

# Fastighet Högsbo 37:2, Sisjön Planeringsunderlag geoteknik

## *Geoteknisk undersökning*

Göteborg 2009-06-10



Beställare: HIAG Fastigheter i Sisjön AB  
Uppdragsnummer: 221205

Handläggare

Granskare

Birgitta Pettersson  
**Tyréns AB**

Bengt Hansson

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>UPPDRAG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PLANERAD BYGGNATION .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN .....</b>	<b>3</b>
<b>4.1</b>	<b>Utförda undersökningar .....</b>	<b>3</b>
4.1.1	<i>Tidigare undersökningar .....</i>	<i>3</i>
4.1.2	<i>Utförda undersökningar .....</i>	<i>3</i>
<b>4.2</b>	<b>Topografi.....</b>	<b>4</b>
<b>4.3</b>	<b>Jordlagerföljd .....</b>	<b>4</b>
<b>4.4</b>	<b>Geohydrologiska förhållanden .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>SLÄNTSTABILITET.....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN .....</b>	<b>6</b>
<b>6.1</b>	<b>Parameterutvärdering .....</b>	<b>6</b>
<b>6.2</b>	<b>Beräkningar .....</b>	<b>8</b>
<b>6.3</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>9</b>
<b>7.1</b>	<b>Allmänt.....</b>	<b>9</b>
<b>7.2</b>	<b>Byggnader .....</b>	<b>10</b>
<b>7.3</b>	<b>Omgivande mark och P-ytor .....</b>	<b>11</b>

## HÄNVISNINGAR

- Rapport geoteknisk undersökning, Rgeo, daterad 2009-06-10

## BILAGOR

- Stabilitetsberäkning Bilaga 1

## 1 Uppdrag

Inför en planerad etablering av Hornbach i Sisjön har Tyréns AB, på uppdrag av HIAG Fastigheter i Sisjön AB, ett uppdrag att utreda förutsättningarna för en tomt i Sisjön, Högsbo 37:2. Utredningen omfattar en översiktlig geoteknisk och miljögeoteknisk utredning som syftar till att beskriva jordlagerföljd och mäktighet i området, klargöra förutsättningarna för byggnation och grundläggning samt även påvisa om det finns några markföroreningar på tomten. Uppdraget innefattar även en miljöinventering av kontorsbyggnad och lagerbyggnad inför rivning. Detta planeringsunderlag redovisar de geotekniska frågeställningarna.

## 2 Befintliga förhållanden

I dagsläget utnyttjas hela fastigheten av Forbo. Fastigheten är avstyckad i två delar där den södra delen (ca 32000 m<sup>2</sup>) är tänkt för en etablering av Hornbach. Området är flackt och ligger mellan Sisjövägen, Stora Åvägen och södra Långebergsgatan. I söder, parallellt med Stora Åvägen flyter Stora ån. Södra delen av området (Hornbachs tomt) är i dagsläget bebyggt med en kontorsbyggnad och en lagerbyggnad, p-platser samt att det finns en del grönytor.

## 3 Planerad byggnation

Området är tänkt att rymma funktionella byggnader för bygg- och trädgårdsmarknad samt parkeringsplatser. Slutlig utformning av området är i dagsläget inte tagen.

## 4 Geotekniska förhållanden

### 4.1 Utförda undersökningar

#### 4.1.1 Tidigare undersökningar

Information om förväntade jorddjup har tagits från kopierad karta från Statsbyggnadskontoret i Göteborg.

Information har även inhämtats från tidigare utförd geoteknisk undersökning enligt: ”PM angående geoteknisk undersökning för produktionshall vid Forshaga, Sisjöns industriområde, Göteborg”, (VIAK:s arb nr 5416-46-6564). Göteborg 1988-03-24.

#### 4.1.2 Utförda undersökningar

Tyréns AB har utfört geotekniska undersökningar i 5 st punkter inom området. Redovisning av resultatet och omfattningen av utförda undersökningar framgår av Rapport geoteknisk undersökning (Rgeo) daterad 2009-06-10. Dessutom har en Miljöinventering för rivning av befintliga byggnader samt en Miljöteknisk markundersökning utförts och redovisas i separata rapporter.

Undersökningarna har fördelats över hela området för att få en första övergripande bild av området. Utförda borrhull har mätts in. Inmätningarna har kompletterats med tre sektioner vid Stora ån.

## 4.2 Topografi

Marken är relativt flack inom området och varierar mellan +12,8 och +15,0 meter. Marken sluttar åt sydväst ner mot Stora ån som flyter parallellt med områdets södra gräns.

