

Riddersvik, Hässelby

PM Geoteknik

Stockholms stad, Exploateringskontoret

SYSTEMHANDLING
2018-05-17

Revidering A 2018-10-15
Revidering B 2019-09-13
Revidering C 2019-11-11

Innehållsförteckning

1. UPPDRAG	5
2. OBJEKTBESKRIVNING	5
3. STYRANDE DOKUMENT	6
4. UNDERLAG	6
5. GEOTEKNISKA OCH GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	7
5.1. Växtlighet	7
5.2. Topografi	7
5.3. Jordlager	7
5.4. Grundvatten	8
6. BERÄKNINGAR	8
6.1. Stabilitet	8
6.1.1. Totalstabilitet inom planområdet, del 2	8
6.1.2. Stabilitetsförhållanden specifika objekt	10
6.2. Sättningar - gator	12
6.2.1. Beräkningsförutsättningar	12
6.2.2. Resultat	13
7. GEOTEKNISKA BEDÖMNINGAR OCH REKOMMENDATIONER	15
7.1. Marköverbyggnad	15
7.2. Tjälfarlighet	15
7.3. Dagvattenanläggning	16
7.4. Förstärkningsförslag utmed planerade gator	16
7.4.1. Ingen förstärkning	17
7.4.2. Tidig utläggning	17
7.4.3. Tidig utläggning med överlast och vertikaldränering	18
7.4.4. KC-pelarförstärkning	18
7.5. Breddning av GC-väg utmed Blomsterkungsvägen	19
7.6. Grundläggning broar över nytt dike	19
7.7. Ledningar	19
8. KOSTNADER	20
9. BILAGOR	20

Detta dokument har reviderats efter att kompletterande geotekniska undersökningar har utförts under 2018.

Omarbetade och nya stycken har markering i marginalen likt detta stycke.

Kompletterande undersökningar har utförts med syfte att undersöka markförhållanden för va-ledning vars läge justerats.

Geotekniska undersökningar utfördes även i närheten till skyddsobjekt som bedömts kunna påverkas av en eventuell grundvattensänkning. Utvärdering av eventuell påverkan av närliggande skyddsobjekt redovisas i separat handling.

I samband med undersökningen installerades fem grundvattenrör för att möjliggöra vidare utredning av påverkan av grundvattensänkning. Denna utredning utförs och redovisas av Geosigma.

Revidering B omfattar ett kompletterande kapitel avseende totalstabiliteten över området samt en justering av risken för bottenuppträckning för planerade dammar.

Revidering C omfattar ytterligare kompletteringar avseende totalstabiliteten för område 2.

Gällande handling är version 3.0, Revidering C, 2019-11-11.

Handläggare Carmen Pletikos / Matilda Wall	Datum / Version 2019-11-11- / 3,0
Granskad av Larsåke Sundström	Uppdragsledare Stefan Aronsson / Torbjörn Viperstrand
Uppdragsnummer (Atkins) 2012612	Beställare Stockholms stad, Exploateringskontoret

1. Uppdrag

På uppdrag av Stockholms stad, Exploateringskontoret, har Atkins Sverige AB utfört kompletterande utredningar, till tidigare (2015) av Atkins utförda undersökningar/utredningar, inom exploateringsområdet Riddersvik, Hässelby, Stockholms stad. Utredningarna omfattar detaljerade sättningsberäkningar samt förslag till förstärkningsåtgärder för de av Stockholms stad planerade gator, stabilitetsanalyser i områdets västra del kring planerade avvattningsanläggningar samt bedömning av grundläggningsförutsättningar för övriga planerade konstruktioner/anläggningar inom området.

Kvartersmarken samt delar av lokala kvartersgator omfattas inte av denna utredning.

Utförd geoteknisk undersökning redovisas i "Markteknisk undersökningsrapport, Riddersvik, Stockholm" (MUR/geo) Rev. A daterad 2018-10-15. Tidigare utförda undersökningar redovisas i "Markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geo), Riddersvik, Stockholm", daterad 2015-10-19. Geotekniska rekommendationer har tidigare sammanställts i "PM, Geoteknik, Riddersvik, Stockholm" daterad 2015-10-19.

Denna PM Geoteknik är endast avsedd som underlag till Stockholm stads fortsatta planeringsarbete. Dokumentet ska således inte användas som underlag för framtagande av bygghandlingar, utan enbart som ett underlag för upprättande av kalkyl för utbyggnaden av vägar, ledningsstråk och dagvattenhantering inom stadens mark.

2. Objektbeskrivning

Aktuellt område avgränsas av Lövstavägen i norr och Riddersviks allé i söder och i öster, se figur 1.

Inom området planeras nya bostadshus med tillhörande lokalgator och torgytor samt dagvattenanläggningar. I föreliggande rapport behandlas inte kvartersmarken.



Figur 1. Aktuellt område markerat. Kartutsnitt från [google.se/maps/](https://www.google.se/maps/)

Området ska exploateras och bebyggas med flerbostadshus och friliggande radhus. I samband med utbyggnaden ska området nivåjusteras, vilket innebär att fyllning med mäktighet varierande från ett par decimeter till upp mot ca 1,5 meter ska läggas ut. Stockholm stad projekterar delar av de nya gatorna (huvudgatunätet) inom området och Atkins har fått i uppdrag att utreda behov och omfattning av förstärkning för att kunna bygga planerade gator.

Vidare kommer dagvattenhanteringen i området att förändras. Befintligt dike, som idag går i öst-västlig riktning genom områdets centrala delar, kommer att läggas i ett nytt nordligt läge parallellt med, och strax söder om, Lövstavägen. Dagvattnet i diket leds till planerade dagvattendammar i väster där vattnet ska renas/fördrojas innan det når recipienten (Mälaren).

För övrigt kommer nya VA-ledningar att förläggas i området vilka i huvudsak kommer att följa huvudgatunätet. Denna PM omfattar bl a rekommendationer för schaktningsarbetena för dessa.

3. Styrande dokument

Denna PM ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga

. För planerad anläggning, inkl. dimensionering av tillhörande geokonstruktioner, gäller nedanstående svenska standarder, föreskrifter och rapporter – se tabell 1.

