

ROSERSBERG, KROGSTA

BRISTA

Underlag till detaljplan

PM Geoteknik

GRANSKNINGSHANDLING

Nacka 2019-10-01

Handläggare: Jakob Vall

Granskad av: Lars Henricsson

Uppdrag: 19096

Konsult

Geoteknologi Sverige AB
Finnboda Varvsväg 12B
SE-131 72 Nacka
Tel: 070 290 74 40
Org.nr: 559080-8084
Styrelsens säte: Stockholm

Kund

Kilenkryssset AB, Anders Solberg

Kontaktperson

Jakob Vall 070 290 74 40
E-post: jakob.vall@geoteknologi.se

Innehåll

Ritningar	3
Bilagor	3
1 Inledning	4
1.1 Bakgrund.....	4
1.2 Uppdrag och syfte	4
2 Underlag	4
2.1 Utförda undersökningar	5
3 Befintliga ledningar och anläggningar	5
3.1 Befintliga anläggningar	5
3.2 Befintliga ledningar	6
4 Mark- och jordlagerförhållanden	6
4.1 Topografi.....	6
4.2 Geologi	7
4.3 Jordlagerförhållanden.....	7
4.4 Hydrogeologiska förhållanden.....	9
5 Skredrisker och klimateffekter	11
5.1 MSB:s karteringsmodell avseende skredrisker	11
5.2 Områdesspecifika stabilitetsförhållanden	11
5.3 Omläggning av Rosersbergsbäcken och anläggning av sumpskog och översilningsytor	12
5.4 Förväntad påverkan vid klimatförändringar	14
6 Grundläggning, markförstärkning	14
6.1 Allmänt.....	14
6.2 Byggande utmed Ostkustbanan.....	16
7 Grundvatten, LOD m.m.	20
7.1 Erosion.....	20
8 Markmiljö och radon	21
8.1 Markmiljötekniska förhållanden.....	21
8.2 Radon	21
9 Utredningsbehov och genomförande	22
9.1 Undersökningsbehov	22
9.2 Utförande och arbetsordning	22
 Bilaga 1 Markförstärkningsmetoder.....	 23

Ritningar

<u>Ritning nr:</u>	<u>Typ, innehåll</u>	<u>Skala (A1)</u>
G-11-1-01	Plan, Tolkade markförhållanden	1:2000
G-11-1-02	Plan, Grundvattenrör	1:2000

Bilagor

Bilaga 1	Markförstärkningsmetoder
Bilaga 2	Markteknisk undersökningsrapport (MUR) – Geoteknik

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sigtuna kommun avser att upprätta en ny detaljplan för fastigheterna Norrsunda Krogsta 16:3 m fl. Planområdet, som ligger väster om stambanan ca 1,5 km norr om Rosersbergs tätort, omfattar ca 40 hektar och består idag av främst odlad mark samt naturmark.

Detaljplanen syftar till att möjliggöra för industri- och lagerverksamhet samt ge möjlighet till järnvägsanslutning till Ostkustbanan. Området planeras rymma en eller flera olika slags verksamheter.

1.2 Uppdrag och syfte

På uppdrag av Kilenkryss AB har Geoteknologi Sverige AB utfört geoteknisk utredning inför upprättande av detaljplan. Syftet med utredningen har varit att klarlägga geotekniska förutsättningar inför upprättande av detaljplan. Arbetet har omfattat inventering och sammanställning av tidigare utförda undersökningar, utförande av nya geotekniska undersökningar samt geoteknisk utvärdering med avseende på planerad bebyggelse.

Denna handling är avsedd att utgöra geotekniskt underlag inför upprättande av detaljplan.

2 Underlag

Underlag för denna utredning har varit:

- SGU jordartskarta (skala 1:50 000).
- Laserskanningsdata erhållen via Metria.se.
- Digital grundkarta i koordinatsystem Sweref 99 18 00 och höjdsystem RH 2000.
- Brista verksamhetsområde. Plankarta. Samrådshandling, daterad 2018-08-13.
- Brista. PM Landskapsgestaltning. Påverkan på naturvärden och skyddsåtgärder, upprättad av WSP, daterad 2019-08-29.
- Brista. PM Landskapsgestaltning. Landskapsbild och visuell påverkan, upprättad av WSP, daterad 2019-08-29
- Brista. PM Landskapsgestaltning. Påverkan på naturvärden och skyddsåtgärder, upprättad av WSP, daterad 2019-08-29
- Brista Illustrationsplan, daterad 2019-09-24.
- Brista planmöte presentation 190312 .
- Planerad mark_3D. Upprättad av WSP, erhållen 2019-06-14.
- Inmätning av sumpskog, erhållen 2019-06-14.
- Brista tågdepå – mängdning. Upprättad av WSP, erhållen 2019-06-05.
- Brista. Kompletterande naturinventering. Upprättad av WSP, daterad 2019-05-15.
- Ledningsunderlag erhållet via ledningskollen.se.
- Brista bränslemottagning. Ritning G010J057 - G010J070. Förvaltningsdata, daterad 2007-11-30.
- Rosersberg Krogsta. Planerings-PM/Geoteknik. Upprättad av WSP, Planeringsunderlag daterad 2011-12-14.
- Rosersberg Krogsta. MUR/Geoteknik. Upprättad av WSP, Projekteringsunderlag, daterad 2011-12-14.

- Miljöteknisk markundersökning – Del av Norrsunda-Brista 2:16 – Brista verksamhetsområde. Upprättad av Structor Miljöbyrå Stockholm AB, daterad 2018-11-13.
- Kompletterande miljöteknisk markundersökning, Norrsunda-Brista 2:16, Sigtuna kommun. Upprättad av Structor Uppsala AB, granskningshandling daterad 2019-03-29.

2.1 Utförda undersökningar

Under 2011 utförde WSP en översiktlig geoteknisk utredning, vars resultat och slutsatser har sammanställts och beaktats under genomförandet av denna utredning. Som tillägg till WSP:s undersökning 2011 har Geoteknologi under 2019 utfört nedan kompletterande geotekniska och hydrogeologiska undersökningar:

- 12 CPT-sonderingar för bestämning av jordlagerföljden och jordlagrens egenskaper.
- 14 Jord-bergsonderingar (Jb) för bedömning av jordens lagerföljd och berglägesbestämning.
- Upptagning av störda jordprover med skruvprovtagare i 4 punkter.

För kartläggning av yt- och grundvattenförhållanden har nio nya grundvattenrör installerats, med spetsarna nedförda i friktionsjorden under leran. Månadsvisa mätningar fortlöper, för klarläggning av grundvattnets års- och säsongsvariationer, fr.o.m. juni 2019.

Resultaten av utförda undersökningar redovisas i Bilaga 2 – ”Markteknisk undersökningsrapport (MUR) - Geoteknik”, granskningshandling daterad 2019-10-01, upprättad av Geoteknologi. Tolkade jordlager redovisas på planritning G-11-1-01 tillhörande denna PM.

Denna PM med tillhörande ritningar redovisas i koordinatsystem SWEREF 99 18.00 i plan och RH 2000 i höjd.

3 Befintliga ledningar och anläggningar

Planområdet avgränsas av verksamhetsområdet Brista (kraftvärmeverk) i norr, Ostkustbanan i öster, en mindre grusväg i söder och Rosersbergs militära övningsområde i väster.

3.1 Befintliga anläggningar

I öster gränsar hela planområdet till Ostkustbanan, som är järnvägen mellan Stockholm och Sundsvall. Banan öppnades för trafik år 1866, men har sedan 1908 dubbelspår. Järnvägen fungerar idag även som en transportled för farligt gods. Anläggningen beskrivs mer ingående under avsnitt 6.2.1.

I norr och nordväst gränsar planområdet till en Fortums bränslemottagningsanläggning, som är en järnvägsansluten mottagningsstation för flygbränsle. Mottagningsstationen består av ett spårområde med totalt fyra spår, arbets- och körytor för lossning av fastbränsle samt en pumpanläggning för flygbränsle. Anläggningen utgörs i huvudsak av hårdgjorda ytor och banöverbyggnader, som är grundlagd på dels kc-pelare, dels på packad fyllning efter urgrävning av lös jord.

Genom området passerar ett större öppet dike (Rosersbergsbäcken) i nord-sydlig riktning. Rosersbergsbäcken avrinner sedan vidare norrut och vidare via Märstaån till Steningeviken/Mälaren.



Figur 1. Bilden uppe till t. v. visar Rosersbergsbäcken i vy mot norr, uppe t.h. Brista bränslemottagning och den nedre bilden Ostkustbanan i vy mot söder.

3.2 Befintliga ledningar

Planområdet genomkorsas i dagsläget av ett stråk, med flera ledningar i dalgångens mitt, som sträcker sig från norr mot söder. I stråket finns bl. a. vattenledningar, fjärrvärmeledningar, en högspänningsledning och kablar för telefoni. I den norra delen är ledningarna skyddade med ledningsrätt och med u-område i gällande detaljplan för Brista.

