




Jernbaneverket

ØSTFOLDBANEN VL(SKI-) MOSS, SANDBUKTA – MOSS – SÅSTAD

GEOTEKNISK FAGRAPPORT

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

Sign:

00B	Første utgave	08.01.2016	MANO	PSTE	SYL	
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Tittel:		Sider:	Entrepriise:	Østfoldbanen VL, SMS		
ØSTFOLDBANEN VL(SKI-) MOSS, SANDBUKTA – MOSS - SÅSTAD		21				
		Produsert av:	RAMBOLL SWECO			
		Prod.dok.nr.:				
		Erstatter:				
Geoteknisk fagrapport		Erstattet av:				
Prosjekt:	960168 (SMS)	Dokumentnummer:		Revisjon:		
Parsell:	00	SMS-00-A-20100		00B		
 Jernbaneverket		Drift dokumentnummer:		Drift rev.:		



Revision	00B
Dato	2016-01-08
Utarbeidet av	MANO
Kontrollert av	PSTE
Godkjent av	SYL
Beskrivelse	Geoteknisk fagrapport



Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	5
1.1	Beskrivelse av planområdet.....	5
1.2	Terreng og topografi.....	6
1.3	Utførte grunnundersøkelser	7
2	Grunnforhold	7
2.1	Løsmasser	7
2.2	Grunnvann	9
3	Etablering av spuntgroper	9
3.1	Spuntgrop Kransen	9
3.1.1	Grunnforhold Kransen	10
3.1.2	Sikring av byggegrop Kransen.....	11
3.1.3	Kalksementstabilisering	12
3.1.4	Fundamentering av betongkulvert Kransen.....	13
3.2	Stasjonsområdet.....	13
3.2.1	Grunnforhold stasjonsområdet	13
3.2.2	Avstiving av byggegrop stasjonsområdet.....	13
3.2.3	Kalksementstabilisering stasjonsområdet.....	14
3.3	Spuntgrop Carlberget	14
3.3.1	Grunnforhold Carlberget.....	15
3.3.2	Sikring av byggegrop Carlberget.....	15
3.3.3	Kalksementstabilisering Carlberget	16
3.3.4	Fundamentering av betongkulvert Carlberget.....	16
3.4	Larkollveien.....	16
3.4.1	Grunnforhold Larkollveien	17
3.4.2	Spuntberegninger Larkollveien.....	17
3.4.3	Kalksementstabilisering Larkollveien.....	17
3.4.4	Fundamentering av betongtrau Larkollveien.....	17
3.5	Driftsunderganger Hestehagen og Såstad	18
4	Dagsone Carlberg - Såstad.....	19
5	Etablering av VA-traseer.....	19
6	Risiko for setninger på eksisterende bygg og infrastruktur.....	20
6.1	Risiko for setninger ved etablering av fjelltunnel.....	20



6.2	Risiko for setninger ved etablering av byggegroper.....	20
7	Vurdering av områdestabilitet.....	21

FIGURER

Figur 1	Oversiktskart med inntegnet omtrentlig trase (© Open-Street-map bidragsytere).....	6
Figur 2	Utdrag fra kvartærgeologisk kart med omtrentlig inntegnet ny trase (© Nasjonal løsmassedatabase, NGU, uttaksdato 2015-10-23)	8
Figur 3	Byggegropp Kransen fra 3D-modell	10
Figur 4	Beregnet snitt 60 m sydover fra påhugg Mossetunnelen	11
Figur 5	Ferdig stasjonsområde fra 3D-visualisering.....	13
Figur 6	3D-modell av spuntgrop Carlberget	14
Figur 7	Kryssing av Larkollveien fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.....	16
Figur 8	Driftsundergang Hestehagen fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.	18
Figur 9	Driftsundergang Såstad fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.	18



1 Introduksjon

Sweco Rambøll ANS er engasjert av Jernbaneverket for å utarbeide detalj- og reguleringsplan for nytt dobbeltspor på strekningen Sandbukta – Moss – Såstad. Utbyggingen er en del av InterCity-satsningen som skal bedre togtilbudet i IC-triangelet. Dimensjonerende hastighet på strekningen er på opptil 250 km/t.

Strekningen Sandbukta – Moss - Såstad, som er en del av Østfoldbanen, består i dag av et enkeltspor. Nytt dobbeltspor skal kobles på eksisterende dobbeltspor i Sandbukta og legges i tunnel fra Sandbukta og inn til ny stasjon i dagen i Moss. Videre skal dobbeltsporet legges i en tunnel gjennom Kleberget som kommer ut nordøst for Carlberg gård. Dagsonen videre vil ligge ca. i terrengnivå frem til Såstad, der dobbeltsporet blir koblet på eksisterende dobbeltspor.

I detaljplanfasen er det innhentet eksisterende grunnlag, utført supplerende geotekniske grunnundersøkelser, og foretatt innledende geotekniske vurderinger for byggegroper, fundamentering av konstruksjoner og vurdering av områdestabilitet.

Formålet med denne rapporten er å sammenstille informasjon om grunnforholdene og de geotekniske vurderingene som er gjort i detaljplanfasen.

