

---

# PM GEOTEKNIK

---

HÅBO KOMMUN

## Gröna dalen

Uppdragsnummer 2111711000

### Översiktlig geoteknisk utredning

---



---

## PM Geoteknik

Stockholm 2011-11-15, uppdaterad 2011-12-15

### Sweco Infrastructure AB

Sthlm Geoteknik  
Gunnar Westberg

1 (24)

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>Uppdrag</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Underlag</b>	<b>4</b>
2.1	Tillhandahållet underlag	4
2.2	Ritningsunderlag	5
<b>3</b>	<b>Objektsbeskrivning</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Utförda undersökningar</b>	<b>5</b>
4.1	Fältarbeten	5
<b>5</b>	<b>Geotekniska förhållanden</b>	<b>6</b>
5.1	Topografi	6
5.2	Geologi	6
5.3	Jordlagerföljder	7
5.3.1	Delområde 1 - Område mellan Kalmarleden, Fältvägen, Kalmarvägen och Dyarne	9
5.3.2	Delområde 2- Område mellan Kalmarvägen, Lindegården, Våppebyberget, Centrumleden och Mansängen och Vattenparken	12
5.3.3	Delområde 3 -Område mellan Centrumleden, Västeräng och Västerdalen	13
5.4	Jordegenskaper	14
5.4.1	Delområde 3 - Område mellan Centrumleden, Västeräng och Västerdalen	16
5.5	Tjälfarlighet	16
<b>6</b>	<b>Geohydrologiska förhållanden</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Markradon</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Sättningar</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Stabilitet</b>	<b>19</b>
<b>10</b>	<b>Geotekniska förutsättningar och rekommendationer</b>	<b>19</b>
10.1	Bebyggelse	19
10.1.1	Vattenpark	21
10.2	Grundläggning	22
10.3	Schaktning	23
10.4	Vägar	23
10.5	VA	23
<b>11</b>	<b>Kompletterande undersökningar</b>	<b>24</b>

2 (24)

PM GEOTEKNIK  
2011-11-15, uppdaterad 2011-12-15  
PM Geoteknik  
GRÖNA DALEN

---

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

## **BILAGA**

Rapport Geotekniska undersökningar daterad 2011-11-15

## 1 Uppdrag

Sweco Infrastructure AB har fått i uppdrag av planavdelningen i Håbo kommun att utreda av område vid "Gröna dalen" för detaljplaneprogram genom en översiktlig geoteknisk utredning. Området är beläget direkt väster om centrala Bålsta. Området ska detaljplaneläggas för huvudsakligen bostäder men även en vattenpark. Vattenparken beräknas omfatta cirka 3 hektar totalt varav cirka 2 hektar vattenspegel.

Redovisningen innehåller en bedömning av markförhållanden och grundläggningsförutsättningar och utifrån det ge allmänna råd för planering av området för bostäder och vattenpark med hänsyn till de geotekniska förhållandena.

Föreliggande PM är ett projekteringsunderlag och behandlar endast rekommendationer och synpunkter för detaljplaneprogram och projekteringskedet. Geotekniska synpunkter för byggskedet ska inarbetas i byggbeskrivningen, eller ska denna handling omarbetas före byggstart.

## 2 Underlag

### 2.1 Tillhandahållet underlag

Vid besök på kommunens arkiv den 29 juni, 2011, togs kopior av utredningar eller del av utredningar.

1. Utlåtande över grundundersökning för centrumområde i Bålsta, Håbo kommun, Uppsala län, Kommunernas Konsultbyrå LBF, daterat 1966-04-29
2. Väppeby 7:223, Bålsta Dalängen, Håbo kommun PM geoteknik, Bjerking, daterad 2005-06-07
3. Håbo kommun, Bålsta centrum, Geoteknisk utredning, Geoprojektering, daterad 1981-12-04
4. Utlåtande beträffande översiktlig grundundersökning för Mansängen 1<sup>1</sup>, 2<sup>1</sup> i Bålsta, Håbo kommun, Uppsala län, Kommunernas konsultbyrå LBF, daterat 1965-05-24
5. Mansängen 6:48, Håbo, Tillbyggnad Mansängsskolan G12893, Grundundersökning, Bjerking Ingenjörbyrå AB, daterad 1988-03-29
6. Mansängen, Bålsta, Håbo kommun, markradonundersökning, Terraplan, daterad 1990-09-04.
7. Geoteknisk undersökning för byggnation av skola vid Gröna dalen, Håbo kommun, Sydkraft Konsult AB, daterat 1998-03-27
8. Dyarne 5:99 BÅLSTA, Kontor och lager, Grundundersökning, Bjerking, 1975-06-05
9. Bista, 5:1 Bålsta, Industribyggnad, Grundundersökning, Bjerking, 1975-10-23

4 (24)

PM GEOTEKNIK  
2011-11-15, uppdaterad 2011-12-15  
PM Geoteknik  
GRÖNA DALEN

10. Håbo Fastighetsbolag, Håbo kommun, Nybygget Bålsta, Geoteknisk undersökning, Skånska cementgjuteriet, 1978-10-23
11. Särskild besiktning utförd 1983 09 01 beträffande sättning av byggnad på fastigheten Mansängen 7:2, Skeppsvägen 3, Tekniska kontoret, Byggnadsnämnden, 1983-09-01
12. Geoteknisk undersökning, Håbo fastighetsbolag, Bålsta, Aronsborg, Håbo kommun, småhus, skånska cementgjuteriet, 1984-06-04
13. Redogörelse för hejarborringar inom planerad industriområden i Bista, Håbo kommun, Uppsala län, Kommunernas konsultbyrå, LBF, 1968-07-29
14. Utlåtande över grundundersökning för avloppsledning och pumpstation för Håbo kommun, Bålsta, Uppsala län, LBF, 1963-12-13
15. Håbo Fastighets AB, Bålsta, Bostadsområde Väfteby, Bålsta, Grundförstärkning, Skånska cementgjuteriet, 1972-04-11
16. Håbo Fastighets AB, Bålsta, Bostadsområde Väfteby I, Bålsta, Grundförstärkning, Skånska cementgjuteriet, 1972-07-03
17. Bista 1 115 m fl. Bålsta, Jordvallar, Bjerking, 1973-02-07
18. Bista 5:9 Bålsta, Kynnings Mek Verkstad, Grundundersökning, Bjerking, 1976-10-12

## 2.2 Ritningsunderlag

Från Håbo kommun har grundkarta erhållits i dwg-format.