4 Mark- och jordlagerförhållanden

4.1 Topografi

Området består av öppen, plan åkermark, som omges av kuperade skogsbeklädda höjdparter. Markytans nivå varierar inom åkermarken mellan ca +16 och +18.

Inom området finns även två andra åkerpartier, ett västligt, med marknivåer på ca +17 och ett östligt med marknivåer på ca +27. I öster möter åkermarken ett större höjdparti med fastmark och på flera håll synligt berg. Höjdpartiet består av kuperad skogsmark med marknivåer mellan ca +20 och +39.

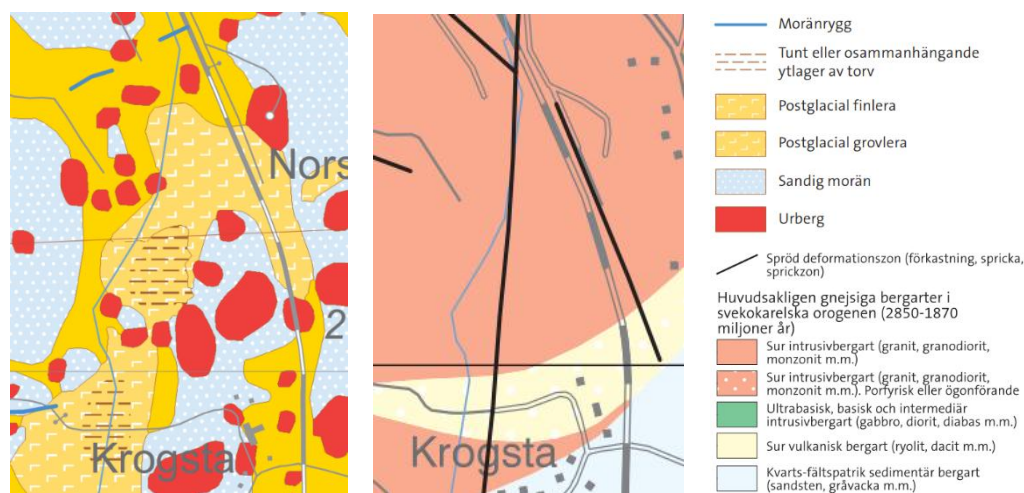
4.2 Geologi

På ritning G-11-1-01 redovisas översiktliga jordlagerförhållanden med tolkade djup till lerans underkant.

De allmänna geologiska förhållanden i området är av typisk mälardalskaraktär med omväxlande uppstickande partier av fastmark - morän och berg. I sänkorna har sedimentära jordar avsatts, främst glaciala och därefter postglaciala leror. I regel har den glaciala leran avsatts på morän, men i undantagsfall även direkt på berg.

Området kännetecknas av en större nord-sydlig dalgång, bestående av främst lös lera som bryts av ett antal mindre fastmarksparter, i huvudsak runt åkerholmarna, se figur 2. I anslutning till åkerholmarna tunnas lerlagret ut tills det möter moränlagret i dagen. Utmed dalgångens sluttningar, i väster och öster, övergår leran till fastmark bestående av morän och ytnära berg.

Berget i området består, enligt geologiska karteringar utförda av Lidéns Bergtekniska, av sura bergarter som identifierats som gråvacka, Dacit-ryolit och granodiorit, se figur 2.



Figur 2. T.v. SGU:s jordartskarta. T.h. SGU:s berggrundskarta.

4.3 Jordlagerförhållanden

Jorddjupen i dalgångens centrala del uppgår, i utförda undersökningsspunkter, till 10 – 20 m, men lokalt kan större jordmäktigheter förekomma.

Den *lerjord* som ligger över grundvattennivån är av torrskorpekaraktär, dvs. huvudsakligen fast och överkonsoliderad, men i de lägre liggande områdena förekommer även ytjord bestående av högförmultnad torv.

Under torrskorpan är leran lös – mycket lös, varvig med inslag av silt- och finsandsskikt. Lerans odränerade skjuvhållfasthet varierar i huvudsak mellan ca 15 och 20 kPa, med den lägsta uppmätta skjuvhållfastheten centralt i området. Lerans uppmätta naturliga

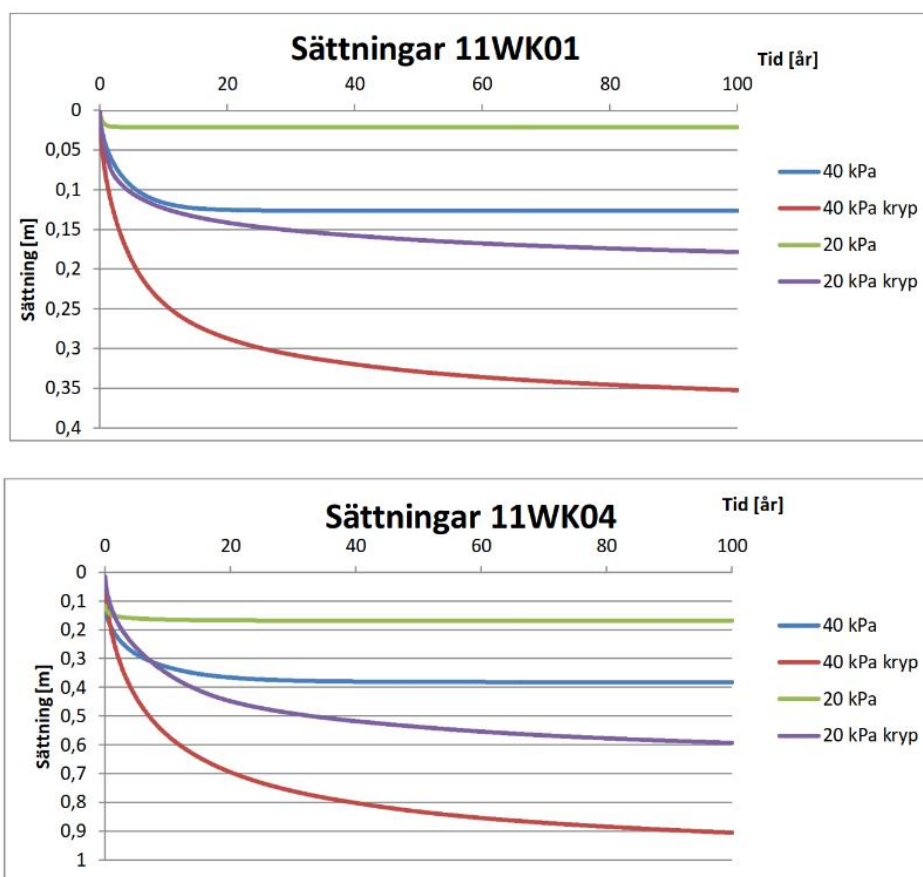
vattenkvot varierar mellan ca 33 - 59 %, flytgränsen mellan 31 – 58 %, och sensitiviten mellan ca 12 – 27.

Moränens tjocklek varierar i utförda sonderingar från ca 0,5 – 7 m. Moränen bedöms som halvfast – mycket fast lagrad och klassificeras i en utförd provtagning som grusig, siltig Sandmorän. Då moränen är siltig ska den förutsättas vara flytbenägen och erosionskänslig i vattenmättat tillstånd.

Bergets nivå varierar i utförda undersökningspunkter mellan ca +24 och -1 motsvarande ca 1,5 – 18 m djup under markytan.

4.3.1 Lerans sättningsegenskaper

Lerans sättningsegenskaper har i samband med tidigare utredning (WSP 2011) undersökts genom CRS-försök i punkterna; 11WK01, belägen i södra delen av planområdet där lerans tjocklek uppgår till ca 6 m och 11WK04, belägen i centrala delen av planområdet, lertjocklek ca 15 m. I figur 3 redovisas beräknade sättningar på 100 år, med och utan beaktande av krypning, för 20 kPa och 40 kPa last, vilket motsvarar ca 1,0 och 2,0 m uppfyllnad över befintliga marknivåer.



Figur 3. Översiktligt beräknade sättningar vid 20 och 40 last (motsvarande lasten från 1 och 2 m uppfyllnad).

4.4 Hydrogeologiska förhållanden

Genom området, från söder till norr, sträcker sig ett större öppet dike (Rosersbergsbäcken), som avvattnar de öppna, plana delarna av åkermarken.

