

**Projektnamn**

Suc tillgänglighet och RC

**Dokumenttyp**

PM

**Ärendenummer**

TRV 2020/117008

**Skapad av**

S. Lenströmer

**Godkänt datum**

2022-04-04

**Rev datum****Godkänt av**

P. Törnkvist

**Filnamn**

156842-12-080-1003

**Version**

—

**Dokumenttitel**

# Bilaga 4 PM Geoteknik för vibrationsutredning Dubbelspår Kubikenborg-Sundsvall C

**Km 346+450-346+900 (i höjd med bangården)****Granskningsstatus/Syfte:****Handlingstyp:** Granskningshandling**Ändringslogg**

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>3</b>
1.1	Utförda geotekniska undersökningar .....	3
<b>2</b>	<b>Geotekniska förhållanden</b> .....	<b>3</b>
2.1	Befintlig bankropp .....	5
2.2	Ny bankropp.....	5
<b>3</b>	<b>Geotekniska åtgärder</b> .....	<b>5</b>
3.1	KC-pelarförstärkning .....	6
3.2	Urgrävning .....	6
3.3	Bankpålning .....	7
3.4	Sammanfattning.....	9
<b>4</b>	<b>Osäkerheter</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Källor</b> .....	<b>10</b>

# 1 Inledning

AFRY har på uppdrag av Trafikverket uppdraget att ta fram järnvägsplan för nytt dubbelspår Ostkustbanan (OKB) på sträckan Kubikborg-Sundsvall C.

Inom ramen för upprättande av järnvägsplan utförs vibrationsutredning för bland annat ett antal fastigheter inom kvarteren Bangården, Plikthuggaren, Rorsmannen och Mon som ligger längs västra delen av Björneborgsgatan i anslutning till nytt dubbelspår mellan ca km 346+450-346+900.

Denna PM Geoteknik syftar till att beskriva de geotekniska förhållandena inom aktuellt område och ge förslag på geotekniska åtgärder i syfte att minska vibrationer.

Denna PM Geo är underlag för beslut av åtgärd kring vibrationer, antingen utförs åtgärder för att minska vibrationerna alternativt erbjuds förvärv av berörda fastigheter.

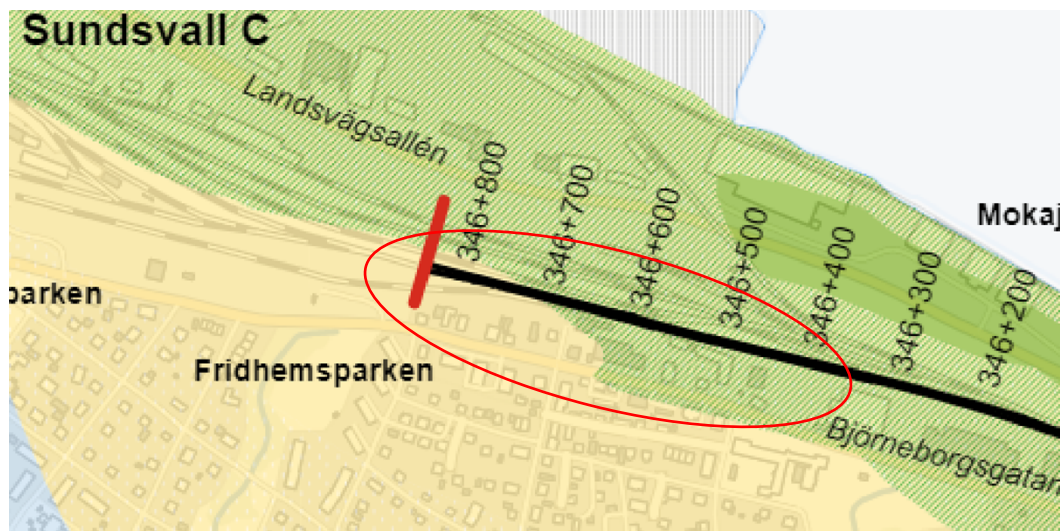
## 1.1 Utförda geotekniska undersökningar

Geotekniska undersökningar har utförts av Sweco i tidigare skeden samt av AFRY under perioderna februari 2021 och september 2021. Undersökningarna inom aktuellt område har omfattat:

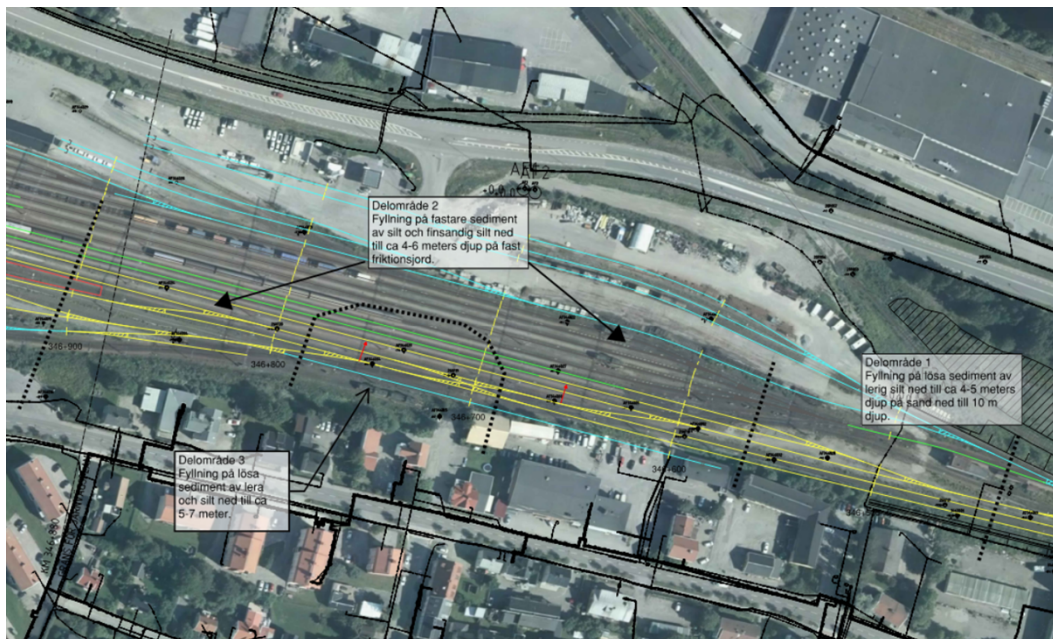
- 18 Skruvprovtagningar (varav 4 har utförts för miljöprovtagning)
- 10 Cpt-sonderingar
- 3 Viktsonderingar
- 3 Hejarsonderingar
- Insattlation av 1 grundvattenrör

## 2 Geotekniska förhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta utgörs aktuellt området av lera och silt som i den västra delen överlagras isälvs sediment. Området ligger delvis inom Sundsvallsåsen.



Området har delats in i tre delområden geotekniskt, delområde 1, 2 och 3. Dessa områden är ungefärliga och behöver avgränsas mer noggrant i senare skeden.



Dessa beskrivs nedan:

#### Delområde 1 km 346+450-346+560

I denna del som är längst i öster inom aktuellt område utgörs jordlagren under fyllning av mycket löst lagrade finsediment av i huvudsak lerig silt ned till ca 4-5 meters djup där fastare sediment av troligen sand eller finsandig silt tar vid ned till ca 10 meters djup där fast friktionsjord finns.

Enligt utvärderade cpt-sonderingar i Conrad är den odränerade skjuvhållfastheten ca 30-45 kPa i den leriga silten.

#### Delområde 2, 346+560-346+690 och 346+790-346+900

Jordlagren utgörs i huvudsak av ca 2-3 meter fyllning av grus och sand på fastare sediment av silt och finsandig silt ned till ca 4-6 meters djup på fast friktionsjord av morän. Ställvis överlagras de fastare sedimenten av torrskorpa av lera eller silt samt tunna skikt av lös lerig silt I några borrpunkter inom området har fast friktionsjord påträffats på 2 meters djup.

#### Delområde 3, ca 346+690-346+790

Jordlagren utgörs i huvudsak av ca 1-2 meter fyllning under löst lagrade finsediment av silt och lerig silt ned till ca 5-6 meter under markytan där fastare sediment av sand eller silt tar vid. Morän har påträffats i en punkt på 7 meters djup. Hejarsondering har utförts ned till 11 meter under markytan där normenligt stopp har erhållits.