Tabell 1 Styrande dokument

Standard eller annat styrande dokument
BFS 2015:6 EKS 10 – Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av konstruktionsstandarder (eurokoder).
SS-EN 1997-1 – Svensk Standard, Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner Del 1
TK Geo 13 (Trafikverkets publ 2013:0667)
AMA Anläggning 13
IEG Rapport 6:2008, Rev 1 – Slänter och bankar

4. Underlag

Som underlag för denna PM, har följande handlingar använts:

- /1/ Av Atkins utförda geotekniska undersökningar 2015 redovisade i MUR/geo och PM Geoteknik daterade 2015-10-19
- /2/ PM Geoteknik, Sättningsutredning samt förslag till förstärkningsåtgärder, upprättad av Atkins 2016-04-08
- /3/ Av Atkins utförda kompletterande geotekniska undersökningar redovisade i "Markteknisk undersökningsrapport / Geoteknik" (MUR/Geo), Rev. A daterad 2018-10-15
- /4/ Illustrationsplan 170505, erhållen av beställaren, daterad 2017-05-05
- /5/ Höjdsättning av gator, T05-P001.dwg, framtagen av Sweco 2018-01-23
- /6/ Strukturplan_170510.dwg, framtagen av Nivå 2017-05-10
- /7/ Markplanering planområde, L-30-P-01.dwg, framtagen av Nivå 2018-03-29
- /8/ Va-ledningar i plan och profil, ACAD-R51_P01_LEVERANS GH-Model.dwg, framtagen av Tyréns 2018-03-14

5. Geotekniska och geohydrologiska förhållanden

5.1. Växtlighet

Inom området har tidigare funnits en trädskola som idag är nedlagd. Befintlig växtlighet är till stora delar rester från den tidigare verksamheten och består till största del av träd och högvuxen grönska. Ett dike rinner tvärs genom området i öst-västlig riktning. Det tidigare trädskoleområdet är fortfarande inhägnat och omges av bostadsområden i norr och sydost och ett större grönområde i sydväst.

5.2. Topografi

Marken inom området varierar mellan nivåerna ca +12 och +20 (RH 2000). De lägst liggande områdena återfinns i väster och de högsta i öster.

Generellt sluttar marken ner mot diket som ligger som ett lågparti centralt inom området.

5.3. Jordlager

Utbyggnadsområdet ligger i en svacka, som omgärdas av högre liggande partier såväl i söder som i norr. Inom de omgivande höjdpartierna finns morän och berg i dagen och i svackan har en sättningkänslig postglacial lera med varierad mäktighet avlagrats. De översta 1-2 metrarna av leran utgörs av torrskorpelera, d v s den översta del av lerskiktet som påverkats av grundvattenytans fluktuationer och tjäle och därför erhållit egenskaper som gör att den är mindre sättningkänslig. Hela området täcks generellt av ca 1 m fyllning.

De sättningsgivande lermäktigheterna varierar inom området och är som mäktigast, kring 6 à 7 m, i de nordöstra och sydvästra delarna av området. Inom dessa områden är även de planerade fyllningsmäktigheterna som störst.

Inom övriga delar av området är den sättningkänsliga lerans mäktighet något mindre och varierar mellan 1 och drygt 4 m. Även de planerade fyllningsmäktigheterna varierar här, från ett par decimeter till drygt 1 m.

För detaljerad information om jordlagerföljder och mäktigheter hänvisas till i projektet framtagna MUR/geo /1/ och /3/, se kapitel 4. Tolkade sektioner redovisas i bilaga 2.

Lerans kompressionsegenskaper från fyra undersökningspunkter (15AT14 och -25 samt 17AT08 och -26) har undersökts med CRS-försök på laboratorium. Teoretiskt kan kompressionsegenskaperna även utvärderas ur CPT-sonderingar. Dessa utvärderingar baseras på empiriska samband och är generellt något mer osäkra än utförda laboratorieanalyser.

Leran bedöms vara svagt överkonsoliderad (ca 20 kPa), vilket innebär att den är sättningkänslig för belastningsökningar, som t ex utläggning av fyllningar eller grundvattensänkningar.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet varierar huvudsakligen kring 20 kPa, men kan ställvis vara så låg som 15 kPa. Eftersom planerade fyllningsmäktigheter är relativt måttliga, max ca 1,5 m, bedöms stabilitetsförhållandena som tillfredsställande vid planerade fyllningshöjder, se kapitel 6.1.

5.4. Grundvatten

Grundvattennivåerna har registrerats vid ett måttillfälle skilt från installation i nio rör (av tolv installerade rör). Fyra av rören installerades vid undersökningarna utförda 2015, tre vid de kompletterande undersökningarna 2017 och två vid undersökning utförda 2018. Grundvattenrören har förts ner till under leran liggande vattenförande skikt. Vid mätning som utförts i augusti 2015, juli 2017 och september 2018 har en fri vattenyta påträffats mellan 1,2 och 2,3 m under markytan.

För detaljer se kapitel 4 i handling /3/ och ritningsbilagor till handling /1/.

Det bör noteras att samtliga mätningsperioderna ligger inom en period med vanligen låg grundvattenbildning och eftersom grundvattennivåerna är årstidsberoende så ligger nivåerna troligen högre under perioder med grundvattenbildning, d v s under senhöst/vinter och tidig vår. Av den anledningen bör avläsningar utföras under en hel årstidscykel för att fånga upp dessa naturliga fluktuationer och därigenom erhålla en säkrare lägsta- respektive högsta grundvattennivå.

6. Beräkningar

6.1. Stabilitet

6.1.1. Totalstabilitet inom planområdet, del 2

Planområdet Riddersvik, del av fastigheten Hässelby Villastad 36:1 m.fl. utgörs av två delar:

- del 1, den SV delen inom vilken ingen nybyggnation är planerad i detta skede
- del 2, den NV delen inom vilken omfattande ny bebyggelse av bostads- och enfamiljshus, gator, tekniska anläggningar m.m. planeras

I Atkins uppdrag har ingått att utföra geotekniska undersökningar och utredningar för planerade gator och dammar inom del 2. Nedan redovisad stabilitetsbedömning omfattar således enbart del 2.

Det översta jordlagret inom del 2 utgörs till övervägande del av en postglacial lera med upp till 6 å 7 m mäktighet – se bild 1.



Bild 1 – SGU:s jordartskarta

Topografiskt varierar markytan mellan ca +11 vid den NV ytterkanten och ca +22 vid den NO hörnan. Inom delen ligger marken högst utmed den NO gränsen, där den faller från ca +22 SV till ca +15 i NV. Utmed den södra gränsen av del 2 faller marken från ca +20 i SO till ca +12 i NV. Mellan dessa gränser faller markytan inom del 2 mot det befintliga östvästliga diket, vars botten ligger kring +17 i öster och faller till omkring +10 i väster.

Del 2 omges av ett flertal höjdparter med fast mark på upp mot +25 å +35 m i alla riktningar. Undantag är ett lågparti kring +12 NV om Riddersviks Gård samt ett smalt lågområde kring diket på dess väg ut mot Lövstafjärden i NV – se bild 2.

Normalt bedöms lerområden med en marklutning på 1:10 eller mer som presumtiva riskområden för skred (se Skredkommisionens Rapport 3:95 "Anvisningar för släntstabilitetsutredningar", 1995).

I bilaga 4 redovisas två sektioner genom område två, dels en i väst-östlig riktning (Sektion Väst-Öst) och en i ca nord-sydlig riktning (Sektion Norr-Syd). Av dessa framgår att det inte finns några större, sammanhängande områden med en marklutning på 1:10 eller brantare - jfr linjer med lutning 1:10 som är inlagda på sektionsritningen. De brantaste och mest sammanhängande områdena med störst lutning (1: 16 å 19) finns i områdets ytterkanter där lerlagret inte finns. Inom de centrala delarna av område 2, där lera finns, är marklutningarna ännu mindre. Det finns dock inom området ett antal begränsade riskområden, vilka har identifierats av SGU och redovisas på deras karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart". Dessa är koncentrerade till området utmed det befintliga diket samt några områden norr därom, kring Lövsta- och Liljekungsvägarna – se bild 3.

