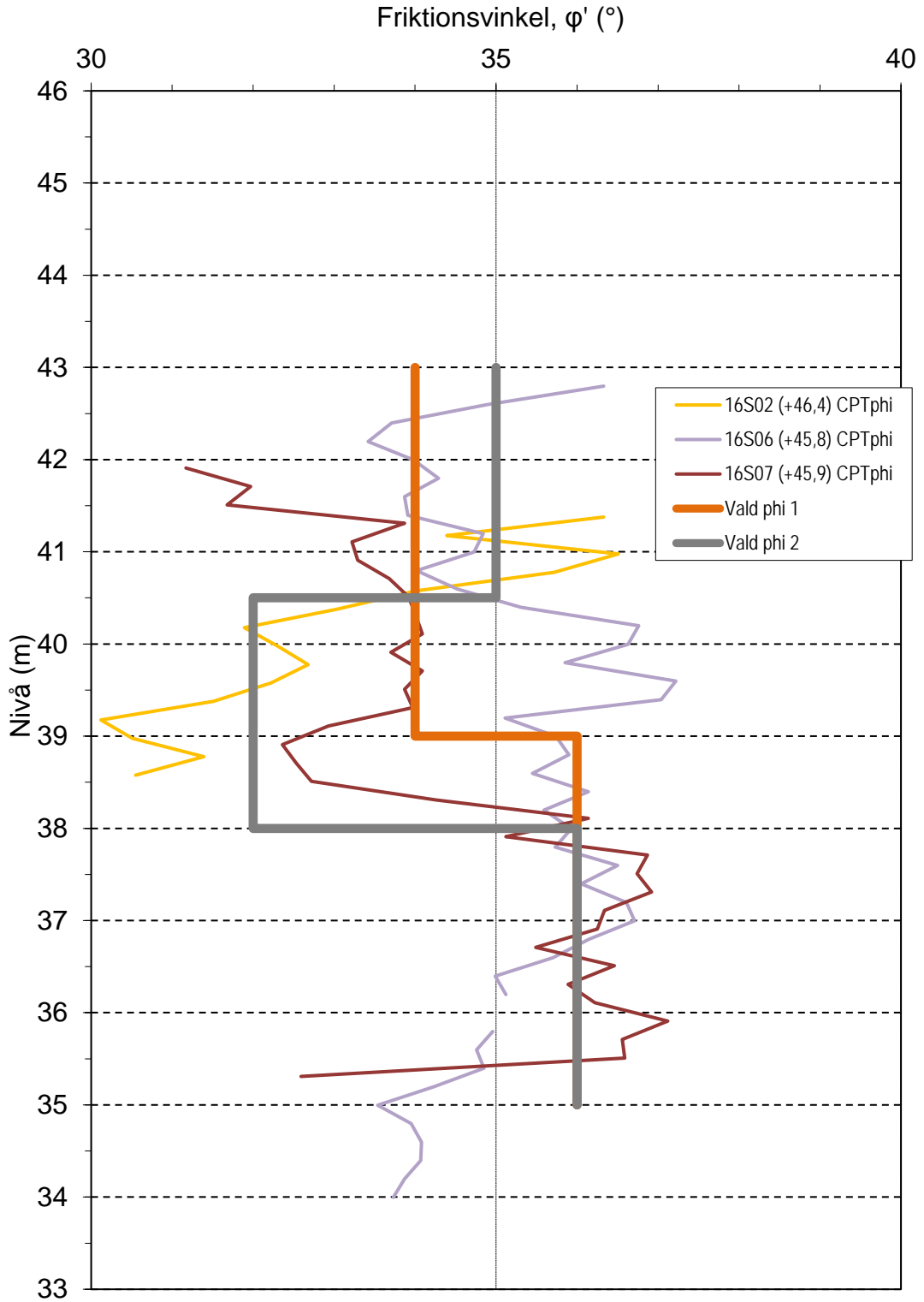
**Utvärderade värden**



Figur A1-4 Sammanställning av jordens odränerade skjuvhållfasthet och valt ingenjörsmässigt medelvärde.

Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

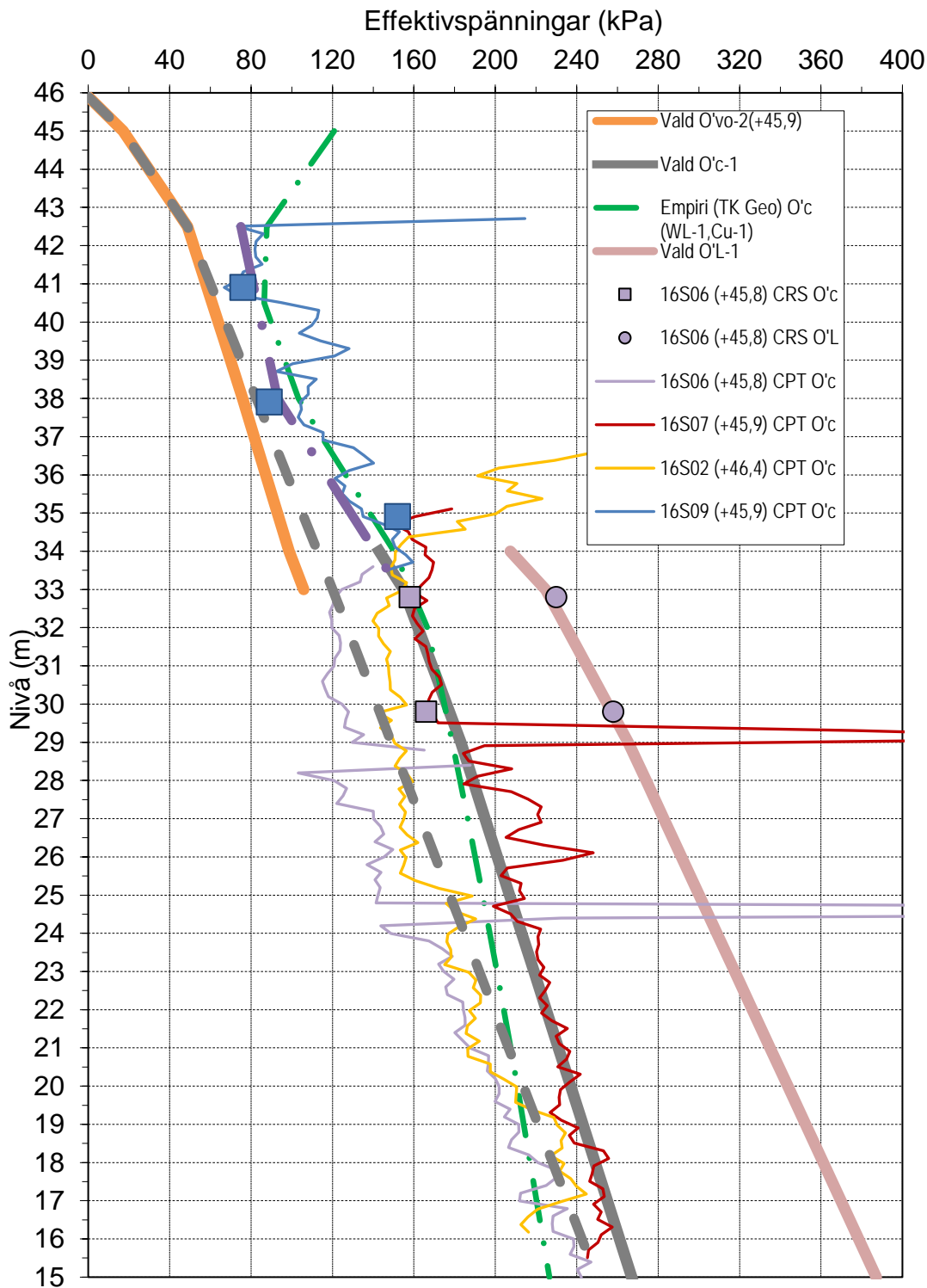
**Utvärderade värden**



Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga A1
		Rev.

**Utvärderade värden**

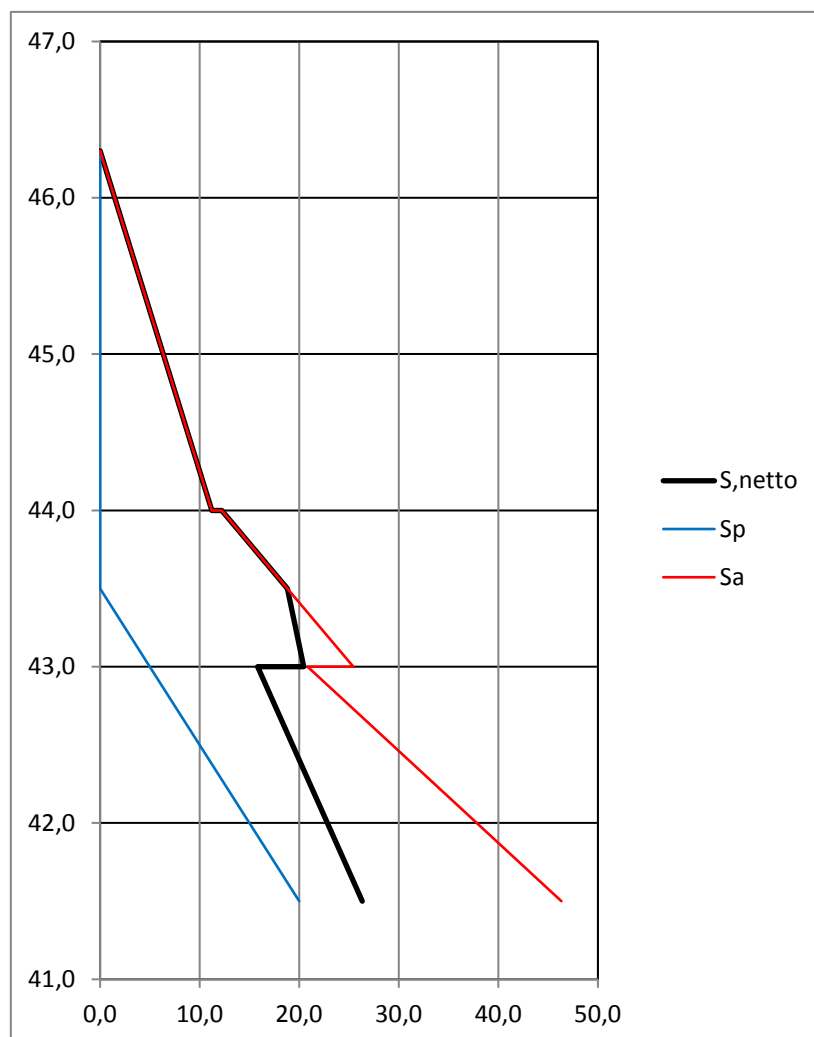
Figur A1-5 Sammanställning av jordens inre friktionsvinkel och valt ingenjörsmässigt medelvärde.



Figur A1-6 Effektivspänningsdiagram och valt ingenjörsmässigt medelvärde.

Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga B1
		Rev.

### Jordtrycksberäkningar



Figur B1-1 Jordtryck mot kanalmur (aktivtryck). Resulterade horisonallast uppgår till 62 kN/m och angriper på nivån ca +43,0.

AKTIV SIDA. KARAKTERISTISKA VÄRDEN												
z	g	q	Svj	Sv	u	f'k	Ka	Sa,fr	cuk	r	Sa,cu	Sa
46,3	18	0	0	0	0	35	0,271	0,0				0,0
44,0	18	0	41,4	41,4	0	35	0,271	11,2				11,2
44,0	21	0	41,4	41,4	0	33	0,295	12,2				12,2
43,5	21	0	51,9	51,9	5	33	0,295	18,8				18,8
43,0	21	0	62,4	62,4	10	33	0,295	25,4				25,4
43,0	17	0	62,4	62,4	10				18	0,5	20,8	20,8
41,5	17	0	87,9	87,9	25				18	0,5	46,3	46,3

Figur B1-2 Beräkning av aktivtryck.

Titel PM Geoteknik	Dokumentsdatum se PM	Rev datum 2017-03-27
Projektnummer 4021-1602	Ärendenummer	Bilaga B1
		Rev.