## 4.3 Jordlagerföljd

Jordprofilen i området består, under ett vegetationsskikt alternativt hårdgjord yta, av 1 – 2,4 meter siltig torrskorpelera. Torrskorpeleran underlagras av en lös lera med en mäktighet mellan 13 – 26 meter. Ställvis innehåller leran skalrester, växtdelar och något siltskikt. Leran är normalkonsoliderad och klassas som låg till mellansensiv lera, har en naturlig vattenkvot mellan 59 – 83 % och konflytgräns mellan 62 – 77 % (enl rapport från VIAK 38 – 97 %). Ett par undersökningspunkter visar på ett fastare skikt i leran kring 10 – 11 meter under markytan. Ovan beskrivna lera vilar på ett friktionslager med en mäktighet kring 10 meter. Enligt tidigare utförda undersökningar utförda av VIAK AB har mäktigheter på friktionsjorden uppmätts till 15 – 20 meter. Friktionslagret utgörs troligen av en sand med låg till mycket låg relativ fasthet.

Enligt rapport från VIAK AB består området överst av 1 – 2 meter fyllnadsmassor och i västra delen av området har byggnadsavfall återfunnits. I geotekniska undersökningar utförda av Tyréns AB har dock inga fyllnadsmassor/byggnadsavfall påträffats.

## 4.4 Geohydrologiska förhållanden

Tyréns AB har i detta projekt installerat två stycken portryckspetsar och ett grundvattenrör i punkten TY1. Portryckspetsarna har installerats på 5 respektive 9 meter under markytan. Grundvattenröret är placerat i underliggande friktionsjord på 25,8 meters djup.

Grundvattenytan för området har bedömts ligga 1,5 meter under markytan.

I portryckspetsarna har ett porövertryck på 4,65 mvp respektive 8,70 mvp uppmätts. I grundvattenröret har nivån uppmätts till 2,05 m under markytan, vilket är ett lite lägre tryck jämfört med hydrostatiska förhållanden.

I rapporten från VIAK AB har portryck uppmätts i en punkt placerad under nuvarande lagerbyggnad. Här är portryckspetsarna installerade på 5,1 respektive 9,1 meter under markytan och grundvattenröret är placerat i underliggande friktionsjord på 16,5 meters djup. Här visar portryckspetsarna på ett artesiskt tryck på 0,3 – 0,7 meter över markytan. För grundvattenröret har en nivå uppmätts till 2,7 meter under markytan. VIAK AB visar att grundvattentrycket i underliggande friktionsjord är avsänkt och att detta påverkar nedre delen av lerlagret.

I punkter utförda av Tyréns AB bekräftas avsänkningen i den underliggande friktionsjorden men avsänkningen är här inte lika stor.

## 5 Släntstabilitet

Kraven för släntstabiliteten bör uppfylla kraven för en detaljerad utredningsnivå enligt Skredkommissionens rapport 3:95, vilket innebär att  $F_c \geq 1,7 - 1,5$  och  $F_{komb} \geq 1,45 - 1,35$ .

Till grund för beräkningarna har tre sektioner vid Stora ån mäts upp, sektion A-A, B-B och C-C. Ut av dessa har sektion A-A valts ut för stabilitetsberäkning på grund av ogynnsammast geometri. Läget för bottenivån i ån har uppskattats från bron vid södra Långebergsgatan. Uppgifter om de dimensionerande vattenstånden i Stora ån saknas. Ett realistiskt vattendjup i ån bedöms till 0,75 meter.

Beräkning i sektion A-A, (för placering av sektion se plan i Rgeo)

Tabell 5-1 Utvärderad jordmodell

Djup [m]	Material	$\tau_{fu, korr}$ [kPa]	$\gamma$ [kPa]
0-1,5	Torrskorpelera	30	17
1,5-8	Lera 1	12	15,6
8-18	Lera 2	12+0,9x	16,3
18-26	Lera 3	21+2,7x	16,6
26-36	Friktionsjord		18

Bedömd grundvattenyta ligger på 1,5 m under markytan.

Tabell 5-2 Hydrodynamiskt portryck

Djup [m]	Portryck	Portryck [kPa]
5	4,65 mvp	46,58
9	8,7 mvp	87
25,8	2,05 m u my	237,5

Stabilitetsberäkningen har utförts i odränerad och i kombinerad analys för att hitta lägsta säkerhetsfaktorena vid brott mot ån. Beräkningarna har utförts med hydrodynamiskt portryck på djupet 5 respektive 9 meter, enligt tabell 5-2. Den odränerade analysen uppfyller ställda krav i Skredkommissionens rapport men värdet för den kombinerade analysen ligger i underkant. För att uppnå en  $F_{komb} > 1,45$ , måste en zon med restriktioner läggas längs med ån. Zonen ska sträcka sig från åkrönet och 10 meter norrut. Inom denna zon får ingen ytterligare belastning ske i form av byggnation eller uppfyllnad.