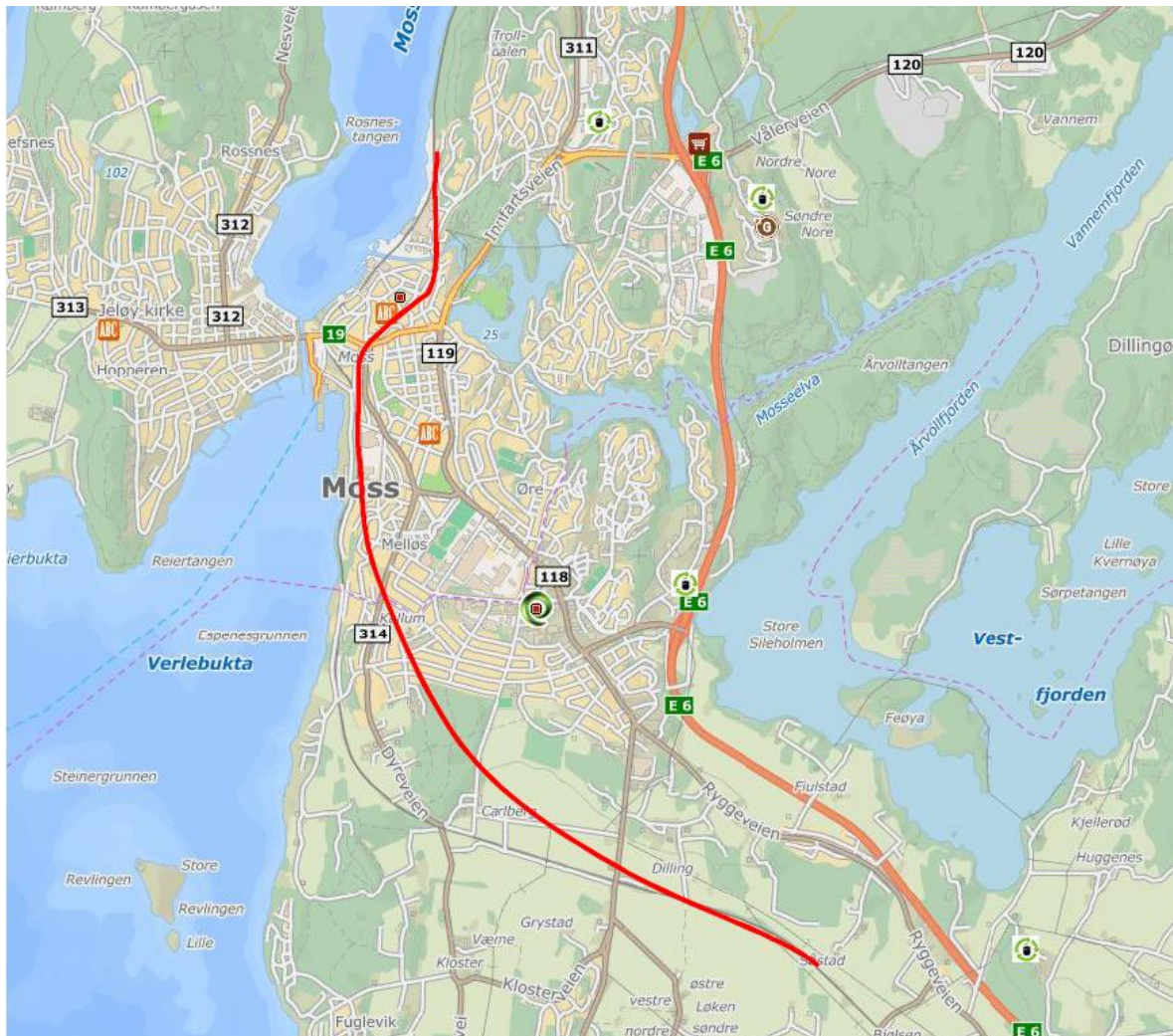
1.1 Beskrivelse av planområdet

Et oversiktskart over strekningen er vist i figur 1. Planområdet starter i nord ved Sandbukta hvor eksisterende dobbeltspor slutter. En ca. 800 m lang dagsone vil gå frem til det nordlige påhugget av Mossetunnelen. Tunnelen vil gå sørover og gjennom Moss og kommer ut i dagen nord for stasjonen. Fra sørlig påhugg av Mossetunnelen etableres det en ca. 400 m lang løsmassekulvert frem til stasjonsområdet. Løsmassekulverten etableres i spuntet byggegrop og fundamenteres delvis direkte på utsprengt berg og delvis på peler til berg.

Stasjonsområdet blir liggende på det tidligere havneområdet, med perronger, teknisk kulvert, stasjonsbygg, gangbro og eventuelle underganger pelet til berg. Utgraving for konstruksjoner skjer hovedsakelig i spuntet byggegrop.

Sør for stasjonsområdet, ved Kleberget, vil traséen gå inn i Carlbergtunnelen. Nordøst for Carlberg gård kommer tunnelen ut av berg og fortsetter i en løsmassekulvert og miljøkulvert med total lengde på ca. 500 m. Løsmassekulverten fundamenteres delvis direkte på berg, pelet til berg og delvis direkte på kalksementstabiliserte løsmasser.

Fra Carlberg til Såstad skal sporet gå i omtrent terrengnivå over en strekning på ca. 3 km. Ved Dilling krysser Larkollveien under jernbanen. Kulvert for kryssing av Larkollveien vil etableres i spuntet byggegrop. Videre østover er det to stk. kryssinger for driftsveier under jernbanen. Kulvert for disse vil også etableres i spuntet byggegrop.



Figur 1 Oversiktskart med inntegnet omtrentlig trase (© Open-Street-map bidragsyttere)

1.2 Terreng og topografi

I nord starter parsellen ved munningen av søndre portal for Mølleråstunnelen, ca. km. 56,070. Herfra fortsetter planlagt trase langs sjøen på ca. kt. +5, før den går inn i Mossetunnelen. Her stiger terrenget opp mot Røysåsen med terrenghøyde opp mot kt. +50. Tunnelen passerer under Røysåsen, Mosseelva og Moss sentrum før den igjen kommer opp i dagen ved Moss Havn. Ved havneområdet er terrenget relativt flatt og ligger mellom ca. kt. +2 og +4. Fra dagens havneområde stiger terrenget relativt bratt opp i østlig retning med helling ca. 1:6. Ved nordre påhugg for Carlberg-tunnelen ved ca. km. 60,250 stiger terrenget igjen opp mot Dyreskogen og Carlbergåsen hvor det igjen flater ut på ca. kt. +40 til +50. Ved Carlberg gård synker terrenget noe igjen, og linjen passerer gjennom relativt flate landbruksområder med terreng varierende mellom kt. +25 og +30 frem til parsellens slutt ved Bjølsen ved ca. km. 65,900.



1.3 Utførte grunnundersøkelser

I løpet av detaljplanfasen er det samlet grunnlag fra tidligere grunnundersøkelser i området, samt planlagt og utført nye supplerende grunnundersøkelser. Blant annet danner innledende grunnundersøkelser for området Sandbukta –Moss - Kleberget utført av Mesta i 2010 og for området Kleberget – Såstad utført av Multiconsult i 2011 en viktig del av det geotekniske grunnlaget.

Samlet grunnlag for de geotekniske vurderingene, både tidligere og supplerende, er vist på tegning SMS-00-21003-SMS-00-21014. Tegningene viser plassering av utførte grunnundersøkelser, og henviser til aktuell rapport for nærmere informasjon.

Supplerende grunnundersøkelser er utført med tanke på å kartlegge type løsmasser og egenskaper og dybder til berg. Dybder til berg er spesielt undersøkt for kontroll av overdekning i tunneltraseer, og i forbindelse med plassering av påhugg. Vurderinger knyttet til dette er beskrevet i Ingeniørgeologisk fagrapport SMS-00-A-22000.

Supplerende geotekniske grunnundersøkelser utført av Cowi i detaljplanfasen er presentert i følgende datarapporter:

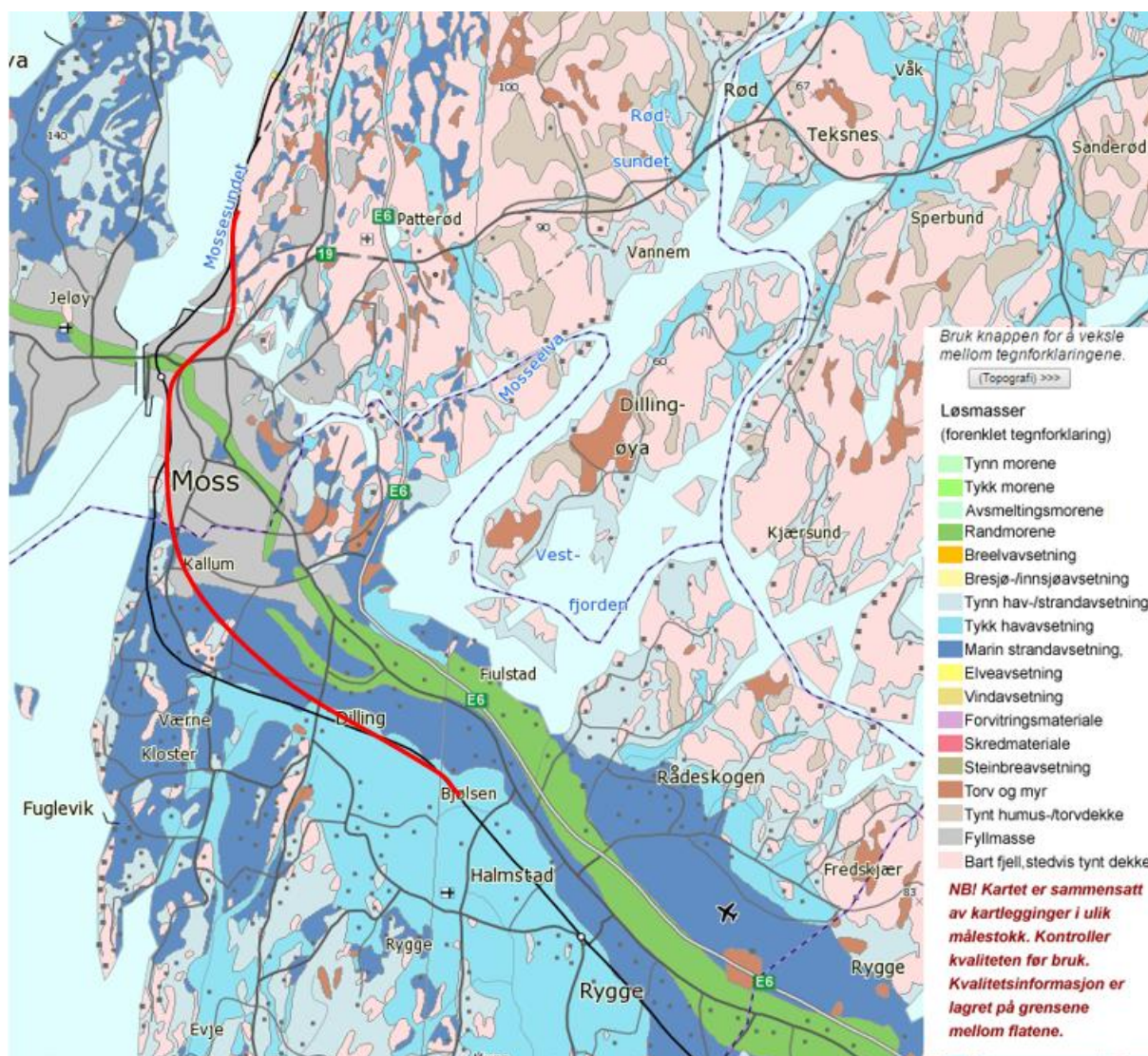
- SMS-00-A-00006 Datarapport Avrop 01
- SMS-00-A-00007 Datarapport Avrop 02
- SMS-00-A-00008 Datarapport Avrop 03
- SMS-00-A-00009 Datarapport Avrop 04
- SMS-00-A-00010 Datarapport Avrop 05
- SMS-00-A-00011 Datarapport Avrop 06
- SMS-00-A-00012 Datarapport Avrop 07

2 Grunnforhold

I dette kapittelet er løsmasseforholdene overordnet beskrevet. En mer detaljert beskrivelse er gitt i påfølgende kapitlene om byggegropene. De bergtekniske forholdene er beskrevet i Ingeniørgeologisk fagrapport SMS-00-A-22000.

2.1 Løsmasser

Figur 1 nedenfor viser et utdrag fra Kvartærgeologisk kart fra NGU. Dette viser i grove trekk hvordan løsmassene fordeler seg langs planlagt ny trase. Grovt sett domineres strekningen fra Sandbukta til Moss sentrum av berg i dagen, og fyllmasser med liten mektighet over berg. Deretter passerer linjen Raet, randmorenen som er markert med grønt i kvartærgeologisk kart, som strekker seg fra nordvest til sydøst gjennom området. Deretter beveger linjen seg inn i et området dominert av marine strandavsetninger og tykk havavsetning.



Figur 2 Utdrag fra kvartærgeologisk kart med omtrentlig inntegnet ny trase (© Nasjonal løsmassedatabase, NGU, uttaksdato 2015-10-23)

I likhet med kvartærgeologisk kart viser også grunnundersøkelsene svært varierende løsmassemengde langs traséen. Nord for Moss sentrum ligger berget i eller nær dagen, med unntak av under Osloveien hvor det er en opptil 15 m dyp, løsmassefylt kløft. Løsmassene på denne delen av traséen består stort sett av fyllmasser over berg. I dyprenna ved Osloveien er det sannsynligvis også noe leire i dybden.

Sør for Mosseelva/Vansjø øker løsmassemengdene, og varierer hovedsakelig mellom 5-15 m frem til søndre påhugg for Mossetunnelen ved Kransen. I dette området består løsmassene generelt av sand og silt med forekomst av stein med noe leire i dybden. Ved Statoil/Esso (Rundkjøringen RV19/ Vogts gate) er det avdekket en dyprenna med opptil 25 m løsmasse over berg.

Fra påhugget ved Kransen, og sydover mot havna øker bergdybdene til i overkant av 30 m. Her domineres grunnen av morenemasser med gradvis økende innhold av leire og bløtere masser. Enkelte borer indikerer sjiktvis overgang mellom morenemasser og svært bløt



sensitiv leire. Ved havneområdet består løsmassene av bløt leire til ca. 20 m dybde. På deler av området er kvikkleire påvist.

I nordlige deler av Carlbergtunnelen, Kleberget, er det kun et tynt løsmassedekke. Sørover øker dette til 5-15 m løsmasseoverdekning stort sett bestående av bløt leire med innslag av kvikkleire. Fra Carlberg gård til plangrensen varierer løsmassemekktighetene fra noen få meter til > 45 m, stort sett bestående av bløt til middels fast leire, stedvis sensitiv og enkelte innslag av kvikkleire. Fra søndre påhugg for Carlbergtunnelen og ca. 100 m retning Såstad, viser flere borerer innslag av stein og grus i tillegg til leire, faste lag er også påvist i borerer lengder sør langs linjen, men i betydelig mindre omfang.

2.2 Grunnvann

13 stk. piezometere vil bli installert i løpet av høsten 2015 langs planlagt linje for kartlegging og overvåking av grunnvannstanden. Det foreligger foreløpig ikke data fra poretrykksmålinger, og utførte vurderinger er basert på målt vannstand i borhull fra grunnundersøkelser, etter at disse har stått åpne over noe tid.

Målingene er i hovedsak utført på dagsonen fra Carlberg til Såstad. De utførte målingene gir ingen nøyaktig fastsettelse av grunnvannstanden, men kan benyttes som en indikator for omtrentlig grunnvannsnivå. Basert på dette ser det ut til at grunnvannstanden ligger svært høyt i området, målingene indikerer grunnvannstand varierende fra 0-1 m under terreng.

På resten av traseen er det ikke utført målinger av grunnvannstanden.