### Jordtrycksberäkningar

PASSIV SIDA. VATTENTRYCK		
z	u	Sp
46,3	0	0
44,0	0	0
44,0	0	0
43,5	0	0
43,0	5	5
43,0	5	5
41,5	20	20

Figur B1-3 Passivtryck (ingen jord, endast vattentryck)

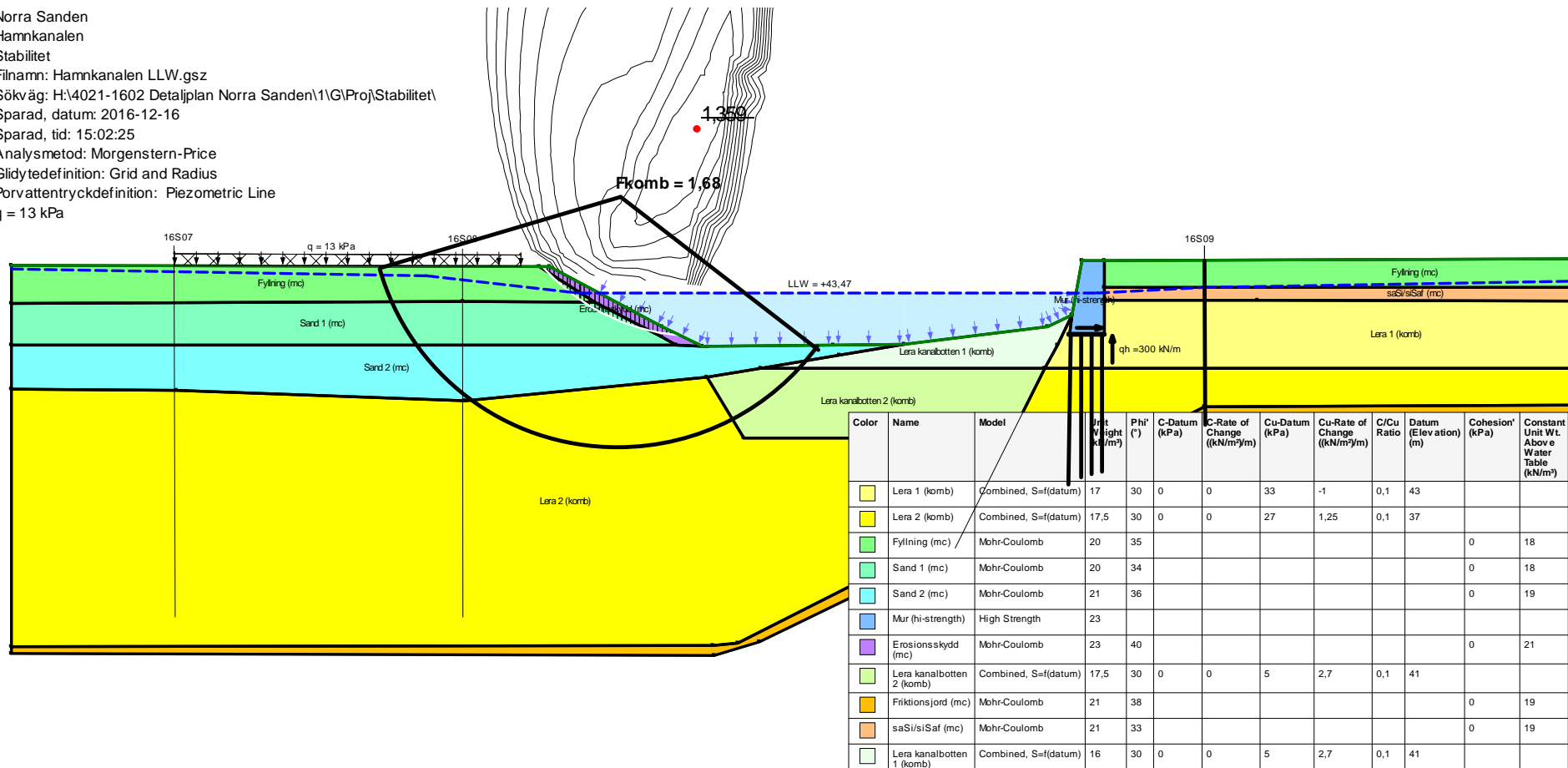
NETTOJORDTRYCK		
z	z	S,netto
46,3	46,3	0,0
44,0	44,0	11,2
44,0	44,0	12,2
43,5	43,5	18,8
43,0	43,0	20,4
43,0	43,0	15,8
41,5	41,5	26,3

Figur B1-4 Nettojordtryck mot kanalmur.

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga B2	<b>Sid.nr.</b> 1 (3)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen

Norra Sanden  
Hamnkanalen  
Stabilitet  
Filnamn: Hamnkanalen LLW.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Pro\Stabilitet  
Sparad, datum: 2016-12-16  
Sparad, tid: 15:02:25  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidytedefinition: Grid and Radius  
Porvattentryckdefinition: Piezometric Line  
q = 13 kPa



Figur B2-1 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, västra sidan, kombinerad och dränerad analys.

STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB

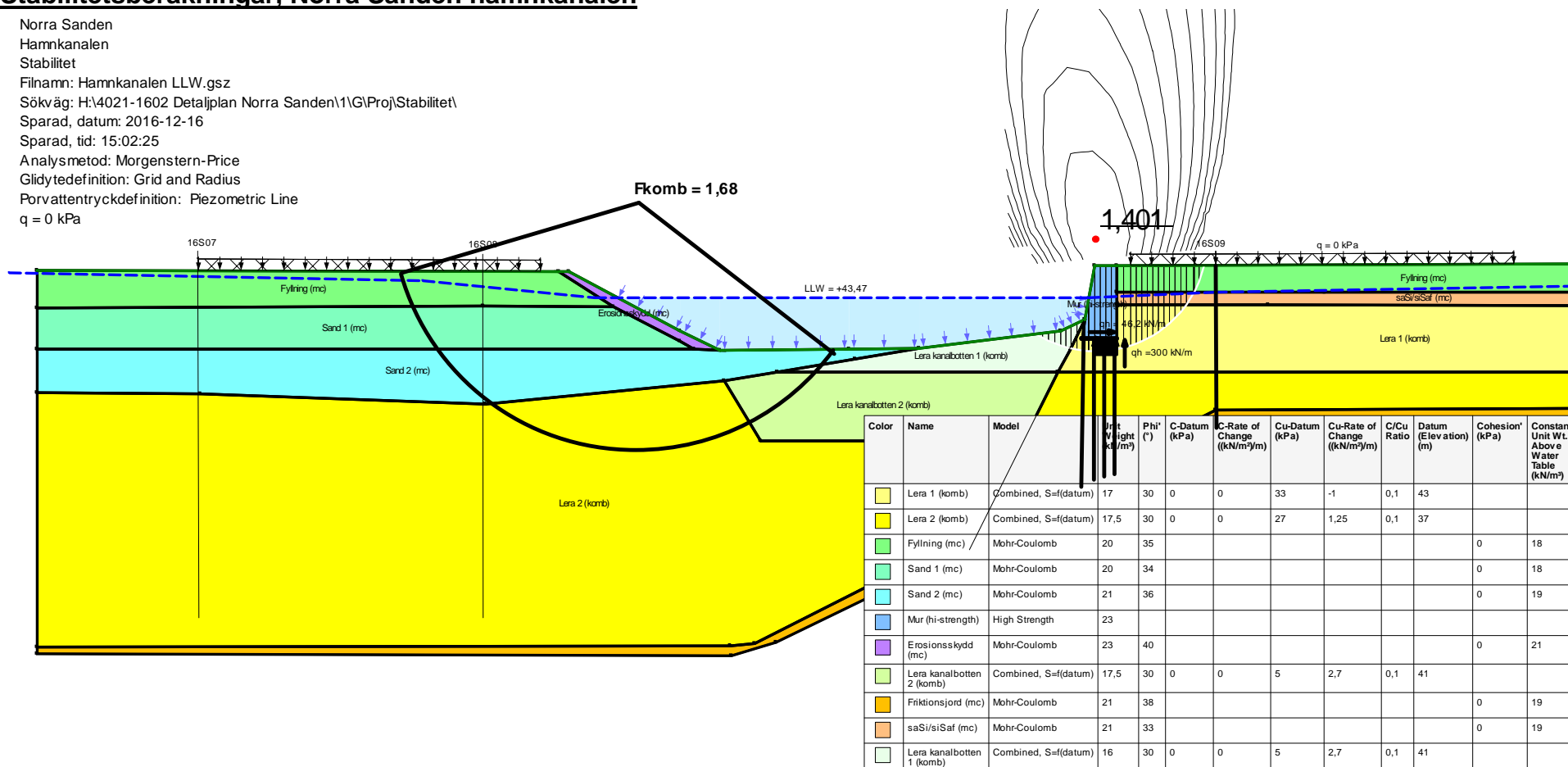
Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga b2 (stabilitet norra sanden kanal).docx