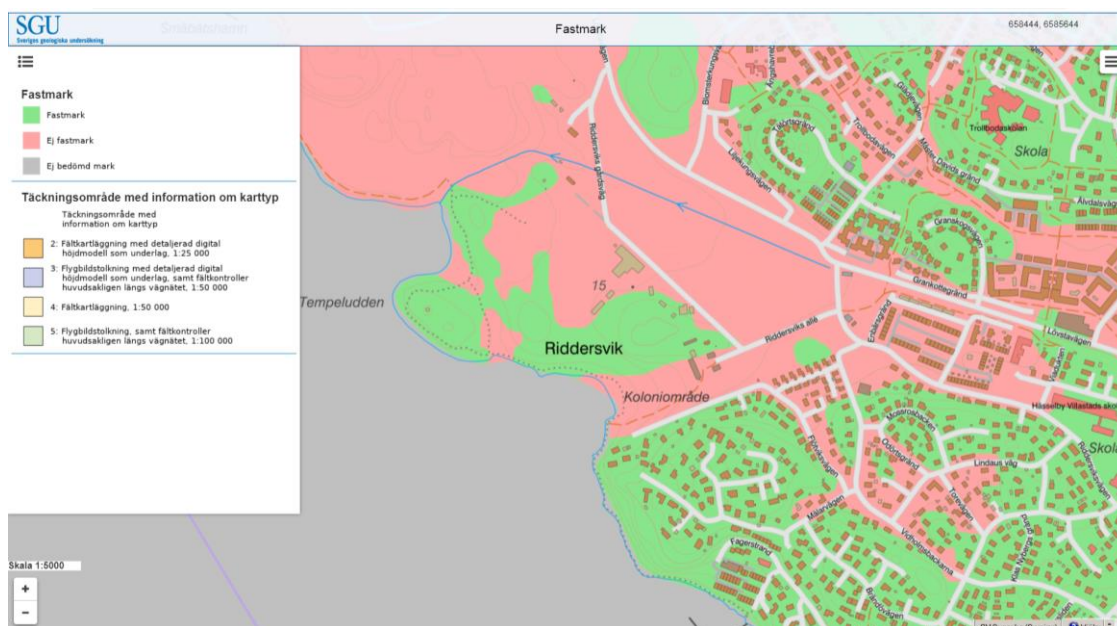


Bild 2 – Fastmarkskarta från SGU

Inom del 2 finns ett antal begränsade riskområden, vilka har identifierats av SGU och redovisas på deras karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart". Dessa är koncentrerade till området utmed det befintliga diket samt några områden norr därom, kring Lövsta- och Liljekungsvägarna – se bild 3.

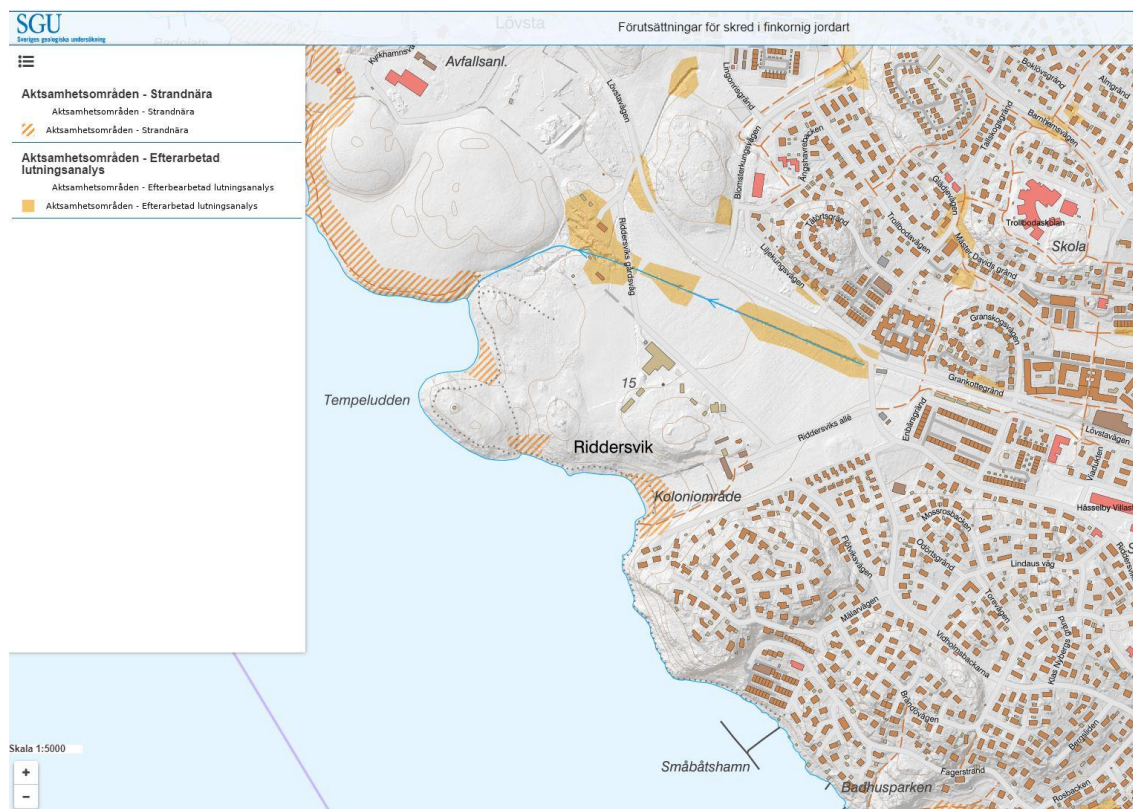


Bild 3 – del av SGU:s karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart"

Stabilitetsutredningar har utförts för ett område inom den västligaste delen, kring Riddersviks Gårdsväg, avseende där planerade gator och dammar. Se kapitel 6.1.2 nedan, där stabilitetsförhållandena för den planerade dammen väster om vägen bedöms som tillfredsställande medan förhållandena för dammen öster om vägen bedöms som otillfredsställande i byggskedet och därför ytterligare måste utredas i den fortsatta projekteringen.

På grund av rådande topografiska förhållanden, där del 2 i princip ligger i en svacka mellan höjdparter, bedöms risken för sammanhängande, stora skred inom del 2 som liten. Lokalt kan skredrisker uppstå som följd av planerad utbyggnad och måste därför utredas speciellt med hänsyn till detta vid den fortsatta projekteringen av planerade byggnationer (hus, gator, dammar, terrasseringsarbeten o. likn.).