#### Gemensamt för samtliga områden

Sulfidjord har påträffats fläckvist inom området.

Enligt SGU:s jorddjupskarta är jorddjupet i området mellan ca 20-30 meter. Vid Rorsmannen 5 har berg konstaterats på 27 meters djup i en energibrunn enligt SGU:s brunnsarkiv.

Grundvattennivåmätningar i området tyder på att det förekommer två st grundvattenakviferer, ett övre magasin som finns ovan lerlagret samt ett undre magasin som är i nivå med havsytan.

Grundvattennivåer har observerats på ca nivå +4,2 till +3,9 i grundvattenrör i området, samt även på nivåerna +0,1 till -0,2.

## 2.1 Befintlig bankropp

Enligt utförda undersökningar utgörs befintlig bankropp av ca 0,2-0,3 m makadam på ca 1,3-3 meter fyllning av sand och grus (förstärkningslager)

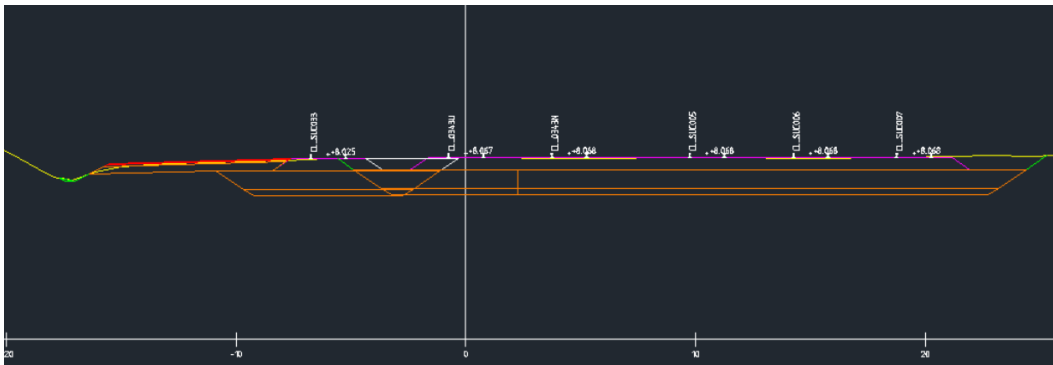
## 2.2 Ny bankropp

Ny bankropp mellan ca 346+400-346+560 och 346+800-346+900 planeras att utföras enligt:

500 mm makadamballas

800 mm förstärkningslager

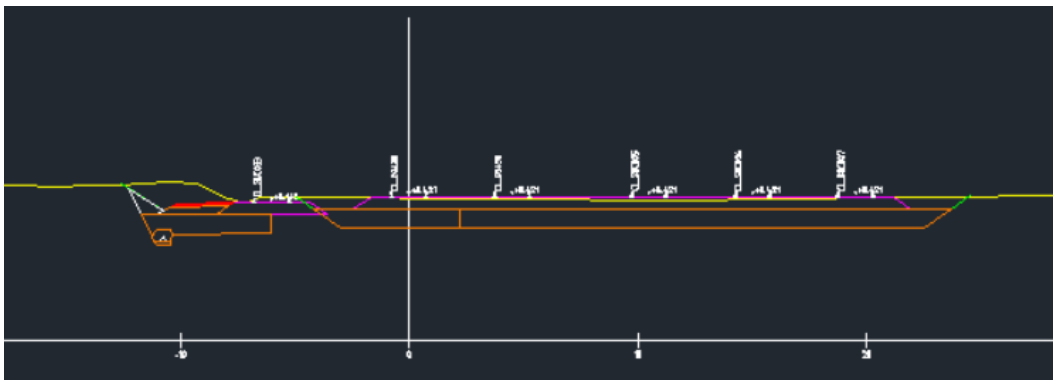
80 mm cellplast med avjämningsskikt ca 10-20 cm sand



Ny bankropp mellan ca 346+560 - 346+800 planeras att utföras enligt:

500 mm makadamballast

800 mm förstärkningslager



## 3 Geotekniska åtgärder

Syftet med föreslagna geotekniska åtgärder är att minska vibrationer. Geotekniska åtgärder bedöms behöva utföras för OKB dubbelspår (spår 3 och 4) samt växlar vid 346+800-346+900 för spår 2.