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga B2	<b>Sid.nr.</b> 2 (3)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen

Norra Sanden  
Hamnkanalen  
Stabilitet  
Filnamn: Hamnkanalen LLW.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Proj\Stabilitet\  
Sparad, datum: 2016-12-16  
Sparad, tid: 15:02:25  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridytedefinition: Grid and Radius  
Porvattentryckdefinition: Piezometric Line  
q = 0 kPa



Figur B2-2 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, östra sidan (Fisketorget) sidan, kombinerad analys.

STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

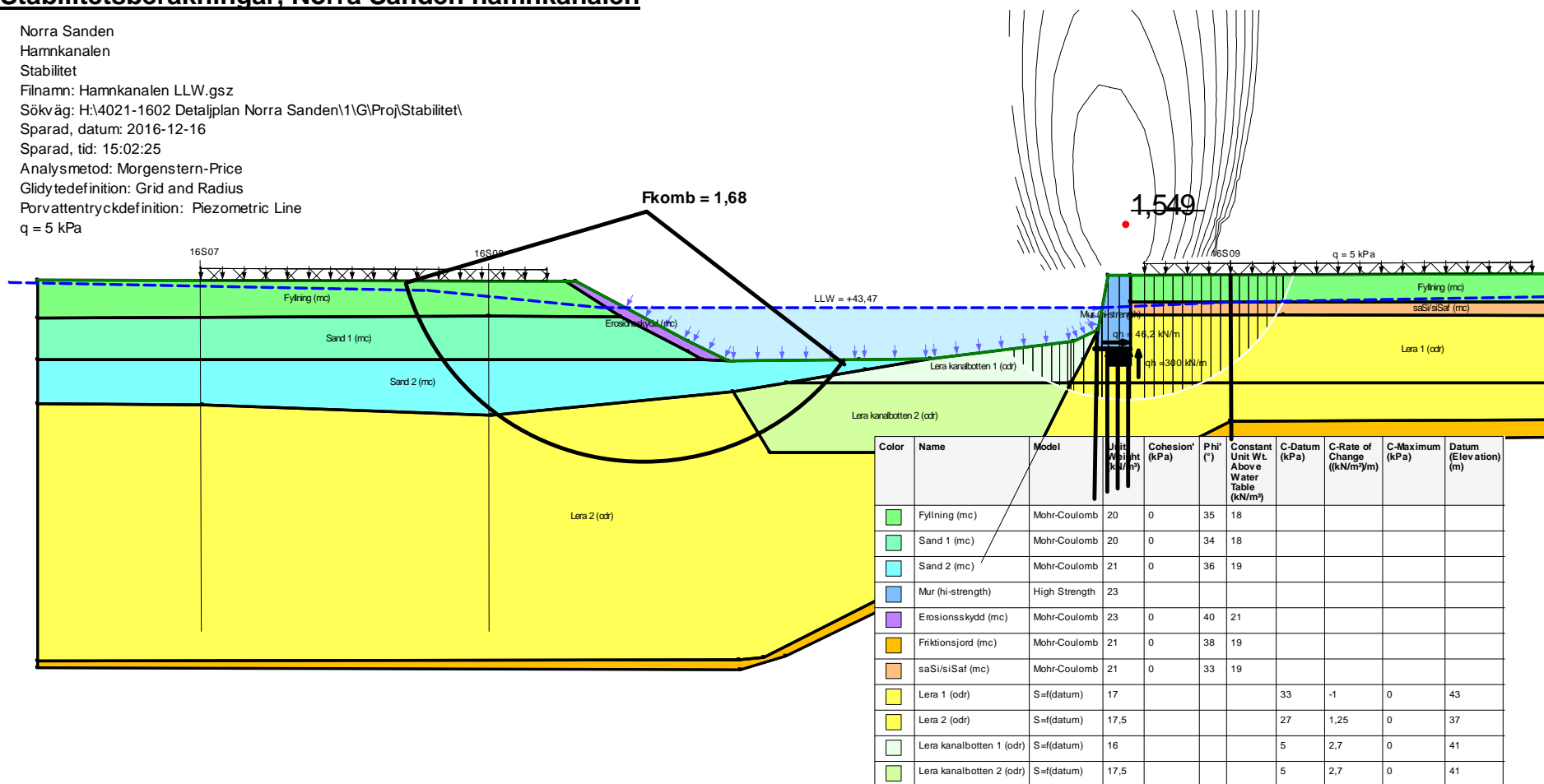
h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga b2 (stabilitet norra sanden kanal).docx



<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga B2	<b>Sid.nr.</b> 3 (3)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen

Norra Sanden  
Hamnkanalen  
Stabilitet  
Filnamn: Hamnkanalen LLW.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Proj\Stabilitet\  
Sparad, datum: 2016-12-16  
Sparad, tid: 15:02:25  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidytedefinition: Grid and Radius  
Porravtryckdefinition: Piezometric Line  
q = 5 kPa



Figur B2-3 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, östra sidan (Fisketorget) sidan, odränerad analys.