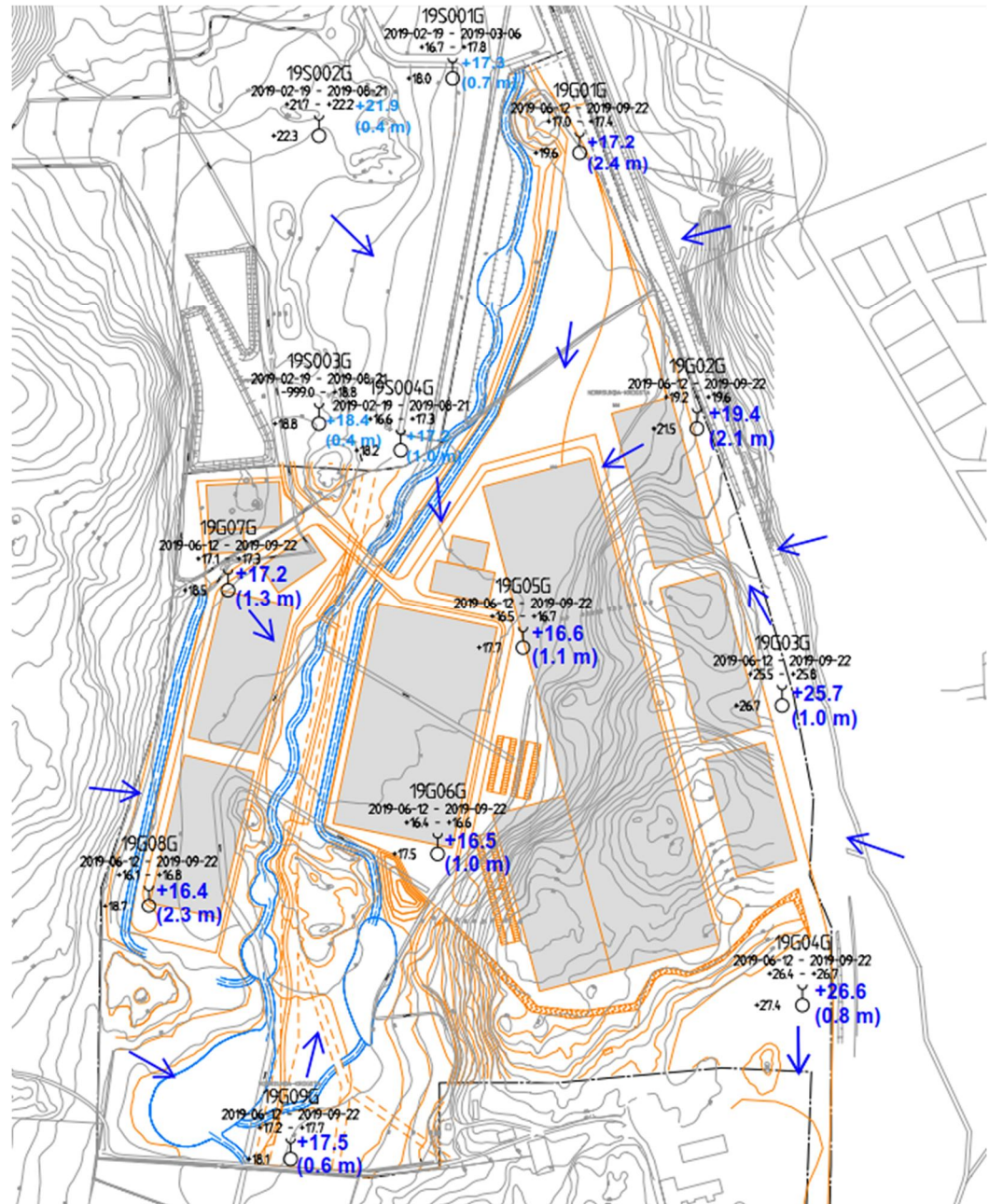
I dalgången förekommer ovan de täta lerlagren lokala mindre ytvattenansamlingar, som ansamlas i samband med snösmältningsperioder eller nederbörd. I fem skruvborrhål har, i november 2011, fria vattenytor pejplats på nivåer mellan +16,9 och +16,3, vilket motsvarar ca 0,4-1,1 m djup under befintlig markyta. Ytvattnet inom lerområdena har ingen grundvattenbildande effekt, i och med att leran är tät och i huvudsak vattenmättad.

Grundvattenbildningen i området sker istället främst genom infiltration inom de högre kringliggande fastmarksområdena. Grundvattnets strömning sker genom vattenförande lager och sprickor i berggrunden i den riktning som marken lutar.

I samband med denna utredning har mätningar av grundvattennivåer utförts i nio nyinstallerade rör, installerade med spetsarna i friktionsjorden under leran. Grundvattnets trycknivå har uppmätts i nio nyinstallerade grundvattenrör vid tre mättillfällen, under perioden juni – september 2019, på nivåer mellan ca +26,7 och +16,1, motsvarande ca 0,4 – 2,6 m djup under markytan vid rören. Uppmätta medelgrundvattennivåer redovisas i figur 4.

Generellt förekommer inom planområdet två sammanhängande grundvattenmagasin; ett som omfattar större delen av den nord-sydliga dalgången med nivåer varierande mellan ca +16,5 - +17,5 och ett mindre magasin i öster (utmed Ostkustbanan) med uppmätta nivåer på ca +25,5 - +26,7.

Mellan magasinen bedöms bergryggar finnas som påverkar grundvattennivåer och strömningsriktningar inom området. Uppe på fastmarkspartierna bedöms grundvattennivåerna vara nederbördsberoende och sjunka undan helt (under bergets nivå) under perioder med mindre nederbörd.



Figur 4. Blå siffror visar uppmätta medelgrundvattennivåer (siffror inom parentes avser djup under markytan) under perioden juni – september 2019. Blå pilar visar bedömda strömningsriktningar för grundvattnet.

5 Skredrisker och klimateffekter

5.1 MSB:s karteringsmodell avseende skredrisker

Risk för skred och ras förekommer huvudsakligen inom lösjordsområden/lerområden i anslutning till sjöar, vattendrag och större diken. Enligt MSB:s karteringsmodell delas inventeringsområden in i zoner med olika stabilitetsförutsättningar baserat på jordart och topografiska förhållanden. Zonindelningen görs i tre zoner, stabilitetszon I, II och III.

Tabell 1. MSB:s karteringsmodell. Stabilitetszon Jordart Kriterier Stabilitetsförhållanden

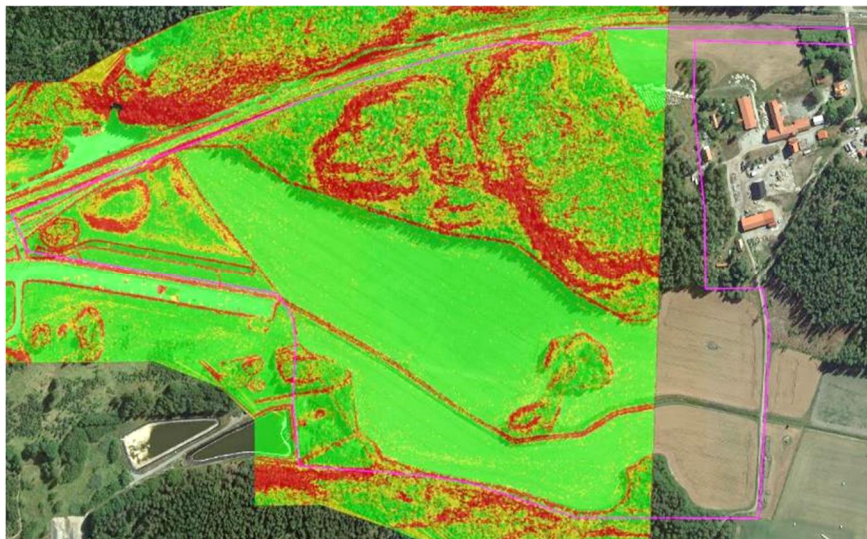
Stabilitetszon	Jordart	Kriterier	Stabilitetsförhållanden
I	Lera, och silt*)	Lutning >1:10 Mark inom 50 m från strandlinjen för sjöar och större vattendrag (älvar/åar) Mark inom 25 m från strandlinje för vattendrag (bäckar/diken).	Förutsättningar för skred kan finnas
II	Lera och silt*)	Lutning <1:10	Förutsättningar för initialskred saknas.
III	Morän, sand, sten, block eller berg		Förutsättningar för initialskred saknas.

*) Lera och silt i dagen eller täckt med överlagrande jord

5.2 Områdesspecifika stabilitetsförhållanden

Utifrån ovan kriterier och utförda undersökningar bedöms totalstabiliteten inom planområdet som tillfredställande, med låg risk för skred, ras och markbrott vid normala uppfyllnader (ca 1,5 m) och belastningar.