Tabell 5-3 Resultat stabilitetsberäkningar

Analys	$F_c$	$F_{komb}$	$F_{krav}$
odränerad	1,91		1,7 – 1,5
kombinerad		1,32	1,45 – 1,35

Stabilitetsberäkningen redovisas i Bilaga 1

Redovisade säkerheter mot stabilitetsbrott är konservativt beräknade. Avståndet från Stora ån, som ej kan belastas, kan sannolikt optimeras genom att göra en noggrannare stabilitetsutredning. För att göra en noggrannare utredning av stabilitetsförhållandena kring ån bör uppgifter om vattenstånden i Stora ån inhämtas/bestämmas och den lokala portryckssituationen undersökas noggrannare.

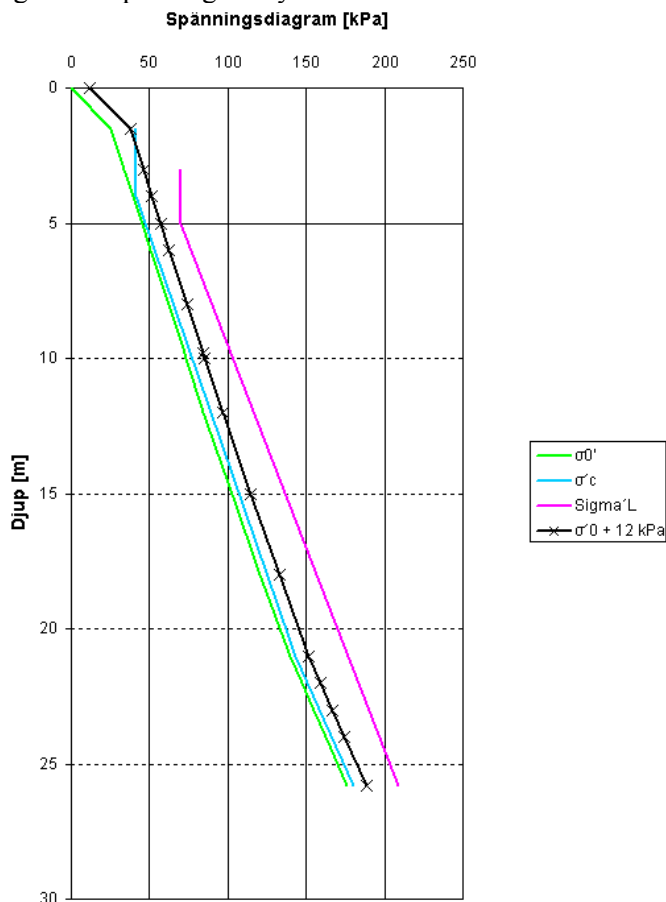
## **6 Sättningsförhållanden**

### **6.1 Parameterutvärdering**

Följande parameterutvärdering grundar sig på erhållna resultat från rutinundersökning och CRS-försök på upptagna kolvprover.

CRS-försök har utförts på 3 nivåer i borrhål TY1. Utförda CRS-försök visar att leran är normalkonsoliderad genom hela profilen för den rådande last- och spänningssituationen som råder i området idag. Utförd spänningsanalys, se Figur 6-1, bygger på en grundvattenyta 1,5 m under markytan. Portrycksfördelningen har för sättningsberäkningarna antagits hydrostatisk ned till ca 21 m djup och därunder ett lägre portryck än hydrostatiskt. Detta grundar sig på att ett portryck 5,5 kPa lägre än för ett hydrostatiskt förhållande har uppmätts i grundvattenröret installerat på ca 26 m djup.

Figur 6-1 Spänningsanalys utifrån rådande förhållanden vid borrhål TY1.



Med ledning av ovanstående spänningsanalys tillsammans med utvärderade materialegenskaper har skiktindelning samt parametrar utvärderats för jordlagren och valts enligt nedanstående tabeller.

Tabell 6-1 Densitet.

