Statens vegvesen

E39 Sykkelstamveg Bergen

Geotekniske vurderinger ifb. detaljreguleringsplan

Oppdragsnr.: **52103464** Dokumentnr.: **R-21 RIG-R02** Versjon: **J03** Dato: **2023-10-20**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Statens vegvesen
Oppdragsgivers kontaktperson:	Irene Dahle
Rådgiver:	Norconsult AS, Stortorget 2, NO-9008 Tromsø
Oppdragsleder:	Erik Sterner
Fagansvarlig:	Greger Lyngedal Wian
Andre nøkkelpersoner:	Keren Schwartz, Kristin Reitan, Ingvild Holm Johanson

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J03	2023-10-20	For bruk	Greger Lyngedal Wian	Keren Schwartz	Erik Sterner
J02	2023-04-14	For bruk	Greger Lyngedal Wian	Keren Schwartz	Erik Sterner
A01	2023-02-01	Til fagkontroll	Greger Lyngedal Wian		

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult AS er engasjert av Statens vegvesen for å bistå med utarbeidelse av detaljreguleringsplan for ny sykkelstamveg langs E39 Fjøsangervegen, fra Fabrikkgaten til Solheimsgaten, i Bergen. Området for reguleringsplan er et allerede opparbeidet areal med i hovedsak asfaltdekke på fortau, i kryssområder, og på parkeringsplasser.

Detaljreguleringsplanen omfatter ny sykkelveg fra like sør for krysset Fjøsangerveien – Fabrikkgaten til Solheimsgaten, i tillegg til en arm inn i Fabrikkgaten. Planen omfatter også etableringen av internveg, fortau/gangveg og oppgradering av fortau langs vestsiden av Fjøsangervegen.

Det skal også etableres nytt overvannsanlegg under sykkelvegen, med 4 infiltrasjonssandfang.

Grunnundersøkelsene viser generelt et topplag av antatt fyllmasser med varierende tykkelse over et lag med lavere sonderingsmotstand, funnet i hovedsak å bestå av torv eller humusholdige sandige, grusige, siltige masser. Under dette er det et svært fast lag, antatt morene, over berg.

Det er ikke påtruffet sprøbrudd- eller kvikkmateriale i grunn, tiltaket er dermed klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred, iht. NVEs veileder 1/2019.

Videre medfører de planlagte tiltakene i regi av Statens vegvesen med sykkelveg, avkjøringsfelt og infiltrasjonsanlegg for overvann i liten grad permanente terrengendringer eller -belastninger, slik at krav til stabilitet iht. TEK17 også er ivaretatt.

Graving ventes i hovedsak å innebære grøft i inntil 1,9 meters dybde og for infiltrasjonssandfang i inntil 3 meters dybde. Det er gitt anbefalinger til beskrivelser i forbindelse med gravearbeidene for grøftene og byggegrop for infiltrasjonssandfang, for å sikre tilstrekkelig stabilitet av midlertidige skråninger.

Basert på en helhetsvurdering av tilstanden på eksisterende områder med begrensede/lite synlige skader, økonomi i prosjektet, gjennomførbarhet og hensyn til naboforhold er det valgt å anbefale en løsning hvor tilleggslaster reduseres til et minimum og hvor senkning av grunnvannsstand unngås. Aktuelle tiltak er kompensert fylling på stedlige masser med organisk innhold og bruk av armeringsnett for utjevning av evt. setninger.

Det er en restrisiko for setninger på ny sykkelveg på grunn av nedbryting av torv og humusholdige masser eller at andre tiltak i området senker grunnvannsstanden. Det at torvmassene allerede er betydelig nedbrutt reduserer faren for at videre nedbryting av organisk materiale skal gi store setninger på det planlagte tiltaket. Det påpekes også at tiltakene som planlegges i detaljreguleringsplan ikke øker denne risikoen.

Innhold

1 Innledning 5
1.1 Dagens område 6
1.2 Planlagt utbygging 7
2 Kartstudie og utførte undersøkelser 11
2.1 NGUs løsmassekart 11
2.2 NVE-Atlas (naturpåkjenning) 12
2.3 Grunnundersøkelser 12
3 Grunnforhold 14
3.1 Terreng 14
3.2 Berg 14
3.3 Løsmasser 14
3.4 Forurensing i grunn 16
3.5 Vannstand 16
4 Prosjekteringsforutsetninger 17
4.1 Grunnlag 17
4.2 Styrende dokumenter 17
4.3 Klassifisering iht. regelverk 17
5 Stabilitet 19
5.1 Områdestabilitet 19
5.2 Lokalstabilitet 19
5.2.1 Graveskråning for VA-grøfter/overvann og infiltrasjonssandfang 19
6 Setninger 21
6.1 Generelt 21
6.2 E39 Fjøsangervegen 21
6.3 Naboeiendommer/næringslokaler 22
6.4 Planlagte tiltak i detaljreguleringsplan 22
6.4.1 Fylling/oppbygging 22
6.4.2 Graving av overvann/infiltrasjonssandfang 22
6.4.3 Nedbryting av organisk materiale 23
7 Referanser 24

1 Innledning

Norconsult AS er engasjert av Statens vegvesen for å bistå med utarbeidelse av detaljreguleringsplan for etablering av sykkelstamveg langs E39 Fjøsangervegen, fra Fabrikkgaten til Solheimsgaten i Bergen, som ligger ca. 4,5 km sørøst fra Bergen sentrum, se Figur 1-1 nedenfor.



Figur 1-1: Prosjektområdet - E39 Fabrikkgaten - Solheimsgaten, Bergen [1].

1.1 Dagens område

Området for reguleringsplan er et allerede opparbeidet areal med i hovedsak asfaltdekke på fortau, i kryssområder og parkeringsplasser. Terrenget er relativt flatt både i lengde og tverretningen. Stedvis er det noe høydeforskjell (< 3 meter) til næringsarealene på østsiden av E39. Se utklipp fra Google Streetview i Figur 1-2 og Figur 1-3.



Figur 1-2: Utklipp fra Google Streetview i sørlige del av prosjektet sett nordover (kilde: maps.google.com)



Figur 1-3: Utklipp fra Google Streetview i nordlige del av prosjektet sett nordover (kilde: maps.google.com)