## 3 Objektsbeskrivning

Aktuellt område utgörs av ett cirka 53 ha stort område vilket är beläget direkt öster om centrala Bålsta. Öster om samhället Bålsta finns rullstensås, Uppsalaåsen. En rullstensås eller grusås är en lång rygg av avrundade stenar, grus och sand som storleks sorterats och avlagrats av isälvar vid inlandsisens smältning. Åsen är vattenförande och dricksvatten tas ut ur den på flera ställen.

Området utgörs av åker- och ängsmark, som bildar en nordvästlig-sydostlig sänka mellan högre belägna och skogbevuxna åsbildningar. Dalen avvattas mot sydost genom Västerängsbäcken som har sitt utlopp i Kalmarviken.

## 4 Utförda undersökningar

### 4.1 Fältarbeten

De av Sweco Infrastructure AB utförda geotekniska undersökningarna redovisas i separat handling "geotekniska undersökningar – Rapport Geoteknik (RGeo) med uppdragsnummer 2111711000, daterad 2011-11-15.

## 5 Geotekniska förhållanden

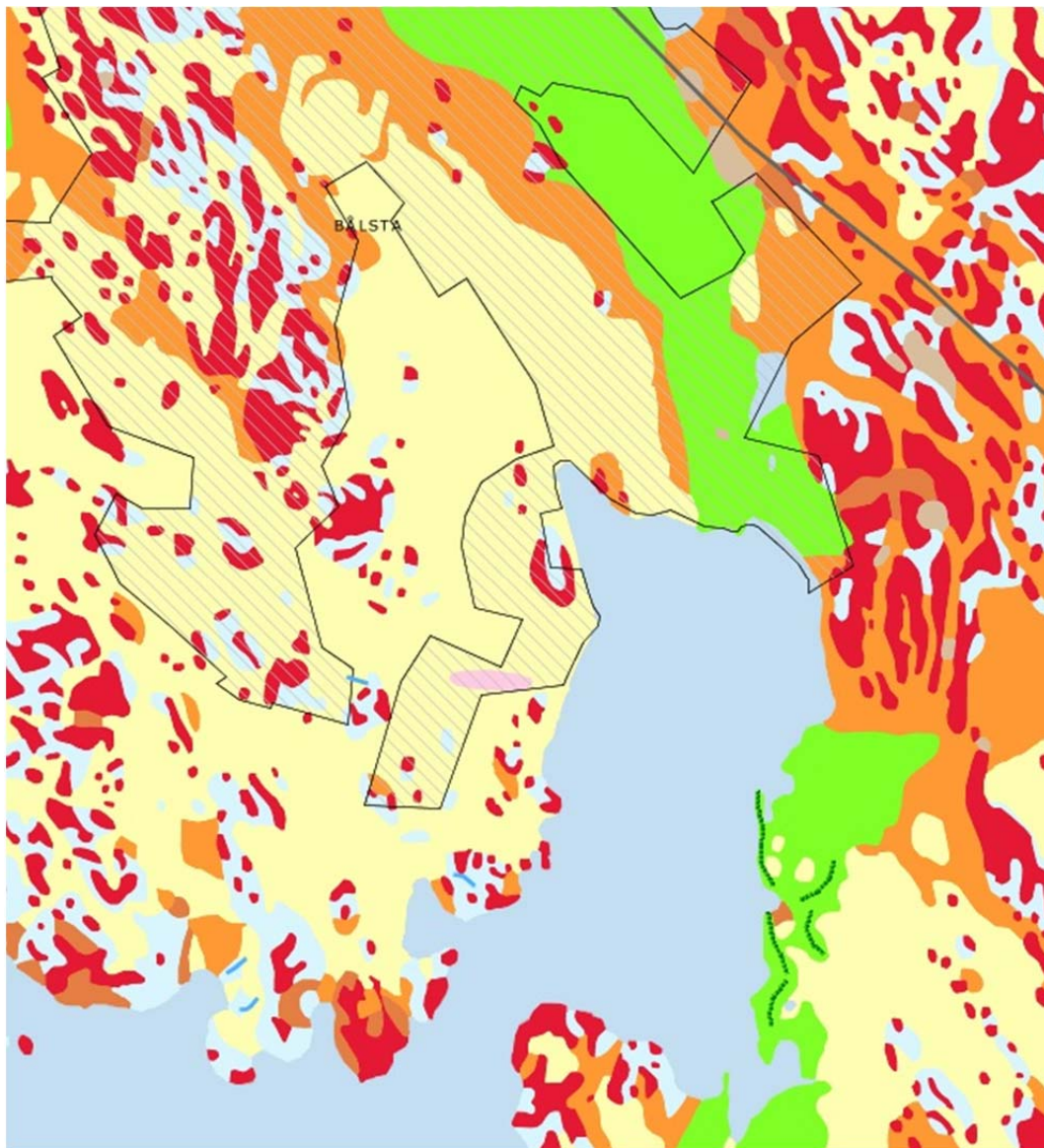
### 5.1 Topografi

Markytan inom området varierar huvudsakligen mellan nivåerna cirka +2,5 till +15. Förutom nivåskillnader inom området är markytan relativt flack och högsta nivån finns inom områdets norra ände vid undersökningspunkt 11S029. Lägsta punkten finns i områdets södra del i anslutning till den å som rinner igenom dalen och dess utgång ur utredningsområdet.