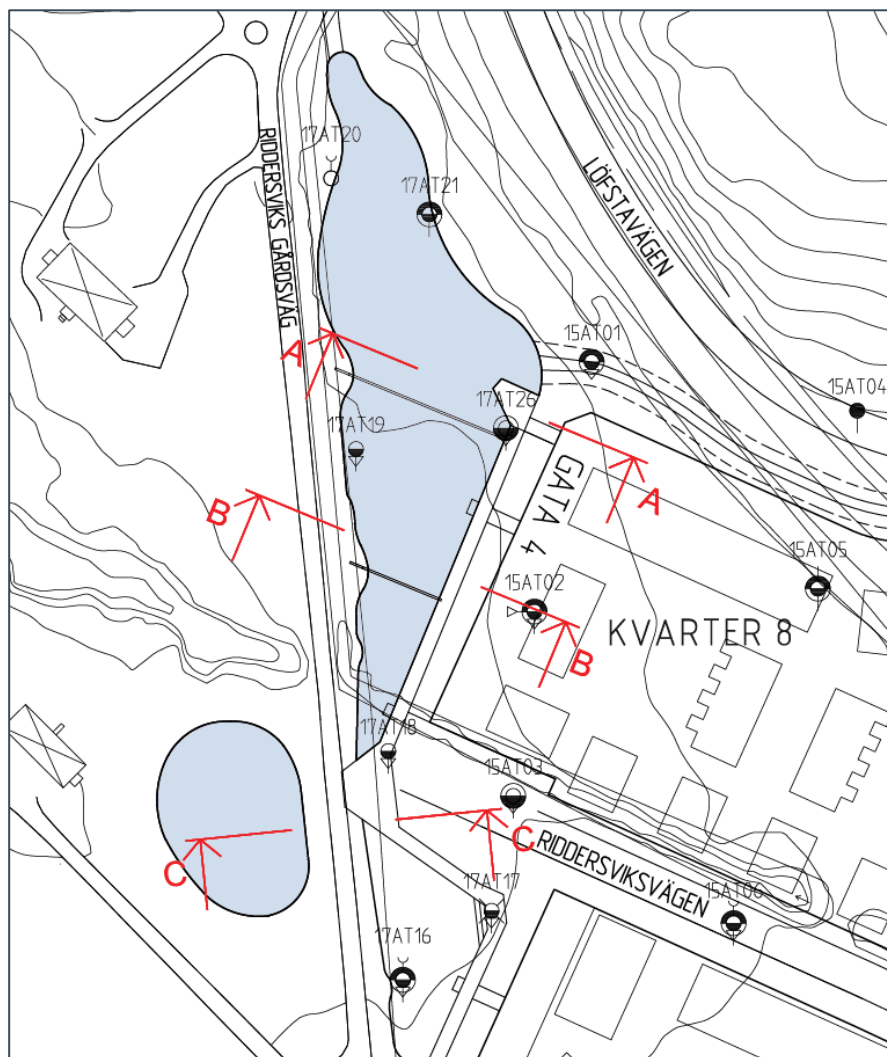
Med stöd av ovanstående bedöms aktuellt område vara lämpligt att bebygga, under förutsättnings att begränsningar och kompletterande utredningar enligt ovan vidtas.

6.1.2. Stabilitetsförhållanden specifika objekt

En översiktlig bärrighetskontroll har via handberäkningar utförts för planerade gator inom exploateringsområdet. Utöver denna kontroll har översiktliga stabilitetsberäkningar utförts i läge för planerade dammar, se figur 2 nedan.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med partialkoefficienter, i enlighet med IEG:s rapport 6:2008, rev 1. Stabilitetsberäkningarna redovisas i detalj i bilaga 3.

I dagvattenanläggningens norra del planeras en brygganläggning längs med Gata 4, vilken är belägen väster om Kv 8, läge se figur 2 nedan. Lokalgatan (Gata 4) kommer att projekteras i annan entreprenad, men brygganläggningen ingår i stadens åtagande. Av den anledningen har översiktliga stabilitetsberäkningar utförts i slänten mellan Gata 4 och planerad damm. Exploatören för Kv 8, som även projekterar Gata 4, behöver ha kännedom om rådande stabilitetsförhållanden och anläggandet av bryggan och gatan behöver således samordnas.



Figur 2. Plan redovisande läge för beräkningssektioner (sektion A-C) omkring dagvattenanläggningen

6.1.2.1. Bärighetskontroll, planerade gator

En översiktlig bärighetskontroll har via handberäkningar utförts för planerade gator inom exploateringsområdet. Med förutsättningarna att den odränerade skjuvhållfastheten sätts till, $c_u = 15$ kPa och lastökningen till ca 2 m fyllning (motsvarande 40 kPa), erhålls en säkerhetsfaktor mot brott i jorden kring $F_s \approx 2$, vilket väl uppfyller kraven i TK Geo vid dimensionering med karakteristiska värden ($\geq 1,5$ för odränerad analys och $\geq 1,3$ för kombinerad analys).

Således förväntas inga stabilitetsproblem för planerade huvudgator inom området.

6.1.2.2. Resultat, planerade dagvattendammar

Utförda beräkningar för dammen öster om Riddersviks gårdsväg och väster om Gata 4 (Sektion A och B) ger otillfredsställande resultat i anläggningsskedet då återfyllning bakom stödmuren saknas. För att klara byggskedet erfordras därför troligen förstärkning i gatan, antingen med KC-pelare eller utskiftning av befintliga massor till lättfyllning. Möjligen kan tillfredsställande stabilitet uppnås om trafiken istället begränsas under byggtiden och flyttas längre från slänkrön.

De beräkningar som utförts i denna handling är av översiktlig karaktär och använd last är högre än den föreskriven i TK Geo.

Eftersom utförda beräkningar påvisar en stabilitetssituation där säkerhet mot brott inte är tillfredsställande krävs sannolikt någon form av åtgärd vid anläggandet av planerad brygga och Gata 4. Detaljerade beräkningar måste därför göras när mer exakta projekteringsförutsättningar föreligger.

I slutskedet, då bryggan har installerats och jord återfyllts bakom stödmur, bedöms stabilitetsförhållandena som tillfredsställande. Detaljerade beräkningar måste dock, även för detta lastfall, utföras i det fortsatta projekteringsarbetet.

Stabilitetssituationen är starkt beroende av i vilken ordning gata respektive damm byggs. Ordningen påverkar möjlig stabilitetshöjande åtgärd, och därmed krävs samordning mellan aktuella byggherrar vid projekteringen.

Vid dagvattendammen väster om Riddersviks gårdsväg (Sektion C) bedöms stabilitetsförhållandena vara tillfredsställande. Stabiliteten är tillfredsställande även då dammen torrläggts och Riddersviks gårdsväg trafikeras av tyngre fordon.

6.2. Sättningar - gator

6.2.1. Beräkningsförutsättningar

Storleken på tillåtna slutsättningar för gatorna inom området har i aktuellt projekt fastställts till 3 cm.

Sättningsberäkningarna har utförts med datorprogrammet Geosuite Settlement. I beräkningarna har jordmodellen Chalmers både med och utan krypning använts.

Prover av leran har undersökts på laboratorium, där värden för beräkning av sättningars storlek och tidsförlopp bestämts, se tabell 2 nedan.

Sättningsberäkningarna har utförts för representativa förhållanden med varierande mäktigheter på den sättning känsliga leran och varierad fyllningshöjd, se även sektioner i bilaga 2 till denna PM.