Nedan beskrivs följande geotekniska åtgärder som kan användas i syfte att minska vibrationer.

- KC-pelarförstärkning
- Urgrävning av lösa finsediment under bankroppen
- Bankpålning (Armering över bankpålning och i uk. bank)

### 3.1 KC-pelarförstärkning

KC-pelarförstärkning under bankroppen föreslås som ett alternativ.

I delområde 1 och 3, dvs mellan km 346+450-346+560 samt 346+690-346+790 bedöms att KC-pelarförstärkning är möjligt att utföra. KC-pelarna bedöms bli ca 3-5 meter djupa. Avschaktning av befintlig fyllning utförs innan installation av KC-pelare.

I delområde 2 bedöms jordarna vara för fasta och ha för låg vattenkvot för att det ska vara möjligt att utföra KC-pelarförstärkning. Trots att det i SGF:s metodblad framgår att KC-pelarförstärkning kan utföras i silt och löst lagrad sand så har det enligt "Svensk djupstabilisering" endast utförts ett fåtal stabiliseringar i silt i Sverige och om den naturliga vattenkvoten är allt för låg, mindre än ca 30% är stabilisering enligt den torra metoden som används i Sverige svår att utföra med gott resultat.

Då KC-pelarförstärkning endast kan utföras för delar av sträckan måste åtgärden kompletteras med t ex bankpålning.

KC-pelarförstärkning används sparsamt i norra delen av Sverige främst på grund av förekommande sulfidjordar som har varit svår att få önskat resultat i.

#### 3.1.1 Effekt

KC-pelarförstärkning bedöms inte vara en tillräckligt stabil grundläggning för att högsta acceptabla nivå ska kunna innehållas för alla hus. I två av husen längs sträckorna bedöms vibrationerna bli högre än högsta acceptabla nivå, 0,7 mm/s och för ett hus bedöms vibrationerna bli högre än riktvärdet 0,4 mm/s.

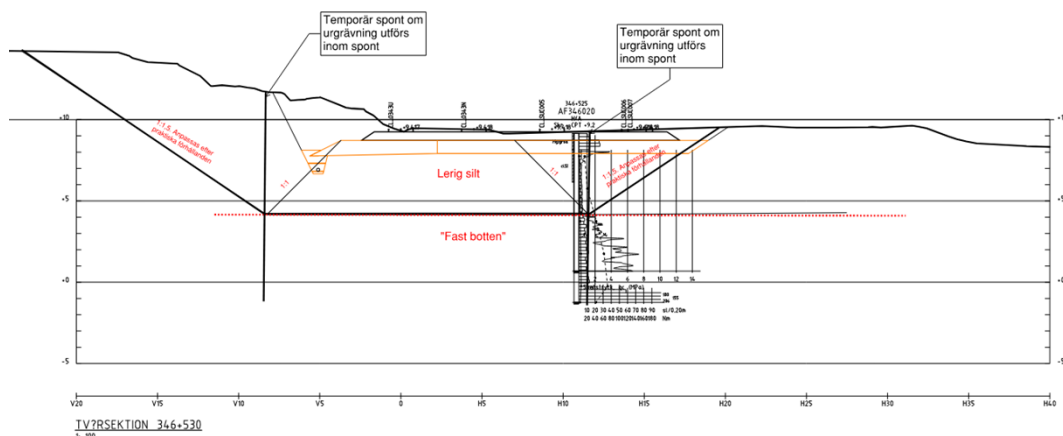
#### 3.1.2 Kostnad

Kostnad för KC-pelarförstärkning uppskattas till ca 24 000 kr/meter dubbelspår. KC-pelarförstärkning mellan km 346+450-346+560 uppskattas till ca 2,6 miljoner kronor. Denna metod behöver kombineras med andra åtgärder på övrig sträcka och således tillkommande kostnader.