### 5.2 Geologi

Geologiska kartan (Enköping SO) redovisar postglacial finlera över hela området. Detaljkarta anger att gyttjelera finns vid Västerängsbäcken som rinner igenom området. Detaljkartan redovisar jordart vid markytan. Utbredningen av gyttjelera inunder det yttligaste jordlagret framgår inte. Intilliggande områden där leran per definition inte är gyttjelera men ändå har ett visst innehåll av gyttja, så att dess egenskaper påverkas, är bedömt vara betydligt större än vad som framgår av detaljerad geologisk karta.

Lerdjupen, redovisade på geologiska kartan, är mellan 11 till 20 meter är uppmätt.



Figur 1 Geologiska karta, SGU. Gult – postglacial finlera, rött - urberg, orange – finsand/silt, blått – morän (sandig-moig), grönt – isälvsavlagringar, skraffering - bebyggelse.

### 5.3 Jordlagerföljder

Jordlagerföljderna tolkas utifrån de geotekniska undersökningarna utförda i samband med denna utredning och tidigare utförda utredningar. Följande generella beskrivning avser hela utredningsområdet.

Det undersökta området består inom huvuddelen av mäktiga lager med gyttja/gyttjelera och lera. Undergrunden utgörs generellt överst av cirka 0 - 0,2 meter mulljord ovan en lera med torrskorpekaraktär till cirka 0,2 - 1,0 meters djup. Torrskorpeleran överlagrar en postglacial lera med mellan 5 till 16 meters mäktighet. Underliggande denna finns en glaciallera, en varvig lera, med växelvis lager av silt och sand med mellan cirka 12 och 41 meters mäktighet. Kohesionsjorden underlagrats av en friktionsjord. Friktionsjordens mäktighet har inte undersöks närmare.

I de högre liggande partierna i nordväst i anslutning till befintliga bostadsområden vid Väppebyberget och Västerdalen är jordens mäktighet mellan 2 – 10 meter. Högre liggande områden har generellt en mer utbildad torrskorpelera.

I de lägre liggande partierna återfinns gyttjig lera i de ytnära jordlagren alternativt en sulfidhaltig lera med skalrester vars konflytgräns är högre än dess vattenkvot. Inom de partier närmast bäcken består jorden ned till mellan 2 - 6 meter av en gyttjelera.

Information från tidigare utredningar tillhandahållna av beställaren överensstämmer i stort med denna utredning. Nedan presenteras ett urval av egenskaper dokumenterade inför tidigare projekteringar i direkt angränsade områden. Angivelserna av utredningar har bland annat till syfte att underlätta sökning av information vid exempelvis detaljprojektering inom aktuella delområden.



### 5.3.1 Delområde 1 - Område mellan Kalmarleden, Fältvägen, Kalmarvägen och Dyarne



Figur 2. Delområde 1

Markytan inom området varierar huvudsakligen mellan nivåerna cirka +2,5 till +5,0. Undergrunden utgörs överst av en cirka 1 m mäktig torrskorpelera som underlagras av cirka 5 till 10 meter kohesionsjord och därunder kohesionsjord med växelvisa lagringar av silt och sand ned till mellan cirka 13 och 36 m djup. Lerans mäktighet ökar västerut. Se figur 2 för översiktskarta delområde 1.

I områdets sydvästra del har gipsrester återfunnits i borrhål 11S006, se figur 3.



Figur 3. Gipsrester kvar på borrarutrustningen

### 5.3.1.1 *Delområde 1 – Urval av information från tidigare undersökningar*

Enligt tidigare undersökning (8) utgör det direkt angränsande området invid Sjövägen av plan före detta åkermark. Jordprofilen består av lera med 16-20 meters mäktighet. Underlagande en torrskorpelera finns en 16 meter mycket lös lera som är "ganska kompressibel".

Enligt tidigare undersökning (9) utgör jorden vid angränsande sydöstra hörn av 20 meter lera på friktionsjord. Lerans har överst torrskorpekaraktär cirka 1 m och är därunder av lös beskaffenhet. Leran är ned till 5-6 meter djup stark gyttjig och vattenhalt och finlekstal uppgår vanligen till 80 - 110 %. Detta indikerar dåliga grundförhållanden.

Enligt undersökning (12) avseende småhus vid Aronsborg består den naturligt avsatta jorden av gyttja som täcks av ett en dryg meter tjockt lager med gipsblandad lera. Den horisontella utbredningen av denna fyllning är inte kartlagd.

Enligt undersökning (12) Bista har djup till borrarstopp med hejarborring gjorts med syfte att klargöra ungefärliga djup till fast botten för pålar. Djup för underkant lösa lagren varierar i de undersökta punkterna från 10 till 25 meter. Djup till borrarstopp med hejarborr

varierar mellan 14 till 30 meter. Närmast höjdparter avtar djupet till fast botten mycket snabbt. Artesiskt grundvattentryck observerades i borrhålen.

Fri vattenyta cirka 0,5 meter under markytan och bedöms i högre liggande partier sammanfalla med torrskorpans underkant.

Enligt undersökning (13) som är undersökningar för en flera hundra meter lång ledningsdragning så är jordlagerföljden i stort sätt följande: I markytan och till minst en meters djup finns en grå till gråbrun lera av torrskorpekaraktär som nedåt övergår till grågrön gyttja (med en glödförlust på cirka 10 %).

Gyttja sträcker sig till minst 6 meters djup och har troligen sin lägsta hållfasthet på cirka 5 meters djup. I enskilt borrhål förelåg ett lager av friktionsmaterial på 10 meters djup som i dessa trakter kan utgöra indikation på gränsen mellan postglacial och glacial lera.