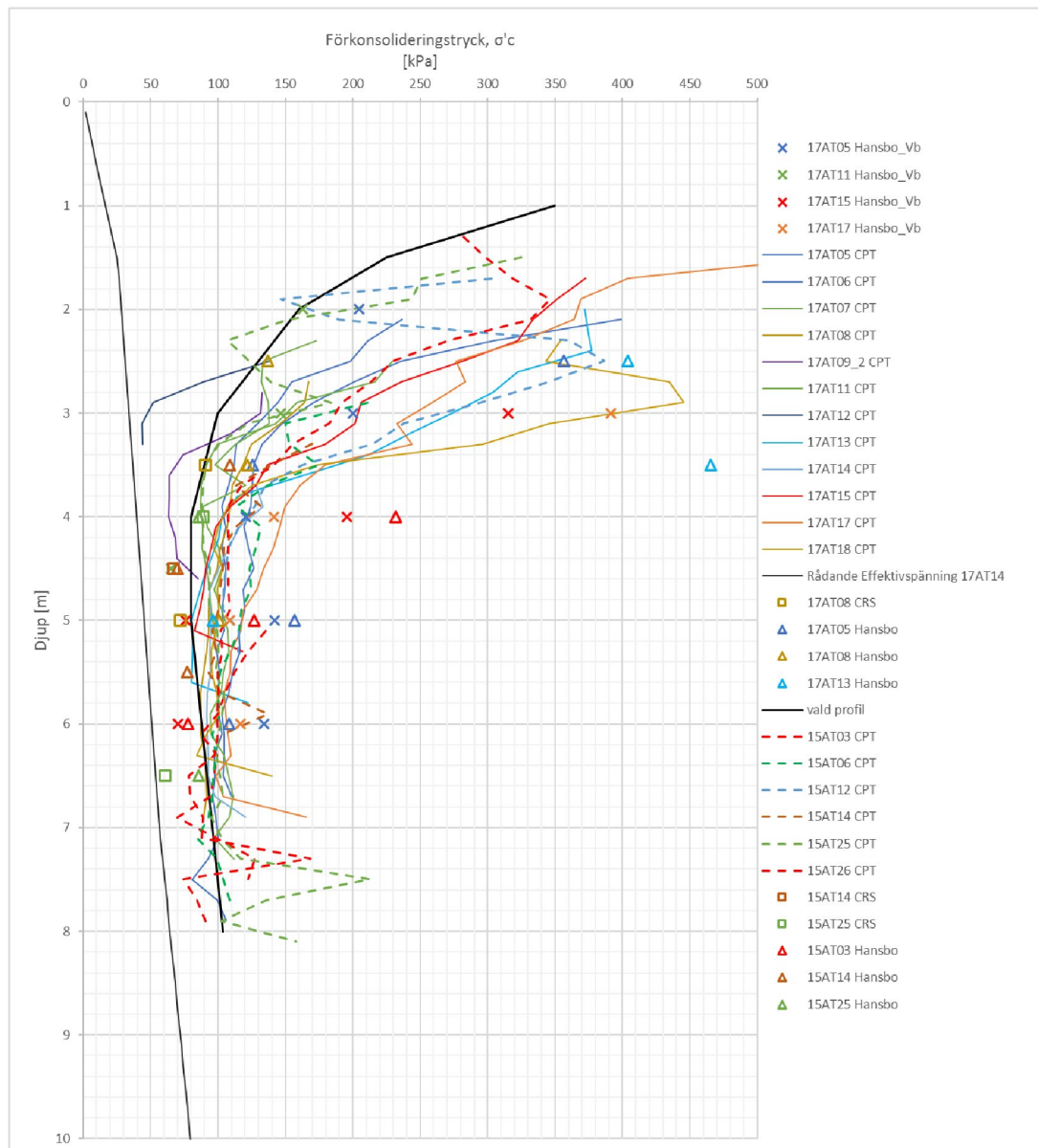
Vald förskonsolideringsprofil enligt figur 15 nedan, har använts i beräkningarna.

På laboratorium har lerans kompressionsegenskaper utvärderats med CRS-försök. Krypparametrarna r_0 och r_1 har utvärderats enligt PM "Val av kryptal för lösa plastiska leror", upprättad av Chalmers 2009-02-13.

Parametrar enligt tabell 2 nedan har utvärderats och använts i beräkningarna.

Tabell 2 Kompressionsegenskaper för lera

Parameter	Värde
M_0	$250 \cdot C_u$ kPa
M_L	500 – 1350 kPa (varierar)
M'	16
r_1	230
r_0	2 500
K_{ini}	0,015 m/år (ca $0,85 \cdot \sigma'_c$)
σ'_L	120-140 kPa (varierar)