Vid större uppfyllnader inom områden med lera kan dock restriktioner för schakter och uppfyllnader behövas, vilket behöver studeras under detaljprojekteringen. Man ska även förutsätta att större uppfyllnader ska utföras etappvis (begränsade pallhöjder) samt att upplagshögar med berg/fyllningar inte får läggas upp temporärt i områden med lera utan att stabilitetssituationen först har klarlagts. Omedelbart intill Rosersbergsbäcken och övriga diken får inga uppfyllnader/temporära upplag utföras utan föregående förstärkning. Vid beräkning av säkerhet mot stabilitetsbrott och dimensionering av nya slänter och bankar skall dessa dimensioneras, utföras och kontrolleras i enlighet med kapitel 11 och 12 i SS-EN 1997-1. Utmed Ostkustbanan krävs särskilda restriktioner vid schakt, vilket behandlas under avsnitt 6.2.2. Förekommande bergs stabilitet bedöms som tillfredställande, utan någon särskild risk för blocknedfall e.d.



Figur 5. Analys av stabilitetssituationen där gröna områden innebär att markytan lutar mindre än 1:10, gula områden 1:10-1:5 och röda områden >1:5. Nuvarande totalstabilitet bedöms som tillfredställande.

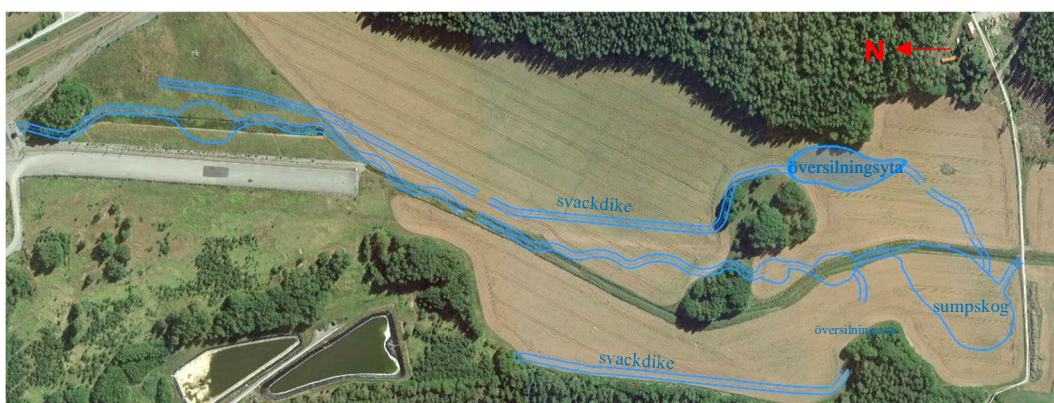
Under kapitel 6 - 9 redovisas markbyggnadstekniska förutsättningar som planeringsunderlag för ny bebyggelse i området.

5.3 Omläggning av Rosersbergsbäcken och anläggning av sumpskog och översilningsytor

5.3.1 Planerade åtgärder

För att få tillräckliga ytor för verksamheterna och ett sammanhängande verksamhetsområde planeras Rosersbergsbäcken ledas om i ett nytt läge längre västerut. Bäckens planeras utföras som en meandrande bäck, som sammankopplas med mindre djupfåror, se figur 6. Därutöver planeras i sydvästra delen av området en ny sumpskog anläggas. Vid höga vattenflöden kommer ytvatten att bredda över till Rosensbergsbäcken via en erosionsskyddad tröskel eller ledning.

Utmed skogskanten i väster samt norr om Rosersbergsbäcken planeras svackdiken anläggas som mynnar ut i två översilningsytor där ytvatten fördröjs.



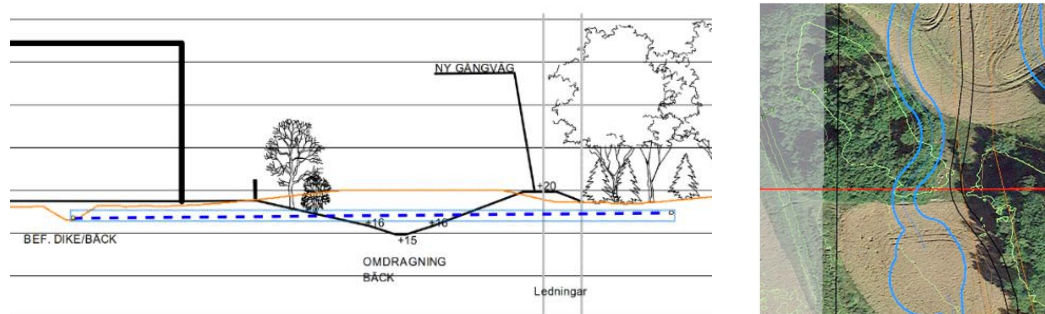
Figur 6. Planerad omläggning av Rosersbergsbäcken.

5.3.2 Omledning av Rosersbergsbäcken

Rosensbergsbäcken fungerar inom planområdet idag främst som ett ytvattendrag, men som har en begränsad förbindelse till underliggande grundvattenmagasin. Under vissa nederbördsrika höstar eller i samband med snösmältningsperioden på våren sammanfaller troligen nivån i Rosersbergsbäcken med grundvattennivån, medan den under torra somrar ligger lägre än trycknivån i underliggande grundvattenmagasin.

Vid omläggning av bäcken kommer den passera genom ett fastmarksparti/åkerholme, där bäckfåran kan antas få direktkontakt med vattenförande friktionsjordlager och berg. Vid en bottenivå på ca +15 innebär det att jord- och bergschakt för bäcken utförs till ca 5 m djup under befintlig marknivå, motsvarande ca 1,5 – 2,0 m under uppmätta grundvattennivåer.

För att undvika risk för permanent utdränering av grundvatten, kan bäckens sidor utföras med strömningsavskärande fyllning eller annan tät konstruktion. För att minska risken för grundvattenpåverkan kan ett annat alternativ vara att förlägga bäcken i en tät kulvert/ledning genom fastmarkspartiet. Ledningsgraven behöver då kringfyllas med strömningsavskärande fyllning. I detaljprojekteringskedet behöver kompletterande undersökningar utföras för att klarlägga behovet av bergschakt och utformningen av passagen.

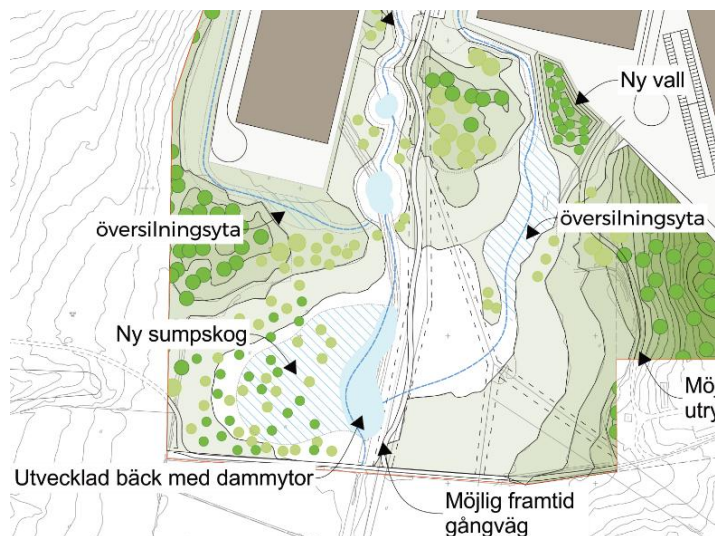


Figur 7. Typsektion (se röd linje i figuren till höger) vid passage av befintlig åkerholme. Blå sträckad linje illustrerar befintlig grundvattennivå.

5.3.3 Sumpskog och översilningsytor

Information om den nya sumpskogens exakta höjdsättning har inte varit känd, även om man kan förvänta sig att nivån kommer ligga ungefär en meter under dagens marknivåer. Stabilitetsmässigt bedöms schakt preliminärt kunna utföras ner till ca 1,5 m djup – med släntlutning 1:2 utan behov av särskilda stabilitetshöjande åtgärder. Vid djupare schakt än 1,5 m når man lösare lerlager, med risk för att stabilitets- och bärighetshöjande åtgärder krävs i utförandeskedet. Vid schakt under grundvattnets nivå behöver man, särskilt i övergångszonen till fastmark, även beakta risken för hydraulisk bottenuppträckning – vilket behöver studeras under projekteringskedet.

I sydöstra delen av området planeras en översilningsyta anläggas på nivån ca +19. Från bäcken kommer ett mindre dike anläggas.



Figur 8. Lägen för sumpskog, översilningsytor m.m.

5.4 Förväntad påverkan vid klimatförändringar

Med ett förändrat klimat förväntas såväl ökade nederbördsmängder som kraftigare nederbördsextremer - både i form av skyfall och med kraftig nederbörd över längre tidsperioder än tidigare.

I samband med ökad nederbörd kan ökade portryck i slänter ge en försämrad stabilitet, även om risken för detta område bedöms som liten då grundvattennivåerna redan idag är höga. Därför bedöms klimatförändringar inte innebära ge någon direkt försämring för stabilitetssituationen inom planområdet.