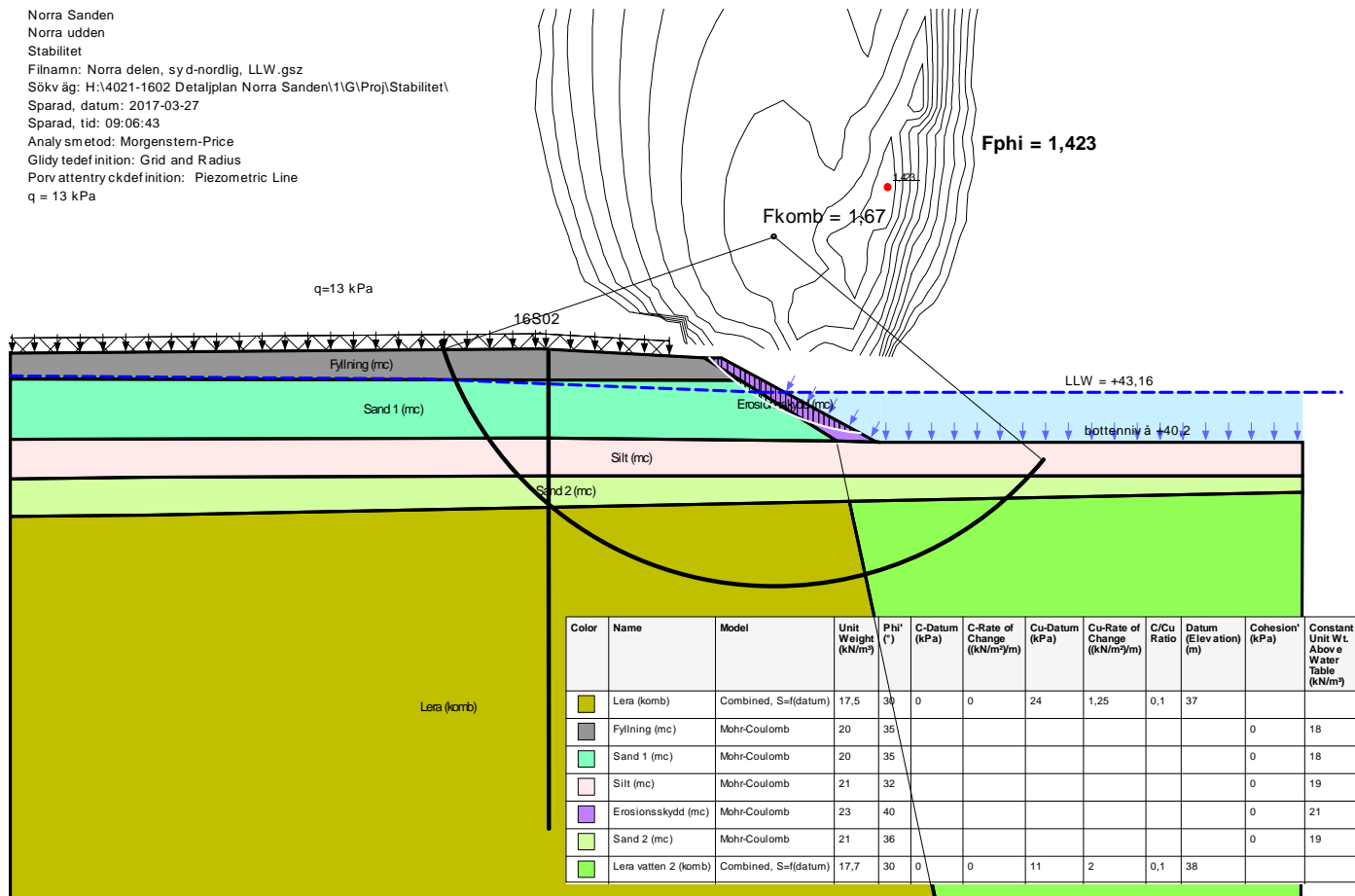
**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C1	<b>Sid.nr.</b> 1 (1)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden

Norra Sanden  
Norra udden  
Stabilitet  
Filnamn: Norra delen, syd-nordlig, LLW.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Proj\Stabilitet\  
Sparad, datum: 2017-03-27  
Sparad, tid: 09:06:43  
Analytisk metod: Morgenstern-Price  
Grid definition: Grid and Radius  
Porvattentryckdefinition: Piezometric Line  
q = 13 kPa



Figur C1-1 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, kombinerad och dränerad analys.

STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB

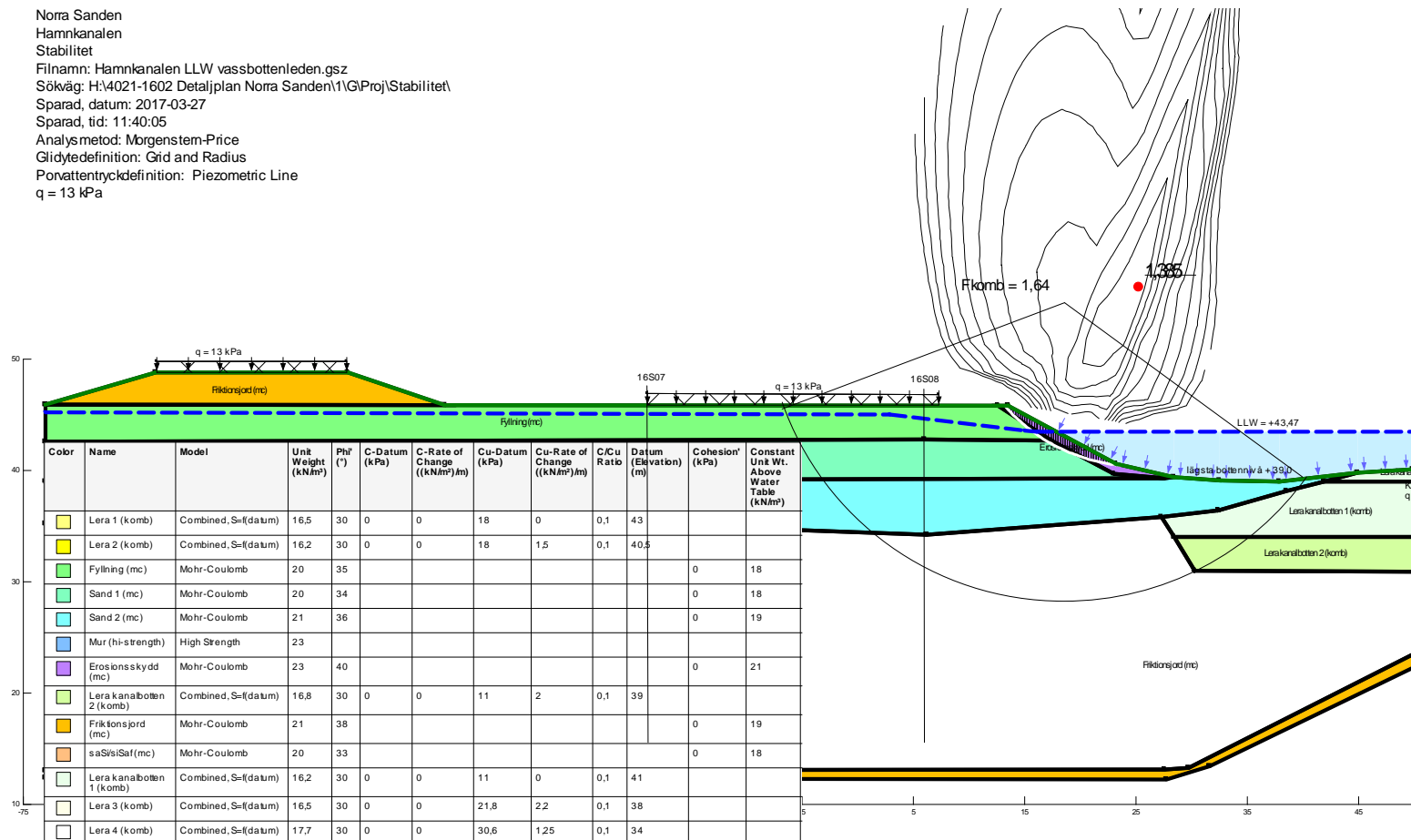
Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga c1 (stabilitet norra sanden nord).docx

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C2	<b>Sid.nr.</b> 1 (5)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen

Norra Sanden  
Hamnkanalen  
Stabilitet  
Filnamn: Hamnkanalen LLW vassbottenleden.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Proj\Stabilitet\  
Sparad, datum: 2017-03-27  
Sparad, tid: 11:40:05  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidtydefinition: Grid and Radius  
Povattenttryckdefinition: Piezometric Line  
q = 13 kPa



Figur C2-1 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, västra sidan, kombinerad och dränerad analys.

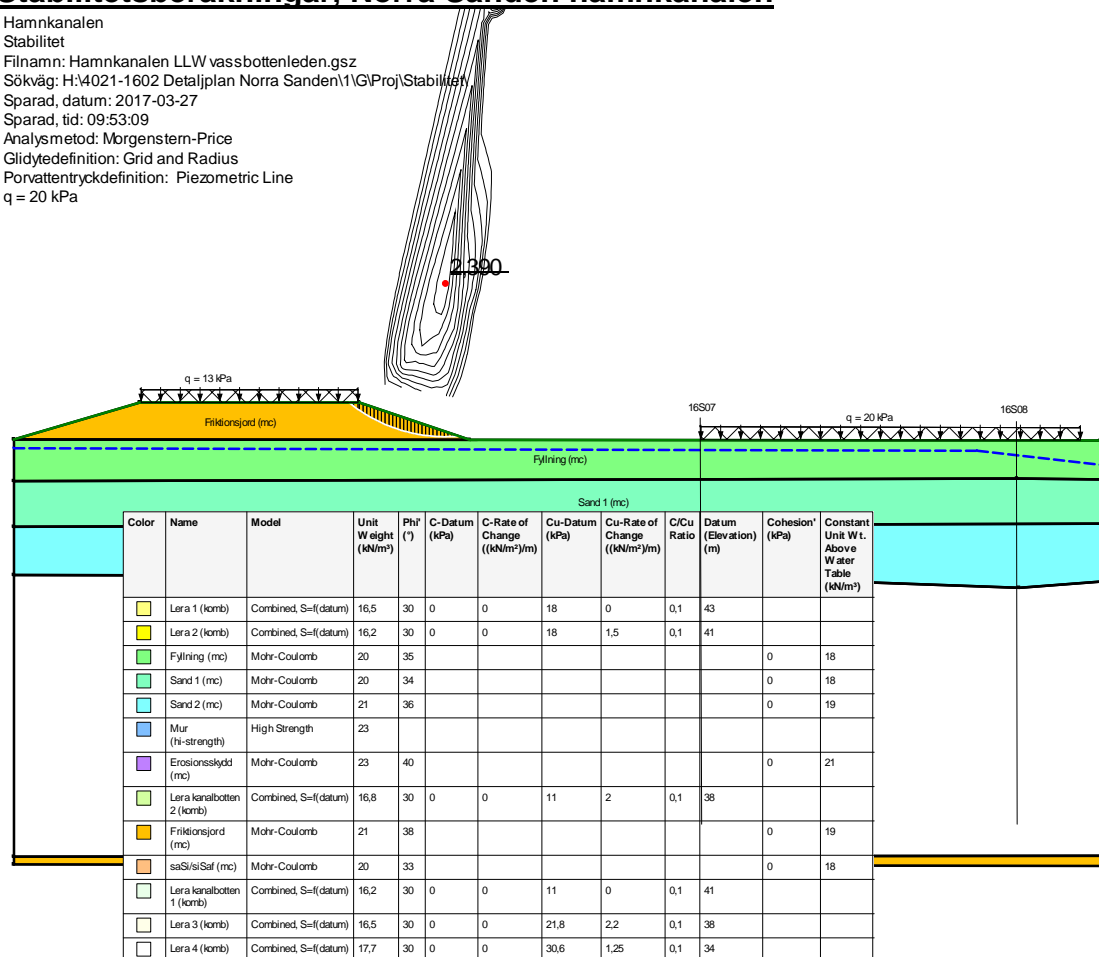
**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C2	<b>Sid.nr.</b> 2 (5)

### Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen

Hamnkanalen  
Stabilitet  
Filnamn: Hamnkanalen LLW vassbottenleden.gsz  
Sökväg: H:\4021-1602 Detaljplan Norra Sanden\1\G\Proj\Stabilitet  
Sparad, datum: 2017-03-27  
Sparad, tid: 09:53:09  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidytedefinition: Grid and Radius  
Porvattentryckdefinition: Piezometric Line  
q = 20 kPa



Figur C2-2 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, Vassbottenleden, dränerad analys.

