

# Geoteknisk vurderingsrapport: Arnadalen E16/VB


E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle



- Akseptert  
 Akseptert m/kommentarer  
 Ikke akseptert / kommentert  
Revider og send inn på nytt  
 Kun for informasjon

Sign:

**Gunnar Söderholm, 14.02.2021  
19:23:32**

|   |                                  |                   |  |            |           |
|---|----------------------------------|-------------------|--|------------|-----------|
| 01B   | Justering etter 3. partskontroll | 14.09.2020        | NOARND   | NOKRAR     | NORUHO    |
| Revisjon:                                       | Revisjonen gjelder:              | Dato:             | Utarb. av:   | Kontr. Av: | Godkj. av |
| Tittel:<br>E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle |                                  | Sider:            | 19   |            |           |
| Geoteknisk vurderingsrapport: Arnadalen E16/VB  |                                  | Produsert av:     |  |            |           |
| Prosjekt: 305488r01/77003301                    |                                  | Prod. Dok. Nr.:   |  |            |           |
| Parsell: 01                                     |                                  | Erstatter:        |  |            |           |
|   |                                  | Erstattet av:     |  |            |           |
|   |                                  | Dokumentnr:       | UAS-01-A-00023   | Revisjon:  | 01B       |
|   |                                  | Drift dokumentnr: |  | Drift rev. |           |

| Dokumentkontroll           | Kontrollerende foretak | Signatur for utført utvidet kontroll |
|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Utvidet kontroll iht. PKK3 | Statens vegvesen       | Jan Helge Aalbu/Asplan Viak          |

## INNHOOLD

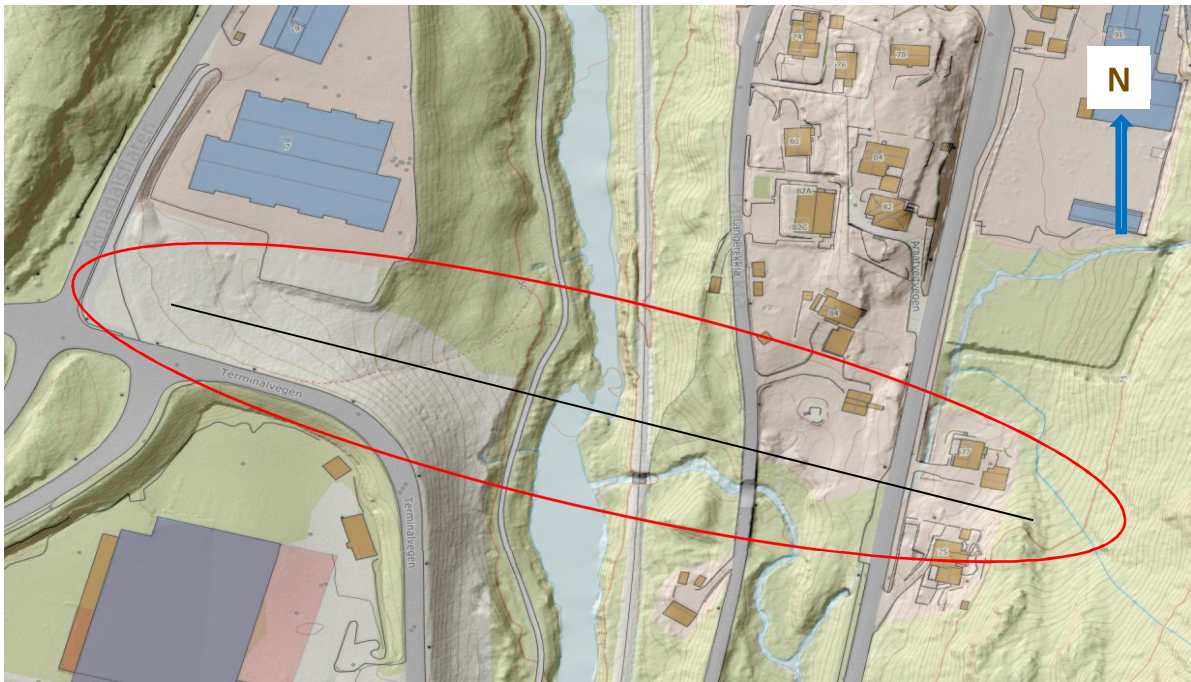
|  |    |
|--|----|
| Innhold.....   | 3  |
| 1 Innledning .....   | 5  |
| 2 GEoteknisk prosjektering .....   | 6  |
| 2.1 Regelverk .....  | 6  |
| 2.2 TEK 17 §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger.....                            | 6  |
| 2.1 TEK 17 §10, Konstruksjonssikkerhet.....                                    | 6  |
| 2.2 Geoteknisk kategori.....   | 6  |
| 2.3 Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC).....                               | 7  |
| 2.4 Kvalitetssystem.....   | 7  |
| 2.5 Tiltaksklasse i henhold til Lov om planlegging og byggesaksbehandling..... | 7  |
| 2.6 Prosjekterings- og utførelseskontroll.....                                 | 8  |
| 2.7 Oppsummering.....  | 9  |
| 3 Grunnlag for vurderinger.....  | 10 |
| 4 Topografi og grunnforhold .....  | 10 |
| 4.1 Topografi .....  | 10 |
| 4.2 Berggrunn og løsmasser.....  | 10 |
| 4.3 Grunnforhold.....  | 10 |
| 4.3.1 Ny E16 .....   | 10 |
| 4.3.2 Brukonstruksjon .....  | 11 |
| 4.3.3 Vossebanen.....  | 12 |
| 5 Fundamenteringsforhold .....   | 13 |
| 5.1 Vestlig landkar, vegbru .....  | 13 |
| 5.2 Søyle vestsida av Storelva, vegbru.....                                    | 14 |
| 5.3 Søyle østside av Storelva, vegbru .....                                    | 14 |
| 5.4 Østlig landkar, vegbru.....  | 15 |
| 5.5 Tunnelportal, E16 .....  | 16 |

|     |                                |    |
|-----|--------------------------------|----|
| 5.6 | Andre konstruksjoner .....     | 17 |
| 5.7 | Påhuggsområde Vossebanen ..... | 17 |
| 5.8 | Bergflatemodell .....          | 18 |
| 6   | Referanser .....               | 19 |