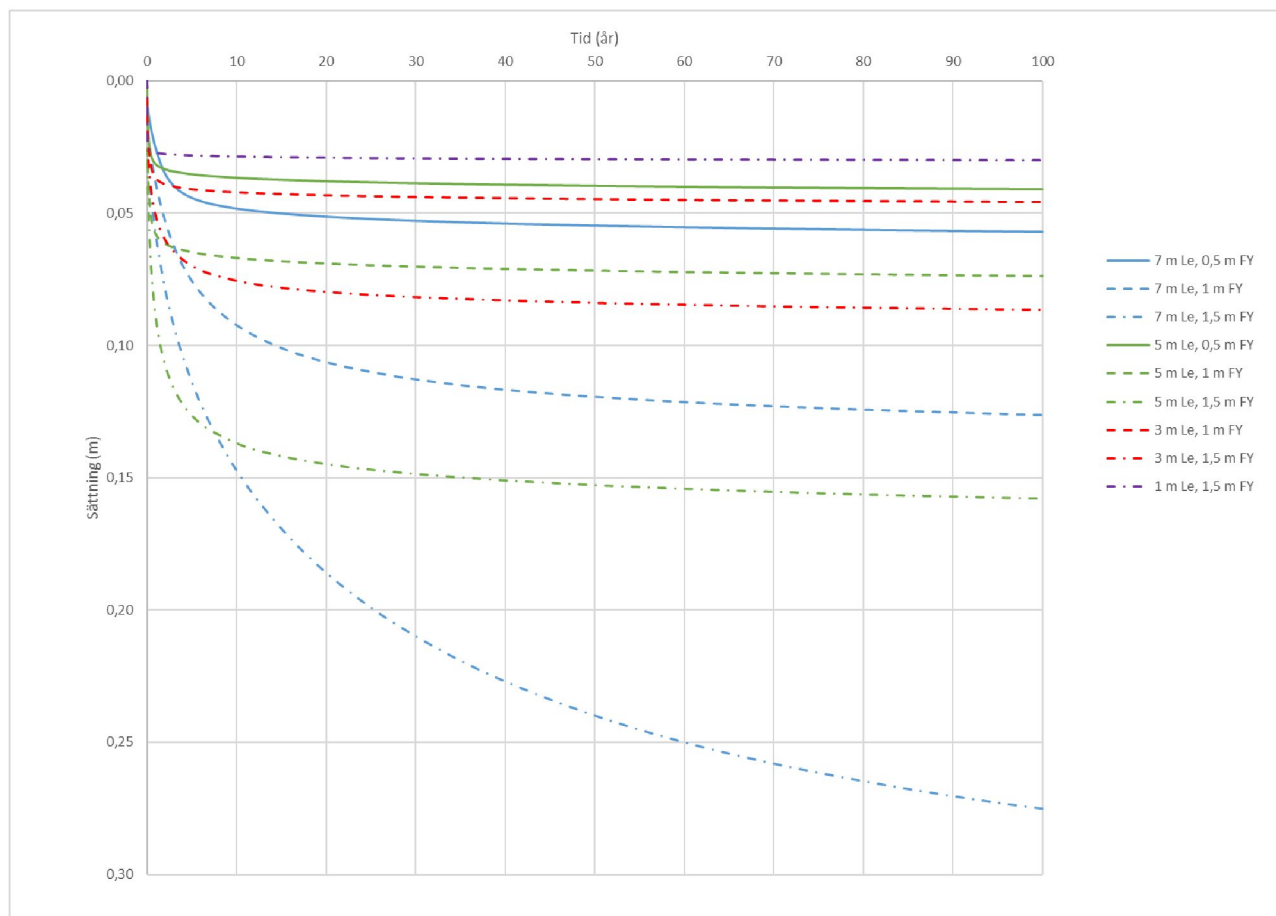


Figur 3. Förkonsolideringstryck i leran, svart linje representerar för sättningsberäkningarna valda värden

6.2.2. Resultat

Resultaten från sättningsberäkningarna visas i figur 4. Beräkningarna visar att den totala sättningen orsakad av fyllning upp till planerad vägöveryta huvudsakligen varierar mellan 3 och 8 cm. Inom ett begränsat område, i den sydvästra och i den nordöstra delen av området (kring punkterna 15AT06 och -24), blir sättningarna betydligt större eftersom de sättningskänsliga lerskikten här är mäktigare samtidigt som planerade fyllningshöjder är som störst.

Resultaten redovisas även i tabell 3 nedan där även den sättningskänsliga lerans mäktighet liksom fyllningens planerade mäktighet redovisas.



Figur 4. Resultat av sättningsberäkningar vid varierande ler- och fyllningsmäktigheter, se även tabell 3

Leran har vid måttliga mäktigheter, upp till ca 4 à 5 m, sådana hydrauliska egenskaper att huvuddelen av de beräknade sättningarna utbildas inom ett par år, vilket ger goda förutsättningar att få ut erforderliga sättningar inom en rimlig tid genom att lägga ut fyllningarna tidigt eventuellt kompletterat med en överlast.

Inom områdets nordöstra och sydvästra delar, kring punkterna 15AT06 och 15AT24, är dock de sättningsgivande lerskikten av sådan mäktighet, 6 till 7 m, att sättningsutvecklingen måste forceras genom att även ca 0,8 à 1 m överlast läggs ut i kombination med installation av vertikaldräner under sättningsövervakning av sättningsförloppet.

För de delar av området där beräknade totalsättningar ligger mellan 3 och 8 centimeter räcker det att lägga ut planerad fyllning plus ca 0,1 m överhöjning som kompensationslast för förväntade sättningar, se figur 4. Lasten bör ligga åtminstone 10 till 12 månader innan gatorna färdigställs, i syfte att utbilda sättningar av sådan storlek att resterande sättningar bedöms ligga inom tillåtet intervall, 3 cm. All last, både överlast och kompensationslast, bör läggas ut innan eventuella självfallsledningar läggs ut, för att undvika skador på dessa.

Tabell 3 Resultat av sättningsberäkningar med alternativa förutsättningar

Lermäk- tighet (m)	Fyllnings- mäktighet (m)	Konsoliderings- sättning (cm)	Totalsättning (inkl kryp) efter 100 år (cm)	Utvecklad sättning efter 0,5 år (cm)	Utvecklad sättning efter 1 år (cm)
7	0,25	1,4	3,3	-	-
	0,5	2,9	6,1	1,6	2,2
	1,0	8,1	12,8	3,0	3,9
	1,5	18,1	27,0	4,5	5,8
5	0,25	0,7	2,9	-	-
	0,5	1,9	4,1	2,5	2,9
	1,0	4,2	7,8	4,6	5,5
	1,5	9,2	15,7	7,0	9,0
3	0,25	0,7	2,0	-	-
	0,5	1,3	2,8	-	-
	1,0	2,9	4,7	2,8	3,4
	1,5	6,	8,7	4,2	5,1
1	0,25	0,4	0,8	-	-
	0,5	0,8	1,2	-	-
	1,0	1,5	2,0	-	-
	1,5	2,2	2,9	-	-

7. Geotekniska bedömningar och rekommendationer

7.1. Marköverbyggnad

Grundläggning av överbyggnader för gator och andra hårdgjorda ytor kommer övervägande att ske i torrskorpeleran och ska därför dimensioneras för terrass av materialtyp 4B enligt AMA Anläggning 13.

Materialtyp för jordlagren i respektive undersökningspunkt framgår av MUR/Geo, /1/ och /3/.

7.2. Tjälfarlighet

De inom området förekommande naturligt lagrade jordlagren hänförs övervägande till tjälfarlighetsklass 3 (måttligt tjällyftande jordart) enligt AMA Anläggning 13.

För detaljer se MUR/Geo, /1/ och /3/.

7.3. Dagvattenanläggning

Dagvattenanläggningen i väster, belägen strax öster om samt sydväst om Riddersviks Gårdsväg, är planerad som en anläggning med dammarna i en trappstegsformation efter varandra. Dammarna är åtskilda med överfall/skibord i betong. I den nordligaste dammen ligger botten på nivån ca +9,8 och vattennivån på +11,3, när vattnet stiger över nivån +11,5 rinner det till dammarna nedanför. I dessa dammar ligger botten på nivån ca +10,2 och vattenytan på ca +11. Därefter rinner vattnet vidare till dammen belägen väster om Riddersviks Gårdsväg vars botten ligger på nivån ca +10 och vattnet på nivån ca +10,8. Dammarna ska enligt uppgift konstrueras som täta.

Grundvattennivån har i juli 2017 noterats på nivån +10 à +10,2 i området. Eftersom dessa nivåer är registrerade under en period med låg grundvattenbildning kan grundvattennivån ligga högre under perioder med grundvattenbildning. Om dammarna av någon anledning inte konstrueras som täta finns därför risk för grundvattenläckage till den nordligaste dammen där de tätande lerskikten i princip saknas.

Utförda stabilitetsberäkningar visar att dammarna är stabila när deras slänter utförs med lutningar kring 1:4.

Utförda undersökningar visar att ingen risk för bottenuppträckning föreligger för de i nuläget föreslagna dammlägena och bottenivåerna samt vid antagen grundvattennivå, +10. I samband med slutprojekteringen av dammarna måste risken för bottenuppträckning åter beaktas inte minst med hänsyn till att den antagna grundvattennivån baserades på endast en mätning, se kap 5.4.