1.2 Planlagt utbygging

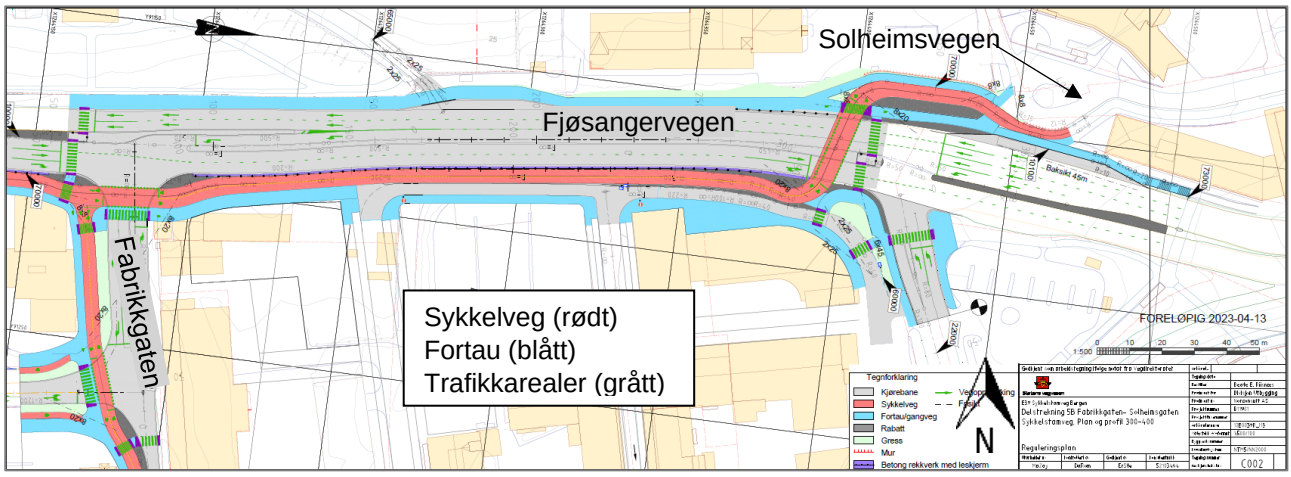
Det aktuelle området omfattet av detaljreguleringsplan strekker seg fra like sør for krysset Fjøsangerveien – Fabrikkgaten til Solheimsgaten i nord. Sykkelvegen er planlagt med 4,2-4,5 meters bredde og faller fra om lag kote 23 i sør til ca. kote 19 i nord.

På østsiden av Fjøsangervegen er det også planlagt en internveg med fortau for næringsarealene i øst, som etableres av privat utbygger. I tillegg til dette inngår reetablering av høyresvingefelt fra Fjøsangervegen mot Fabrikkgaten og etablering av sykkelveg og fortau i Fabrikkgaten.

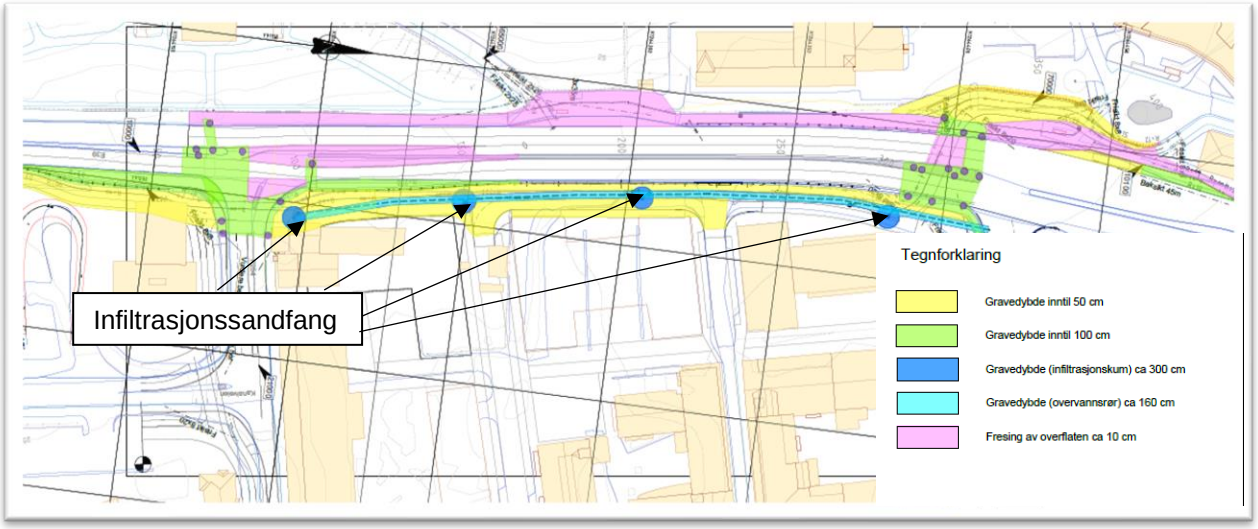
Det skal i tillegg etableres nytt overvannsanlegg under sykkelvegen, med 4 infiltrasjonssandfang ned til om lag 3 meters dybde.

Ved Midtbygget vist på Snitt 4-4 i Figur 1-8 er det opplyst fra Eviny Termo om at dette bygget er planlagt etablert med bruk av spunt mot Fjøsangerveien.

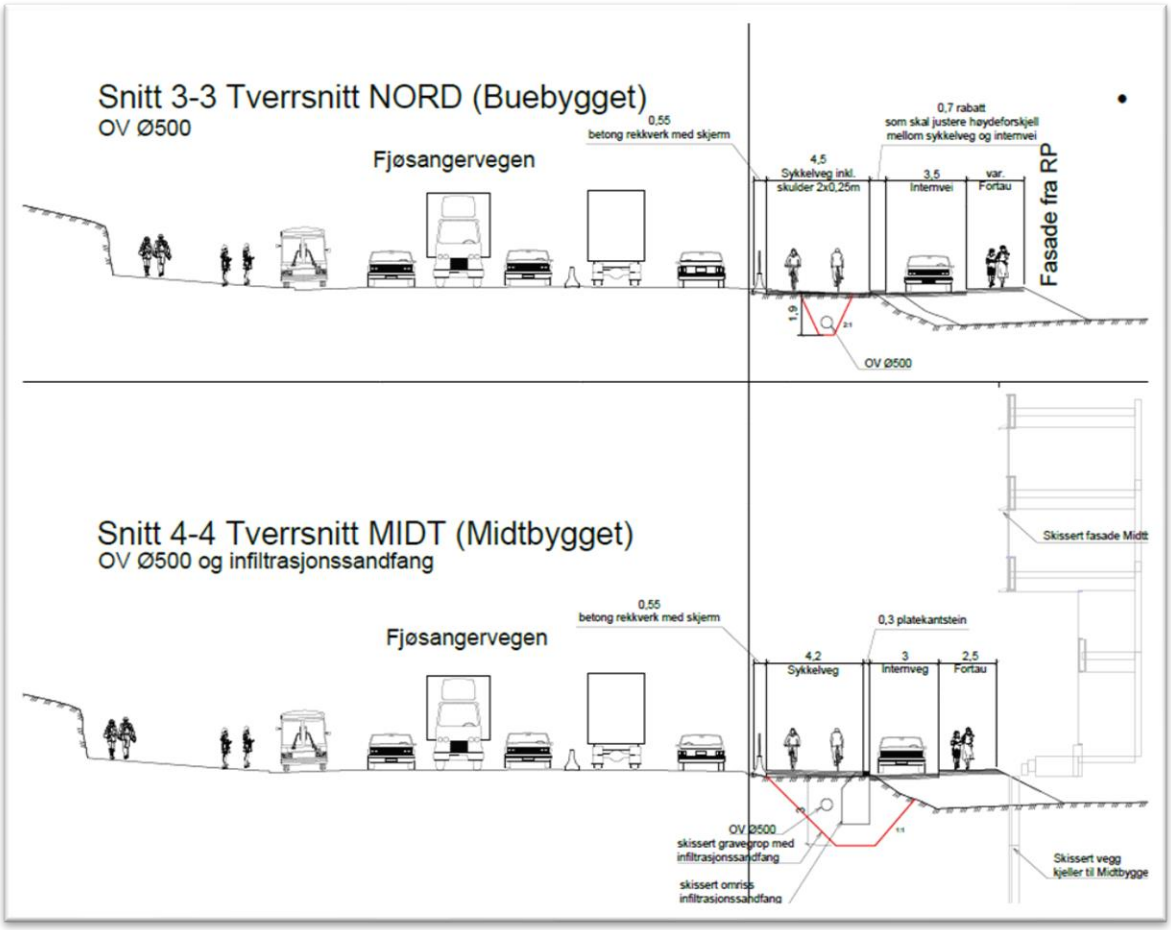
Se utklipp fra plantegning, graveplan med infiltrasjonsanlegg og normalprofil Figur 1-4 til Figur 1-8.