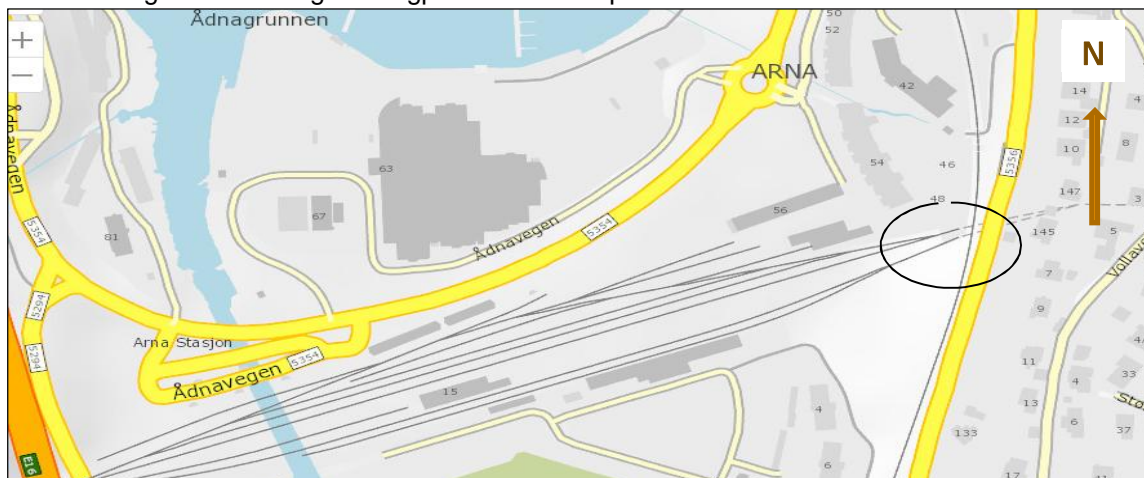
## 1 INNLEDNING

Rambøll-Sweco er engasjert av Statens vegvesen og BaneNor for å utarbeide reguleringsplan for ny E16 fra Arna til Helle og ny Vossebanen fra Arna til Stanghelle. I denne forbindelsen er dette geoteknisk vurderingsnotat utarbeidet, hvor det er foretatt vurdering av fundamenteringsløsning for de planlagte nye konstruksjonene, blant annet brukonstruksjon over Storelva og tunnelportal i østlig påhugg for E16 i Arnadalen.



Figur 1: Oversiktsbilde over området hvor planlagt veglinje er skissert [7]

Det er i tillegg utført vurdering av fundamenteringsforhold ved eksisterende jernbanestasjon i Arna, hovedsakelig for avdekning av bergprofil ved tunnelportalen.



Figur 2: Lokalisering av tunnelpåhugg for bane ved Arna stasjon [13]

## 2 GEOTEKNISK PROSJEKTERING

### 2.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for geoteknisk prosjektering:

- Ø NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0) [2]
- Ø NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7) [3]
- Ø TEK 17 [1]
- Ø SAK 10 [4]

I tillegg benyttes følgende veiledninger og håndbøker dersom de er relevante:

- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging [8]
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok N200, Vegbygging [9]

### 2.2 TEK 17 §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 §7 [1] skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred). Sikkerhetsklassen for veg påvirket av flom bestemmes ut fra ÅDT og omkjøringsmuligheter. For dette prosjektet må brufundamentene sikres for 200 års returperiode for flomhendelse [9].

Etter at konstruksjonene er fundamentert som anbefalt, og elvkanten i vest er sikret mot erosjon for 200 års flom, er det vurdert tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.

#### 2.1 TEK 17 §10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 §10.1, vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 §10.2 angir at:

*«Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.»*

Veiledningen til TEK 17 angir videre at:

*«Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.»*

Da det legges til grunn en prosjektering basert på Eurokodene (NS-EN) som angitt i punkt, vil TEK 17 §10 være ivaretatt.

### 2.2 Geoteknisk kategori

(Eurokode 7) [3] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

På vestsiden av Storelva må det foretas masseutskiftning for etablering av fylling. Begge landkarene for vegbruen fundamenteres på peler gjennom fyllmasser, og to søyler i midten direktefundamenteres på berg etter at tynt topplag blir avgravd. Ved lokalvegkryssing skal det bygges kulvert og legges fylling på begge sider. Kulverten skal direktefundamenteres enten på veldig fast lag over berg eller direkte på berg. Tunnelportal i øst forutsettes direktefundamentert delvis på berg og delvis på lagvis komprimert sprengssteinsåle.

Portal for ny jernbanetunnel ved Arna stasjon skal være direktefundamentert på avretningslag på avdekket berg.

Basert på øvrige vurderinger og konstruksjonsstørrelse, er prosjektet i Arnadalen klassifisert som følger:

- ü Byggegrep, utgraving av løsmasser à Geoteknisk kategori 2
- ü Direktefundamentering à Geoteknisk kategori 2
- ü Pelefundamentering à Geoteknisk kategori 3
- ü Øvrige konstruksjoner ved lokalvegkryssinger à Geoteknisk kategori 2

Dette innebærer at prosjekteringen bør omfatte kvantitative geotekniske data og analyser for å sikre at de grunnleggende kravene blir oppfylt.

## 2.3 Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 [1] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA. A1 (901).

I denne tabellen er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- ü Kompliserte tilfeller
- ü Enkle og oversiktlige grunnforhold

Grunnforholdene vurderes som relativt oversiktlige og enkle. I Statens vegvesen sin håndbok V220 [8] tabell 0-1 står det beskrevet at prosjekter på veg med ÅDT over 8000 og fundamenteringsarbeider med stor bruddkonsekvens havner i CC3. For geoteknisk prosjektering er det, ut fra begrunnelsen ovenfor, valgt følgende konsekvens-/pålitelighetsklasser:

- ü Fundamenteringsarbeider tilknyttet bru à CC/RC 3

## 2.4 Kvalitetssystem

Eurokode 0 [1] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig. Dette systemet skal også tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet vil derfor være ivarettatt også for pålitelighetsklasse 4.

## 2.5 Tiltaksklasse i henhold til Lov om planlegging og byggesaksbehandling

I veiledningen om byggesak kap. 9 [4] er det i tabell 2 og 3 gitt kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering og utførelse. I tabell 2 i veiledningen oppgis det at fundamentering for anlegg og

konstruksjoner, som etter Eurokode 0 er plassert i pålitelighetsklasse 2, havner i tiltaksklasse 2 for prosjektering. Tilsvarende havner prosjektering for pålitelighetsklasse 3 i tiltaksklasse 3. På bakgrunn av dette vurderes geoteknisk prosjektering som følger:

Geoteknisk prosjektering:

- ü Byggegrep utgraving av løsmasser: Tiltaksklasse 2
- ü Direktefundamentering: Tiltaksklasse 2
- ü Pelefundamentering: Tiltaksklasse 3

## 2.6 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [2] gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Dette innebærer i henhold til tabell NA. A1 (902) at det for prosjekteringskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse PKK1 for byggegrøparbeidene, og PKK2 og PKK3 for fundamenteringsarbeidene der det er aktuelt.

**Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering**

| Valg av prosjekteringskontrollklasse |                                     | Krav til kontrollform              |   |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|
| Pålitelighetsklasse                  | Minste prosjekteringskontrollklasse | Egenkontroll (DSL 1) <sup>1)</sup> | Intern systematisk kontroll (DSL 2) <sup>1)</sup> | Utvidet kontroll (DSL 3) <sup>1)</sup> |
| 1                                    | PKK1 <sup>2)</sup>                  | kreves                             | kreves ikke                                       | kreves ikke                            |
| 2                                    | PKK2 <sup>2)</sup>                  | kreves                             | kreves  | kreves                                 |
| 3                                    | PKK3                                | kreves                             | kreves  | kreves                                 |
| 4                                    | Skal spesifiseres                   | kreves                             | kreves  | kreves                                 |

<sup>1)</sup> Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Krav til prosjektering av fundamenteringen er at det utføres egenkontroll (DSL 1), intern systematisk kontroll (DSL 2) og i tillegg utvidet kontroll (DSL 3). I henhold til standarden, kan utvidet kontroll for prosjekteringskontrollklasse PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket. Mens for PKK3 skal det utføres utvidet kontroll av annet foretak enn det som har utført prosjekteringen. Den prosjekterende bør forvise seg om at den utvidede kontrollen er gjennomført, tilbakemelding er mottatt og eventuelle beregninger er avklart. Den utvidede kontrollen skal utføres i byggherrens regi, enten av byggherrens egen organisasjon, eller et annet foretak som er uavhengig av foretaket som utførte prosjekteringsarbeidene.

For utførelsen i pålitelighetsklasse 2 skal det utføres egenkontroll (IL 1), intern systematisk kontroll (IL 2) og i tillegg utvidet kontroll (IL 3) i henhold til NA. A1 (903). For utførelseskontrollklasse UKK3 må det bekreftes at egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende tiltaket.



**Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse**

| Valg av utførelseskontrollklasse |   | Krav til kontrollform                |   |  |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|---|--|
| Pålitelighetsklasse              | Minste utførelseskontrollklasse         | Egenkontroll<br>(IL 1) <sup>1)</sup> | Intern systematisk kontroll<br>(IL 2) <sup>1)</sup> | Utvidet kontroll<br>(IL 3) <sup>1)</sup> |
| 1                                | UKK1 <sup>2)</sup>                      | kreves                               | kreves ikke   | kreves ikke                              |
| 2                                | UKK2 <sup>2)</sup>                      | kreves                               | kreves  | kreves                                   |
| 3                                | UKK3                                    | kreves                               | kreves  | kreves                                   |
| 4                                | UKK3, eventuelt med tilleggbestemmelser | kreves                               | kreves  | kreves                                   |

<sup>1)</sup> Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Egenkontroll skal utføres og dokumenteres av den eller de som utførte arbeidet. Intern systematisk kontroll er en intern, systematisk og regelmessig kvalitetskontroll av utført arbeid med faste rutiner i foretaket. Kontrollen utføres og dokumenteres parallelt med utførelsen der dette er hensiktsmessig. Utvidet kontroll i utførelseskontrollklasse UKK2 skal bekrefte at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført av det utførende foretaket.

Utvidet kontroll i utførelseskontrollklasse UKK3 innebærer en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket. Det utførte arbeidet skal i tillegg kontrolleres tilstrekkelig til å gi tillitt til at arbeidet er tilfredsstillende. Den utvidede kontrollen kan være basert på stikkprøver. Spesielt viktige og kritiske områder av betydning for byggverkets sikkerhet skal kontrolleres. Den utvidede kontrollen skal utføres parallelt med utførelsen der dette er hensiktsmessig, og det skal legges til rette for gjennomføringen.

## 2.7 Oppsummering

Geoteknisk kategori, konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC), prosjekterings- og utførelseskontroll er vurdert for direktefundamentering på fast underlag og fundamentering på peler for konstruksjonene til ny E16 og Vossebanen i Arnadalen. Swecos vurderinger er oppsummert i følgende tabell:

| Konstruksjoner  | Geoteknisk kategori | CC/RC | Tiltaksklasse | PKK | UKK |
|---|---------------------|-------|---------------|-----|-----|
| Brukonstruksjon E16:<br>Fundamentering på peler                                       | 3                   | 3     | 3             | 3   | 3   |
| Brukonstruksjon: Direkte<br>fundamentering på berg                                    | 2                   | 2     | 2             | 2   | 2   |
| Portal E16: Fundamentering delvis<br>på berg og delvis på lagvis utfylte<br>steinsåle | 2                   | 2     | 2             | 2   | 2   |
| Portal VB: Fundamentering på berg<br>flatt terreng                                    | 2                   | 2     | 2             | 2   | 2   |
| Kulverter: Fundamentering på<br>berg/faste masser                                     | 2                   | 2     | 2             | 2   | 2   |

### 3 GRUNNLAG FOR VURDERINGER

Vurdering av grunnforhold og anbefaling for evt. grunnforsterkningstiltak og fundamentering av bru over Storelva, portaler for E16 og banen ved Arna stasjon er basert på tilgjengelige geotekniske rapporter som følgende:

- Geoteknisk datarapport K5 Arna -Stanghelle, Arna [10]
- Geoteknisk datarapport: Arnadalen E16/VB, Supplerende grunnundersøkelser [11]
- Geoteknisk datarapport K5 Arna -Stanghelle- Påhugg Arna [14]
- Plantegninger for bruene og befaringer utført av geotekniker

### 4 TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD

#### 4.1 Topografi

Planlagt ny E16 skal bygges i Arnadalen ca. 2 km sør for Arna sentrum. En bru skal bygges fra eksisterende fv. 587, over Storelva, og fortsette mot påhugg i øst. Det vestlige brulandkaret skal ligge rett nord for ASKO vest AS sitt industribygg, og krysser elven mot øst. Både på østsiden og vestsiden av elven er terrenget flatet ut og varierer fra kote +54 til +60 før det faller ned mot elven, som ved brukryssing ligger på kote +45. I øst mot påhugget stiger terrenget og ender i bergskjæring. Videre går E16 inn i tunnel.