### 3.2 Urgrävning

Ett annat alternativ för att reducera vibrationer är att gräva ur lösa jordar (lera och silt) och ersätta med sprängsten eller friktionsjord under spåren. Under leran och silten finns även sand som kan ge upphov till vibrationer.

Bedömt urgrävningsdjup av lera och silt under OKB dubbelspår bedöms till ca 3-5 meter. Urgrävning bedöms behöva utföras inom spont. Dessa urgrävningsdjup bedöms som komplicerade att utföra inom bangårdsområdet.



Figur. Princip för urgrävning av lösa finsediment mellan km 346+450-346+550 under samtliga spår 3 och 4.

Urgrävning mellan ca 346+800-346+900 skulle möjligen vara möjlig att utföra med schaktslänter utan tillfällig spont.

### 3.2.1 Effekt

Med urgrävning bedöms två hus överskrida högsta acceptabla vibrationsnivå och två andra överskrida riktvärde.

### 3.2.2 Kostnader

Kostnad för urgrävning längs hela sträckan (450 m) med spont på båda sidor uppgår till ca 83 miljoner kronor.

## 3.3 Bankpålning

För att reducera vibrationer för OKB dubbelspår (spår 3 och 4) mellan km 346+450-346+900 är ett alternativ att utföra bankpålning under spåren. Mellan km 346+800-346+900 föreslås att även bankpålning utförs för växlarna vid spår 2.

Följande antaganden har gjorts:

Total sträcka: 450 m

Bredd för pålning: 11 m mellan 346+450-346+800 och 20 m mellan 346+800-346+900.

Medeldjup pålar: 5-9 m (Enligt utförda hejarsonderingar AF346020 och AF346015. Hejarsondering i AF346035 stoppades redan efter 2,5 meter)

Typ av pålar: Betongpålar SP3 (270mm\*270 mm). (Antagit)

C/C avstånd mellan pålar: 2,4 m (Antagit, ej beräknat)

Pålplattor: Ja, 1,4 m\*1,4 m

Kostnad: 2630 kr/m påle

730 st pålar á 9 m = 6570 m pålar

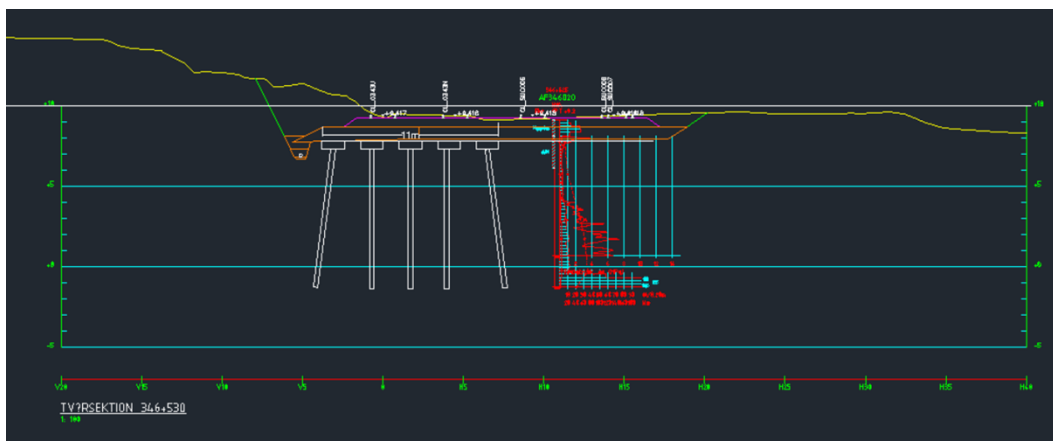
375 st pålar á 5 m=1875 m pålar

Totalt 8445 m pålar.