På omkring 22 meters djup påträffades fast friktionsmaterial. En notering finns att jordlagerföljden var mycket likformig utefter den undersökta sträckan.

Enligt undersökning (13) beskrivs geotekniken under framtida jordvallar av gips som kläds in med jord. Överst finns en meter torrskorpa och därunder mellan 9-15 meter lera underlagrad av mo och sand. Leran har lös karaktär, självsjunkning för 25 kg vid sondering (indikerar en odränerad skjuvhållfasthet på cirka 10 kPa). I undersökningen påpekas att vallarna förorsakar sättningar under lång tid. (Utbredningen av vallarna bör undersökas vid projektering inom område för dessa.)

Enligt undersökning (18) som avser lätt industribyggnad söder om det syd östra hörnet av aktuellt område består undergrunden av 21 meter mäktiga lerlager på fastbotten av friktionsjord. Leran har överst en torrskorpa på 1 meter och leran därunder till cirka 2,0 meters djup är av halvfast karaktär, Mot djupet blir sedan leran gyttjig och lös. Ned till cirka 10 meters djup torde lerlagren ha en relativt hög kompressabilitet.

### 5.3.2 Delområde 2- Område mellan Kalmarvägen, Lindegården, Väppebyberget, Centrumleden och Mansängen och Vattenparken



Figur 4. Delområde 2.

Markytan inom området varierar huvudsakligen mellan nivåerna cirka +3 till +6. Undergrunden utgörs överst av cirka 1 meter torrskorpelera ovan cirka 5 till 15 meter kohesionsjord och därunder kohesionsjord med växelvisa lagringar av silt och sand ned till mellan cirka 11 och 41 meters djup.

Den djupaste sonderingen, 11S016, återfinns vid kolonistugeområdet. Detta utgör den del med de största lermäktigheterna som inom delområdets södra del varierar mellan 27-41 meter.

I dalsänkan längre norrut minskar lermäktigheten till mellan 12 och 16 meter.

I områdets västra del där marken stiger vid Väppebyberget minskar lerans mäktighet. Grundaste sonderingar är cirka 6 m. Se figur 4 för översiktsskarta delområde 2.

### 5.3.2.1 Delområde 2 – Urval av information från tidigare undersökningar

Enligt undersökning (15) som avser bostadsområde vid Våppeby som planerades på tidigt 70-tal. Inom det avseende undersökta området består jorden av 1-3 meter torrskorpelera och grovmo och därunder av 0-10 meter lera på mo och fast lagrat friktionsmaterial. Leran är genomsatt av moskikt. Den lösa lerans sensitivitet är hög  $S_r = 50 - 60$ . Geologin är i undersökning (15) lite annorlunda än vid aktuellt område.

Grundvattenytan var vid undersökningstillfället i ett antal borrhål beläget 2 m under markytan. I ett borrhål registrerades artesiskt vatten i samband med borrhningen.

Enligt undersökning (16) går berget i dagen och i övrigt täcks bergytan av ett jordlager som varierar mellan 0-4 meter. Det täckande jordlagret består till huvudsak av morän. Området ligger på högre nivå och geologin är endast representativ för det nordvästra hörnet av denna utredningens aktuella delområde.

### 5.3.3 Delområde 3 -Område mellan Centrumleden, Västeräng och Västerdalen



Figur 5. Delområde 3

Markytan inom området varierar huvudsakligen mellan nivåerna cirka +4,8 till +13. Undergrunden utgörs överst av en cirka 1 m mäktig torrskorpelera underliggandes av

cirka 2 till 15 meter kohesionsjord och därunder kohesionsjord med växelvisa lagringar av silt och sand ned till mellan cirka 5 och 27,5 meters djup. Lerans mäktighet ökar västerut.

I områdets västra del där marken stiger vid Västerdalen minskar lerans mäktighet. Grundaste sonderingar är cirka 3 meter.

Största djup, 27,5 meter har funnits i delområdets centrala del. Se figur 5 för översiktsskarta delområde 3.

### 5.3.3.1 *Delområde 3 – Urval av information från tidigare undersökningar*

Enligt undersökning (10) avser anslutning till äldreboendet direkt nordväst om nu aktuellt område. Angivelser av lerans mäktighet är från 4 till 5 meter längs områdets nordöstra gräns till 15 m längst i sydväst. Leran är överst gyttjig och innehåller finsand. Lerlagren vilar på en friktionsjord som nedåt övergår till morän Djup till stopp i fast morän enligt slag- och hejarsondering växer kontinuerligt från 4-7 meter längs områdets nordöstra gräns till cirka 24 m längst i sydväst. Vid borringarna har artesiskt grundvatten påträffats.

Differensen mellan lermäktighet och stopp för de dynamiska sonderingarna i friktionsjord på mellan 0 och på upp till 11 meter indikerar att vid fortsatt projektering för pålgrundläggning av byggnader bör kompletterande undersökningar för bedömning av erforderliga pållängder ske för aktuellt delområde.

## 5.4 Jordegenskaper

Vattenkvoten och konflytgränsen är mellan 135 och 75 respektive 104 och 60 och sjunker mot djupet. Leran är mycket lös till lös,  $\leq 12,5$  kPa och mellan 12,5 till 25 kPa i den postglaciala leran.