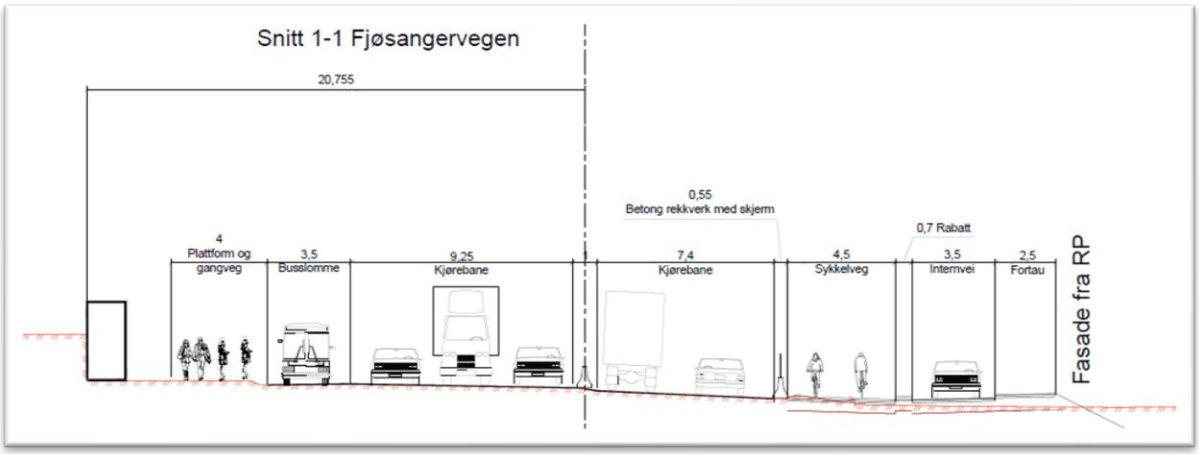
Figur 1-4: Utklipp fra C-tegning C002 (Norconsult, 2023-04-13).



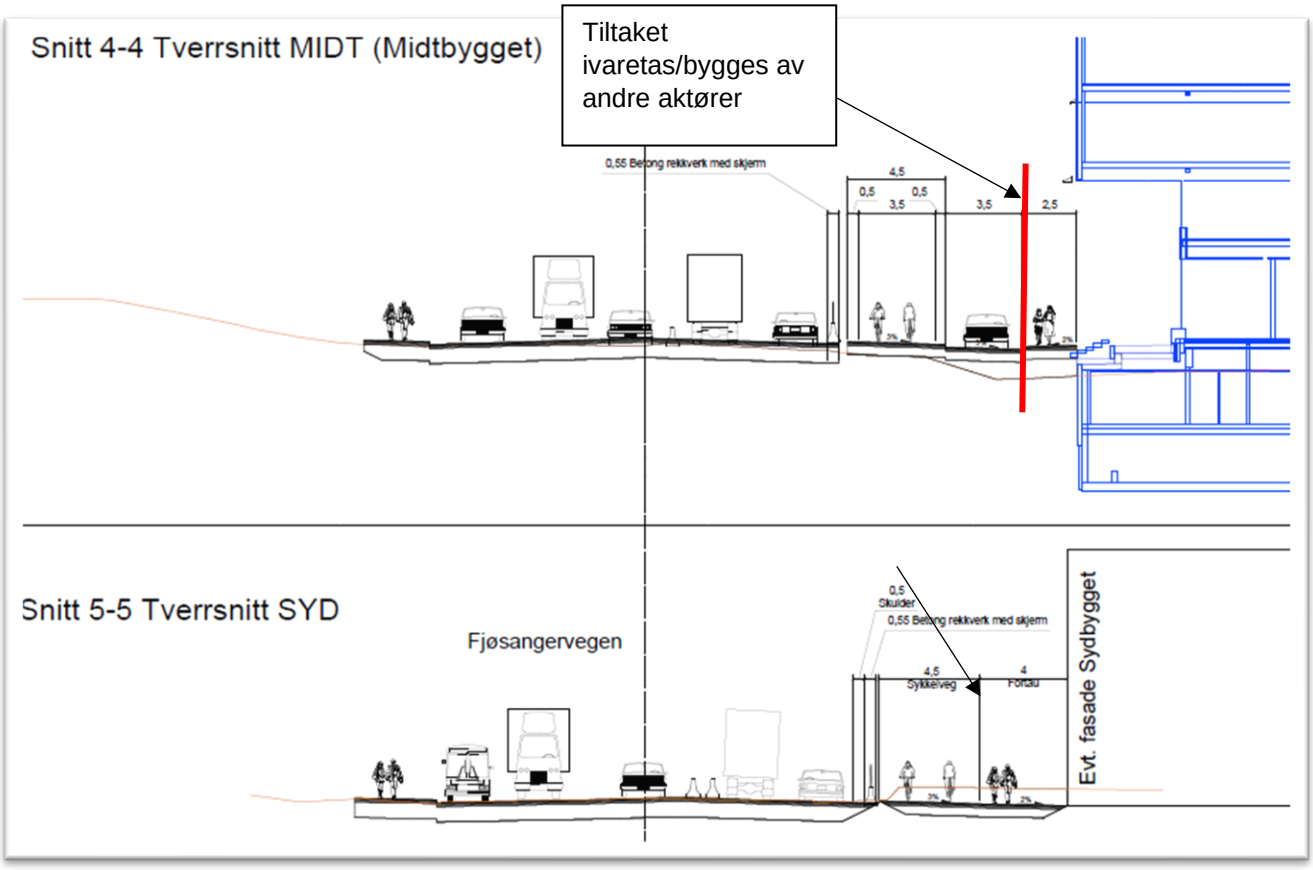
Figur 1-5: Utklipp fra tegning av forventede gravenivå (Norconsult, 2023-02-23).