Dagens jernbane ved Arna stasjon ligger på ca. kote +8, og terrenget stiger relativt bratt mot øst. Dagens Indre Arna-vegen ligger på kote +28. Terrenget stiger videre øst mot bebyggelsen.

#### 4.2 Berggrunn og løsmasser

I henhold til NGU sitt berggrunnskart [1], er den dominerende bergarten i området Anortositt, som en del av Lindåsdekket. I området for jernbanestasjon er det hovedsakelig granittisk og syenittisk dypbergart som er dominerende. Siden berget blir sprengt ned til fundamenteringsnivå, forutsettes bergart med god bæreevne for fundamentering av konstruksjoner.

#### 4.3 Grunnforhold

I henhold til NGU sitt løsmassekart [6], består området av et tynt morenedekke og ligger under marin grense.

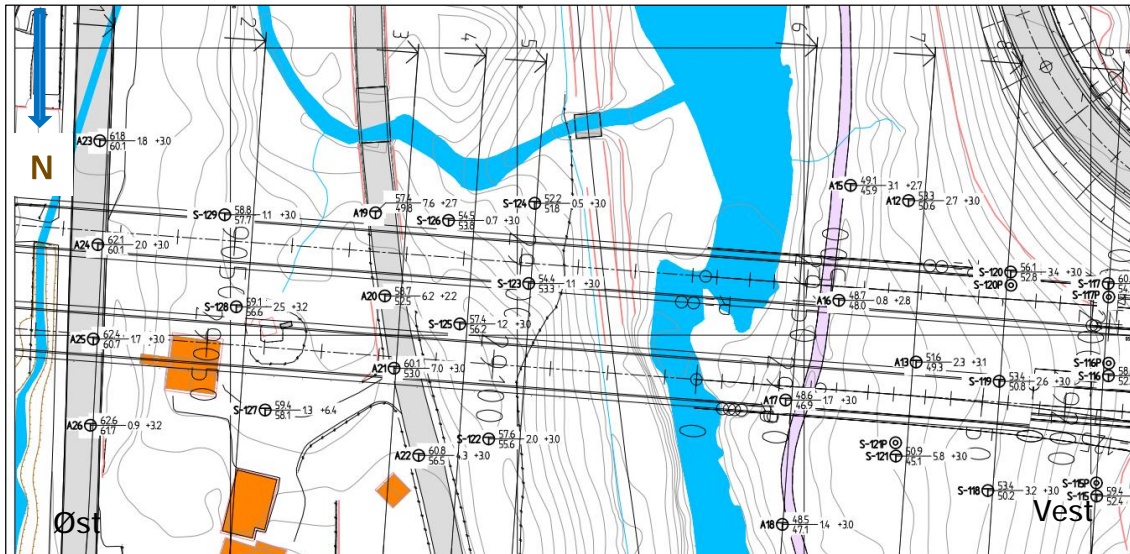
Det er i området utført grunnundersøkelser. For utfyllende informasjon om grunnforhold henvises det til datarapporter [10], [11] og [14].

##### 4.3.1 Ny E16

På vestsiden av elven er det undersøkt varierende dybde til berg. Like ved gangvegen, nær Storelva, ligger bergoverflate 0,8 -1,7 meter under dagens terreng, mens videre mot skråning i vest øker løsmassemektighet til 8,9 meter. Løsmassene har ulik fasthet, og veksler fra meget fast lagrede

masser til løst lagret sand og silt med høyt humusinnhold. Videre mot vest i Arnadalsflaten, nær dagens fv. 587, synker løsmassetykkelsen til 2-3 meter og inneholder meget faste masser.

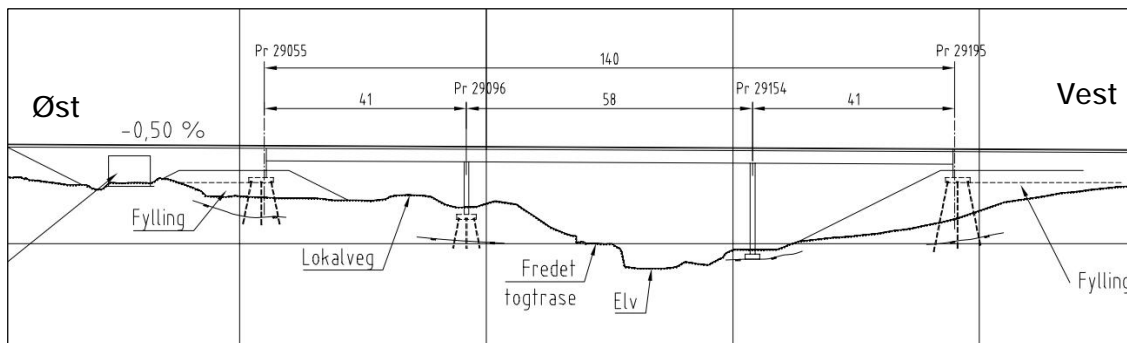
På østsiden av elva viser totalsonderingene relativt liten løsmassemekthet, med dybder til berg mellom 0,5 – 2,0 meter. Unntaket er ett borepunkt, og dette ligger i eksisterende kommuneveg 4702, der det er funnet løsmassemekthet opp til 7,6 meter, med meget fast lagrede masser. Omfang av grunnundersøkelser på begge sider av Storelva er vist i Figur 3.



Figur 3: Omfang av grunnboringer på begge sider av Storelva i Arnadalen [11]

### 4.3.2 Brukonstruksjon

Det er planlagt en betongkassebru for kryssing over Storelva i Arnadalen. Bruen er planlagt til å være ca. 140 meter lang og skal ha to søylefundamenter mellom landkar. Spennet mellom søylefundamentene er foreløpig satt til 58 meter. Landkarene er tenkt plassert på utlagt fylling. For det vestlige landkaret vil det være behov for en vesentlig utfylling for plassering av landkar. Brulengde, søyleposisjoner og fyllingsomfang ved vestlig og østlig brulandkar er vist i Figur 4.



Figur 4: Skisseløsning fra tidlig fase for brukryssing over Storelva i Arnadalen, skisse viser ikke anbefalt fundamenteringsløsning for brukonstruksjon.