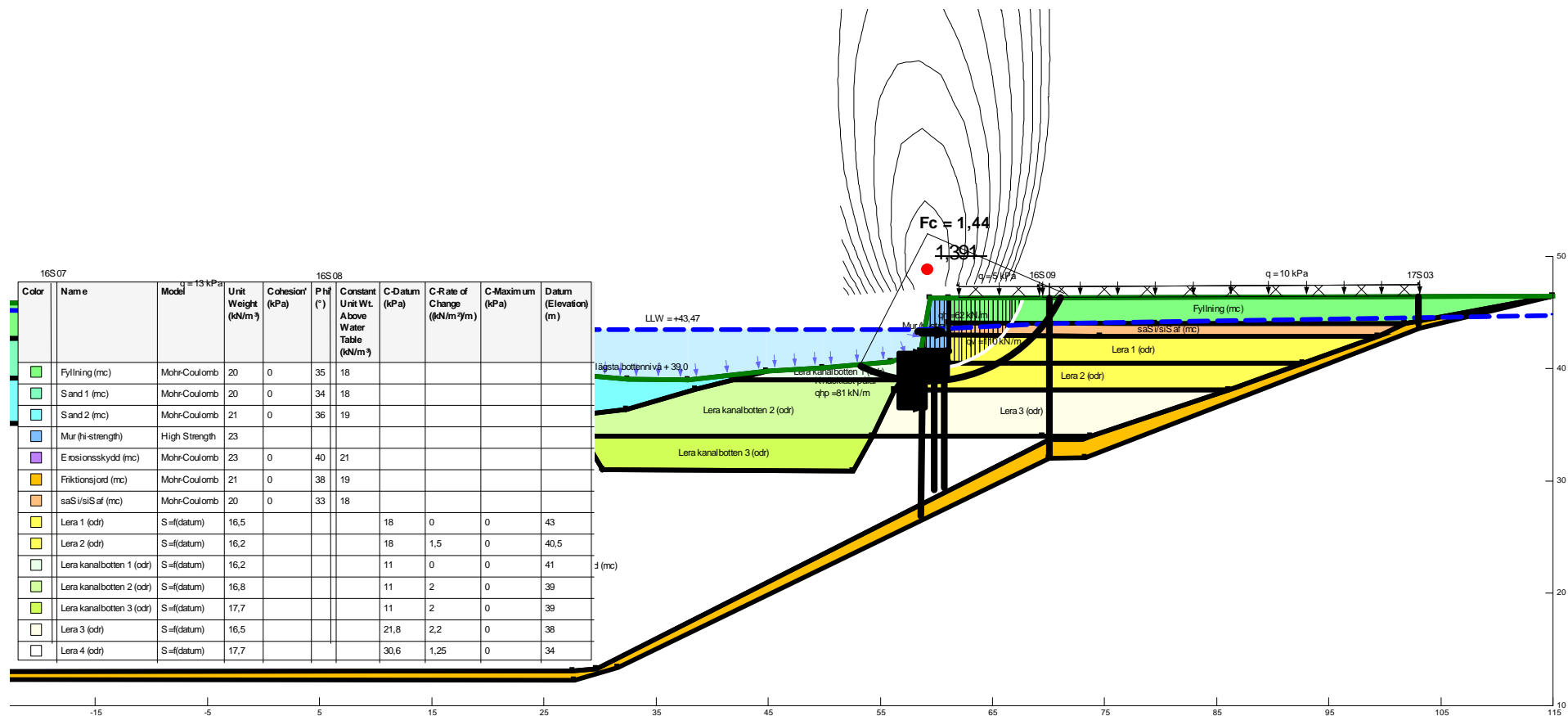
STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga c2 (stabilitet norra sanden kanal).docx

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C2	<b>Sid.nr.</b> 3 (5)

**Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen**



Figur C2-3 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, östra sidan (Fisketorget) norra delen, odränerad analys.

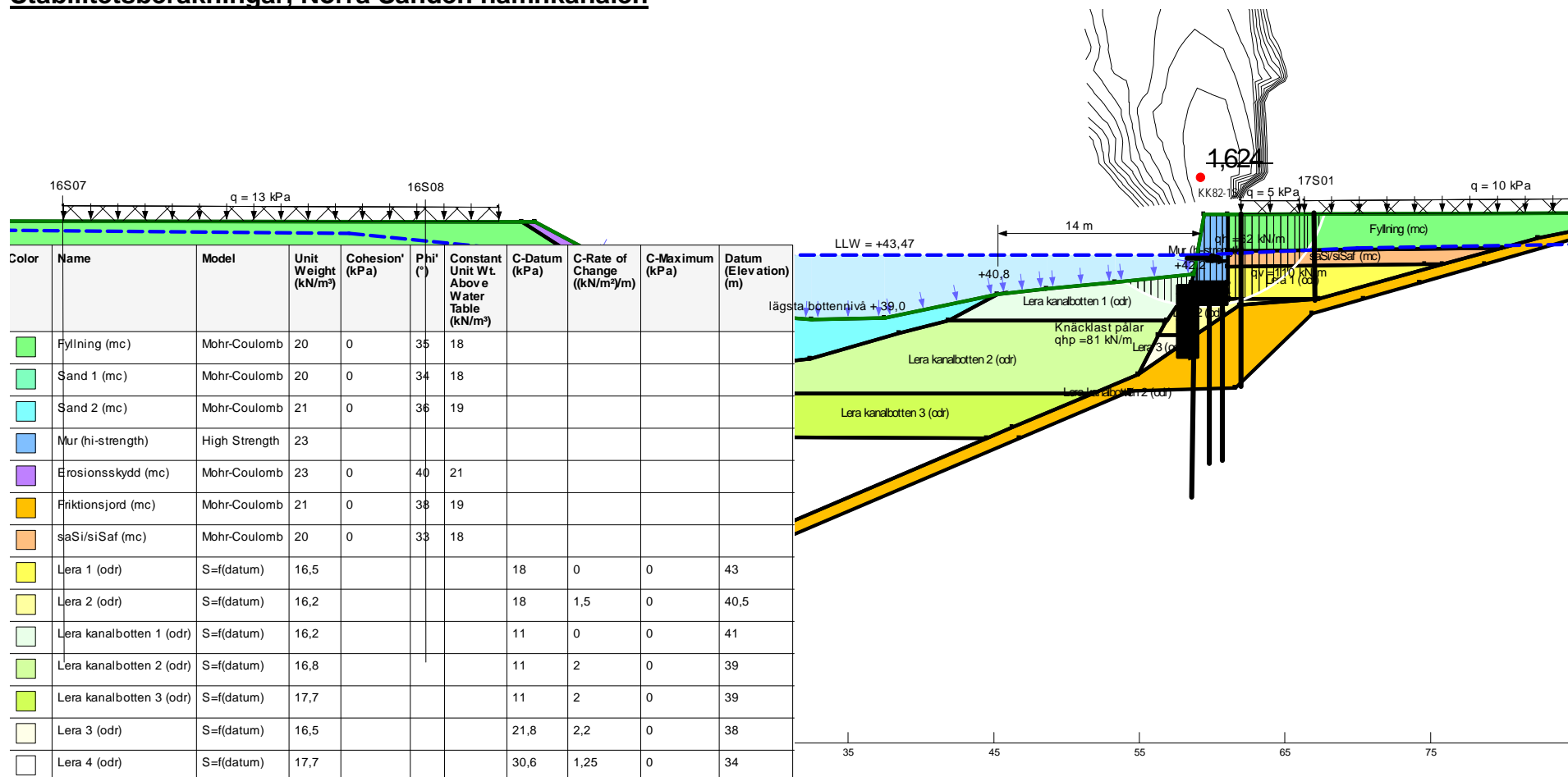
**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga c2 (stabilitet norra sanden kanal).docx