7.4. Förstärkningsförslag utmed planerade gator

Undersökningarna har visat att den sättningskänsliga lerans mäktighet varierar mellan ca 1 och 7 m över området. De största mäktigheterna har påträffats i den sydvästra och nordöstra delen av området. Planerade nivåer för de nya gatorna innebär att behov av fyllningshöjder varierande från i princip noll till upp mot ca 1,5 m föreligger. Den varierande belastningen från erforderlig fyllning över områdets varierande lermäktigheter ger upphov till sättningar från under 3 cm till upp mot 15 à 25 cm, se kapitel 6.2.

Notera att samordning kommer krävas mellan stadens och exploatörernas projektörer för gatorna i området och speciella åtgärder kommer att krävas för Gata 4, som projekteras av exploatörerna för Kv 8 och 9 i västra delen av området (se kapitel 6.1.2).

Atkins har identifierat och bedömt lämpliga förstärkningsalternativ enligt tabell 4.

Vilken metod som lämpar sig bäst beror på lermäktighet, tillgång av material för förbelastning och den tid som finns tillgänglig för en förbelastning.

Ju längre tid som står till förfogande desto mer (ekonomiskt) gynnsam är förstärkning med tidig utläggning som en förbelastning med eller utan överlast och vertikaldränering. Förbelastningar inom Riddersviksområdet bedöms kräva mellan 10 och 12 månader för att ge effekt. Vid förbelastningar ska sättningsförloppet kontrolleras genom avvägning av för ändamålet installerade sättningspegel. Den erforderliga tiden för att uppnå eftersträvd effekt kan vara kortare än här redovisats dels på grund av att beräkningsmetoderna ofta ger konservativa värden och dels p g a att leran kan vara mer eller mindre varvig, d v s innehåller dränerande skikt som kan påskynda sättningsförloppet.

Om tid för förbelastning inte finns krävs någon av de andra nämnda förstärkningsmetoderna, d v s urgrävning, lättfyllning alternativt KC-inblandning – eller en kombination av dessa.

Av ovanstående metoder rekommenderar Atkins i ett första skede förstärkning genom tidig utläggning av fyllningen upp till planerad nivå. Vid behov utförs denna åtgärd i kombination med en mindre överlast eller överlast med vertikaldränering. Alternativet bedöms som den minst kostnadskrävande och tekniskt mest fördelaktiga. Metoden är möjligen något osäker för de större lermäktigheterna eftersom resultatet är kraftigt beroende av lerans egenskaper och vi enbart kunnat analysera leran i en

begränsad omfattning. Om det vid utförda sättningsmätningar konstateras att sättningarna inte utvecklas som förväntat finns det tid att ändra metod och utföra t ex KC-pelarförstärkning.

Det kan konstateras att Atkins rekommendation om tidig utläggning – även i kombination med vertikal-dränering – är det mest ekonomiskt fördelaktiga och bör väljas i första läget och ha med KC-pelarförstärkning som alternativ.

För förstärkningsförslagets utbredning i plan se bilaga 1.

Tabell 4 Studerade förstärkningsalternativ

Alternativ	Kommentar
Förelastning (genom tidig utläggning) av leran för att utbilda sättningarna innan gator, ledningar och andra anläggningar i anslutning till gatunätet färdigställs.	Bedöms, under förutsättning att erforderlig tid 10-12 månader finns, som både tekniskt och ekonomiskt det mest fördelaktiga alternativet.
Förelastning (genom tidig utläggning) i kombination med överlast och vertikaldränering, vilket ger snabbare effekt än endast förelastning.	Bedöms, under förutsättning att erforderlig tid ca 10-12 månader finns, som både tekniskt och ekonomiskt det mest fördelaktiga alternativet där både lermäktigheterna och fyllnadshöjderna är störst.
Förstärkning av lerlagret genom att leran förstärks med KC-pelare (Kalk-/Cementpelare).	Ett dyrare alternativ än förelastning. Dessutom ett sämre alternativ än förelastning ur ett hållbarhetsperspektiv.
Urgrävning av sättningskänslig lera och återfyllning med bärkraftigt material.	Innebär onödiga och kostsamma masstransporter.
Kompensation av erforderlig fyllningsbelastning genom viss urgrävning och fyllning med lätt material (cellplast eller likvärdigt).	Innebär onödiga och kostsamma masstransporter samt utläggning av material som kan påverka övriga intressenter på ett negativt sätt (t ex kan ledningar inte förläggas i cellplast).
En översyn av planerad höjdsättning. Varje sänkning av marknivån innebär en reduktion av förstärkningskostnaderna.	Kan fyllningshöjderna minskas något kring punkterna 15AT06 och -24 där lermäktigheterna är som störst?

7.4.1. Ingen förstärkning

Utförda sättningsberäkningar visar att, inom stora delar av området, förväntas de utvecklade sättningarna vara under 3 cm, antingen beroende på att fyllningsmäktigheterna är begränsade eller att de sättningsgivande lerskiktens mäktighet är begränsade. Således bedöms Lövstavägens nya dragning inte erfordra någon förstärkning, likaså bedöms gator i de östra delarna av området kunna byggas utan förstärkning, se förstärkningsförslagets utbredning i plan, bilaga 1, samt på tolkade sektioner, bilaga 2.

7.4.2. Tidig utläggning

Övriga delar bedöms erfordra förstärkning i någon form. För de områden där sättningar av storleksordningen 3-8 cm förväntas erfordras enbart smärre åtgärder. Rekommendationen är att lägga ut fyllning till planerad gatunivå 10-12 månader innan gatorna färdigställs och ledningarna grävs ner.

Det är osäkert att teoretiskt bedöma den tid det tar för sättningarna att utvecklas. För att kontrollera att de utvecklas inom förväntad tid är det därför nödvändigt att följa upp sättningarna genom kontinuerlig mätning. Detta ger en möjlighet att justera t ex överlastens storlek och/eller dess liggtid.

Utbredning i plan se bilaga 1 samt tolkade sektionssritningar i bilaga 2.

7.4.3. Tidig utläggning med överlast och vertikaldränering

Inom de områden där sättningar av storleksordningen 15 à 25 cm förväntas måste sättningsutvecklingen forceras med både överlast och vertikaldränering för att de ska kunna utbildas inom rimlig tid.

Tidig utläggning och överlast utförs genom att planerad fyllning och ytterligare en överlast med 0,8 till 1 meters fyllning samt vertikaldränering installeras minst 12 månader innan vägarna färdigställs.

Vertikaldräner installeras i ett rutnät genom de sättningsgivande lerskikten och påskyndar på så sätt sättningsprocessen genom att porvattnet i leran kan dräneras bort via de kortare dräneringsvägarna. Om inte vertikaldräner nyttjas, krävs antingen en liggtid på minst 5 år alternativt en ökning av överlasten, vilket kan äventyra stabiliteten.

För att kontrollera att sättningarna utvecklas som förväntat erfordras kontinuerlig mätning av sättningsutvecklingen. Detta ger en möjlighet att justera t ex överlastens storlek och/ eller dess liggtid. Skulle det mot förmodan visa sig att sättningarna utvecklas långsammare än förväntat kan det bli aktuellt att installera KC-pelare utmed dessa sträckor, eller delar av dem.