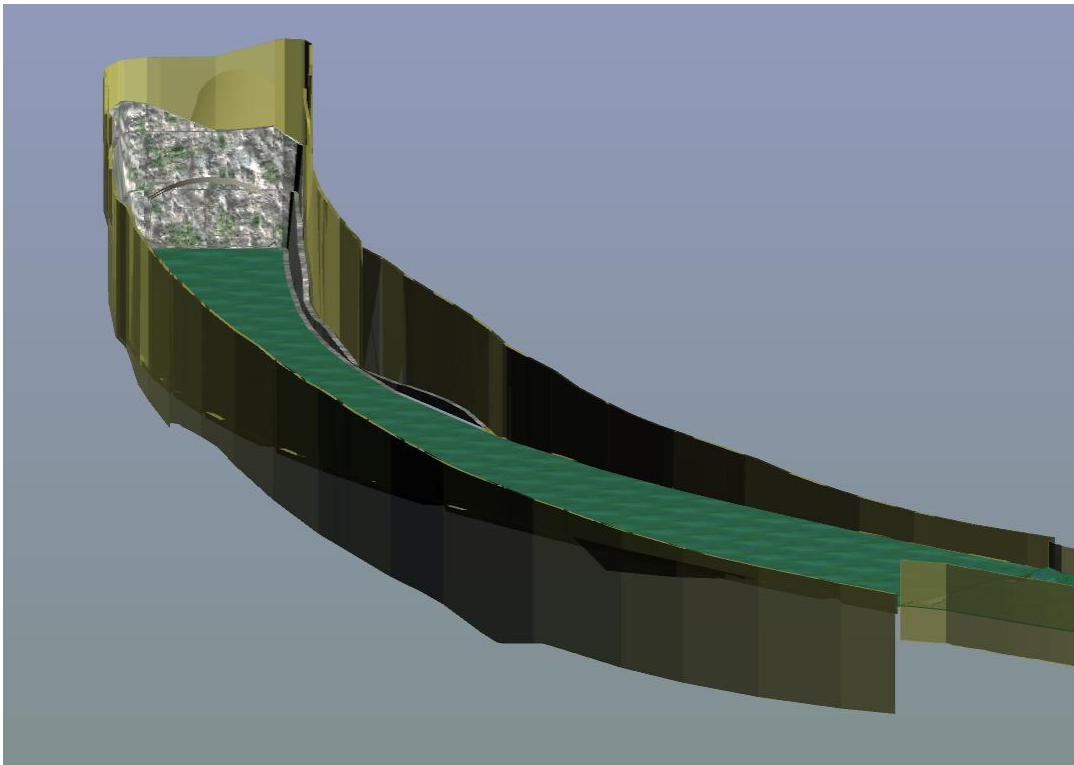
3 Etablering av spuntgroper

I løpet av detaljplanfasen er det innhentet grunnlag for bedre kjennskap til grunnforholdene i planområdet. Det er avdekket svært varierende, og til dels utfordrende grunnforhold langs den planlagte traseen. Basert på foreliggende grunnlag, er det utført innledende geotekniske beregninger med det formål å sikre gjennomførbar løsning med tilhørende kostnadsberegning. Byggegroperne er ikke detaljprosjektert, og de presenterte løsningene er dermed å betrakte som gjennomførbarhetsanalyser.

Generelt blir spuntgroperne Kransen og Carlberget etablert ved hjelp av stagavstivet rørsput. Spuntgroperne for Larkollveien, driftsundergangene Hestehagen og Såstad samt diverse spunt for VA, etableres ved hjelp av innvendig avstivet konvensjonell spunt. Spunt for stasjonsområdet etableres delvis som uavstivet og delvis som stagavstivet konvensjonell spunt. Der grunnforholdene tilsier det vil det bli kalksementstabilisert innenfor spuntgroperne for å lette utgravingsarbeidene, stive av spuntveggene og sikre stabiliteten.

3.1 Spuntgrop Kransen

Ved søndre påhugg for Mossetunnelen ca. km 59.050, er løsmassemekktigheten 10-20 m, og traubunnen ligger ca. 20 m under bergoverflaten. På strekningen fra påhugget til sporet igjen er oppe i terreng, ca. km. 59.400, etableres det derfor en ca. 400 m lang løsmassekulvert i spuntet byggegrop. Spuntgropen er vist i figur 2.



Figur 3 Byggegropp Kransen fra 3D-modell

3.1.1 Grunnforhold Kransen

Ved den planlagte byggegroppen ved Kransen består løsmassene av både faste morenemasser, bløt og sensitiv leire og enkelte steder kvikk leire. Området ligger i overgangen mellom moreneryggen, Raet, og marine avsetninger.

I nordre ende av spuntgroppen består løsmassene av grovere materialer, sand, grus, stein og blokk ned til 10-15 m dybde. Derunder er det leire iblandet stein eller blokk. I den nordre delen av spuntgroppa, der morenematerialet er mest fremtredende er det tatt opp begrenset med prøver av den underliggende leira. Sørøver i spuntgroppen blir det gradvis mindre morenemasser, og mindre innslag av stein og blokk. Det er her påvist kvikkleire i flere borprofiler langs spuntgroppen.

I borpunkt 2 ca. 90 m sør for påhugget er det utført en CPTU-sondering fra 8-10 m og fra 15- 21,5 m, samt tatt opp poseprøver fra 0-25 m dybde. Resultatene fra CPTU-sonderingen viser leire med direkte skjærfasthet, c_{ud} , rundt 60 kPa fra 8-10 m og skjærfastheter varierende fra ca. 40 -55 kPa i 15-21 m dybde. Det er utført visuell klassifisering og vanninnhold av poseprøvene i punkt 2. Disse viser stort sett sand, med innslag av sandig leire i 9-11 m dybde og 14-18 m dybde.

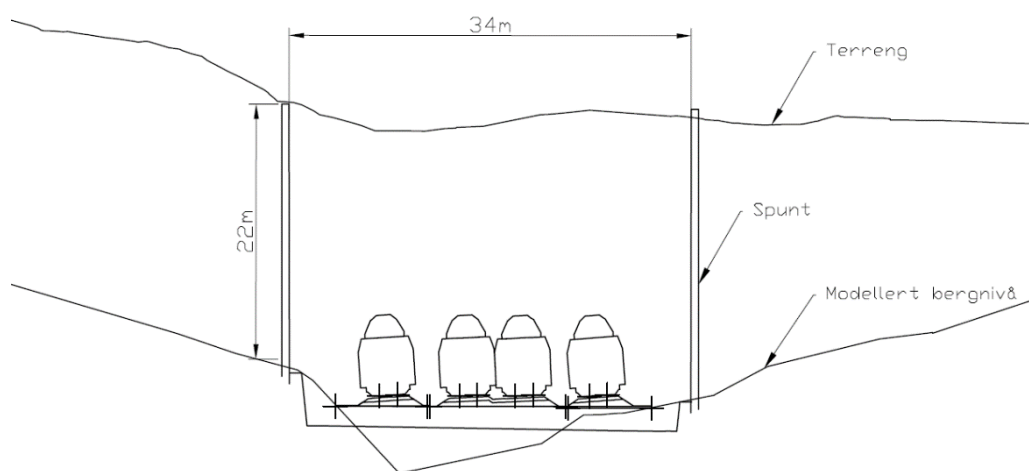
Ved punkt nr. 84 ca. 130 m sør for påhugget er det tatt opp poseprøver, uforstyrret prøveserie og utført CPTU-sondering i leirmaterialet. Poseprøver fra 2-7 m dybde inneholdt sand, deretter er løsmassene stort sett klassifisert som sandig siltig leire fra 7-17 m. CPTU-sonderingen viser stort sett bløt leire med tynne lag av sand og silt fra ca. 7-17 m dybde deretter leire uten synlige silt- og sandlag.

Fra 17-28 m dybde er det tatt opp uforstyrrede prøver. Her viser laboratorieundersøkelsene generelt bløt og sensitiv leire med høyt vanninnhold. Leiren er definert som kvikk fra ca.

20-25 m dybde.

3.1.2 Sikring av byggegrop Kransen

Det er utført innledende beregninger med samvirkeprogrammet GeoSuite Excavation for kritiske snitt. Snittene er basert på terrengoverflate, modellert bergoverflate og modellert løsmassekulvert. Novapoint 19 er benyttet for å ta ut relevante snitt for beregningene. Beregnet snitt 60 m fra påhugg Mossetunnelen er vist i figur 4.



Figur 4 Beregnet snitt 60 m sydover fra påhugg Mossetunnelen

De beregnede snittene har utgravingsdybder varierende fra 20-25 m. Det er benyttet rørsjunker bestående av stålrør med påsveisede sjunkelåser med dimensjon $\text{Ø}813/16$, utstøpt og armert, boret ned til og inn i berg. Det er lagt til grunn 5 stagrader med c/c 3,5 m. Terrenglast bak sjunker er satt til 13 kPa. Bredden på sjunkergropen varierer fra ca. 35-40 m i det aktuelle området. De innledende sjunkerberegninger viser betydelige krefter i stålrørene. Ved å benytte dimensjon $\text{Ø}813/16$, høyfast stål, S550J2H, støpt ut med 16 stk. K32 og et HE500B profil, oppnås tilstrekkelig kapasitet for både opptredende moment og skjærkrefter.