Ökade vattenflöden behöver däremot beaktas vid dimensionering av dagvattenflöden genom området och även ur erosionsaspekt så att anlagda diken och bankar skyddas mot erosion till följd av höga vattenflöden, se även avsnitt 7.1.

6 Grundläggning, markförstärkning

6.1 Allmänt

De markbyggnadstekniska förutsättningarna i området bedöms generellt som besvärliga, med lös, mäktig lera som övergår i höjdparter med ytnära berg.

Vid en höjning av marknivåerna inom områden med lera kan, utan förstärkning, stora långtidssättningar förväntas utbildas i underliggande lerlager. Dessa sättningar kommer med största säkerhet inte att vara acceptabla då de kan förväntas skapa problem i anslutning mellan pålade konstruktioner och anslutande mark. Sättningar kan även försvåra avrinning och framkomlighet samt medföra ett ökat behov av underhåll. Krav på sättningsbegränsning kan tillgodoses genom att jorden förstärks med bindemedel i form av kalkcement (KC-pelare), multicem (MC) eller andra bindemedel. Jordförstärkningens omfattning, samt lämpliga grundläggningssätt för nya byggnader och anläggningar, avgörs slutligen av planerade golv/-marknivåer (höjdsättning), funktionskrav, lastförutsättningar samt jordlagrens mäktighet och egenskaper och rådande grundvattennivåer – vilket behöver detaljstuderas i den fortsatta projekteringen.

Som alternativ till jordstabilisering finns lättfyllning i form av lättklinker eller skumglas m.m. Lättfyllning kräver dock urschaktning av förekommande jord för att kompensera för lasten av planerade marköverbyggnader. Där lerdjupen är mindre än ca 2,5 m är även urgrävning av lera och ersättning med fyllnadsmaterial ett alternativ.

Grundläggningen av byggnader och behov av markförstärkningsåtgärder för gator, ledningar, hårdgjorda ytor m.m. kan i princip hänföras till de jordarter som redovisas på planritning nr G-11-1-01. Generellt bedöms grundläggningsmetoder och markförstärkningsåtgärder enligt nedan. Beskrivning av aktuella markförstärkningsmetoder redovisas ner ingående i Bilaga 1.

Område med berg och morän i dagen (röd och blå färg på ritn. G-11-1-01)

Ingen markförstärkning erfordras för gator, ledningar och hårdgjorda ytor. Byggnader grundläggs med plattor på morän, på packad sprängbotten eller direkt på fast berg.

Område med 0 – 2,5 m lera (gul färg) på ritn. G-11-1-01)

Markförstärkningsåtgärder för gator, ledningar och hårdgjorda ytor erfordras normalt inte vid måttliga uppfyllnader (0 – 0,5 m).

Lätta byggnader kan preliminärt grundläggas med plattor på lera. Tyngre byggnader grundläggs med plintar eller pålar nedförda till morän eller berg, alternativt med plattor på packad fyllning efter urgrävning av lera.

Område med mer än 2,5 m lera (gul färg) på ritn. G-11-1-01)

Vid uppfyllningar mindre än ca 0,5 m erfordras normalt inte markförstärkningsåtgärder för gator, ledningar och hårdgjorda ytor. Vid större uppfyllningar bedöms framtida sättningarna kunna bli för stora och stabiliteten för låg. Lämpliga åtgärder kan vara markförstärkning med (eller kombinationer av) kalkcementpelare, vertikaldränering inkl. förbelastning och lastkompensation med lättfyllning (t ex lättklinker, skumglas) m m.

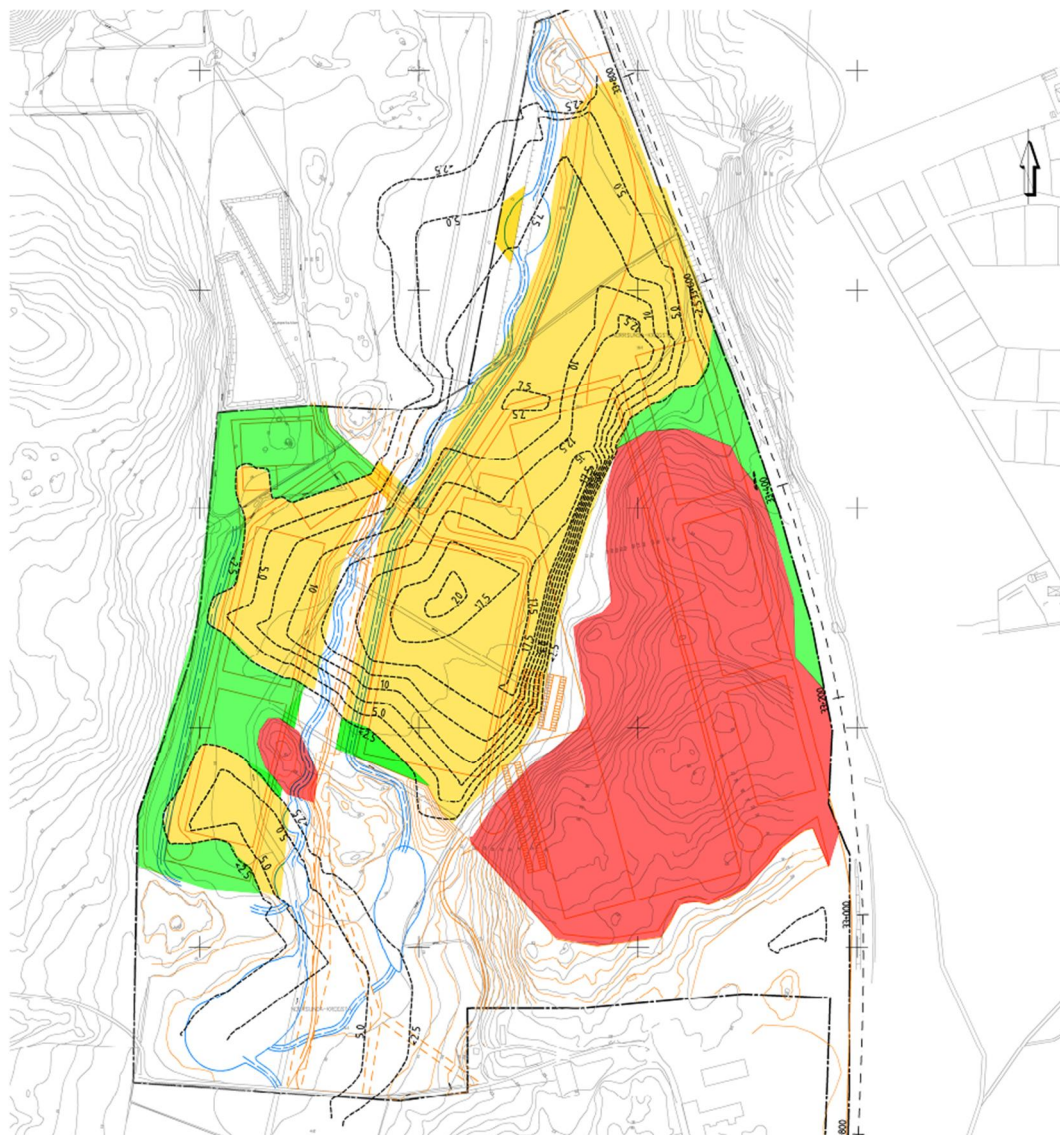
Där självfallsledning utförs med litet fall kan dock redan några decimeters uppfyllning utan förstärkningsåtgärder medföra oacceptabla sättningar. Även utskiftningen av lera till grusfyllning i ledningsgravar innebär normalt en viss lastökning på underliggande jord.

Byggnader grundläggs preliminärt med pålar, som nedförs till morän eller berg.

Organisk ytjord ovan lera (gul färg med sträck på ritn. G-11-1-01)

För nya gator, ledningar och hårdgjorda ytor krävs markförstärkningsåtgärder för att minimera framtida sättningar och ge tillräcklig stabilitet. I områden med måttliga djup (< 3 m) till fasta jordlager görs i första hand urgrävning och återfyllning och i områden med större djup, förbelastning/vertikaldränering eller kalkcementpelarförstärkning av leran delvis i kombination med masstabilisering av organisk jord. Nedpressning av sprängsten är eventuellt också ett alternativ. I sista hand utförs bankpålar alternativt pådäck.

Byggnader grundläggs preliminärt med pålar som nedförs till morän eller berg.



Figur 9. Tolkade lerdjupskurvor med översiktligt bedömt förstärkningsbehov med avseende på grundläggning. Slutgiltigt behov och exakta gränser kan dock ändras beroende på geotekniska förhållanden, lastförutsättningar, höjdsättning, funktionskrav m.m. Inom **redde** områden förväntas bergschakt utföras – byggnader grundläggs med plattor på berg. Inom **gröna** områden uppgår lerans tjocklek till mindre än 2,5 m, vilket medger urgrävning av lös jord – byggnader grundläggs med pålar alternativt med plattor på packad fyllning efter urgrävning av lös jord. Inom **gula** områden krävs vid uppfyllnad markförstärkningsåtgärder (KC, förbelastning, vertikaldränering, lättfyllning etc.) - byggnader grundläggs med pålar. Exaktare gränser samt gränsdragning mot Rosersbergsbäcken, Ostkustbanan samt Brista bränslemottagning behöver detaljstuderas.