Inom ramen för detta uppdrag har Atkins låtit utföra inblandningsförsök på laboratorium, för att finna det optimala receptet av kalk-/cementinblandning av just ovan nämnda anledning, se kapitel 7.4.4. nedan.

7.4.4. KC-pelarförstärkning

Om förstärkningsalternativet med vertikaldränering inte blir aktuellt eller skulle visa sig inte fungera rekommenderas att KC-pelarförstärkning utförs istället.

KC-pelarna sätts genom hela lermäktigheten, upp till ca 0,5 m under marknivån, i ett rutnät med centrumavstånd 1 m och med diametern 0,6 m. Inblandningsförsöken visar att med inblandningsmängden 70 kg/m³ (i förhållande 75% Cement respektive 25% Kalk) tar det 29 dygn att uppnå en skjuvhållfasthet $c_u > 100$ kPa, se tabell 5 nedan.

Tabell 5 Resultat av inblandningsförsök med olika recept av kalk och cement

<i>Punkt/ djup</i>	<i>Cement (%)</i>	<i>Kalk (%)</i>	<i>Mängd (kg/m³)</i>	<i>Dygn</i>	<i>c_u (kPa)</i>	<i>E₅₀ (MPa)</i>
17AT05/ 5-6 m	50	50	70	29	191 – 202	39 – 52,5
17AT05, -08, -13/ 5-6 m	50	50	90	29	249 – 253	57 – 61
17AT08, -09, -26/ 4-5 m	75	25	70	29	176 – 190	57 – 68
17AT13, -26/ 5 m	75	25	90	29	255 – 269	66 – 75,5

En geotextil (klass N2) samt ett bi- eller triaxialt geonät läggs ovan KC-pelarna för att sprida lasten från ovanförliggande fyllning jämnt över hela den förstärkta ytan. Därutöver placeras en överlast av jord med ca 0,5 m mäktighet, vilken bör ha en liggtid på minst 6 månader, för att konsolidera leran innan ytan kan färdigställas. Sättningsförfarandet bör kontrolleras med hjälp av regelbundna avläsningar av sättningspeglar. Utvecklingen av sättningarna kan gå fortare eller långsammare än den givna tidsramen om 6 månader, eftersom den är starkt beroende av lerans dränerande egenskaper.

För de sträckor där ledningar ska förläggas i gatan (främst längs Gata 2, 5 och 7), förstärks med fördel leran upp till schaktbottennivån för ledningsschakten. För övrigt samma förfarande som ovan beskrivits och samma liggtid på överlast innan ledningarna kan förläggas. Kringfyllningen runt ledningarna utgörs då av icke tjälfarliga massor som packas i erforderlig grad.

7.5. Breddning av GC-väg utmed Blomsterkungsvägen

Den befintliga GC-vägen utmed Blomsterkungsvägen, norr om Lövstavägen, ska breddas på en sträcka av ca 50 m. Jordlagren utgörs här av sandig, siltig lera eller morän och bedöms inte orsaka några större sättningar till följd av erforderlig fyllning. Dock bör beaktas att den naturliga jorden är tjällyftande p g a siltinnehåll (Tjälfarlighetsklass 4).

7.6. Grundläggning broar över nytt dike

Planerade broar ska troligtvis utformas som rörbroar över det nya diket i den norra delen av området, dels vid infarterna från Lövstavägen till Gata 5 i centrala delen (från nya cirkulationsplatsen) och dels till Gata 7 i östra delen av området. Laster, grundläggningsdjup, bottenplattans storlek osv är vid denna PMS upprättande inte framtaget.

Detaljerade beräkningar ska utföras när alla projekteringsförutsättningar finns framtagna, men tills vidare kan pågrundläggning av bronns båda stöd på vardera sida av diket antas.

7.7. Ledningar

Nya ledningar kommer huvudsakligen att förläggas i planerade huvudgator. Ledningarna kommer att läggas på varierande djup under markytan men ligger vanligen på mellan 2-4 m djup. Eftersom de naturliga jordarna huvudsakligen utgörs av en siltig lera rekommenderas att ledningarna läggs på en förstärkt ledningsbädd enligt AMA Anläggning.

Förekommande jordar inom de centrala delarna av området består huvudsakligen av en siltig lera ner till planerade schaktdjup. I dessa aktuella jordar rekommenderas att schakter djupare än ca 3 à 3,5 m utförs med någon form av stödkonstruktion vilken säkerställer stabiliteten. Schakter som är grundare än 3 m bedöms kunna utföras med slänter i lutning 1:1 dock under förutsättning att schaktkrönen inte belastas och att schakternas längd begränsas till max 5 m (s k etappvis schaktning). Schakterna måste även färdigställas inom en begränsad tid för att minska risken för väderpåverkan och därmed risken för skred.

Risk för bottenuppträckning föreligger för de djupare schakterna. Risken för bottenuppträckning ska i detalj kontrolleras i det fortsatta projekteringsarbetet.

Förekommande jordar i ytterområdena utgörs främst av fastare jord som friktionsjord och morän. Schakter i dessa jordar bedöms kunna utföras med slänt efter det att grundvattenytan sänkts till minst 0,5 meter under lägsta schaktbottennivå. Vald släntlutning påverkas av väder och vind och även dessa schakter måste begränsas både i längd och tid.

Handboken "Schakta säkert" ska användas vid bedömningar av lämpliga släntlutningar för temporära slänter.

8. Kostnader

Inom område där beräknade sättningar för gator överstiger 12 à 15 cm bedöms förstärkningsåtgärder, utöver förbelastning, erfordras. För två alternativ, kalkcementpelarförstärkning (KC-pelare) och vertikaldränering, har översiktliga kostnadskalkyler utförts.

För kostnadskalkylerna har antagits att gator av totalt 350 längdmeter och med 8 m bredd förstärks. Medeldjup lös lera har utifrån framtagna sektioner bedömts vara 6 m. För kalkylen har à-priser baserade på erfarenhetsvärden från tidigare utförda markförstärkningsarbeten använts.

Kostnaden för KC-pelarförstärkningen bedöms uppgå till ca 1,5 – 4,2 Mkr, beroende av pelardiameter, centrumavstånd samt variation i à-priser. Kostnaden kan även anges per meter väg och varierar då mellan 4 200 och 12 000 SEK/m väg.

Kostnaden för förbelastning med vertikaldräner bedöms uppgå till ca 0,6 – 1,5 miljoner kr, beroende av centrumavstånd samt variation i à-priser. Kostnaden kan även anges per meter väg och varierar då mellan 1 700 och 4 300 SEK/m väg.

9. Bilagor

Bilagor enligt nedan har tagits fram till föreliggande PM Geoteknik:

Bilaga 1	Tolkad planritning, redovisande förstärkningsförslag
Bilaga 2	Tolkade sektioner
Bilaga 3	Stabilitetsberäkningar, sektion A-C
Bilaga 4	Tolkade sektioner genom området i i väst-östlig resp nord-sydlig riktning samt översiktsplan