I sjunkergropens første ca. 200 m fra påhugget er stagforankret rørsjunker ansett som den beste løsningen. Kombinasjonen av bløt leire og faste lag, stein og morenemasser gjør ramming av konvensjonell sjunker uegnet i dette området. Med boret rørsjunker sikres i størst mulig grad gjennomførbareheten og det gir en robust løsning som takler de svært varierende grunnforholdene. Slissevegger har også vært vurdert i denne fasen, men er valgt bort til fordel for rørsjunker, da de faste stein- og gruslagene kombinert med kvikk leire antas å gi svært utfordrende forhold ved etablering av slisseveggene.

Boret rørsjunker er også gunstig med tanke på vanntetting i overgangen mellom berg og løsmasser ved at stålrørene bores inn i berg. Sjunkertønnen kan også injiseres ved behov for ytterligere tetting. Innboringen i berg gir også et sikkert bergfeste av sjunkertønnen uten boring av dybler. Stålrør i store dimensjoner som armeres og støpes ut gjør det videre mulig å oppnå



en betydelig stivere vegg enn ved bruk av konvensjonell spunt. Med de gjeldende grunnforhold, og planlagte utgravingsdybder, er veggens stivhet av avgjørende betydning.

Fra snitt C-C og sydover i gropa er det betydelig mindre faste lag, og grunnforholdene domineres av bløt, til dels kvikk leire over berg. Her vil det de fleste steder være mulig å ramme konvensjonell spunt uten betydelige problemer. Enkelte sandlag og noe stein kan fremdeles påtreffes, og det vil derfor være gunstig å velge et spuntprofil som tåler eventuell hard ramming. Utgravingsdybden i dette området vil være fra ca. 15 m for så å avta ettersom linjen stiger opp mot terrengnivå. Utgravingen i området som er planlagt med konvensjonell spunt avsluttes stort sett i løsmasser, noe som reduserer behovet for en tett overgang mellom spunt og berg.

Denne delen av spuntgrova avstives også med stag til berg, samt ribber av kalksementstabilisert materiale innenfor spuntveggene.

3.1.3 Kalksementstabilisering

Ved snitt A-A, B-B og C-C er det ikke regnet med kalksementstabilisering innenfor spuntgroven. Det vil være partier i dette området med bløt, sensitiv og kvikk leire, men lagdeling og forekomst av stein i grunnen gjør massene lite egnet å kalksementstabilisere. Det er påvist stein og faste lag av grus og sand i flere dybder, noe som vil gjøre stabiliseringen svært vanskelig eller helt umulig.

I området der det planlegges å benytte konvensjonell spunt, ca. 200 m fra påhugg og sydøstover, viser grunnundersøkelsene som tidligere nevnt mer homogene forhold, med mindre lagdeling og bløt, tidvis kvikk leire. Det er fremdeles et fast topplag som må påregnes fjernet før stabilisering kan utføres. Det er også enkelte stein og faste lag som kan skape vanskeligheter, men generelt ser kalksementstabilisering ut til å være mulig med gjeldende grunnforhold.

Prøveserie tatt opp ved punkt 86 viser bløt kvikkleire iblandet både sand og grus i varierende mengde under ca. 3 m faste masser av sand og grus i toppen. Ved borpunkt 87 ca. 60 m lenger syd i spuntgrova er det faste lag og stein ned til ca. 7 m dybde, før forholdene ser ut til å bli mer homogene og egnet for kalksementstabilisering.

Forholdene er svært varierende og utfordrende. Det må derfor påregnes ytterligere sonderboringer for å kunne foreslå et optimalt program for kalksementstabilisering. Det bør legges opp til prøvepeling for å identifisere hvor mye av de faste lagene kalksementvispen klarer å penetrere, hvordan grus og stein i massene virker inn på arbeidet og hvilke fastheter som kan oppnås.

Som et utgangspunkt er det tenkt at kalksementstabilisering innenfor spuntgrop Kransen utføres med dekningsgrad på 30-50 % avhengig av gravedybde. Kalksementpelene installeres fra nivå for utgravde faste toppmasser. Dette vil variere og må detaljeres nærmere. Kalksementstabiliseringen har til hensikt å sikre stabiliteten av utgravingen, samtidig som den letter utgravingsarbeidet og utgjør en viktig avstivende effekt på spuntveggen. Det kan være aktuelt å utføre kalksementstabilisering i flere omganger dersom man ikke når ønsket dybde ved første forsøk. Det graves da ut til og med det faste laget som har stoppet kalksementstabiliseringen, før det om nødvendig gjøres en ny stabilisering.

Der det ikke er mulig å kalksementstabilisere i hele dybden, kan det være aktuelt å stabilisere mindre områder ved hjelp av gravemaskin med spesialutstyr for å få gravd ut kvikkleira.



3.1.4 Fundamentering av betongkulvert Kransen

Betongkulverten vil ligge på et avrettingslag over utsprengt berg de første ca. 100 m etter påhugget. Deretter øker løsmassemektingheten, kombinert med at kulverten stiger opp mot dagsonen. Betongkulverten skal her fundamenteres på stålkjernerpeleer til berg. Pelelengdene vil variere fra ca. 2-25 m.

3.2 Stasjonsområdet

Spuntgrop stasjonsområdet er en forlengelse av spuntgrop Kransen, der løsmassekulverten slutter, og området der perronger, spor og infrastruktur knyttet til stasjonsområdet skal etableres. Her skal sporene ligge omtrent i terreng. Spor, plattformer og tekniske kulverter skal etableres som en pelet betongkonstruksjon. Ferdig stasjonsområde er vist i figur 5.



Figur 5 Ferdig stasjonsområde fra 3D-visualisering

3.2.1 Grunnforhold stasjonsområdet

I likhet med sydøstre halvdel av byggegrop Kransen, består grunnforholdene på store deler av stasjonsområdet av bløt og sensitiv leire. I flere profiler er det påvist kvikkeleire. Borprofilene viser faste masser i 1-4 m dybde over leire. Enkelte borprofiler viser også faste lag av sand og grus i dybder fra 5-10 m, f.eks. i borprofil 3I-36 og 3I-39, men dette er ikke gjennomgående for resten av boringene i området. Ikke alle borpunktene tyder på kvikke og sensitive masser, men det må påregnes å treffe på bløt leire, til dels kvikk og meget sensitiv i hele området.

Bergdybdene varierer stort sett fra 10-25 m i området, med unntak av borpunkt 3I-51 lengst syd i området, mot påhugget for Carlbergstunnelen, der det er påvist bergdybder på over 35 m.

3.2.2 Avstiving av byggegrop stasjonsområdet

Terrenget heller heller svakt ut mot sjøen, og ligger på ca. kt. +4 på østsiden av spuntgropen, og



ca. kt. +3 på vestsiden mot havna. Generelt utgravingsnivå for perronger, spor og teknisk kulvert varierer mellom kt. +0,5 og kt. +2. I tillegg til dette skal det graves ut for serviceundergang med ramper og kulvert. Økt utgravingsdybde pga dette gjelder fra ca. km. 59.900 hvor utgravingsnivået er kt. +2 og økende til kt. ca. -1 ved km. 59.980.