Figur 1-6: Utklipp fra G-tegning GH401 "Karakteristiske tverrsnitt" (Norconsult, 2022-11-07)



Figur 1-7: Utklipp fra tegning F001 som viser normalprofilet over Fjøsangervegen (Norconsult 2023-03-07)



Figur 1-8: Utklipp fra tegning F002. Grenselinje mellom Statens vegvesens utbygging og naboprosjekt vises med rød linje. Det er opplyst om at det skal benyttes spunt for Midtbygget vist i blått på tegningen (Norconsult, 2023-03-07)

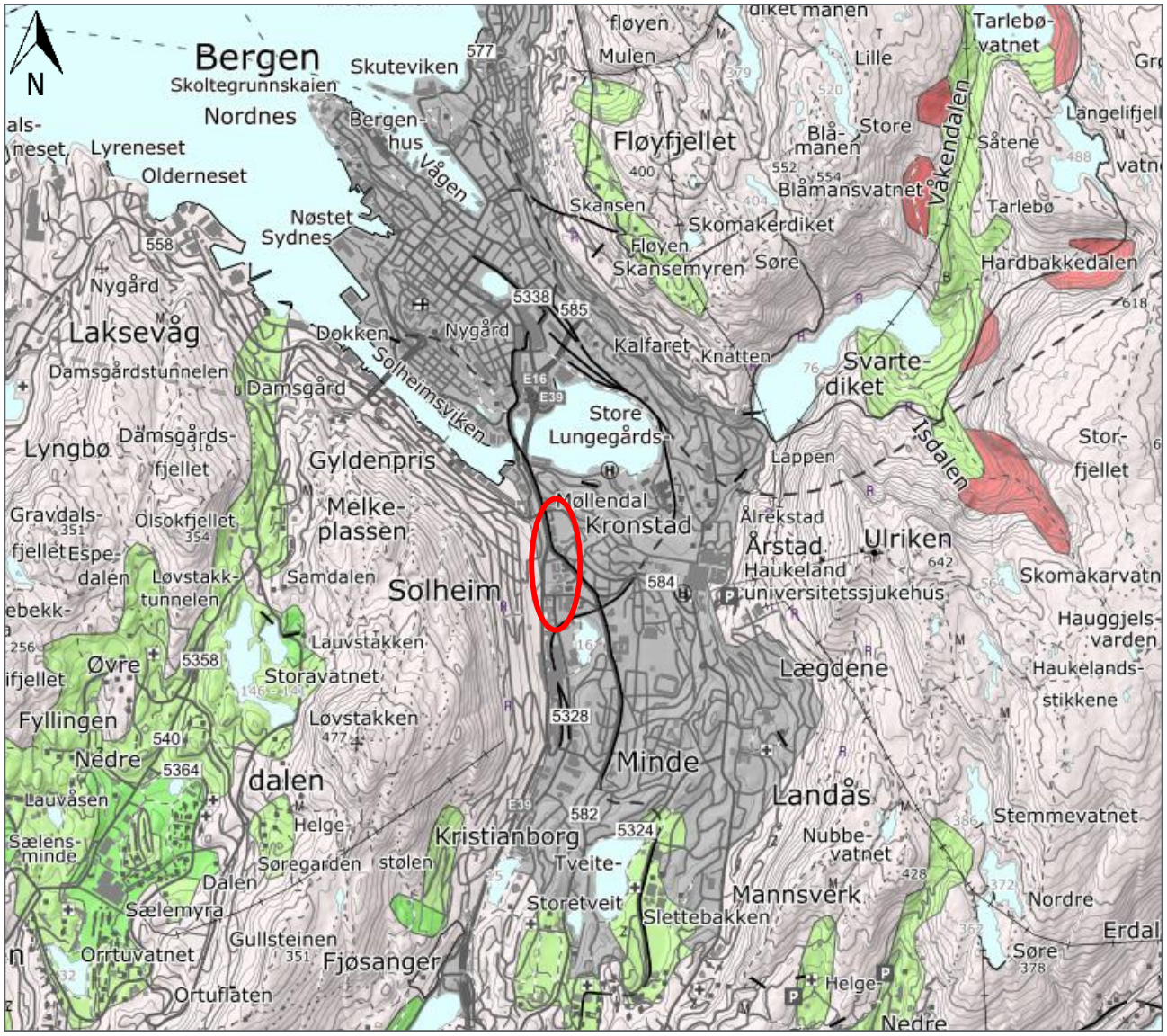
2 Kartstudie og utførte undersøkelser

I dette kapittelet følger gjennomgang av tilgjengelige kartgrunnlag og utførte grunnundersøkelser.

2.1 NGUs løsmassekart

Løsmassene innenfor det aktuelle området (se Figur 2-1) er, ifølge NGUs løsmassekart, angitt å bestå av fylling (antropogent materiale) vist med grå farge på kartet. Området rundt er markert med bart berg (beige farge) og tynt dekke av morenemateriale over berggrunn (grønt).

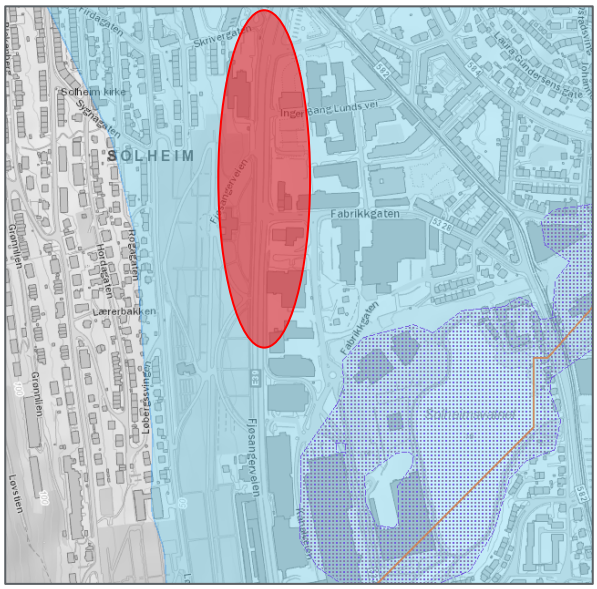
Løsmassekartet til NGU gir kun en indikasjon på hva et øvre deler av jordprofilet består av. For å få kjennskap til grunnens egenskaper i dybden er det nødvendig med geotekniske grunnundersøkelser.



Figur 2-1: Utsnitt fra NGU sitt løsmassekart (Løsmassekart, 2021). Aktuelt område er markert med rød ellipse.

2.2 NVE-Atlas (naturpåkjenning)

Aktsomhetskart fra NVE-Atlas viser at det aktuelle området ligger utenfor aktsomhetsområde for flom og skred i bratt terreng. Området ligger under marin grense, men det er ikke registrert kvikkleiresoner i aktsomhetskartet.



Figur 2-2: Aktsomhetskart fra NVE. Det aktuelle området er markert med en rød ellipse (kilde: atlas.nve.no).

2.3 Grunnundersøkelser

Det aktuelle området er grunnundersøkt tidligere, noe som kommer frem i NADAG (nasjonal database for grunnundersøkelser).