### 4.3.3 Vossebanen

Kartlegging av løsmasser og bergoverflate for nytt tunnelpåkugg for jernbane er utført i sidebratt terreng mellom jernbanestasjon og fv. 5356. Det er også utført boringer i fv. 5356 og i veteranjernbanen som går på oppsiden av tunnelportal. Boringene er hovedsakelig utført for å bestemme tunnelpåkugg med tilstrekkelig bergoverdekning. Det er også foretatt prøvegraving for å kartlegge bergoverflate i skråningen. Boringene viser generelt en fast lagret løsmassetykkelse over berg. Løsmassetykkelsen varierer fra 0,8 – 5,0 meter. Bergoverflaten følger terrenget og faller mot vest.

I borpunkt 20, lengre vest i Figur 5, er det påvist et 4,8 meter tykt lag med middels til løst lagrede masser. Disse massene skal masseutskiftes og lagvis komprimeres ved etablering av banefundament.



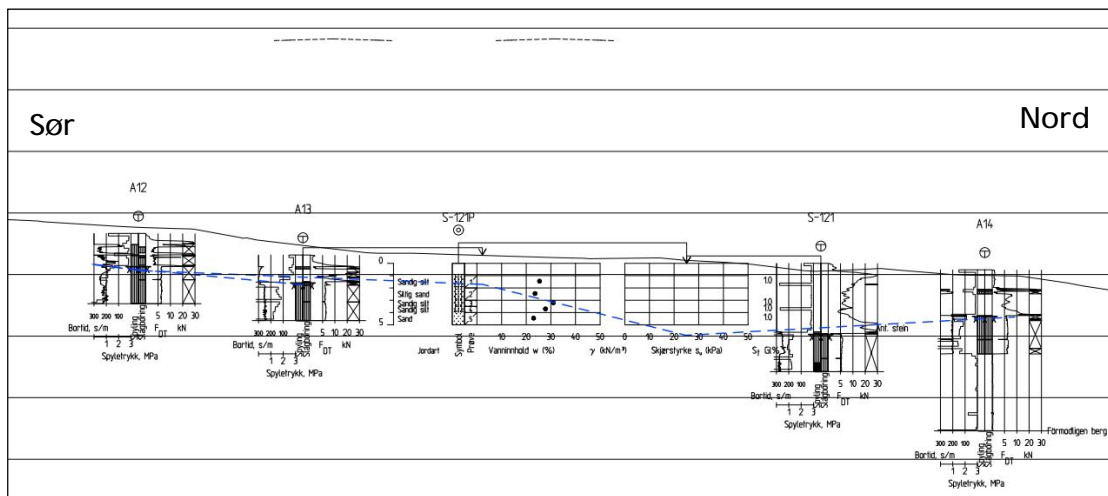
Figur 5: Omfang av grunnboringer ved planlagt tunnelpåkugg [11].



## 5 FUNDEMENTERINGSFORHOLD

### 5.1 Vestlig landkar, vegbru

Vestlig landkar er plassert på utlagt fylling i skråningen ned mot gangvegen. Det er foretatt tilstrekkelige grunnundersøkelser på skråningen ned mot Storelva. Grunnundersøkelsene viser en del løst lagret siltig sand og sandig silt med humusinnhold, over meget fast lagrede masser. Grunnet lagringsfastheten, samt silt og humusinnholdet i massene, kan en forvente utfordringer knyttet til stabilitet og setning for den planlagte fyllingen. Det blir en stor høydeforskjell mellom dagens terreng og det planlagte vegnivået.



Figur 6: Kartlagt grunnforhold ved vestlig landkar snitt 7-7 [11]

Grunnforhold som er godt kartlagt ved vestlig landkar, er vist i Figur 6. De øverste massene er dårlig egnet for stabilitet. Det anbefales derfor å masseutskifte de dårlige massene ved etablering av ny fylling. Etter fjerning av de løst lagrede massene, bygges fyllingen opp lagvis. Fyllingen skal komprimeres etter NS3458 eller Håndbok N200 [9].

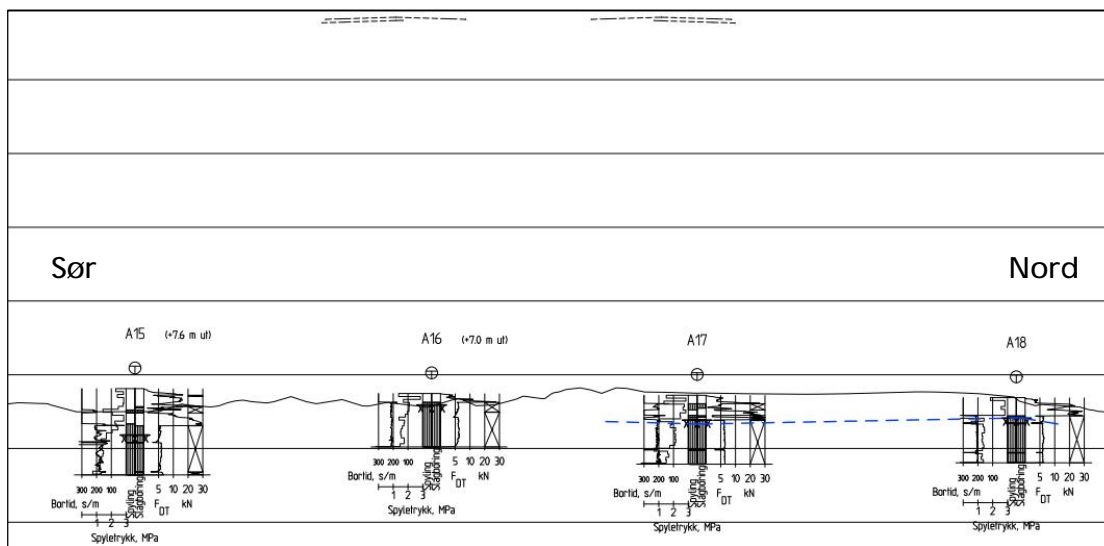
Grunnet relativ høy fylling på hellende terreng, anbefales det at vestlig landkar fundamenteres på spissbærende peler. Dette på grunn av fyllingens tykkelse og størrelse på landkar. Det kan også være utfordrende å få gravd vekk alle løsmassene under landkar. Pelene bores gjennom den oppbygde fyllingen. Grunnet grovheten i massene i fyllingen, anbefales det å benytte borede peler. Ved detaljprosjektering velges enten stålør eller stålkjernepeler, avhengig av belastingsstørrelsen på fundamentet. Der pelene skal bores gjennom de utfylte massene, vurderes det å fylle med mindre steinfraksjon enn i den øvrige fyllingen.