6.2 Byggnade utmed Ostkustbanan

6.2.1 Befintlig anläggning

I öster gränsar planområdet till Ostkustbanan, U-spår ca km 33+900 – 32+700. Nedan redovisas mark- och jordlagerförhållanden för den angränsade delen av anläggningen (se figur 10).

Km (U-spår)

32+700 – 33+100
(nivå +28,5 – +28,0)

33+100 – 33+400
(nivå +25,5 – +28,5)

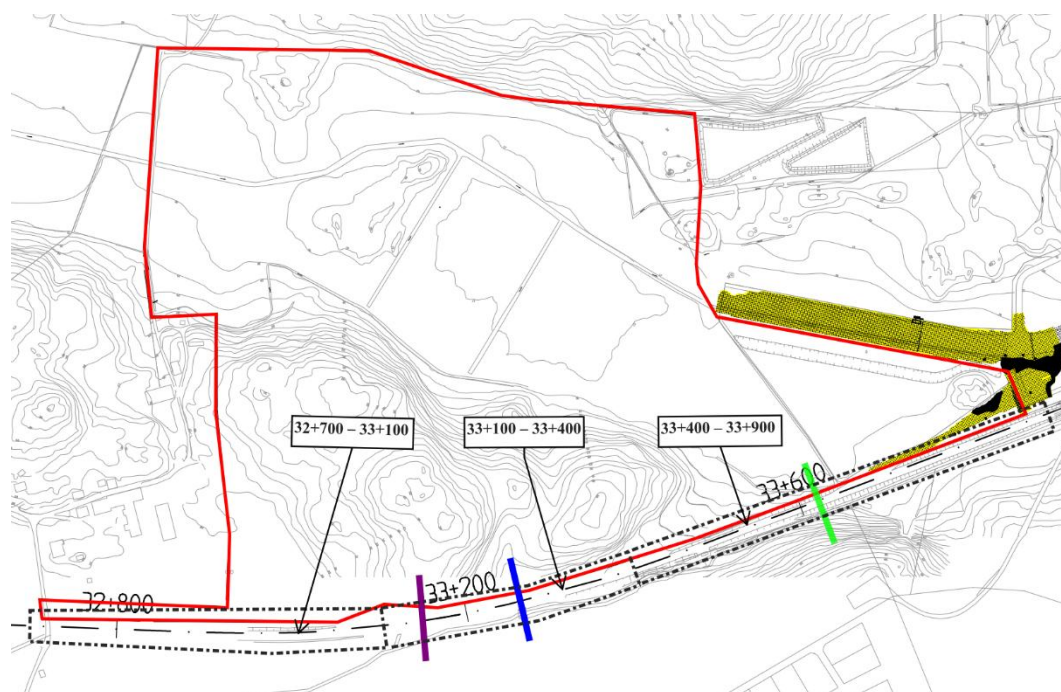
33+400 – 33+900
(nivå +20,0 – +25,5)

Mark- och jordlagerhållanden

Banan ligger på en svagt lutande sydsluttning, som i väster gränsar till öppen åkermark. Järnvägen ligger med låg bank ca över 0,5 -1,0 m över omgivande marknivåer. Enligt geoteknisk längdsektion vilar banken på ca 1 – 3,7 m lera. Grundläggningsuppgifter saknas men den bedöms vara utförd direkt på leran/torrskorpa alternativt på morän efter utskiftning av lös jord.

Banan på delsträckan följer en naturlig dalgång bestående av lera, som öster/väster om gränsar till fastmark med synligt berg i dagen. Enligt geoteknisk längdsektion (1964) vilar banken på ca 1 – 3,6 m lera. Grundläggningsuppgifter saknas men banan bedöms vara grundlagd direkt på leran/torrskorpa alternativt på morän efter utskiftning av lös jord.

Banan går på en 1,5 – 4 m hög bank, med diken på vardera sida. Vid 33+650 ansluter ett industrispår från nordväst, vars bank är grundlagd med KC-pelare (singulära f 800, cc 1,85 m). Enligt geoteknisk längdsektion (1964) vilar banken på ca 1 – 5 m lera. Grundläggningsuppgifter saknas men bandelen bedöms vara grundlagd direkt på lera alternativt på morän efter utskiftning av lös jord.



Figur 10. Översikt med Ostkustbanans längdmätning i vy mot väster (norr till höger i bilden). Gulrastrerade områden illustrerar befintliga markförstärkningsåtgärder.

6.2.2 Schakt- och grundläggningsförutsättningar utmed Ostkustbanan

33+500 – 33+900, uppfyllnad mot bank inom områden med lera

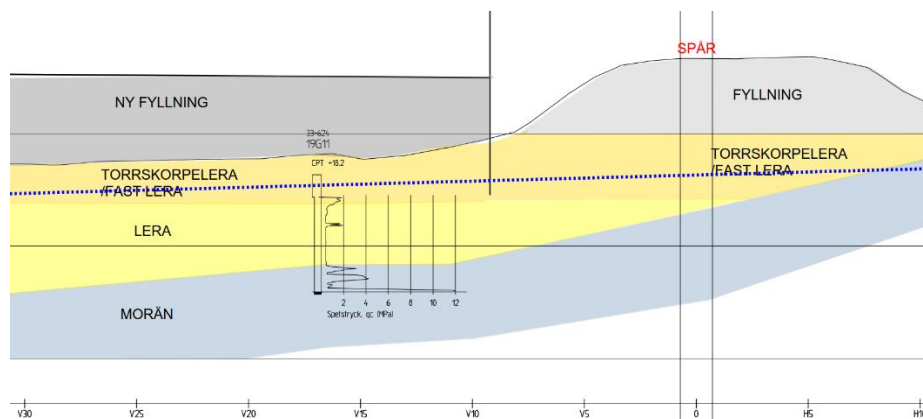
Planerad markanvändning väntas i korthet innebära att man inom de, relativt sett, lägre liggande lösjordsområdena kommer anpassa marknivån till motsvarande nivå som för Ostkustbanan (se figur 11), vilket innebär upp till ca 4 m uppfyllnad.

Stabilitetsmässigt innebär uppfyllnader mot Ostkustbanan i slutskedet generellt en förbättring av banans nuvarande stabilitet – medan alla temporära schakter eller sänkningar av omgivande marknivåer innebär en stabilitetsförsämring. Det som generellt avgör järnvägsbankars stabilitet och därmed också känsligheten vid yttre påverkan är, förutom höjddifferenser, den sammansättning och egenskaper som jorden har under, eller i direkt anslutning, till banken.

För att inte riskera en oacceptabel stabilitetssituation på känsliga partier (ca km 33+400 – 33+800) kan eventuella markarbeten (schakter m.m.) behöva utföras inom spont, som installeras utmed Ostkustbanan. En eventuell spont behöver troligen med hänsyn till rådande trafiklast förankras med bakåtförankrade stag, som installeras med 45-60° lutning in mot spårkroppen.

Där schaktdjupet är mindre och stabiliteten inte lika kritisk kan, som alternativ till spont, även zonschakt i form av succesiv urgrävning, återfyllning och packning vara ett alternativ.

Innan några arbeten görs krävs dock att åtgärder och utföranden föregås av noggranna stabilitetsanalyser, vilket behöver ske i dialog med Trafikverket. Beroende på risken kan även kontrollåtgärder (såsom uppföljning av rörelser och portryck) krävas i utförandeskedet. Vid särskilt kritiska moment kan vissa arbeten, ur försiktighetssynpunkt, behöva utföras under tidpunkter med ingen eller reducerad trafik.



Figur 11. Tolkad sektion (grönt streck i, se figur 10) vid Ostkustbanan, km 33+620.

Inom området, som gränsar till Ostkustbanan km 33+900 – 33+500, bedöms arbetena inte innebära någon skadlig påverkan på grundvattensituationen i området.