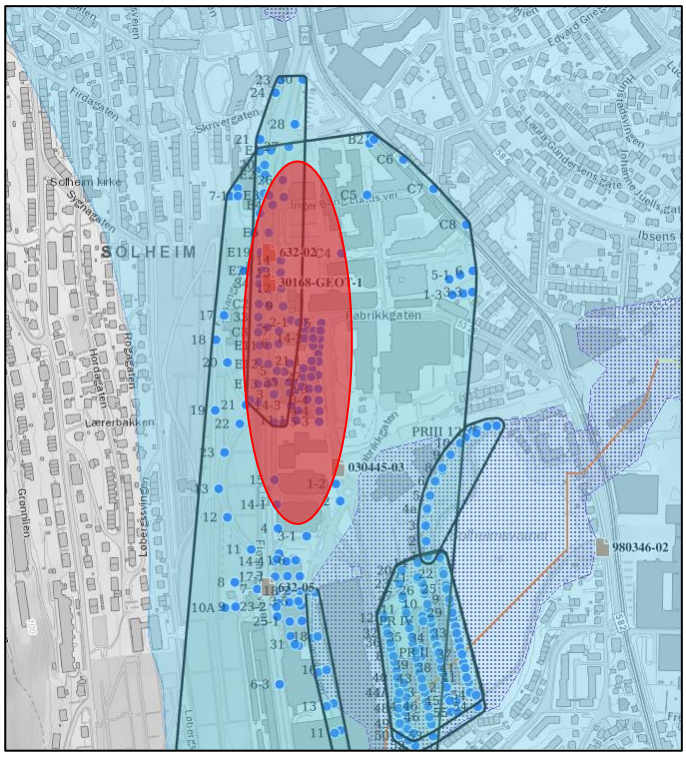
Det er utført grunnundersøkelser i 2 runder tidligere i prosjektområdet:

- Geoteknisk rapport vegteknisk 30054-470: Ev 39 Mindetunnelen Sideløp til Kanalveien, Multiconsult AS, 2007-05-22, Ref. 11.
- Geoteknisk rapport for silingsfase 30168-GEOT-1: E39 Sykkelkryssing av Fjøsangervegen, Statens vegvesen, 2017-02-08, Ref. 10.

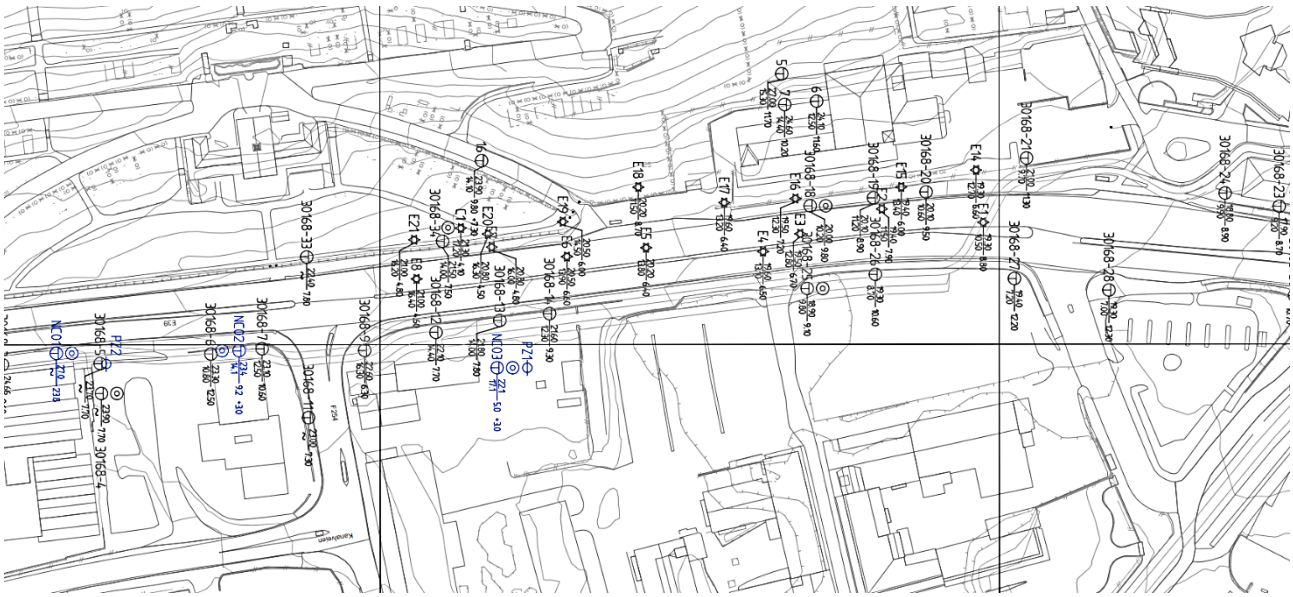
Norconsult har i forbindelse med detaljreguleringsplan gjort supplerende grunnundersøkelser i perioden oktober 2021 til januar 2022, Ref. 12. De supplerende undersøkelsene er utført i 3 posisjoner.

Følgende program ble gjennomført (se i Figur 2-4):

- 3 totalsonderinger
- Opptak av 7 poseprøver
- 2 poretrykksmålere/piezometer



Figur 2-3: Utsnitt fra NVE-atlas (kilde: atlas.nve.no) presentasjon av registrerte borepunkt i NADAG. Det aktuelle området er markert med en rød ellipse. Plassering av utførte boringer vises med blå prikker.



Figur 2-4: Borplan fra grunnundersøkelser med Norconsults borpunkter i blått (Ref. 12) og Statens vegvesens borpunkter i sort (Ref. 10).

3 Grunnforhold

3.1 Terreng

Arealet på strekningen er i hovedsak relativt flatt og varierer fra ca. kote 23 i sør til kote 19 i nord. På vestsiden av E39 Fjøsangervegen stiger terrenget mot fjellet Løvstakken, og mot øst er terrenget i hovedsak flatt, men har stedvis høydeforskjeller (opptil 3 meter) til nabotomter.

3.2 Berg

Dybden til berg er påvist ved totalsonderinger og funnet i hovedsak å variere mellom 5-14 meter.

3.3 Løsmasser

Grunnundersøkelsene viser generelt et topplag av antatt fyllmasser med varierende tykkelse over et lag med lavere sonderingsmotstand.

Laget med lavere sonderingsmotstand er funnet i hovedsak å bestå av torv eller humusholdige sandige, grusige, siltige masser. Trovmassene er i stor grad betydelig omvandlet og klassifiseres som H7-H8 «mellomtorv» og «svarttorv». I ett av prøvepunktene, NC03, er det påtruffet torv som klassifiseres som H3/H4-H5/H6 «fibertorv» og «mellomtorv».

Mektigheten på torvlaget eller humusholdige masser er funnet å være ca. 2-5 meter. Under dette er det et svært fast lag, antatt morene, over berg.

Oppsummering fra laboratorieanalyser både utført av Statens vegvesen (Ref. 10) og Norconsult (Ref. 12) er vist i Figur 3-1 og Figur 3-2.

Det er utført tolkning av lagdelingen basert på de utførte sonderingene og laboratorieresultatene, som også er benyttet til generering av 3D-modell og generering av lengdeprofil (se Figur 3-3 og Vedlegg 1).