Mot østsiden av området (Værlegata og Rockwool) benyttes konvensjonell spunt avstivet med stag til berg. Her blir generell utgravingsdybde ca. 3,5 m. Mot vest (Havna) benyttes uavstivet konvensjonell spunt, med generell gravedybde 2,5 m under eksisterende terreng. Ved serviceundergangen øker gravedybden og spuntten avstives her med stag til berg.

Mot vest plasseres spuntveggen mellom anleggsområdet og midlertidig spor. For å danne et fysisk skille mellom anleggsarbeider og spor i drift strekkes denne spuntveggen 6 m over terreng.

Grunnundersøkelsene viser en del grove masser og fyllmasser i 0-5 m dybde. Utgravingen vil dermed stort sett utføres i fyllmasser. Noen områder med bløte sensitive masser i

gravedybden må likevel påregnes da grunnundersøkelsene varierer mye.

Blant annet vil graving for teknisk kulvert og serviceundergang delvis komme ned i bløt og sensitiv leire. Utgraving for disse konstruksjonene utføres innenfor spuntveggene med graveskråninger stabilisert ved hjelp av kalksementpeler der det er hensiktsmessig. For serviceundergangen kan det være aktuelt å etablere en tverrspunt ved ca. km. 59,980.

3.2.3 Kalksementstabilisering stasjonsområdet

I store deler av området er det grove masser i dybder fra 0-5 m, og disse massene er lite egnet for kalksementstabilisering. Det kan imidlertid være partier der kalksementstabilisering er hensiktsmessig for å lette utgravingsarbeidet, samt for å etablere en arbeidsplattform. Spesielt gjelder dette der det skal graves ut for serviceundergang og tilhørende ramper.

3.3 Spuntgrop Carlberget

Ved ca. km. 62,380 kommer Carlbergertunnelen ut av berg, og går inn i en løsmassekulvert som etableres ved «cut and cover». Der grunnforholdene tilsier dette etableres spuntgropen med borede stålrørspeler til berg. Resterende spuntgrop etableres med konvensjonell spunt. Bruk av bjelkestengsel kan være aktuelt ved påhugget i områder der løsmasseoverdekningen er svært liten. Spuntgropen er vist i figur 6.



Figur 6 3D-modell av spuntgrop Carlberget



3.3.1 Grunnforhold Carlberget

I første del av spuntgropen, nærmest påhugget, faller bergoverflaten fra nordvest mot sørøst, med bergdybder varierende fra i 0-1 m i nordvest til i overkant av 10 i sørøst. Fra 50-100 m inn i spuntgropen fra påhugget er bergoverflaten på begge sider av gropa i overkant av 20 m under terreng, og utgraving vil avsluttes i løsmasse.

De første ca. 100 m av spuntgropen fra påhugget består løsmassene av bløt og sensitiv leire, med varierende innhold av grus og stein. Borpunkt 133, ca. 50 m fra påhugget viser Tørrskorpeleire ned til 3 m dybde. Fra ca. 5 m dybde viser rutineundersøkelser at leira er bløt, sensitiv og i enkelte dybder definert som kvikk. Totalsondering viser et fast lag med stein i ca. 10 m dybde. Flere av totalsonderingene i dette området viser et fast lag i dybder fra 5-10 m under terreng.

Fra ca. 100-300 m fra påhugget stiger bergoverflaten, og vi får i overkant av 10 m høye bergskjæringer innenfor spuntgropen. I dette området er det stedvis svært liten løsmasseoverdekning, og løsmassene antas å bestå av tørrskorpe leire, over middels bløt og bløt leire.

Fra ca. 300 til 500 m fra påhugget, reduseres gravedybden gradvis fra ca. 25- 0 m der sporet kommer opp i dagen. I dette området avsluttes utgravingen stort sett i løsmasser bestående av bløt til middels fast leire. Rutineundersøkelser fra borpunkt 204, ca. 350 m fra påhugget viser bløt og sensitiv leire fra ca. 2 m dybde. Leira er definert som kvikk fra ca. 8-15 m. CPTU-sondering i borpunkt 204 antyder et siltlag i 6-7 m dybde.

3.3.2 Sikring av byggegrop Carlberget

Som for byggegrop Kransen, er det utført innledende beregninger med samvirkeprogrammet GeoSuite Excavation for spuntgrop Carlberget. Det er gjort beregninger for et kritisk snitt ca. 60 m fra påhugget. Situasjonsplan og skisserte løsninger for byggegropavstiving for spuntgrop Carlberget er vist i vedlegg.

I beregnet snitt er det regnet med 20 m utgravingsdybde. Det er benyttet rørsputt bestående av stålrør med påsveisede spuntlåser med dimensjon Ø813/16, utstøpt og armert, boret ned til og inn i berg. Det er lagt til grunn 5 stagrader med c/c 3,5 m. Terrenglast bak spunt er satt til 13 kN/m². Bredden på spuntgropen varierer fra ca.20-25 m i det aktuelle området. De innledende spuntberegninger viser betydelige krefter i stålrørene. Ved å benytte dimensjon Ø813/16, høyfast stål, S550J2H, støpt ut med 16 stk K32 og et HE500B profil oppnås tilstrekkelig kapasitet for både opptredende moment og skjærkrefter.

I denne delen av spuntgropa er spunten beregnet uten kalksementstabilisert materiale innenfor spuntgropa. Dette fordi de faste lagene, og innslag av stein stedvis fører til at kalksementstabilisering ikke kan utføres til ønsket dybde.

I spuntgropens første ca. 100 m fra påhugget er stagforankret rørsputt ansett som den beste løsningen. Kombinasjonen av bløt leire og faste lag av stein og grus, gjør ramming av konvensjonell spunt uegnet i dette området.

Fra ca. 100 m fra påhugget og sørøstover er det mindre faste lag, og grunnforholdene domineres av bløt, til dels kvikk leire over berg. Her vil det være mulig å ramme konvensjonell spunt uten betydelige problemer. Enkelte sandlag og noe stein kan fremdeles påtreffes, og det vil derfor være gunstig å velge et spuntprofil som tåler eventuell hard ramming. Utgravingsdybden i dette området vil være fra ca. 15 m for så å avta ettersom linjen stiger opp mot terrengnivå.

Denne delen av spuntgropa avstives også med stag til berg, samt ribber av



kalksementstabilisert materiale innenfor spuntveggene.

3.3.3 Kalksementstabilisering Carlberget

Det er bløt og sensitiv leire i store deler av byggegropa. Kalksementstabilisering vil kunne lette gravearbeidet, bidra til en stabil arbeidsplattform, og også ha avstivende effekt på spuntveggen. I noen områder i gropa kan faste lag av grus og stein, samt siltlag gjøre kalksementstabilisering utfordrende. Det vises til kap. 3.1.1.3 Kalksementstabilisering byggegrop Kransen, da mye av de samme vurderingene er gjort for de to spuntgropene. Grunnforholdene tilsier imidlertid at en større andel av byggegrop Carlberget kan kalksementstabiliseres enn byggegrop Kransen.

3.3.4 Fundamentering av betongkulvert Carlberget

Betongkulverten vil stort sett ligge på et avrettingslag over utsprengt berg de første ca. 300 m etter påhugget, Unntak fra dette er ca. 60-80 m fra påhugget der bergoverflaten er tolket 5-10 m under bunn kulvert, og kulverten vil her fundamenteres på kalksementstabiliserte løsmasser. Fra ca. km. 62.700 øker løsmassemengden, kombinert med at kulverten stiger opp mot dagsonen. Den åpne miljøkulverten skal her fundamenteres direkte på kalksementstabiliserte løsmasser. Løsningen forutsetter at betongkonstruksjonen tar høyde for noe deformasjoner i overgangen mellom fundamentering på berg, og fundamentering på løsmasse.