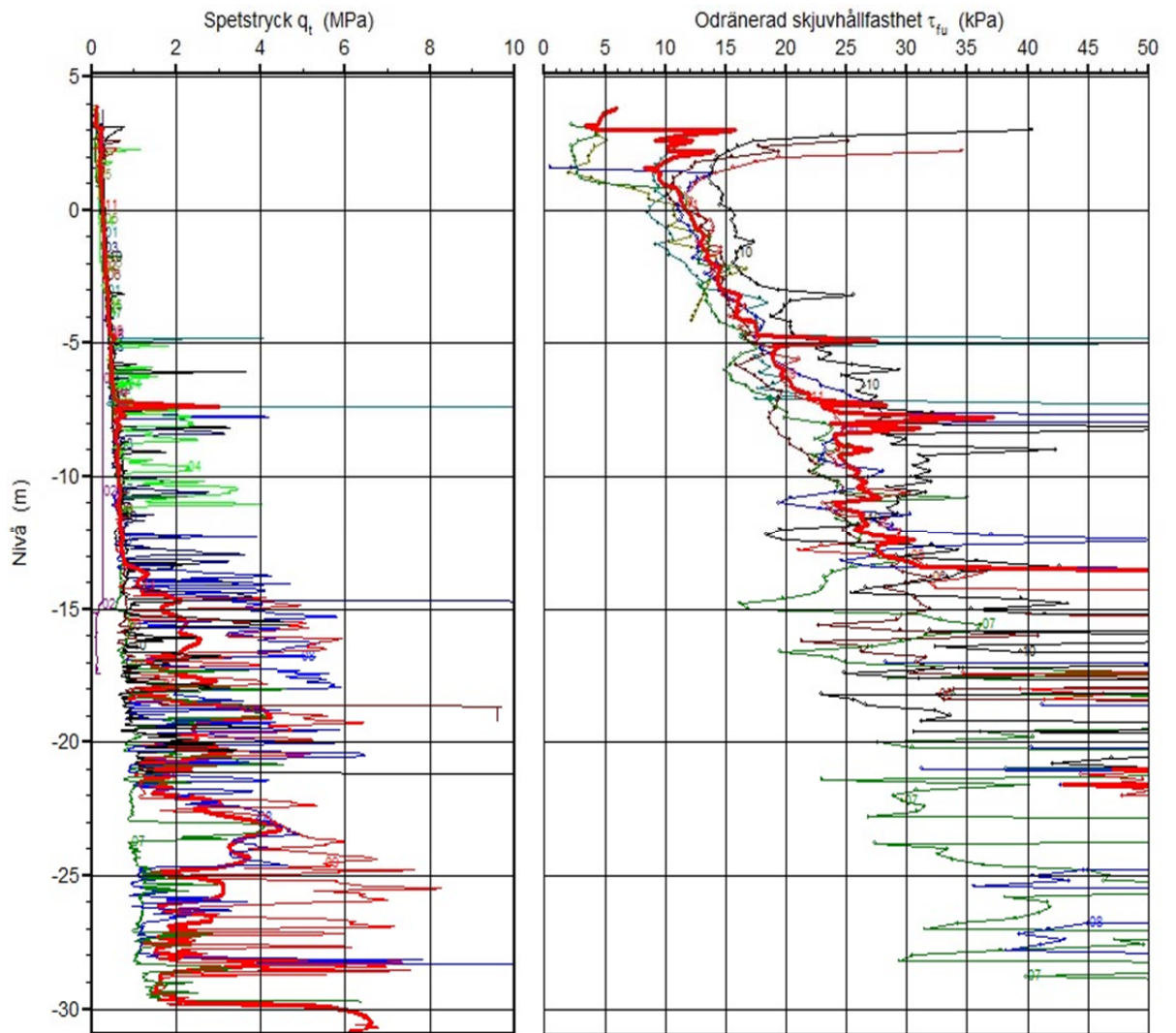
Lerans odränerade skjuvhållfasthet framgår ur figur 6 – sammanställning av skjuvhållfasthet från CPT samt av RGeo.

På de punkter där leran är mycket lös ned till cirka 6 meter djup återfinns gyttjelera. Spridningen inom området är cirka 10 kPa vilket indikerar vikten av att i framtida projekteringen göra geotekniska undersökningar vid respektive objekt.

Enligt tidigare undersökningar (2, 15 och 18) har leran ställvis hög sensitivitet vilket innebär att den vid omrörning, eller deformation, kan förlora sin hållfasthet.

Jordens densitet ökar med djupet och yttlig gyttjelera kan förväntas ha en densitet av 1,3–1,5 ton/m<sup>3</sup>, postglacial lera cirka 1,5–1,75 ton/m<sup>3</sup> och den glaciala lerans densitet varierar mellan 1,7– 1,9 ton/m<sup>3</sup>.

Utifrån viktsonderingar är den glaciala lerans, relativa fasthet mycket låg.



Figur 6. Sammanställning från av spetstryck och odränerad skjuvhållfasthet enligt CPT-undersökningar relaterade till nivå. Röd linje är medelvärdet.

I äldre handling (2) som ligger i direkt angränsande till aktuellt planområde vid Våppeby 7:223 i samma geologiska formation visar utförda undersökningar avseende skjuvhållfastheten och sättningsmodulen på mycket låga värden, se tabell 1.

Tabell 1: Ur handling (2) redovisande korrigerad skjuvhållfasthet och övriga karaktäristiska jordparametrar (djup avser skiktets underkant från markytan).

Djup [m]	Jordart/relativ fasthet	Inre friktionsvinkel $[\varnothing_k]$	Skjuvhållfasthet $C_{uk}$ [kPa]	Sättningsmodul $E_k, M_{0k}$ [kPa]	Sättningsmodul $M_{Lk}$ [kPa]	Tunghet $[t/m^3]$
0,5 a'1	Fast/halvfast lera	-	40	5000	-	1,8
3,5	Mycket lös lera	-	6	200	131	1,34
5,5	Mycket lös lera	-	6		113	1,52
7,5	Mycket lös lera	-	7		272	1,76
10	Lös lera	-	14	2550	993	1,86
25,0	Lera/friktionsjord	32	20	3000		1,8
>25,0	Friktionsjord	35	-	20 000		1,8

#### 5.4.1 Delområde 3 - Område mellan Centrumleden, Västeräng och Västerdalen

Enligt undersökning (10) utgör befintlig i nordväst i anslutning till äldreboendet. Angivelser av lerans mäktighet är från 4 till 5 meter längs området nordöstra gräns till 15 m längst i sydväst. Leran är överst gyttjig och innehåller finsand. Lerlagren vilar på en friktionsjord som nedåt övergår till morän Djup till stopp i fast morän enligt slag- och hejarsondering växer kontinuerligt från 4-7 meter längs området nordöstra gräns till cirka 24 m längst i sydväst. Vid borringarna har artesiskt grundvatten påträffats.