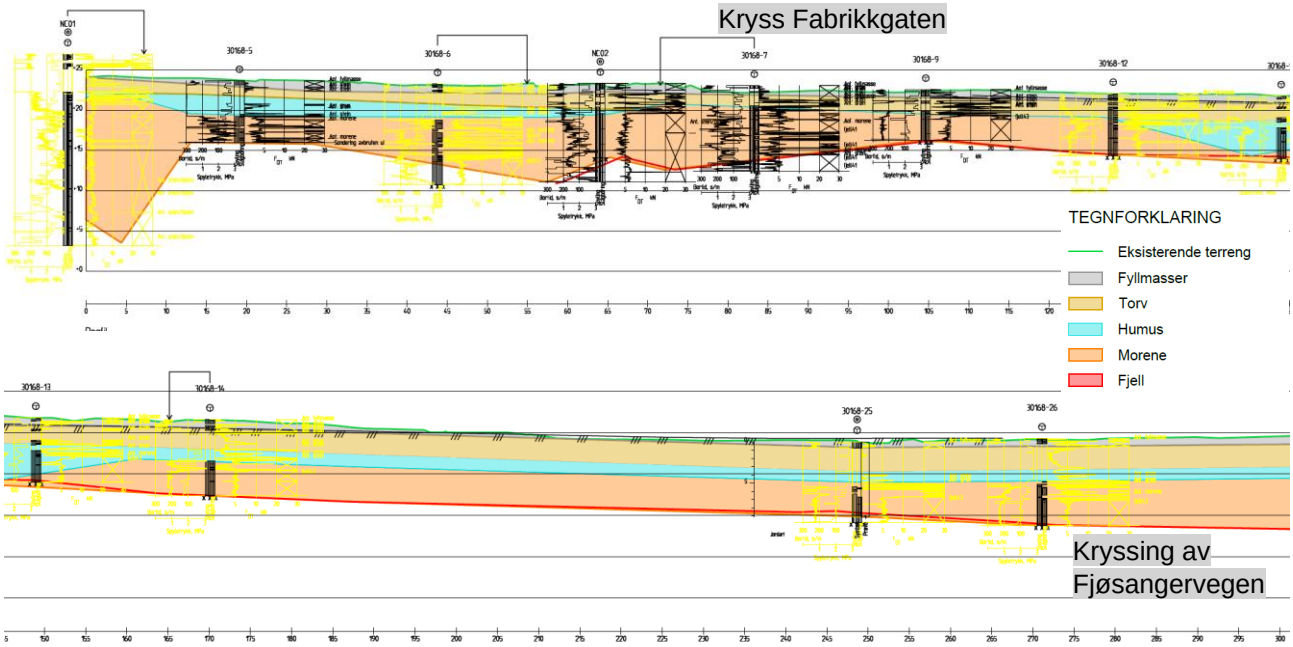
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	Gl [%]
NC01	P	2,0-3,0	Torv, klumper med silt, grus og sand. Synlig organisk materiale	111,1		20,1
NC01	P	3,0-4,0	**Sandig Grusig Siltig Torv**	31,7	T2	6,8
NC01	P	4,0-5,0	Sandig siltig leirig grusig jordmateriale. Områder med skjellfragment og organisk materiale			
NC02	P	1,0-1,7	Hovedsakelig torv, enkelte klumper med mineralsk innhold, synlig organisk materiale			26,7
NC03	P	1,0-2,0	Torv med litt mineralsk innhold, gruskorn, synlig organisk materiale	58,5		36,0
NC03	P	2,0-3,0	Torv, von-Post: H3/H4			
NC03	P	3,0-4,0	Torv, von-Post: H5/H6			

Utført i lab: W=vanninnhold, TG=telegruppe, Gl=glødetap. Jordartsklassifisering basert på korngraderingsanalyser er markert med **fet skrift**.

Figur 3-1: Utklipp fra tabell med laboratorieresultater fra supplerende undersøkelser utført av Norconsult, Ref. 12.

Hull	Prøvenummer	Dybder (m)	Jordart	W (%)	Humus (%)	Cu	T
4	1	2-2,5	Svarttorv H8* med noe småstein	142,5	42	-	-
4	2	4-4,2	Sandig grusig siltig materiale	13,8	1	58,8	T2
4	3	4,2-4,5	Grusig sandig siltig materiale	10,3	0	155,2	T3
18	1	1,5-2	Sandig grusig materiale	25,6	-	14,5	T2
18	2	2,5-3	Svarttorv H8*	259,5	44	-	-
18	3	3-3,1	Leirig sand	33,1	-	4	T2
18	4	4-4,5	Sandig grusig siltig materiale	11,1	0	87,9	T3
25	1	1-1,5	H8* med stein/grus	21,5	4	-	-
25	2	2-2,5	Mellomtorv H7*	374,9	79	-	-
25	3	3-3,5	Mellomtorv H7*	390,7	62	-	-
25	4	4-4,5	Sand	23,9	0	3,4	T2
34	1	1-1,5	Svarttorv H8 med sand	64,7	12	-	-
34	2	2,5-3	Grusig sand	19,3	1	13	T2

Figur 3-2: Utklipp fra tabell med laboratorieresultater fra undersøkelser utført av Statens vegvesen (Ref. 10).



Figur 3-3: Utklipp fra lengdeprofil langs planlagt sykkelveg med tolkede lagdelinger (Norconsult)

3.4 Forurensing i grunn

Eventuell forurensing i grunn er ikke omtalt i denne rapporten, og det vises til Rap. nr. *52103464-R-017-Miljøteknisk datarapport*.

3.5 Vannstand

Grunnvannstand er undersøkt i to posisjoner, PZ1 og PZ2, ved hjelp av elektriske piezometre (Ref. 12). Disse er montert 4,0 meter under terreng, i torv/humusholdige masser og viser at grunnvannstand er om lag 2,5-3,0 meter under terreng.

Videre oppfølging med grunnvannsstand og da særlig i perioden før og gjennom anlegg, anbefales.

4 Prosjekteringsforutsetninger

4.1 Grunnlag

De geotekniske vurderingene er basert på informasjon fra tidligere grunnundersøkelser samt supplerende grunnundersøkelser, se i Kapittel 2 og 3.

Vi mener at disse grunnundersøkelsene gir et tilstrekkelig bilde av grunnforholdene for detaljregulering av det planlagte tiltak

4.2 Styrende dokumenter

Geotekniske vurderinger er utført med bakgrunn i gjeldende regelverk, standarder og håndbøker, samt andre relevante publikasjoner. De viktigste for det aktuelle oppdraget er listet her:

- FOR-2017-06-19-840: Byggteknisk forskrift (TEK 17), Ref. 1
- FOR-2010-03-26-488: Byggesaksforskriften (SAK 10) Ref. 2
- NS-EN 1990:2002+NA:2008 + A1:2005 + NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, Ref. 3
- NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2020: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler, Ref. 4
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger, Ref. 5
- Statens vegvesens håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, Ref. 7
- Statens vegvesens håndbok N200, Vegbygging, Ref. 8

4.3 Klassifisering iht. regelverk

Statens vegvesen har i sin rapport (Ref. 10) vurdert følgende klassifisering av tiltaket ut fra gjeldende regelverk, gitt i Tabell 1. Norconsult er enig i denne vurderingen.