3.4 Larkollveien

Ved ca. km. 63 680 skal fylkesvei 119, Larkollveien, krysse under ny jernbanetrase i et åpent betongtrau. Trauet etableres i spuntet byggegrop. Løsningen med et tett trau er primært valgt på grunn av den høye grunnvannstanden i området, og fordi dette er en plassbesparende løsning som gir minst mulig konflikt med eksisterende bebyggelse langs veien. Ferdig situasjon er vist i figur 7.



Figur 7 Kryssing av Larkollveien fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.



3.4.1 Grunnforhold Larkollveien

Grunnundersøkelsene i det aktuelle området viser at det under et matjordlag på 1-2 m dybde, er stort sett bløt til middels fast leire ned til 10 m dybde, deretter middels fast til fast leire.

De utførte grunnundersøkelsene har ikke påvist kvikkleire i det aktuelle området. Leira er lite til middels sensitiv med sensitiviteter varierende fra 2-27. Vanninnholdet er imidlertid høyt, 30-35 %, nær og delvis over flytegrensen. Bergdybden i området ligger stort sett mellom 20 og 30 m under terreng.

Grunnvannet i området ligger høyt, ca. 0,5 m under terreng.

3.4.2 Spuntberegninger Larkollveien

Det er utført innledende beregninger med samvirkeprogrammet GeoSuite Excavation. For spungropa i Larkollveien er det et kritisk snitt på antatt dypeste punkt av kulverten.

Det er beregnet for utgravingsdybde på 11 m under eksisterende terreng. Det er planlagt å benytte konvensjonell spunt med dimensjon AZ20-700. Spunten rammes til 18 m dybde i området der byggegropa er dypest, og trappes av etter hvert som utgravingsdybden reduseres. Spuntnålene vil avsluttes i løsmasser langs hele byggegropa. Bredden på gropa vil være ca. 22 m og spuntveggene stives av med innvendige stivere. Benyttet terreglast bak spunt er 13 kN/m² virkende fra 0-5 m dybde.

Spuntgropa Larkollveien må trolig etableres i to omganger på grunn av avvikling av midlertidige veier og drift på eksisterende spor. Det kan også bli aktuelt med en tverrspunt for å sikre byggegropa mot eksisterende spor før trafikken flyttes over på nytt spor.

På både øst- og vestsiden av Larkollveien skal det etableres spunt for VA-grøfter. Disse planlegges etablert på et tidligere tidspunkt enn veien. Der det er hensiktsmessig, rammes spunt for VA trase med tilstrekkelig dybde og dimensjon slik at denne også kan benyttes for Larkollveien.

3.4.3 Kalksementstabilisering Larkollveien

For å lette utgravingsarbeidet, og oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot grunnbrudd, skal leira innenfor spuntgropa forsterkes ved kalksementstabilisering. Kalksementpelene settes i et ribbemønster med diameter og senteravstand slik at 50 % dekningsgrad oppnås i den dypeste delen av gropa. Der gravedybdene er mindre enn 5 m reduseres dekningsgraden til 30 %.

For å sikre god kontakt mellom kalksementribber og spunt og dermed redusere deformasjoner bør det vurderes å benytte jetinjeksjon den siste meteren inn mot spuntveggen.

3.4.4 Fundamentering av betongtrau Larkollveien

Betongtrauet vil bli liggende på kalksementstabilisert grunn. På grunn av høy grunnvannstand og vanntett betongkulvert, vil oppdrift av betongtrauetføre til en total avlastning av grunnen. Det forventes derfor ingen vesentlig setningsproblematikk. En direktefundamentert konstruksjon vil imidlertid alltid kunne bevege seg noe. For å sikre en så jevn overgang som mulig for ny jernbanelinje der denne krysser over kulverten, vil det utføres kalksementstabilisering under underbygning for spor ca. 50 m til hver side for kryssingen med jevn avtrapping av dekningsgraden for kalksementstabiliseringen. Kalksementpelene vil her etableres som enkeltpeler.



3.5 Driftsunderganger Hestehagen og Såstad

Også driftsundergangene ved Hestehagen, ca. km. 64,200, og Såstad, ca. km. 65.400, vil etableres i spuntet byggegrop med innvendig avstivet spunt.

Ved Hestehagen viser totalsonderinger bergdybder på 8-11 m under terreng. Prøveserie og CPTU fra borpunkt 166 viser tørrskorpeleire ned til ca. 2 m dybde. Deretter middels fast siltig leire fra 2-3 m, over bløt kvikkleire med enkelte siltlag. Ferdig situasjon er vist i figur 8.



Figur 8 Driftsundergang Hestehagen fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.

Ved Såstad viser totalsonderinger bergdybder på ca. 20 til i overkant av 30 m. Prøveserie og CPTU fra borpunkt 180 viser tørrskorpeleire ned til 2 m dybde. Deretter bløt sensitiv leire ned til avsluttet sondering og prøvetaking ved 20 m dybde. Fra laboratorieundersøkelsene er leiren definert som kvikk i hele dybden fra 2-20 m. Ferdig situasjon er vist i figur 9.



Figur 9 Driftsundergang Såstad fra 3D-visualisering. Sett fra sør mot nord.



Driftsundergangene i både sør og nord vil fundamenteres på kalksementstabilisert leire. Kalksementstabilisering utføres for stabilitet og avstiving innenfor spuntgrop, samt for setningsreducerende tiltak underjernbanefyllingen sør og nord for søndre driftsvei. Kalksementstabiliseringen av jernbanetraseen fortsetter inntil ny trase møter eksisterende jernbanefylling. Her vil det ikke stabiliseres, da forsterkningslag for nytt dobbeltspor allerede er etablert i dette området, og ferdigstilling av linjen bare vil gi beskjedne tilleggslaste.

4 Dagsone Carlberg - Såstad

Der miljøkulverten kommer opp i dagen ved ca. km. 62.900, blir planlagt spor liggende i terrengnivå helt til enden av parsellen ved Såstad. Utførte grunnundersøkelser på strekningen viser generelt leire i hele dybden fra terreng til berg. Enkelte borer indikerer kvikkleire, mens det ellers er bløt til middels fast leire med sensitivitet varierende fra lav til meget høy. Langs hele strekningen viser totalsonderingene leire med innslag av stein hele dybden. CPTU-sonderinger viser siltlag i varierende dybder og hyppighet.

Prosjektert høyde på spor gir overkant sville liggende omtrent i eksisterende terrengnivå. For å etablere underbygning må det generelt graves 2-3 m under terreng. Flere steder vil man da komme ned i bløte og sensitive masser. Utgravingen kan utføres i åpen byggegrop. For å lette utgravingsarbeidet og skape en stabil arbeidsplattform for maskiner og utstyr, er kalksementstabilisering av massene vurdert som et nødvendig tiltak.

Utgravingen må utføres med graveskråninger tilpasset forholdene, og graveskråninger må ikke være brattere enn 1:2 for å sikre lokal stabilitet ved utgraving av ikke stabiliserte masser. Foreløpige målinger tilsier at grunnvannstanden står svært høyt i området, 0-1 m under terreng.