Differensen mellan lermäktighet och stopp för de dynamiska sonderingarna i friktionsjord på mellan 0 och på upp till 11 meter indikerar att vid fortsatt projektering för pågrundläggning byggnader bör kompletterande undersökningar för bedömning av erforderlig påläggder ske för aktuellt delområde.

#### 5.5 Tjälfarlighet

Ytliga jordlager består i huvudsak av material med tjälfarlighetsklass 3 och 4 (Måttligt tjällyftande respektive mycket tjällyftande jordarter). Tjälfarligheten beaktas vid framtida projektering. Jorden utgörs till största del av materialtyp 4B, 5A och 5B, enligt AnläggningsAMA 07.



## 6 Geohydrologiska förhållanden

I samband med att grundvattenrören installerades uppmättes grundvattennivåerna i rören, se tabell 2.

Tabell 2: Uppmätta grundvattennivåer

Grundvattenrör	Markytan	Grundvattenyta	Datum
11S005	+3,7	+4,3	2011-09-26
11S012	+3,3	+3,5	2011-09-20
		+3,5	2011-09-26
11S016	+3,5	+3,6	2011-09-20
		+3,7	2011-09-27
11S021	+4,2	+5,3	2011-09-20
		+5,3	2011-09-27
11S028	+6,9	+6,4	2011-09-19
11S030	+5,1	+6,9	2011-09-16
		+7,1	2011-09-19

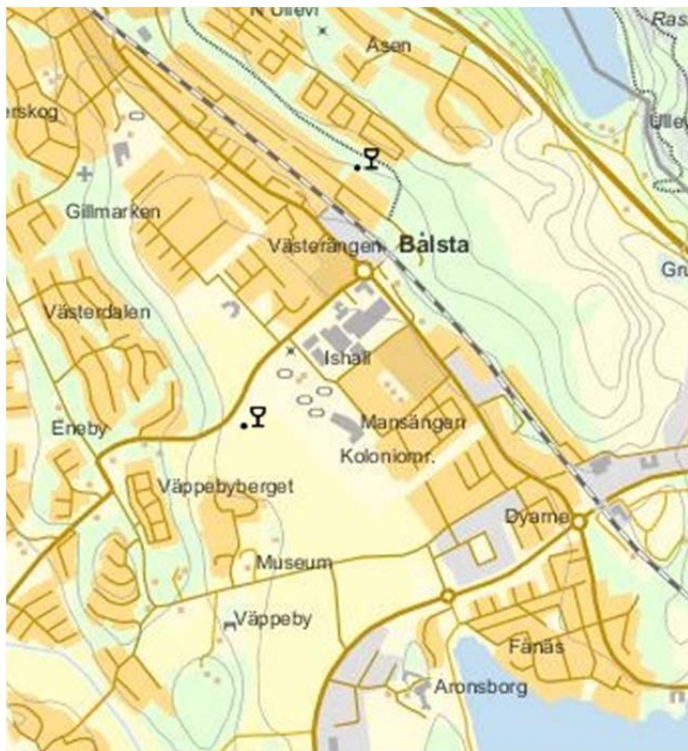
De uppmätta grundvattennivåerna ligger vid mätningstillfällena mellan cirka 0,1 till 2 meter över markytan förutom i rör 11S028. Lägena för grundvattenrören framgår av ritningar i till detta PM tillhörande RGeo.

I åsen skapas ett högt övertryck vilket resulterar i artesiska grundvattennivåer i området. Ytvatten sjunker normalt ned i jorden. Vid överskott i samband med snösmältning och kraftigare regn sker även ytavrinning mot lägre liggande delar och den bäck som rinner igenom området. Eftersom jordprofilen består av täta leror av stor mäktighet blir det svårt infiltrera ytvatten.

Då grundvattennivåerna endast uppmätts vid en till två tillfällen kan nivåerna inte antas vara representativa för observationspunkterna. Områdets östra delar präglas troligtvis av närheten till åsen.

I samband med grundvattenobservationer i tidigare utredningar har uppmätta grundvattentrycknivåer ställvis varit belägna ovan markytan, det vill säga artesiskt grundvatten. Grundvattnets trycknivå högt upp i lerlagret understryks även av den svagt utbildade torrskorpan.

Inom området finns en källa inom aktuellt utredningsområde registrerat se figur 7.



Figur 7. Källor inom området enligt SGU.

Enligt Handling (3) följer portrycket i leran väl en hydrostatisk profil från grundvattennivån i bottenlagret. Området för den undersökningen är en del av Bålsta centrum som angränsar till aktuellt utredningsområde.

## 7 Markradon

Enligt handling (6) som avser Mansängen beläget strax söder om Bålsta centrum konstateras att marken inom området innehåller normala radonhalter. Marken inom detta undersökningsområde kom med hänsyn till jordens låga luftpermeabilitet att klassas som normalradonmark.

Inom aktuellt utredningsområde finns mäktiga lerlager som är täta och liknande förhållanden är troliga. Radonmätning har inte utförts inom aktuellt uppdrag. Med de jordlagerförhållanden som råder inom utredningens område finns liten risk för problem med radon. Förhållanden bör dock kontrolleras i detaljprojekteringen.

Det radonskyddade utförandet är beroende av grundkonstruktionens utformning och projekteras därför av huskonstruktören.