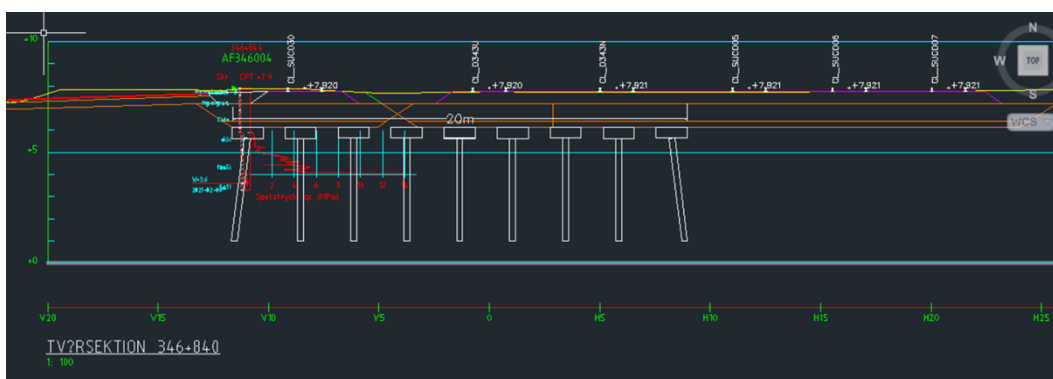
Kostnad för geosyntetisk armering (dubbla nät) uppskattas till ca 1,5-2 miljoner kronor.

Summa ca 24 miljoner kronor, vilket motsvarar ca 53000 kr/meter dubbelspår samt kostnader för eventuella skyddsåtgärder inom grundvattenförekomsten tillkommer.

Inom delområde 2 riskerar pålarna att bli mycket korta. Pålar kortare än 3 meter ska undvikas. Bankpålning ersätts med urgrävning där pålarna bedöms bli kortare än 3 meter.



Bankpålning under spår 3 och 4 (Nytt dubbelspår OKB).



Bankpålning under spår 3 och 4 (nytt dubbelspår OKB) samt spår 2 vid växellågen mellan km 346+800-346+900.