Fra ca. km. 64.340, rett syd for driftsundergang Hestehagen, til ca. km. 65.000, blir nytt spor liggende delvis på fylling. Fyllingshøyden er svært begrenset, stort sett fra 0-1 m over eksisterende terreng. Generelt vurderes prosjektert underbygning kombinert med geonett å gi tilstrekkelig lastfordeling slik at bæreevne og stabilitet er ivarettatt. En tilleggsbelastning på leira vil kunne føre til setninger. Med fyllingshøyder på maksimalt 1 m blir også setningene begrenset. Det som oppstår av setninger vil kunne håndteres ved vedlikehold og pakking av spor. Der det er hensiktsmessig for å lette utgravingsarbeidet og sikre stabilitet i anleggsfasen, benyttes kalksementstabilisering også langs denne delen av traseen.

Ved ca. km. 65.500 nærmer nytt spor seg fylling for eksisterende jernbanespor. På deler av strekningen herfra til påkobling med eksisterende spor blir nytt spor liggende delvis på eksisterende jernbanefylling, og delvis på ny fylling. Fyllingshøyden er her 1-3 m. Under eksisterende jernbanefylling antas massene å være tilnærmet konsolidert slik at setningene her blir begrenset. Der ny fylling med høyder fra 1-3 m skal etableres på stedlige masser, bør setningsreducerende tiltak som f.eks. bruk av lette masser vurderes.

5 Etablering av VA-traseer

Det skal graves for nye VA-traseer flere steder langs parsellen. Flere steder innebærer omlegging og nyetablering av VA-anlegg graving av 3-5 m dype grøfter. Mange av disse vil etableres i områder med bløt leire, og det vil være behov for sikring av grøftesidene. Der grøftekasser ikke gir tilstrekkelig sikkerhet, vil innvendig avstivede spuntgroper bli benyttet, eventuelt kombinert med kalksementstabilisering ved behov for å sikre stabiliteten av



gropene og lette gjennomføringen av gravearbeidene.

6 Risiko for setninger på eksisterende bygg og infrastruktur

Endringer i grunnvannstand, og deformasjoner i grunnen som følge av gravearbeider kan føre til setninger og skader på eksisterende bygg og infrastruktur. Risikoen vil være avhengig av type og mektighet av løsmasser samt tilstand og byggemetode på aktuelle bygninger og infrastruktur. Setninger kan komme som følge av poretrykksendringer i grunnen fra f.eks. innlekkasje i fjelltunnel, og setninger som følge av grunnvannsenkning og deformasjoner ved arbeider med byggegropen i løsmassene.

6.1 Risiko for setninger ved etablering av fjelltunnel

Nord for Moss sentrum går Mossetunnelen under et område med svært lite løsmasseoverdekning. Bebyggelse i dette området antas å være fundamentert direkte på berg, og vurderes å være lite sårbart for setninger. Der tunnelen krysser mellom Gamlevegen og Osloveien er det noe dypere til berg. Enkelte bygninger i dette området antas å være fundamentert på løsmasser, og kan bli utsatt for setninger ved poretrykksendringer.

Fra Nesparken /Statoil passerer Mossetunnelen under tett bebyggelse. Løsmassemektigheten i dette området varierer fra 2-20 m, med noe leire i dybden. En del av bygningene her må antas å være direktefundamentert på løsmasser, og dermed også utsatt for mulige setninger dersom poretrykket reduseres.

Carlbergtunnelens første del går under Kleberget hvor det kun er et tynt løsmassedekke. Bygninger her antas å være fundamentert på berg, og er dermed ikke utsatt for setninger. Fra Kleberget til Dyreskogen viser grunnundersøkelser ca. 10 m løsmasser over berg, stort sett bestående av setningsømfintlige masser som leire og silt. Bebyggelsen i området består stort sett av småhusbebyggelse, antatt direktefundamentert på løsmassene, og vil kunne bli påvirket av eventuelle endringer i grunnvannsnivå. Herfra går Carlbergtunnelen under skogsområdet Dyreskogen, og landbruksarealer ved Carlberg gård. Dette området anses å være lite ømfintlig for setninger.

6.2 Risiko for setninger ved etablering av byggegropen

Dype utgravninger i leire under grunnvannstanden vil påvirke tilstøtende terreng og/eller konstruksjoner. Langs spuntgrop Kransen er det infrastruktur og bygninger på begge sider.

Traubunnen på Kransen vil enkelte steder ligge direkte på berg, og det vil være viktig å unngå innlekkasje av grunnvann i overgangen mellom berg og løsmasser. Dette vil kunne føre til senkning av poretrykket i massene på utsiden av byggegropa og føre til setninger. Selv om rørspunten sørger for en relativt tett overgang mellom berg og spuntvegg, vil det være nødvendig med ytterligere tiltak for å hindre innlekkasje.

Erfaring tilsier også at setninger kan forekomme som følge av innlekkasje gjennom staghull samt omrøring av masser ved boring av stag og rørspunt. Tiltak for å minimere disse effektene må iverksettes.

Spuntveggen i seg selv får også en viss deformasjon som følge av kreftene den blir utsatt for. Spuntveggen presses innover, noe som vil resultere i terrengsetninger på utsiden av spuntveggen. De foreløpige spuntberegningene basert på utvendige lissestag til berg, viser deformasjoner i spuntveggen på 10-15 cm. Dette er å anse som et minste anslag for hvor mye deformasjon som må forventes. Erfaringer tilsier at deformasjonene ofte blir større enn anslått ved denne type beregninger. Dette er relativt store deformasjoner, og innvendig



sikring med rørstivere må vurderes.

Byggegropp ved Carlberget har lite bygninger og infrastruktur i umiddelbar nærhet, og terrengsetninger her vil få små konsekvenser.

Ved Larkollveien skal spuntgrop etableres tett inntil eksisterende bygninger. De fleste bygninger her antas å være direktefundamentert på løsmasser, og dermed sårbare for setninger. Her vil spuntgropa etableres så nær eksisterende bebyggelse at noe setningsskader er svært sannsynlig og uunngåelig. Imidlertid minimeres påvirkningen ved at gravearbeidene avsluttes i løsmassene. Det skal ikke peles, og det benyttes innvendig avstiving.

I nordre ende av betongtrauet ved Larkollveien senkes grunnvannstanden permanent for å hindre vann i å renne inn i trauet. Løsmassene består av leire, og grunnvannssenkingen er vurdert å ha effekt i et så begrenset område utenfor trauet at bygninger i nærheten i liten grad vil bli påvirket.

7 Vurdering av områdestabilitet

I forbindelse med reguleringsarbeidet er områdestabiliteten vurdert i henhold til NVE veilederen «Karlegging og vurdering av skredfare i arealplaner». Det er ingen tidligere kartlagte kvikkleiresoner i området, men grunnundersøkelser har avdekket sprøbruddmateriale flere steder langs planlagt trase.

Ved planlagt stasjonsområde, dagens Moss havn, er det funnet en kombinasjon av sprøbruddmateriale og terrenghelning som krever utredning i henhold til NVE veileder nr. 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred». For reguleringsplanen tilsier dette en fullstendig utredning som innebærer både identifisering og avgrensning av kvikkleireområder med potensiell skredfare og avgrensning og faregradsevaluering av faresoner. Resten av strekningen er ikke vurdert som skredutsatt. Områdestabiliteten er dokumentert i rapport SMS-00-A-20101 Vurdering av områdestabilitet.

Den identifiserte kvikkleiresonen ved Moss havn er i rapporten plassert i konsekvensklasse 3, faregrad lav og risikoklasse 3. Stabilitetsberegninger av 4 kritiske snitt viser at to av disse har tilstrekkelig sikkerhet mot brudd, sikkerhetsfaktor $>1,4$. For ett snitt er det allerede etablert en motfylling slik at krav til prosentvis forbedring her er ivare tatt. For et siste snitt er det foreslått en motfylling for å bedre stabiliteten.