Tabell 1: Klassifisering iht. gjeldende regelverk

Klassifisering	Begrunnelse
Pålitelighetsklasse iht. Eurokode 0 (NS-EN 1990): **CC/RC2**	Tabell NA.A1 (901) i Ref.3 angir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4. Statens vegvesens håndbok V220 (Ref. 7) gir videre veiledning for vurdering av konsekvens- og pålitelighetsklasser for veger.
Kontrollklasse – prosjektering og utførelse iht. Eurokode 0 (NS-EN 1990): **PKK2/UKK2**	Krav til prosjekteringskontroll og utførelseskontroll fastsettes ut fra henholdsvis Tabell NA.A1(902) og Tabell NA.A1 (903) i Ref. 3. Pålitelighetsklasse CC/RC2 gir kontrollklassene PKK2/UKK2. Dette medfører krav om utvidet kontroll etter Eurokode 0 (NS-EN 1990).
Geoteknisk kategori iht. Eurokode 7 (NS-EN 1997-1): **2**	Ut fra tiltakets kompleksitet og de observerte grunnforhold anser vi geoteknisk kategori 2 i henhold til Eurokode 7 (NS-EN 1997) å være aktuell.

Klassifisering	Begrunnelse
Seismisk grunntype iht. Eurokode 8 (NS-EN 1999-1): **D**	Grunntype fastsettes ut fra Tabell NA.3.1 i Ref. 5, se Figur 4-1. Grunnundersøkelser utført i forbindelse med prosjektet viser avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord.

Tabell 3.1 – Grunntyper

Grunntype	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/30cm)	c_u (kPa)
A	Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	–	–
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	< 180	< 15	< 70
E	En grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s-verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med v_s > 800 m/s.			
S_1	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks (PI > 40) og høyt vanninnhold.	< 100 (indikativ)	–	10 - 20
S_2	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S_1.			

Figur 4-1: Tabell for fastsettelse av seismisk grunntype, kopiert fra NS-EN 1998-1, Ref. 5.

5 Stabilitet

Dette kapittelet omhandler stabilitetsvurderinger for tiltaket.

5.1 Områdestabilitet

Ifølge TEK17 § 10-2 Konstruksjonssikkerhet (Ref. 1) Skal byggverket prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet for laster som kan oppstå under forutsatt bruk.

I områder med mistanke om underliggende sprøbruddmateriale skal det i tillegg utredes aktsomhetsområder og faresoner i henhold til NVEs veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred.

Det er presentert i kap. 2.2 at tiltaket ligger under marin grense. De gjennomførte grunnundersøkelsene har ikke påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale.

Tiltaket klareres med hensyn til fare for kvikkleireskred, iht. NVEs veileder 1/2019.

5.2 Lokalstabilitet

De planlagte tiltakene i regi av Statens vegvesen med sykkelveg, avkjøringsfelt og infiltrasjonsanlegg for overvann medfører i liten grad permanente terrengendringer.

For sykkelvegen er det i hovedsak terrengjusteringer < 0,5 meter som er nødvendig, og avkjøringsfeltet fra E39 og overvannsanlegget medfører ingen permanent terrengendring.

5.2.1 Graveskråning for VA-grøfter/overvann og infiltrasjonssandfang

Gravingen ventes i hovedsak å innebære grøft i inntil 1,9 meters dybde og for infiltrasjonssandfang i inntil 3 meters dybde i antatte fyllmasser, humusholdige friksjonsmasser og torv. Under følger mulige anbefalinger til beskrivelse i forbindelse med gravearbeidene for grøftene og byggegrop for infiltrasjonssandfang, for å sikre tilstrekkelig stabilitet. Dette må revurderes i forbindelse med geoteknisk prosjektering av tiltaket.

- Grøfter opptil 2 meter kan utføres med helning på opptil 1:1 og seksjonsvis utgraving. Lengdene på seksjonene må geoteknisk prosjekteres. Det må påregnes at skråningshelning opptil 1:1, selv ved seksjonsvis graving, stedvis ikke vil være stabile og at det blir nødvendig med utslaking inntil helning 1:1,5. I tillegg, og da særlig ved bratte skråninger, benyttes tiltak mot overflateerosjon og overflateutglidning. Dette kan for eksempel være plastring, utlegging av erosjonsmatte, fiberduk, vintermatte eller lignende. Det kan likevel ikke utelukkes at det stedvis kan bli behov for grøftekasser Det vil si motstående vegger langs grøften med innvendige kryssende støtter.
  Grøften innebærer graving over grunnvannsstand slik at vannulemper i gropa ikke regnes som en aktuell problemstilling.

- Graving for infiltrasjonssandfang med dybde opptil 3 meter kan utføres med graveskråning med helning opptil 1:1. Det må påregnes at dette stedvis ikke er stabilt og at det er nødvendig med utslaking. Det må utvises oppmerksomhet og forsiktighet ved graving. I tillegg antas det å bli nødvendig med tiltak for å forhindre overflateerosjon og overflateutglidninger som plastring, utlegging av erosjonsmatte, fiberduk, vintermatte eller lignende. Det skal forsøkes å minimere tiden gropa står åpen. Tilstøtende grøfter skal ikke graves ut før byggegropa for infiltrasjonssandfanget er tilbakefylt så høyt som praktisk mulig. Gravingen er til en dybde ned-til eller noe under grunnvannsstand, og pumping antas å være nødvendig.

Grøftekasser vil være aktuelt der dette ikke vurderes å være stabilt. Det anbefales at tiltaket detaljprosjekteres og at det settes krav til oppfølging av geotekniker i byggefasen.

6 Setninger

Dette kapittelet omhandler setninger på det planlagte tiltaket, men også på nabokonstruksjoner og eksisterende veg, E39, i direkte nærhet med tiltaket.

6.1 Generelt

Fyllinger på løsmasser vil få setninger. Dette både som egensetninger i selve fyllmassene og sammenpressing av massene under (konsolidering).

Senkning av grunnvannsstand vil også kunne føre til setninger på grunn av økt effektiv vekt av de opprinnelige massene.

Setningspotensialet er avhengig av mengden tilført vekt og setningsømfintligheten/komprimerbarheten til massene det fylles over. Faste friksjonsmasser har mindre setningspotensiale, og setninger oppstår ofte umiddelbart og i løpet av byggetiden. Silt, leire og myr har større setningspotensiale og setninger kan foregå over måneder og år.

I tillegg til dette vil setninger kunne oppstå som følge av hulrom i massene ved indre erosjon/utvasking eller ved nedbryting av organisk materiale.

Tiltak for helt å unngå setninger fra torv vil kunne være masseutskifting til faste masser, jetpeling eller peling og betongdekke (bru).

- Masseutskifting til faste masser er et kostbart tiltak, som også vil medføre store ulemper for naboer med blant annet forlenget byggetid og begrenset plass pga. større utslag på graveskråninger. Tiltaket vil også medføre en betydelig setningsrisiko for dagens E39 Fjøsangervegen og nærliggende direktefundamenterte bygg og arealer, dette på grunn av fare for senkning av grunnvannsstand.
- Jetpeler er også vurdert å være et kostbart tiltak som er vurdert som lite egnet grunnet varierende tykkelser på torvmassene og generelt innhold av steinholdige løsmasser.
- Etablering av bru er et tiltak med svært høye kostnader og er ikke vurdert som aktuelt.