Som fremgangsmetode for oppbygging av fylling samt etablering av peler for landkar, anbefales det først å fjerne de løst lagrede massene i skråningen ned mot gangvegen. Når de løse massene er fjernet, etableres en fyllingsfot, og deretter bygges fyllingen lagvis opp med en skråningshelning på 1:1,5 med sprengstein av god kvalitet. Fyllingen bygges opp i første omgang. Øst for landkaret etableres en arbeidsplattform i fyllingen for pelerigg slik at boring for peler kan utføres på et lavt nivå. Dette for å få en enklere etableringsfase for pelene. Ny planlagt fylling kan videre bygges opp rundt pelene, samtidig som pelene skjøtes videre oppover til riktig nivå. Dette forutsetter forsiktig oppbygging av fylling inntil pelene.

Ved komprimering av utlagte masser, forutsettes det bruk av håndholdt utstyr, som vibrerende plate, i områdene rundt pelene. Dette er for å minimere faren for skader på de etablerte pelene. Fyllingen bygges opp i henhold til krav til utleggingen som er beskrevet i håndbok N200 kap. 25 [9].

## 5.2 Søyle vestside av Storelva, vegbru

Omtrent plassering av vestlig søyle, er det tatt 4 totalsonderinger på gangveg. For nordlig søyle viser boring A17 et 1,7 meter tykt løsmassedekke bestående av et løst lagret topplag før motstanden stiger. For den sørlige søylen viser boringen et 0,8 meter tykt løsmassedekke. Boringen A15, som er tatt lengst sør for den sørlige søylen, viser en løsmassetykkelse på 3,1 meter. En kan ikke utelukke noe større uttak av masser for denne søylen.



Figur 7: Kartlagt grunnforhold ved vestlig brusøyle snitt 6-6 [11]

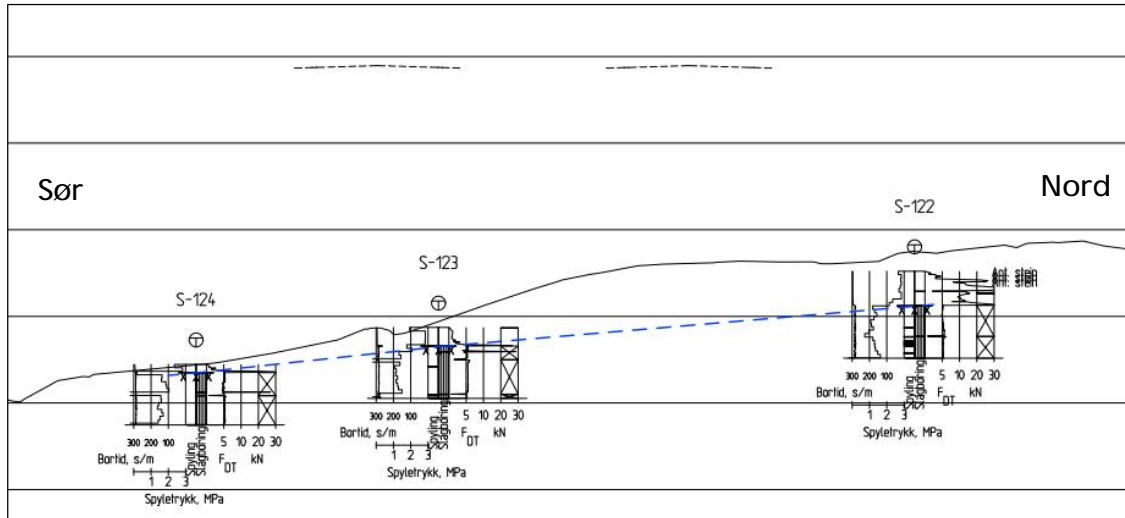
For etablering av vestlig søyle anbefales det fjerning av alle løsmasser og direktefundamentering av søylefundament på berg. Høydedifferansen mellom brufundament og vegnivå blir omtrent på 25 meter.

Ved søylefundamentet er det liten løsmassemektighet. Graveskråning for byggegrop anbefales lagt med helning 1:1,5.

## 5.3 Søyle østside av Storelva, vegbru

Denne brusøylen er plassert mellom lokalveg og veteranbane, der det er grunt til berg. Terrenget er vurdert gunstig for fundamentering av brusøyler. Det er foretatt 5 stk. totalsonderinger i området rundt søyleposisjonen. Blant disse boringene er tre boringer vist i Figur 8 og øvrige to boringer er tegnet i snitt 4-4 i datarapporten [11]. Totalsonderingene viser et løsmasselag på opp til 2 meter over berg. Det er ikke tatt prøver i området, men massene har middels til liten lagringsfasthet. Som vist i Figur 8 faller bergoverflaten mot sør fra borepunkt S-122 på kote +55,6 og det laveste i borpunkt S-124, på kote + 51,8.

For etablering av den østlige søylen, anbefales det fjerning av all løsmasse og direktefundamentering på berg. Bergkvalitet og sprekkeseffekt skal vurderes av geolog ved etablering av søylefundament. Graveskråning for byggegrop bør ikke overstige 1:1,5.

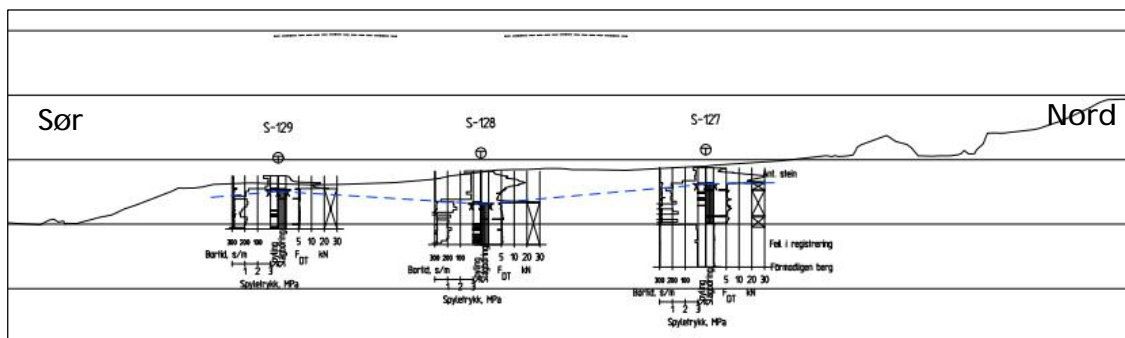


Figur 8: Kartlagt grunnforhold ved østlig brusøyle snitt 5-5 [11]

## 5.4 Østlig landkar, vegbru

Dette brulandkaret er plassert mellom to lokale vegger, der det er grunt til berg. Ved omtrent landkarposisjon er det foretatt tre totalsonderinger. Sondringene viser et topplag på opp til 2,5 meter over berg. Det er ikke tatt prøver fra disse boringene, men massene har middels til liten sonderingsmotstand. Bergoverflaten ligger på det dypeste i borpunkt S-128, på kote +56,6 som er vist i Figur 9: Kartlagt grunnforhold ved østlig landkar snitt 2-2 [11]

For etablering av østlig landkar, anbefales det fjerning av alle løsmasser i området og direktefundamentering på berg. Som vist i Figur 4, er landkaret støttet av fyllingen. De stedlige massene anses lite bæredyktige. Det anbefales derfor å fjerne massene før steinfyllingen skal etableres etter lagvis komprimering.