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C2	<b>Sid.nr.</b> 4 (5)

**Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen**



Figur C2-4 Stabilitet för befintliga och planerade förhållanden, östra sidan (Fisketorget) södra delen, odränerad analys.

**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

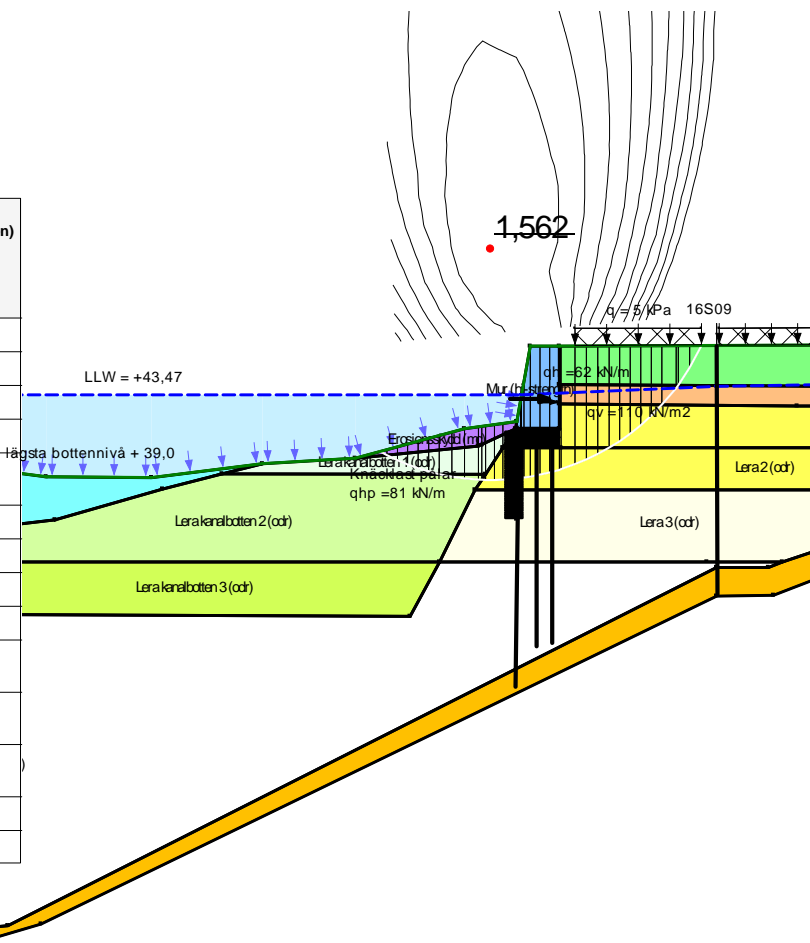
Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga c2 (stabilitet norra sanden kanal).docx

<b>Titel</b> PM Geoteknik	<b>Dokumentdatum</b> se PM	<b>Rev datum</b>	
<b>Uppdragsnummer</b> 4020-1602	<b>Handläggare</b> TT	<b>Bilaga.</b> Bilaga C2	<b>Sid.nr.</b> 5 (5)

**Stabilitetsberäkningar, Norra Sanden hamnkanalen**

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion (kPa)	Phi' (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)
16S07	Fyllning (mc)	Mohr-Coulomb	20	0	35	18				
	Sand 1 (mc)	Mohr-Coulomb	20	0	34	18				
	Sand 2 (mc)	Mohr-Coulomb	21	0	36	19				
	Mur (hi-strength)	High Strength	23							
	Erosionsskydd (mc)	Mohr-Coulomb	23	0	40	21				
	Friktionsjord (mc)	Mohr-Coulomb	21	0	38	19				
	saSi/sSaf (mc)	Mohr-Coulomb	20	0	33	18				
	Lera 1 (odr)	S=(datum)	16,5				18	0	0	43
	Lera 2 (odr)	S=(datum)	16,2				18	1,5	0	40,5
	Lera kanalbotten 1 (odr)	S=(datum)	16,2				11	0	0	41
	Lera kanalbotten 2 (odr)	S=(datum)	16,8				11	2	0	39
	Lera kanalbotten 3 (odr)	S=(datum)	17,7				11	2	0	39
	Lera 3 (odr)	S=(datum)	16,5				21,8	2,2	0	38
	Lera 4 (odr)	S=(datum)	17,7				30,6	1,25	0	34



Figur C2-5 Stabilitet med eventuell tryckbank, östra sidan (Fisketorget), norra delen, odränerad analys.

**STRUCTOR MARK GÖTEBORG AB**

Kungsgatan 18  
411 19 Göteborg

h:\4021-1602 detaljplan norra sanden\1\g\text\pm\pm-001-bilaga c2 (stabilitet norra sanden kanal).docx