Skikt	Djup (m)	Densitet (t/m <sup>3</sup> )
Torrskorpelera	0-1,5	1,7
Lera	1,5-26	1,56-1,66

Sättningsmodulen  $M_0$  har utvärderats från utförda CRS-försök och genom det empiriska sambandet  $M_0 \approx 250c_{uk}$ . Värden på sättningsmodulen  $M_L$  har utvärderats från utförda CRS-försök. Valda moduler för respektive skiktgräns redovisas i Tabell 6-2. För djup däremellan har rätlinjig interpolation tillämpats.

Tabell 6-2 Sättningsmoduler.

Djup (m)	$M_0$ (kPa)	$M_L$ (kPa)
0	10000	1000
1,5	10000	1000
3	2150	500
7	2150	500
26	14035	1160

Lerans initiella permeabilitet  $k_i$  samt faktorn  $\beta_k$  har utvärderats från utförda CRS-försök och i beräkningen ansatts enligt Tabell 6-3. För djup däremellan har rätlinjig interpolation tillämpats.

Tabell 6-3 Permeabilitet och  $\beta_k$  -faktor.

Djup (m)	$k_i$ (* $10^{-10}$ )	$\beta_k$
1,5	12	3,6
15	12	3,6

## 6.2 Beräkningar

Sättningsberäkningarna är utförda i programmet Embankco och beaktar inverkan av krypning. Beräkningar har utförts med parametrar enligt ovan för en punkt belägen vid borrhål TY1, där ostörd kolvprovtagning har gjorts och där lerdjupet har uppmätts till ca 26 m.

Sättningen har beräknats för de olika markbelastningarna 4 kPa, 8 kPa och 12 kPa, motsvarande 0.2 m, 0.4 m respektive 0.6 m utfyllnadstjocklek.

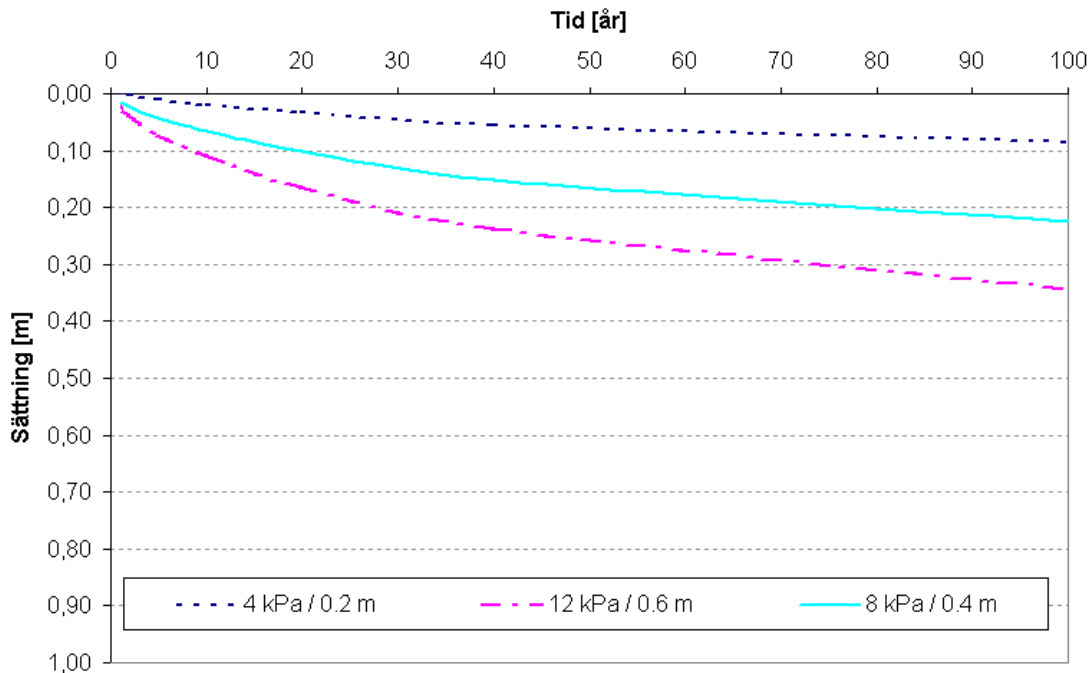
## 6.3 Resultat

De sättningar som beräknas ha uppkommit efter 1 år, 2 år, 5 år, 10 år, 20 år, 40 år respektive 100 år redovisas för olika markbelastning enligt Figur 6-2 med tillhörande tabell nedan.

Leran i området är normalkonsoliderad vilket innebär att all tillkommande belastning ger långtidsbundna sättningar. För belastningar över 20 kPa erhålls betydligt större sättningar (ca 0,12-1,5 m) vilka utbildas över en lång tidsperiod (mer än 100 år).



Figur 6-2 Beräknad sättning för olika laster/uppfyllnadsmäktighet.