Figur 9: Kartlagt grunnforhold ved østlig landkar snitt 2-2 [11]

I østlig retning stiger terrenget opp mot Arnatveitvegen. Det er foretatt fire totalsonderinger i eksisterende veg. Boringene viser et opp til 2 meter tykt lag med meget faste masser over berg. Bergoverflaten ligger på det laveste på kote + 60,1 og vist i snitt 1-1 i datarapport [10].

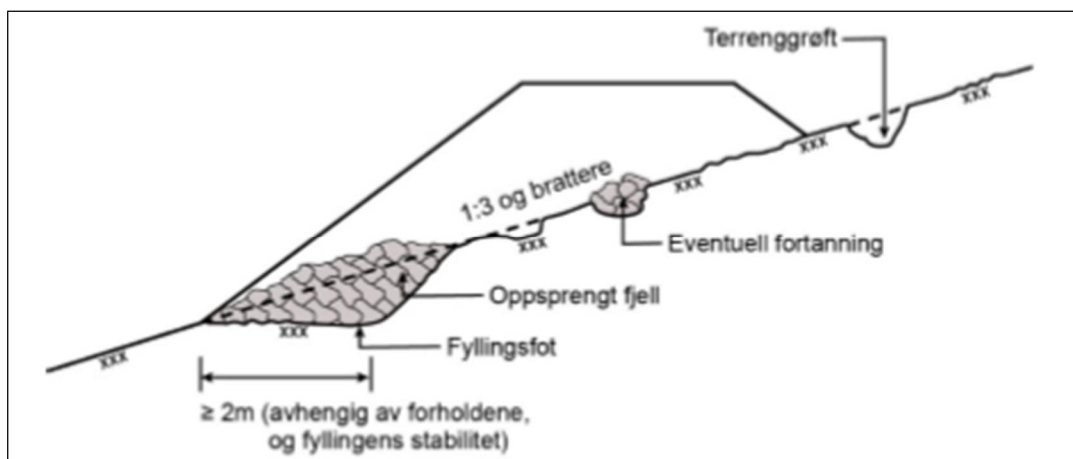
Det skal etableres en kulvert i bakkant av landkaret for gjennomgang av biltrafikk i dagens Arnatveitvegen. Boringene tatt i eksisterende veg viser en løsmassettykkelse på opp til 2 meter. Massene i eksisterende veg består av meget faste masser, der både slag og spyling er benyttet for å trenge gjennom massene. Massene i eksisterende veg antas å ha tilstrekkelig bæreevne for fundamentering av kulvert på stedlige masser, og det anbefales direkte fundamentering på de faste lagrete massene over berg.

## 5.5 Tunnelportal, E16

I området for etablering av tunnelportal er det ikke foretatt grunnboringer, og det forventes ikke store løsmassetykkelser ved påhugget. Terrenget er relativt flatt før det stiger markant. Forholdene er verifisert ved befarig.

For etablering av tunnelportal forutsettes det fjerning av alle løsmasser ned til berg. Det er foreløpig vurdert at portalen direktfundamenteres på lagvis komprimert sprengsteinsåle over berg. Sprengsteinsålen etableres lagvis opp til ønsket fundamenteringsnivå. I hellende bergoverflate skal fyllingsfot sprenges ut for å få en fortanning.

Ved etablering av fylling på hellende berg som er brattere enn 1:3, må det etableres fyllingsfot ved sprengning. Det skal også sprenges fortanning når bergoverflaten er glatt eller for bratt. Etablering av fyllingsfot og fortanning er vist som prinsipp i Figur 10.



Figur 10: Fyllingssåle ved terrengskråning brattere enn 1:3 [10]

Fyllingen skal legges ut og komprimeres på en slik måte at det ikke oppstår uakseptable egensetninger etter byggetiden, og slik at en oppnår en størst mulig homogenitet i horisontal utstrekning.

Fyllingen skal bygges opp lagvis og komprimeres i henhold til krav satt i N200 [9], med en kvalitet som er i samsvar med krav satt i prosesskoden R762 [12].



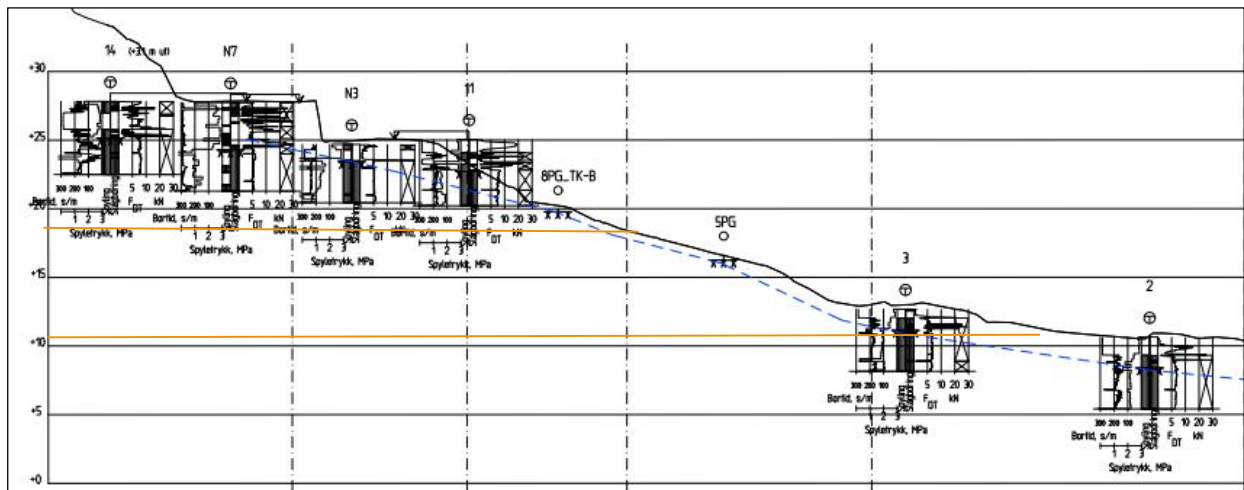
## 5.6 Andre konstruksjoner

Det er vest for brua planlagt flere konstruksjoner i forbindelse med tilkobling til lokalvegssystemet. Det skal bygges kulverter, bruer for lokalveger og portaler for ny E39. Det er delvis utført grunnundersøkelser i dette området. Undersøkelsene viser faste masser over berg. Dybde til berg er i utførte grunnundersøkelser veldig liten, dvs. at det ikke forventes store løsmassemekthigheter i dette området. I tillegg er det observert berg i dagen, og området er dominert av bergblotninger og skjæringer. De øvrige konstruksjonene; bruer, kulverter og portaler, er derfor forutsatt direktefundamentet på berg eller faste masser i dette området.