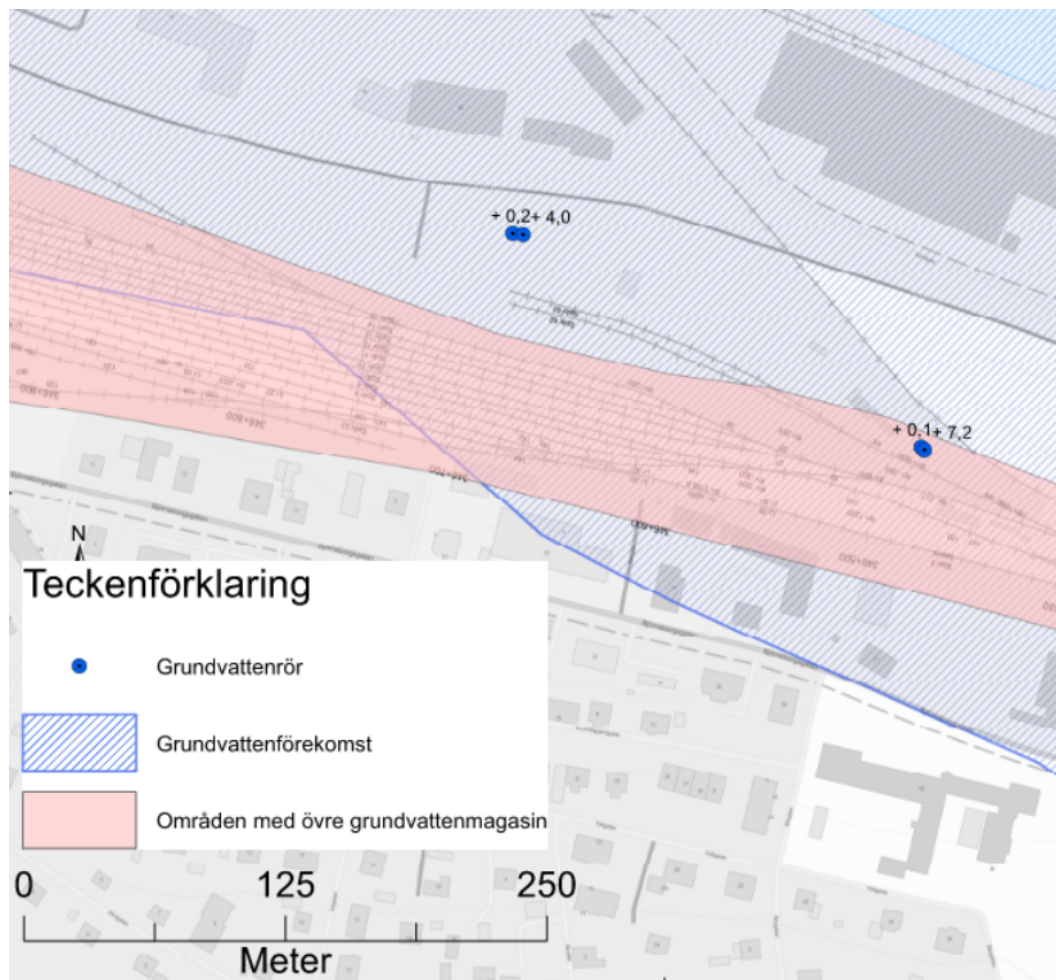
### 3.3.1 Effekt

Bankpålning bedöms vara en tillräckligt kraftfull åtgärd för att riktvärdet 0,4 mm/s ska innehållas för alla hus utom två. I det kvarvarande huset bedöms dock vibrationerna inte överskrida högsta acceptabla vibrationsnivå.

### 3.3.2 Påverkan på grundvattenförekomsten Sundsvalls åsen

Delar av aktuellt område ligger inom grundvattenförekomsten för Sundsvalls åsen. Grundvattenförekomsten är täckt av finkornigare material och ovan de finns ett övre grundvattenmagasin, se figur nedan.





Föroreningar riskerar att vandra ner längs pålarna ner till det undre grundvattenmagasinet, dvs grundvattenförekomsten. Där ett lerlager på ca 3 meter eller mer finns bedöms detta fungera som en tätande naturlig barriär som förhindrar transport av eventuella föroreningar. Leran kan även sluta tätt kring pålarna, vilket minskar föroreningsspridning ytterligare. Där lerlager saknas, mellan ca 346+560-346+700, överlagras åsen av silt och finsand. Även de har goda filter egenskaper, dock inte lika bra som lera. Således kan en transport av eventuella föroreningar uppstå där ned till grundvattenförekomsten. Den största risken föreligger under byggskedet och bör kunna förbyggas med åtgärder.

### 3.4 Sammanfattning

Följande alternativ bedöms vara möjliga:

- Bankpålning hela sträckan, kostnad ca 24 miljoner kronor. Där pålar blir kortare än 3 meter ersätts bankpålning med urgrävning.
- KC-pelarförstärkning mellan km 346+450-346+560. Bankpålning mellan 346+560-346+900. Total kostnad för detta uppskattas till ca 20 miljoner kronor.

En nackdel med detta är att det blir en övergång i styvhet mellan KC-pelarförstärkning och bankpålning som inte är önskvärd. Samt att KC-pelarförstärkning används sparsamt i Norrland. Önskad stabilisering kan vara osäker att uppnå och därmed kan reduktion av vibrationer inte garanteras.

Dessa åtgärder kan endast utföras under tågstopp.

## 4 Osäkerheter

Vid eventuell bankpålning finns det risk för korta pålar som då bör ersättas med urgrävning. På stora delar av området är det komplicerat med stora urgrävningsdjup. Detta behöver utredas vidare om bankpålning är aktuellt att utföra.

KC-pelarförstärkning är en ovanlig metod i Norrland. Om önskat resultat av stabilisering uteblir minskar även effekten av att reducera vibrationer.

Fler kompletterande undersökningar behöver utföras för området.

Beroende på vilka åtgärder som eventuellt ska studeras vidare behöver kompletterande undersökningar utföras med bla:

- Fler hejarsonderingar för att bättre utreda bankpålningen och dess pållängder
- Bestämning av vattenkvot på silt och lera, för utredning av KC-pelarförstärkning (upptagna prover är skickade på lab)
- Kompletterande kolvprovtagning för utredning av KC-pelarförstärkning
- Tätare sonderingar (cpt och skruvprovtagningar) för att utreda de geotekniska förhållandena mer noggrant.

## 5 Källor

Metodblad SGF:s jordförstärkningskommitté Senast uppdaterad 2003-02-27

Rapport 17 Djupstabilisering med bindemedelsstabiliserade pelare och masstabilisering – En vägledning Rolf Larsson, Svens djupstabilisering 2006