Basert på en helhetsvurdering av tilstanden på eksisterende områder, med begrensede/lite synlige skader, økonomi, gjennomførbarhet og hensyn til naboforhold er det valgt å anbefale en løsning hvor tilleggslaster reduseres til et minimum og hvor senkning av grunnvannsstand unngås.

Det er likevel en restrisiko for setninger på ny sykkelveg på grunn av nedbryting av torv og humusholdige masser eller at andre tiltak i området senker grunnvannsstanden.

6.2 E39 Fjøsangervegen

Grunnundersøkelser viser at dagens veg inn mot Bergen sentrum ligger på myr/torvmasser. Tilstanden på vegen og langsgående kantrekkverk/Jerseymur er god, ut fra vegbilder vist i kap. 1.

Det planlegges ikke oppfylling på selve vegen, men eventuell senkning av grunnvannsstand vil kunne medføre setninger. Det er derfor viktig at grunnvannsstanden ikke senkes av tiltaket i detaljreguleringsplan.

6.3 Naboeiendommer/næringslokaler

Det er ukjent fundamentering på naboeiendommer, men løsninger antas å variere mellom direktefundamentering med/ uten kjeller på utsprengt berg, direktefundamentering i løsmasser, og peler til berg.

Det er opplyst fra Eviny Termo at Midtbygget, som nabo like øst for sykkelvegen, er planlagt utført med spunt mot sykkelvegen og E39. Det framgår av snitt 4-4 i Figur 1-8 at kjellernivå ligger betydelig under sykkelvegen, og også under grunnvannsstand. En tett spunt vil forvente å motvirke problemer med evt. setninger på grunn av grunnvannssenkning.

Det planlegges i hovedsak begrensede oppfyllingshøyder inn mot nabobygg, og setninger på grunn av tiltakene i detaljreguleringsplan anses som mindre aktuelt. Stedvis er det betydelig oppfylling (opptil ca. 2 meter) for internveg med fortau. Dette tiltaket er ikke en del av Statens vegvesens utbygging, men mulige tiltak ved oppbygging av denne vil bli omtalt i neste delkapittel.

6.4 Planlagte tiltak i detaljreguleringsplan

6.4.1 Fylling/oppbygging

Tiltaket med sykkelveg og avkjøringsfelt planlegges på- eller under eksisterende terrengnivå og stedvis med svært begrenset oppfylling, inntil 0,5 meter.

Der hvor planen legger opp til oppfylling over eksisterende terreng anbefales det å benytte helt eller delvis kompensert oppfylling med lette fyllmasser. En kompensert fylling er en fylling hvor tilført last på grunnen reduseres helt eller delvis gjennom å masseerstatte stedlige masser med lette masser. En oppfylling på 0,5 meter gir om lag 0,6 meter utskifting med skumglass for full kompensert oppfylling.

Ved å begrense tilført last vil man redusere risiko for setninger både på sykkelvegen og på E39, samt på Fjøsangervegen og naboeiendommer.

Der internvegen og fortauet medfører betydelig oppfylling (i hovedsak mellom profil 180-240) anbefales det full eller delvis kompensert oppfylling for å unngå setninger på naboeiendommer og E39 Fjøsangervegen, men spesielt på allerede etablert sykkelveg.

I tillegg kan det benyttes armeringsnett langs skråningen for å redusere skjevsetninger.

Armeringsnett anbefales også benyttet der det er overganger/variasjoner i grunnforhold eller bløte masser i planum.

Egensetninger i tilførte masser vil bli svært små gitt god komprimering og vil komme i hovedsak i løpet av byggeperioden.

6.4.2 Graving av overvann/infiltrasjonssandfang

Senkning av grunnvannsstand vil kunne medføre setninger uten betydelig oppfylling, dette på grunn av økt effektiv vekt på massene som ligger over setningsømfintlige torvmasser.

Grunnvannsstanden er fra poretrykksmålerne funnet å ligge 2,5-3,0 meter under terreng. Dette medfører at graving av grøft for overvannsledning på opptil 1,9 meters dybde antas å utføres over grunnvannsstand.

Graving for infiltrasjonssandfang ned til 3,0 meter under terreng vil kunne komme noe under grunnvannsstand, og medføre behov for pumping. Dette er kun over en begrenset tidsperiode og vurderes ikke å medføre grunnvannssenkning av betydning. Det bør imidlertid planlegges slik at arbeidet med graving

for infiltrasjonssandfang pågår i så kort tid som mulig. Dette er også beskrevet som et viktig tiltak av hensyn til stabilitet.

I permanent situasjon vil infiltrasjon av overflatevann ikke bidra til senkning av grunnvannsstand.

Det vurderes også at de svært betydelige utgravingene og etablering av parkeringskjeller på nabotomt øst for sykkelvegen vil ha dominerende betydning for grunnvannsstand i området.

Oppfølging med grunnvannstand i installerte poretrykksmålere bør utføres under hele anleggsperioden.

6.4.3 Nedbryting av organisk materiale

Nedbryting av organisk materiale vil være en restrisiko for setninger på ny sykkelveg og øvrige direktefundamenterte tiltak på grunn av fare for nedbryting av torv og humusholdige masser.

Torvmassene er i hovedsak funnet å være klassifisert i den mer omdannede delen av skalaen, som medfører at en betydelig del av nedbrytingen allerede har skjedd. Dette reduserer faren for at nedbryting av organisk materiale skal gi store setninger på det planlagte tiltaket. Det påpekes også at tiltakene som planlegges i detaljreguleringsplan ikke øker denne risikoen.

7 Referanser

Ref. 1 FOR-2017-06-19-840: Byggteknisk forskrift (TEK 17)

Ref. 2 FOR-2010-03-26-488: Byggesaksforskriften (SAK 10)

Ref. 3 NS-EN 1990:2002+NA:2008 + A1:2005 + NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.

Ref. 4 NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler.

Ref. 5 NS-EN 1998-1: 2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1.

Ref. 6 NS 3458 Komprimering - krav og utførelse

Ref. 7 Geoteknikk i vegbygging, Håndbok V220, Vegdirektoratet, juni 2022

Ref. 8 Vegbygging, Håndbok N200, Vegdirektoratet, 2021

Ref. 9 Forskrift om utførelse av arbeid, Arbeidstilsynet, tilgjengelig fra https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-utforelse-av-arbeid/

Ref. 10 E39 Sykkelkryssing av Fjøsangerveien, Geoteknisk rapport for silingsfase, Statens vegvesen, rap. nr. 30168-GEOT-1, 08.02.2017.

Ref. 11 Ev 39 Mindetunnelen Sideløp til Kanalveien, Geoteknisk rapport vegteknisk, Multiconsult AS, rap.nr. 310846-1, 2007-05-22.

Ref. 12 E39 Sykkelstamveg Bergen, Grunnundersøkelser, Norconsult AS, rap. nr. 52103464-RIG-R01, 03.02.2022.