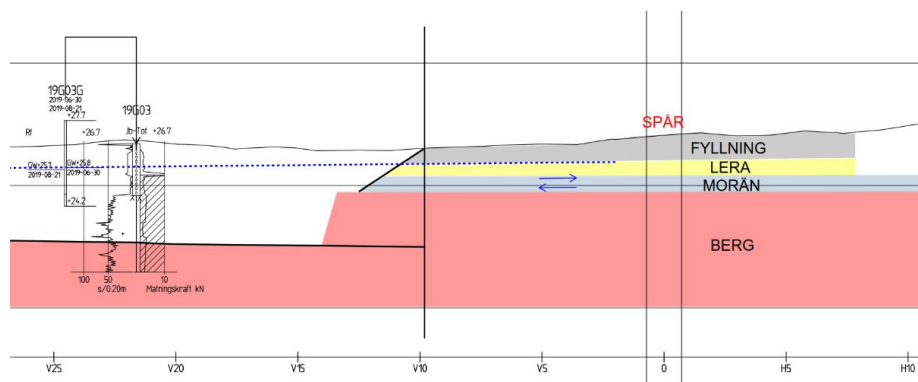
33+100 – 33+500, sänkning av marknivåer intill Ostkustbanan

På sträckan 33+500 – 33+100 kommer planområdet ligga lägre än Ostkustbanans nivå, vilket – särskilt om lera förekommer – kräver särskilda analyser. Då planområdet, utmed delsträckan, ligger inom ett fastmarksområde, med främst morän/friktionsjord, bedöms

inga särskilda förstärkningsåtgärder krävas. Däremot kommer betydande mängder schakt av jord och berg att erfordras.

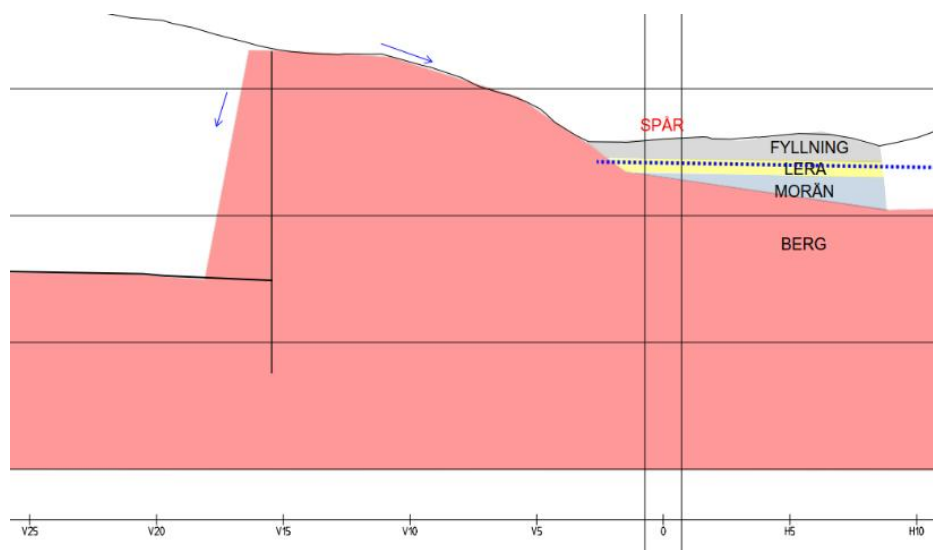
Då Ostkustbanan ligger mellan två stora avrinningsområden/höjdparter förekommer grundvattennivån ställvis ytligt på ca 1 m djup under markytan och periodvis i snösmätningstider troligen i nivå med befintlig markyta. Då marknivåerna sänks under befintliga grundvattennivåer kan permanenta grundvattensänkningar förväntas ske om inte vattenförande jordlager tätas, se figur 12. Att skapa en helt tät barriär är sannolikt svårt och troligen inte nödvändigt, men utdränningen kan reduceras av en grundvattenbarriär/tätskräm, som utformas endera genom utläggning av en bentonitskärm, injektering (slitsmur) eller PVC-spont (typ Geoflex, Geolock eller likvärdigt).

Då vatten tillrinner från båda hållen mot Ostkustbanan går det dock inte i detta skede att slå fast om den största påverkan sker genom att grundvattenbildningen i väster förändras eller genom utdränning av vatten som tillrinner österifrån. Grundvattensänkningens påverkan på omgivningen, grundvattenförebyggande åtgärder samt eventuella konsekvenser på Ostkustbanan behöver utredas tillsammans med geohydrolog.



Figur 12. Tolkad sektion (blått streck i, se figur 10) vid Ostkustbanan, km 33+260.

I nedan fall (se figur 9) kan befintligt berg fungera som en grundvattenbarriär mot Ostkustbanans område. Mer exakt utformning av området mellan detaljplaneområdet och Ostkustbanan kommer att utredas under den fortsatta projekteringen.



Figur 13. Tolkad sektion (lila streck i, se figur 10) vid Ostkustbanan, km 33+150.

Delsträcka 32+700 - 33+500

Utmed Ostkustbanan, km 32+700 - 33+500 förväntas inga särskilda marknivåförändringar. Närmast Ostkustbanan planeras ett område för spårburen trafik. Preliminärt bedöms inte bebyggelsen ha någon påverkan på befintlig spåranläggning. Troligen kommer förstärkningsåtgärder krävas inför anläggning av ett nytt industrispår inom planområdet. Däremot behöver man vid höjdsättning av nya spåröverbyggnader, anläggning av nya dräneringar eller förändring av befintliga diken etc. beakta uppmätta grundvattennivåer, befintliga dräneringsystem m.m. kopplat till Ostkustbanan.

7 Grundvatten, LOD m.m.

Den framtida exploateringen med hårdgjorda ytor bedöms förändra den befintliga och naturliga infiltrationen inom området.

Minskad infiltration medför en reducerad vattentillströmning till befintliga grundvattenmagasin, vilket i sin tur medför risk för en permanenta grundvattennivåförändringar över tid. Olika områden är dock olika känsliga för påverkan, beroende på grundvattenmagasinens storlek och hur vattnet av- och tillrinner i området. Då det finns riskobjekt som kan vara grundvattenberoende och sättningskänsliga är det viktigt att eventuella konsekvenser vid en grundvattensänkning utreds och tillståndsprövas. Exempel på åtgärder omnämns även under avsnitt 6.2.2.

För att minska påverkan rekommenderas att ytvatten i största möjligaste mån infiltreras inom området. Det kan ske genom dagvattendammar och fördröjningsmagasin som står i hydraulisk förbindelse med underliggande akvifer (grundvattenmagasin). Möjligheter till LOD finns främst inom områden med friktionsjord (morän) i dagen och i randzonen mot lerområden.

I samband med ledningsförläggningar i berg samt för att undvika risk för utdränering och torrskorpebildning vid ledningsgravar i lera, kan strömningsavskärande fyllningar utföras. Strömningsavskärande fyllningar kan även krävas vid omledning av Rosersbergsbäcken, se avsnitt 5.3.2.

7.1 Erosion

För att förebygga erosion vid nederbörd rekommenderas det att den naturliga vegetationen bibehålls i slänterna. Dagvattnet i området bör ej ledas direkt ut i slänter utan erosionsskydd.

8 Markmiljö och radon

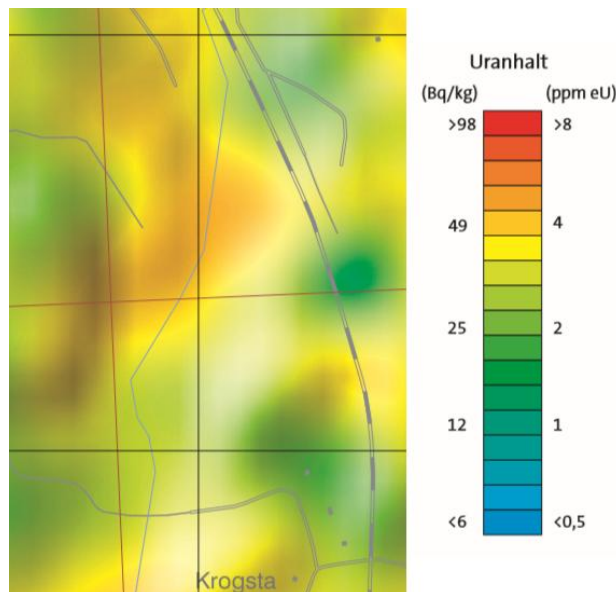
8.1 Markmiljötekniska förhållanden

I området har miljötekniska markundersökningar innefattande provtagning och analys av jord och grundvatten. Resultat av miljötekniska förutsättningar redovisas i separat handling.

8.2 Radon

Någon markradonmätning har inte utförts. Enligt SGU:s gammaspektrometriska mätningar, som ger en indikation på radonhalten i markens porluft, över området är markens uranhalt låg till normal (2,4 – 4,4 ppm), se figur 14.

För planering kan man förutsätta att området består av normalradonmark. Under den fortsatta projekteringen bör en markradonundersökning utföras för att verifiera detta.



Figur 14. Uranhalten i mark enligt SGU:s gammaspektrometriska mätningar.

9 Utredningsbehov och genomförande

9.1 Undersökningsbehov

Eftersom hittills utförda undersökningar varit av översiktlig karaktär bör man under planeringsskedet förutsätta att vissa avvikelser från redovisade förhållanden kan förekomma. I systemhandlings- och detaljprojekteringsskedet för planerade gator och byggnader behöver därför kompletterande geotekniska undersökningar (sonderingar och provtagningar) utföras för bestämning av förutsättningar för schakt och grundläggning. I fastmarksområdena utförs främst berglägesbestämning och i lösjordsområdena sondering för bestämning av lerans mäktighet, hållfasthets- och sättningsegenskaper.