## 8 Sättningar

Leran inom området bedöms vara normalkonsoliderad med en överkonsolideringskvot, OCR på 1,0 – 1,25.

Uppkommer sättningar och krypning inom området kan vertikala rörelser vid markytan förväntas i 40 till 60 år. Inom områden med Vid förekomst av gyttjelera bedöms risken för sättningar vara mycket stor. En dränering av området kommer att medföra ökade sättningar.

Observera att vid pålning genom friktionsjorden under leran kan sättningar på markytan uppkomma till följd av packning av jordmaterialet.

Stora sättningar kommer att utbildas vid belastningen av marken och medföra dyra grund och förstärkningskostnader. Grundläggning av eventuella tyngre byggnader bör utgöras med spetsburna pålar, varvid pållängder upp till cirka 50 m kan komma att erfordras.

Ledningsanslutningar vid byggnader bör utföras på sådant sätt att skador på grund av differenssättningar minimeras. Vidare bör ledningar med självfall ges överdimensionerat fall.

Att hantera sättningar med överlast är en beprövad teknik. Dimensionering av överlast till storlek och liggid kräver kompletterande undersökningar vid den lokal det gäller.

## 9 Stabilitet

Områdets totalstabilitet är tillfredsställande. Vid exploatering bör lokal stabilitet säkerställas. I den lösa ytliga leran kan den lokala stabiliteten riskeras av exempelvis tillfälliga uppfyllningar.

## 10 Geotekniska förutsättningar och rekommendationer

Alla dränerande åtgärder bör undvikas, där sådan kan tänkas inverka på en sänkning av grundvattenytan, eftersom en sänkning av grundvattenytan ger samma effekt som en belastning. I praktiken kan det vara svårt att undvika en grundvattensänkning av den artesiska nivån ned till ledningsbäddsdjup, cirka två meter under markytan.

Det kommer inte bara ge upphov till en klassisk endimensionell sättning av belastning utan organiska material i gyttjeleran kommer att få tillgång till syre och brytas ned. Därmed erhålls en volymminskning av leran som ger upphov till ett symptom som framstår som en sättning. Även om orsaken är annorlunda än det som normalt beskrivs med det geotekniska begreppet sättning eftersom en vertikal markrörelse vid ytan kan mätas.

Med hänsyn till risk för sättningsbenägen jord bör höjdsättningen av området göras så att all uppfyllning i möjligaste mån undviks.

För detaljplanering bör man även söka bedöma sannolikheten för en framtida grundvattensänkning.

### 10.1 Bebyggelse

Områden i väster mot Väppebyberget och Västerdalen, där marknivån stiger och pållängder kan förväntas vara kortare än inom övriga delar av området har de geotekniskt

sett enklaste förutsättningarna för framtida bebyggelse. Pålning för framtida hus kommer dock att erfordras inom området. Närmast höjdparter kan djupet till fast botten förväntas avta mycket snabbt.

Sonderingsdjupen indikerar även att direkt söder om Centrumleden och cirka 250 meter söderut vid idrottsplatsen och fotbollsplanen och tvärsöver dalen så är lermäktigheten mellan 10 – 20 meter. Detta ger en billigare grundläggning än områden söder och norr om som ligger i dalens mitt.

I områden i dalgångens centrum närmast Västerängsbäcken dels vid delområde 3 och 2 visar sonderingar på lermäktigheter på mellan 20-30 meter respektive 30-40 meter. Eftersom längre pållängder medför ökade kostnader blir dessa områden dyrare att bebygga än de ovan beskrivna.

I den delen av delområde 1 som ligger närmast befintlig bebyggelse i öster är lerans mäktighet cirka 13 till 15 m vilket ger ett område som ur geoteknisk synvinkel är enklare att bebygga. I delområdets västra del är lermäktigheten 25-36 meter. Tidigare undersökningar indikerar att lermäktigheten ökar mot det angränsande Bistaområdet.



Figur 8 Områden där grundläggningen med pålar uppskattats vara mindre kostnadskrävande än inom övriga delområden. Mot sydväst, mot Väppebyberget och Västerdalen, öppen skraffering. Område söder om Centrumleden visas med sluten skraffering.

### 10.1.1 Vattenpark

Den vattenpark som planeras i området invid Kolonistugorna vid Gröna dalen med en vattenspegel för rening av dagvatten på cirka 2 ha inom ett rekreationsområde på cirka 3 ha är i planeringsskedet förlagd där de djupaste sonderingarna konstaterats. Ur bebyggelseperspektiv är det en förmånlig placering eftersom kostnad för grundläggning

av bebyggelse blir som störst i det området. Jordens ytliga markförhållande är desamma som för delområde 2. Vid ökat flöde i Västerängsbäcken vid anläggande av vattenpark och eventuell pumpning till den så bör det kontrolleras att bäcken inte kommer att börja erodera till följd av den ökande strömningen. Erosionsskydd kan komma att behöva anläggas.

## 10.2 Grundläggning

Grundläggning och dimensionering görs i enlighet med Boverkets byggregler (BBR), i enlighet med BFS 2011:10 EKS 8. Koefficienter för att beakta osäkerheter i sökta materialegenskaper väljs med ledning av regelverk.

Eurokoderna utgör tillsammans med nationella val i föreskriftsserien EKS ett system som är de svenska konstruktionsreglerna. En ny grundförfattning (BFS 2011:10 EKS 8) med korrekta hänvisningar till den nya plan- och bygglagen och förordningen gäller från 2 maj 2011.

Kompletterande utredning erfordras i detaljprojekteringen, när förslag på grundläggning, utformning och höjdsättning tagits fram. Slutligt val av utformning bör ske i samråd med konstruktör och geotekniker.