Belastning [kPa]/[m]	Beräknad totalsättning [m]	Utbildad sättning [m] efter tiden					
		1 år	2 år	5 år	10 år	20 år	40 år
4 kPa / 0.2 m	0,17	0,01	0,03	0,07	0,08	0,10	0,12
8 kPa / 0.4 m	0,30	0,01	0,02	0,04	0,08	0,13	0,20
12 kPa / 0.6 m	0,41	0,02	0,04	0,07	0,11	0,18	0,27

## 7 Geotekniska rekommendationer

### 7.1 Allmänt

Jordlagrens svaga/låga hållfasthets- och deformationsegenskaper medför att områdets höjdsättning bör utformas så att tillkommande belastningar minimeras samt att större nivåskillnader undviks. För att åskådliggöra lerans sättningsegenskaper har beräkningar utförts för belastningar på 4, 8 och 12 kPa. Beräkningarna är utförda i programmet Embankco version 1,02. Figur 6-2 ovan visar vilka sättningar som beräknats uppkommit efter 100 år vid olika belastningar.

Leran är normalkonsoliderad vilket ger att all tillkommande belastning ger långtidsbundna sättningar.

De höga portryck som råder i området och dess inverkan på stabiliteten mot ån, medför att en zon (10 meter) med byggrestriktioner ska läggas parallellt med ån.

## 7.2 Byggnader

För grundläggningen av byggnaderna gäller geoteknisk klass 2, GK2, och säkerhetsklass 3, SK3.

I tabell 7-1 och 7-2 nedan ges karaktäristiska värden för dimensionering i brott- och bruksgränstillstånd.

Vid dimensionering i brottgränstillstånd gäller följande värden:

Material	$\phi_k$ (°)	$\gamma_m$ på tan $\phi_k$ brottgr	$E_k$ (MPa)	$\gamma_m$ för $E_k$ brottgr	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m$ för densitet brottgr	$c_{uk}$	$\gamma_m$ för $c_{uk}$ brottgr
Packat grus (krossmtrl)	37°	1,2	40	1,6	19	12	1,0	-	-
Lera	-	-	-	-	16	6	1,0	se kapitel 5	1,6
Frik.jord	31°	1,2	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 7-1. Karakteristiska värden på jordparametrar med partialkoefficienter.  $\gamma_m$  har ej reducerats med 20% avseende medelvärde.

Vid dimensionering i bruksgränstillstånd gäller följande värden:

Material	$\phi_k$ (°)	$\gamma_m$ på tan $\phi_k$ bruksgr	$E_k$ (MPa)	$\gamma_m$ för $E_k$ bruksgr	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m$ för densitet bruksgr	$c_{uk}$	$\gamma_m$ för $c_{uk}$ bruksgr
Packat grus (krossmtrl)	37°	1,1	40	1,5	19	12	1,0	-	-
Lera	-	-	-	-	16	6	1,0	se kapitel 5	1,5
Frik.jord	31°	1,1	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 2. Karakteristiska värden på jordparametrar med partialkoefficienter.  $\gamma_m$  har ej reducerats med 20% avseende medelvärde.

Inkommande ledningar till byggnaderna ska utföras med flexibla kopplingar för att förhindra ledningsbrott vid eventuella marksättningar.

Byggnaders stomkonstruktion föreslås att grundläggas med pålar. Pålarna kan antingen vara spetsbärande och/eller kohesionsbärande. Plattan föreslås att grundläggas som ett pålgrundlagt fribärande golv. Vid grundläggning med spetsbärande pålar ska risken för negativ mantelfriktion beaktas.

För bestämning av pålars bärighet och pållängder föreslås att provpåling utförs.

Vid utförande med spetsbärande pålar bedöms pålstoppnivån variera mellan 27 – 37 .

### **7.3 Omgivande mark och P-tytor**

Marken inom undersökningsområdet är känslig för tillkommande belastningar, vilket redovisats under kapitel 6.

All schakt djupare än 2 meter under markytan ska utföras inom provisorisk stödkonstruktion eller genom avlastning av omgivande mark.

I samband med detaljprojektering ska områdets utformning och höjdsättning göras i samråd med geotekniker.

Grundvattensänkningar inom området ökar risken för sättningar till följd av förhöjd effektivspänning i jordlagren. För att förhindra detta är det ytterst viktigt att strömningsavskärande fyllning av ledningsgravar utförs.

Birgitta Pettersson 031-60 63 00  
Uppdragsnummer: 221205

2009-06-10

Rev: -

## **Bilaga 1**