Då historiska grundvattennivåer saknas inom området rekommenderas att installerade grundvattenrör mäts månadsvis under ett år och därefter 2-4 gånger/år fram till byggstart. Mätningarna är viktiga underlag för bedömning och uppföljning av omgivningspåverkan eller tillståndsproucesser. Då det finns riskobjekt som kan vara grundvattenberoende och sättningsskänsliga är det viktigt att eventuella konsekvenser vid en grundvattensänkning utreds.

Mot Ostkustbanan finns även behov av utredningar rörande utformning av området mellan Ostkustbanan och planområdet. Inom detta behöver troligen även kompletterande undersökningar utföras som grund för fördjupade stabilitetsanalyser.

9.2 Utförande och arbetsordning

I ett område som delvis har svåra markbyggnadstekniska förhållanden är tidsaspekter och arbetsordning generellt viktiga parametrar för att kunna välja kostnadseffektiva och hållbara lösningar.

Genom en god planering av uppfyllnader, schakt- och grundläggningsarbeten m.m. kan dock såväl kostnader som miljöpåverkan minska. Det gäller särskilt om man kan använda schaktmassor som fyllnadsmaterial inom planområdet eller andra närliggande projekt. Förstärkningsåtgärder för lösjordsområden med KC-pelare, vertikaldräner m.m. måste göras i tidigt skede, eftersom metoderna kräver lång liggtid (se bilaga 1) med överlast (högre uppfyllnad än slutskedet) för att sättningar ska tas ut och marken ska få en fullgod bärighet. För att göra metoden kostnadseffektiv krävs i sin tur tillgång till stora volymer jord-/bergmassor. Eftersom omfattande bergschakter planeras inom området bör således, av såväl kostnads- som miljöskäl, även schakt- och sprängningsarbetena inom höjdpartierna utföras i tidigt skede.

Nacka 2019-10-01

Geoteknologi Sverige AB

Jakob Vall

Jakob Vall

Bilaga 1 – Markförstärkningsmetoder

Nedan beskrivs olika grundläggningsmetoder som främst bedöms vara aktuella:

Vertikaldränering

För att påskynda sättningförloppet kan vertikaldräner installeras i leran. Ju tätare dräner installeras desto snabbare uppnås slutsättningen. Dräner kan installeras till 40-50 m djup. Vertikaldränering kombineras med en överlast för att åstadkomma den förväntade slutsättningen på kortare tid och minska långtidssättningarna, den s.k. sekundära konsolideringen. Metoden ställer stora krav på installation av mätutrustning samt "aktiv design" (sättningsuppföljning) under byggtiden för att erhålla önskat resultat. Det ställs även krav på drän- och arbetsbädd för avledning av vatten, som pressas upp från dränera. Metoden ger stora sättningar, som måste kompenseras med extra uppfyllning. Förstärkningskostnaden avgörs av tillgänglig liggtime, vilket bestämmer avståndet mellan dränera, samt mängd fyllnadsmassor för tillfällig överlast.

Fördelar:

- + Kostnadseffektiv metod vid stora ytor med lösa mäktiga leror.
- + Hållfasthetsegenskaperna förbättras för hela jordmassan, vilket underlättar vid framtida schaktning och grundläggning av t.ex. trummor och ledningar.
- + Hållbar (låg klimatpåverkan) om fyllningsmaterial finns tillgängliga.

Nackdelar:

- Lång liggtime (1-3 år) för sättningarna att utbildas, vilket innebär att tidiga investeringar krävs.
- Stora sättningar erhålls – även utanför det grundförstärkta området, t.ex. vid befintliga vägar och byggnader.
- Extra massor för sättningskompensation och överlast behövs.
- Liggtime för överlasten är svår att förutbestämma. Konsolideringsförloppet behöver kontrolleras genom s.k. aktiv design, som innebär att en preliminär sättningsprognos följs upp med mätningar under byggskedet vilket i sin tur ligger till grund för eventuella förändringar av överlast, liggtime och tryckbankar.
- Svårt att undvika sättningskillnader i övergången till andra förstärkningsmetoder.
- Stabilitetsproblem längs randzonerna vid stora uppfyllningar.
- Risk för sättningar vid tillskottslast eller grundvattensänkning.

Kalkcementpelare (eller andra inblandningsmedel)

Kalkcementpelare installeras i leran genom utmatning av ett bindemedel (normalt kalk och cement) under kraftig rotation. Kalkcementpelare kan göras ned till ca 20-25 m djup och diametern är vanligen 0,6 eller 0,8 m. Genom samverkan mellan "pelare" och omgivande jord erhålls ett "block" med högre hållfasthet och deformationsmodul än den oförstärkta leran. Det är lämpligt att lägga ut en viss

överlast, ca 0,5 – 1 m extra fyllning, som får ligga kvar under en kortare tidsperiod. Detta bl.a. för att påskynda de sättningar som uppkommer under tiden närmast efter uppfyllningen. Under överlastens ligg tid görs sättningsuppföljning genom avvägning av markpeglar för att bestämma när sättningarna har upphört och överlasten kan schaktas bort. Ligg tiden bör kunna begränsas till högst 6 månader och kan sannolikt förkortas om pelarna sätts tätare i den övre delen av lerlagret. Förstärkningskostnaden avgörs av inblandningsmängd (kalk och cement), c/c-avstånd mellan pelarna och installationsdjup (= lerdjup).

Fördelar:

- + Förstärkning av leran, vilket belastningsmässigt ger vissa sättningsmarginaler.
- + KC-pelarna kan anpassas efter anläggning och belastningsfall.
- + Förstärkningsåtgärden är mindre känslig för olika belastningar.
- + Underlättar framtida schaktning för t.ex. ledningar

Nackdelar:

- Kan vara svårt att slå pålar genom kalkcementstabiliserad jord (borrade pålar kan behöva utföras).

Lättyllning

Principen för denna metod är att vid uppfyllning helt eller till största delen undvika att påföra last på underliggande lera, för att inga sättningar skall utbildas. Uppfyllning görs därför i första hand med lättyllning. Överst måste dock läggas en ca 0,5 – 0,6 m tjock överbyggnad av tung fyllning (sand, grus och asfalt). För att kompensera för den lastökning på leran, som överbyggnad och lättyllning tillsammans skulle medföra, görs först en avlastning genom urgrävning av (tung) lera som ersätts med lättyllning. Lättyllningen kan utföras med lättklinker, cellplast e.d. Förstärkningskostnaden avgörs av erforderlig mängd lättyllning dels för själva uppfyllningen och dels för återfyllningen efter urgrävningen (lastkompensationen). Härtill kommer kostnaden för urgrävning och borttransport av lera. Kostnaden är oberoende av lerdjupet.

Fördelar:

- + Inga eller små sättningar.
- + Enkelt arbetsutförande.
- + Ingen överlast eller annan åtgärd som kräver ligg tid/väntetid.
- + Kostnaden är oberoende av lerdjupet (olika kostnader för olika lättyllningsmaterial, cellplast dyrast).

Nackdelar:

- Urgrävda lermassor måste bortföras till sidotipp.
- Ger ingen stabilitetshöjande effekt.
- Ledningsägare brukar ur driftsynpunkt ej vilja ha ledningarna i lättyllning.
- Ingen förstärkning av leran, vilket belastningsmässigt medför ”små marginaler”
- Försvarar framtida schaktning för t.ex. ledningar.
- Risk för sättningar vid tillskottslast eller grundvattensänkning.

Påldäck

Innebär att pålar slås i ett rutnätsmönster samt att en hel bottenplatta gjuts ovanpå pålarna. En lösning med påldäck kräver att 2 à 3 m fyllning läggs ut över påldäcket dels av konstruktiva skäl, dels för att möjliggöra byggande av ledningar m.m. Påldäck är en teknisk säker, men relativt andra metoder mycket kostsam. För att undvika sättningsdifferenser under påldäcket kan erfordras att lösningen kombineras med lättfyllning.

Bankpålar

Bankpålar är i princip likvärdigt med påldäck, med den skillnaden att enskilda plattor läggs på alla pålar. Detta är en billigare metod än påldäck, men tekniskt inte lika säker. Speciellt om marksättningar pågår kan metoden vara mindre lämplig (pålplattorna kan bli instabila och ”tippa”).

Utskiftning

Lös- och icke bärkraftig jord grävs bort och ersätts med fyllning (packad friktionsjord). Aktuellt där lerdjupen är små. I lös lera och vid höga grundvattennivåer är utskiftning, ur schaktsynpunkt, komplicerat att utföra.