Platta på mark förses med sedvanligt fuktskydd i form av kapillärbrytande och dränerande skikt samt runtom liggande dränering. Dräneringen placeras på en sådan nivå att det kapillärbrytande lagret erhåller avsedd effekt

Vid entréer och liknande in- och utpassager bör exempelvis länkplattor övervägas för att reducera sättningsdifferenser och framtida underhåll av dess effekter. Vid pålade hus bör ingen uppfyllnad utföras på grund av risken för sättningskador på servisledningar. Att genom jordförstärkning, med exempelvis kalkcementpelare, förbättra egenskaperna på den postglaciala leran för att sedan påla för byggnader är en möjlighet som kan utredas vidare.

Vid dimensioneringen med hänsyn till "knäckning" av pålar behövs ett medelvärde på den odränerade skjuvhållfastheten inom 'knäcklängden' som är av storleksordningen 4 m. Det lägsta medelvärdet torde uppstå ytligt, i de flesta fall i den organiska leran, vilket är en mycket lös till lös lera.

För hus som ska pålas bör kompletterande geotekniska undersökningar göras inriktad på aktuella kvarter och byggnadsobjekt för att få underlag för bedömning av pållängder vid aktuellt delområde. Förenklat kan överslagsmässigt ansätta att betongpålar tränger ned till ungefär samma djup som hejarsonden. Tidigare undersökningar, hejarsonderingar, indikerar att nedträngningsdjup för standardpålar av betong under stoppnivåerna för sonderingarna i denna utredning på cirka 5 – 10 m.

Vid dimensionering av pålars lastkapacitet skall påhängslaster beaktas.

Med hänsyn till den geologiska formationen som området utgörs av går det inte utifrån en översiktlig geoteknisk utredning ge entydiga svar på bästa grundläggning. För att säkert

klarlägga grundläggningsförutsättningarna torde krävas fler sonderingar för varje byggnad. Erforderlig geoteknisk undersökning kan dock kostnadsmissigt begränsas om undersökningarna samordnas åtminstone kvartersvis. När detaljplaneförslag föreligger rekommenderas att samordnad geoteknisk undersökning utförs för hela detaljplaneområdet, varvid såväl kvartersmark som gatu- och ledningsområden. Härvid kan kostsamma undersökningsmetoder (såsom provtagning med laboratorieundersökningar, inklusive CRS m.m.) samordnas.

Beslut om i vilket skede de geotekniska undersökningarna förtätas bör göras i samråd med geoteknisk sakkunnig. I det fortsatta planarbetet bör dock angivna rekommendationer om begränsad uppfyllning i största möjligaste mån beaktas. När förslag på tomtindelning föreligger rekommenderas att behov av kompletterande undersökningar prövas.

### 10.3 Schaktning

Schaktade massor under torrskorpelera kan förväntas få en mycket lös konsistens.

Vid återfyllande av ledningsgravsschakter bör beaktas att det åtminstone var 100:e meter, ordnas effektiv tätning för att hindra grundvattensänkning genom dränering längs med ledningsbädden.

Genom att begränsa uppfyllningarna kan ledningar förläggas i mark utan pålning av densamma. Om ledningsgravar skär igenom lerlagrets torrskorpa bör gravbotten förstärkas med till exempel fiberduk och ökad tjocklek hos grusbädden. Anslutning av serviser till pålade byggnader bör anpassas till beräknade framtida differenssättningar.

### 10.4 Vägar

Vägar bör anläggas nedskurna i marken så att inga vägbankar skapas. För att undvika större sättningar bör undergrunden förstärkas med kalkcementpelare ned genom den postglaciala leran, 5 – 10 meter.

### 10.5 VA

Va-ledningar bör förläggas så grunt som möjligt för att inte dränera ut området och orsaka marksättning. Vatten kan rinna i själva ledningsbädden och en väg för att dränera av delområden skapas. Därför bör bentonitskärmar i ledningsgravar projekteras in så att utdränering av vatten försvåras.

I de fall uppfyllningar orsakar sättningar kommer extra spänningar i ledningarna att uppträda. Ledningar bör dimensioneras med hänsyn till eventuella tillkommande spänningar.

Ledningsschakter bör vara så grunda som möjligt. Utförs hus med källare kommer nivåerna för ledningsschakterna att anpassas och dräneringsnivåerna sänks och risken för större grundvattensänkning ökar.

## 11 Kompletterande undersökningar

Denna tekniska PM geoteknik redovisar översiktligt de geotekniska förhållande inom aktuellt område. När planerade byggnaders läge samt nivå för grundläggning och grundläggningsmetod är kända krävs kompletterande undersökningar för att fastställa jordlagrens egenskaper under respektive byggnad.

Mätning av grundvatten i installerade grundvattenrör för att skapa en kunskap om mellan vilka nivåer grundvattennivån fluktuerar innan området exploateras för att kunna konstatera om en förändring skett senare.

För att erhålla säkrare uppgifter på grundvattennivåerna bör mätningarna av dessa fortsätta med en viss regelbundenhet. Underlag på säsongsvariationer och högsta och lägsta värden kan vara till stor hjälp om diskussioner uppstår i framtiden om eventuella sättningar inom området och om dessa skulle bero på exempelvis en grundvattensänkning.

Vid planering av bebyggelse bör inom så gott som hela området räkna med pågrundläggning. Marken är mycket sättningsbenägen och i detaljplanearbete och projektering måste man vara ytterst restriktiv med belastningar på markytan, uppfyllning och grundvattensänkande åtgärder.

De svåra geotekniska förhållanden som råder gör att en geotekniker bör ingå i de projekteringsgrupper som ska detaljprojektera området.

Den utförda undersökningen är översiktlig och ska förtätas och kompletteras vid en detaljplanering av området.

SWECO Infrastructure AB  
Geoteknik, Stockholm

Gunnar Westberg  
Handläggare

Jonas Thorelius  
Granskare