## 5.7 Påhuggsområde Vossebanen

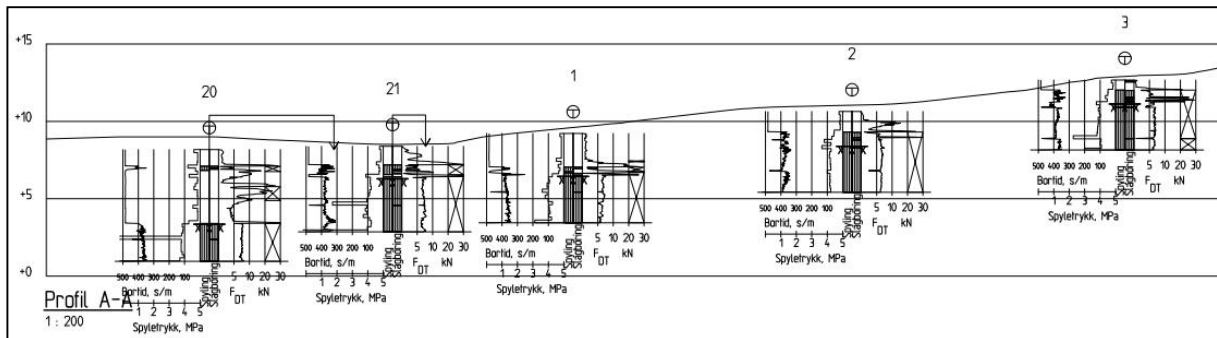
Jernbanen skal ligge på ca. kote + 8, og er planlagt inn i berg rett sør for eksisterende tunnelportal. Det er påvist relativt små løsmassetykkelser i skråningen der nytt påhugg er planlagt vest for veteranjernbanen. Tunnelportal skal derfor direktefundamenteres på sprengt berg, som anses å ha god kvalitet for fundamentering.

På oppsiden av tunnelpauhugget viser boringene at eksisterende lokalveg og veteranjernbane ligger på løsmasser. Plassering av veteranbane vil komme i konflikt med etablering av forskjæring og tunnelportal. Det anbefales derfor å stenge/ripe denne banen midlertidig i anleggsfasen. Indre Arnavegen (fv. 5356) ligger noe høyere, og det vurderes at den kan sikres over påhuggsområdet. Det er viktig at disse massene sikres for å kunne opprettholde vegens funksjon i anleggsfasen. Det anbefales å prosjektere rørvegg for å støtte løsmasser under vegen. Det kan være behov for å støtte løsmasser mellom rørene. I dette tilfellet prosjekteres armeringsnett og sprøytebetong. Mengde, rørdimensjon og evt. stag må detaljprosjekteres i prosjekteringsfase/byggeplanfase.



Figur 11: Kartlagt grunnforhold langs banelinje ved påhugg i Arna [11], med påtegnet antatt nivå jernbane

Lengre vest for portalen anbefales å fjerne løsmassene maks. 2 meter og masseutskiftes for å etablere fast underlag for banefundament. Videre forutsettes massene fast lagret over berg. Unntaket er borpunkt 20 (henvises til Figur 12) der det er funnet ca. 5 m løsmasser. Blant disse massene er det funnet et dårlig lag over berg. Dette betyr at massene lokalt må utskiftes til berg dersom det finnes et dårlig lag over bergflaten. Graveskråning anbefales på 1:1,5, og massene utskiftes seksjonsvis og komprimeres lagvis.



Figur 12: Kartlagt grunnforhold langs banelinje vest for påhugg i Arna [14], med ca. kote 8 antatt nivå jernbane

## 5.8 Bergflatemodell

Basert på foreliggende grunnundersøkelser, kartlagt dybde til berg og observert berg i dagen, er det modellert en bergoverflatemodell for dagsonene. Det er antatt 2 meter til berg i områder hvor det ikke er utført grunnundersøkelser og observert nærliggende berg i dagen. Bergoverflaten speiler topografien til terrengoverflaten, og er basert på interpolering mellom bergdybden fra utførte grunnundersøkelser, bergblotninger og antatt bergdybde. I områder med forholdsvis store avstander mellom borepunktene kan eventuelle variasjoner i bergnivå ikke utelukkes.

## 6 REFERANSER

- [1] Direktoratet for byggkvalitet (2017): TEK 17, Byggteknisk forskrift.
- [2] Eurokode 0 (2016): Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. Norsk Standard, NS-EN 1990:2002 + A1: 2005+NA:2016.
- [3] Eurokode 7 (2016): Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler. Norsk Standard, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013 +NA:2016,
- [4] Direktoratet for byggkvalitet (2013): Veiledning om byggesak,
- [5] NGU, Berggrunnskart. <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- [6] NGU, Løsmassekart. [http://geo.ngu.no/kart/losmasse mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)
- [7] Norgeskart, <http://www.norgeskart.no>
- [8] Statens vegvesen (2018): Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging
- [9] Statens vegvesen (2018): Håndbok N200, Vegbygging
- [10] Statens vegvesen (2018): Geoteknisk datarapport 30322-GEOT-1, 2018-05-08
- [11] Rambøll/Sweco (2019): Geoteknisk datarapport, Arnadalen E16/VB, Supplerende grunnundersøkelser UAS-01-A-00021, 28.08.2019
- [12] Statens vegvesen (2018): Håndbok R762 Prosesskode 2
- [13] Visveg (<https://gc.geodataonline.no/visveg/>)
- [14] Statens vegvesen (2019): Geoteknisk datarapport, K5 E16 Arna – Stanghelle - Påhugg Arna, 30322-GEOT-15, 2019-03-14.