

Beregnet til
Byggeplan

Dokument type
Teknisk Notat

Dato
13.03.26

Fv. 5158 GS-bru ved Sørstraumen

Geoteknisk prosjekteringsnotat

Fv. 5158 GS-bru ved Sørstraumen

Geoteknisk prosjekteringsnotat

Oppdragsnavn:	Fv. 5158 GS-bru ved Sørstraumen		
Prosjektnummer.:	1350062476		
Kunde:	Vestland fylkeskommune		
Dokument nr.:	G-not-001		
Gjeldende rev. nr.:	02		
Dato:	11/03/2026		
Utarbeidet av:	Synne Rødal/Hilde Sunde Tveit		
Kontrollert av:	Hilde Sunde Tveit		
Godkjent av:	Vidar Nottveit		
Koordinatsystem:	EUREF 89 NTM sone 5		
Høydereferanse:	NN2000		
<u>Sammendrag:</u> Notatet fra Rambøll Norge dokumenterer geotekniske prosjektforutsetninger og hovedresultatene fra den geotekniske prosjekteringen for prosjektet Fv. GS-bru ved Sørstraumen. Oppdraget gjelder løsning for gående og syklende ved Sørstraumen. Det er viktig å få på plass et sammenhengende tilbud for myke trafikanter mellom boligfeltene ved Nordstraumen og Sørstraumen til Lysekloster skole. Rambøll Norge er engasjert som prosjekterende for byggeplan. Prosjektklassifiseringen for prosjektet innebærer følgende kategorier: - Tiltaksklasse 2, - Seismisk klasse I og II, - Konsekvens og pålitelighetsklasse CC2/RC2 og CC3/RC - Geoteknisk kategori 2 Ved etablering av kulvert i Sørstraumen blir det behov for spuntvegg på begge sider av kulverten for å sikre stabiliteten i grunnen. Nordre spuntvegg rammes til berg og forankres med stag til berg, mens den søndre spuntveggen rammes ned 7,5 m i masser av silt. Denne veggen kan stå uavstivet. Etter kulvert er satt på plass må det vurderes om spunt skal trekkes. Da vegen heves både i Sperrevikvegen og i Lyseklostervegen blir det behov for å etablere natursteinsmurer for å ta opp høydeforskjellen. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet samt redusere setninger under vegbanen må det etableres fylling av lette masser bak mur i Sperrevikvegen og i nordre del av Lyseklostervegen. Lette fyllmasser skal legges ut fra kote +0,66 opp til 1,1 m under terreng.			
Rev.	Dato:	Endring:	Utarb./Kontr./Godk.
01	30.09.2025		SYRO/HLTV/VDNT
02	13.03.2026	Oppdatert høyder og laster på mur 3. Fjernet mur 5.	HLTV/SYRO

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	5
2.	Prosjektklassifisering	6
3.	Topografi og grunnforhold	6
3.1	Områdebeskrivelse	6
3.2	Naboforhold	6
3.3	Grunnforhold	6
3.3.1	Tilgjengelig data	6
3.3.2	Løsmasser	8
3.3.3	Grunnvann og poretrykk	8
3.4	Seismisk grunntype	9
4.	Områdestabilitet	9
4.1	Steg 1: Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	9
4.2	Avgrens områder med mulig marin leire	9
5.	Beregningsforutsetninger	10
5.1	Laster og lastfaktorer	10
5.1.1	Terreng og trafikkklaster	10
5.2	Materialfaktor for jordparametere	11
6.	Geotekniske materialparametere	11
7.	Spuntberegninger	12
7.1	Beregningsforutsetninger	12
7.2	Spunt og avstivning	12
7.3	Resultater	13
7.3.1	Profil A (nordvest)	13
7.3.2	Profil B (sørøst)	14
8.	Fjærstivhet	14
8.1	Beregningsforutsetninger	14
8.2	Resultater	15
9.	Murer	15
9.1	Mur 1: Vegmur under bru i Sperrevikvegen	16
9.2	Mur 2: Vegmur under privat veg.	17
9.3	Mur 3: Vegmur vest for krysset i Lyseklostervegen	18
9.4	Mur 4: Vegmur øst for krysset i Lyseklostervegen	18
9.5	Mur 5: Vegmur ned til naust	19
9.6	Midlertidig mur spuntgrop	19
10.	Setningsberegninger	20
10.1	Beregningsforutsetninger	20
10.1.1	Krav i regelverk mht. setninger	20
10.1.2	Lette fyllmasser	20
10.2	Beregninger	20
10.3	Resultater	20
10.4	Utførelse	21
11.	Kontrollplan for utførelse	21
12.	Referanser	22
Vedlegg 1 – Prosjektforutsetninger		25
1	Myndighetskrav	25
1.1	Forskrifter	25
1.2	Prosjekteringsstandarder	25

1.3	Veiledninger / Håndbøker	25
2	Prosjektklassifisering	25
2.1	Tiltaksklasse	25
2.2	Konsekvens- og pålitelighetsklasse	25
2.3	Geoteknisk kategori	26
2.4	Prosjekterings- og utførelseskontroll	26
2.5	Seismisk klasse	26
	Vedlegg 2 – Beregningshefte setninger	27
	Vedlegg 3 – Beregningshefte murer	27
	Vedlegg 4 – Beregningshefte fjærstivheter	27
	Vedlegg 5 – Beregningshefte spunt	27

1. Innledning

I forbindelse med stortingsproposisjon for E39 Svevatjørn-Rådal, ble det fastsatt å opprette en bomstasjon på kommunegrensen mellom Bergen og Bjørnafjorden kommune. Dette for å unngå trafikklekkasje med påfølgende utfordringer for trafikktryggheten på vegen over Fanafjellet. For å kompensere for at trafikantene må betale bompenger på fv 5158, er det i proposisjonen avsatt midler til utbedring av fv 5158. Dette oppdraget er en del av utbedringen.

Oppdraget gjelder løsning for gående og syklende ved Sørstraumen. Det er viktig å få på plass et sammenhengende tilbud for myke trafikanter mellom boligfeltene ved Nordstraumen og Sørstraumen til Lysekloster skole. I forbindelse med det sammenhengende tilbudet er det behov for å bygge gs-veg over inn-/utløpet fra Pøyla og knytte det til eksisterende gs-veger, og omfatter anlegg som skissert på Figur 1-1.

I forbindelse med prosjektet er Rambøll Norge engasjert som prosjekterende for byggeplan. Dette notatet dokumenterer prosjektforutsetningene på geoteknikk som er lagt til grunn for prosjekteringen samt hovedresultatene for prosjekteringen.

Revisjon 2 innebærer fjerning av veg ned til naust med avkjørsel fra Sperrevikvegen. For å gi tilgang til naust i Lyseklostervegen gir brattere helning på Lysklostervegen fra Sperrevikvegen og vestover mot naustene. Dette medfører at mur i underkant av Lysklostervegen blir høyere. Mur må også kunne ta opp påkjørsellast. Revisjon er markert med svart strek i venstre marg.



Figur 1-1 Oversiktsplan med planlagt tiltak.

2. Prosjektklassifisering

En oppsummering av prosjektklassifiseringen er angitt i Tabell 2-1. Bakgrunn for klassifiseringen samt øvrige prosjektforutsetninger er presentert videre i Vedlegg 1.

Tabell 2-1 Prosjektklassifisering

	Klassifisering	Kravdokument
Tiltaksklasse	2	PBL ved SAK10 §9-4
Tiltakskategori	K1	NVE 1/2019 [1]
Konsekvens og Pålitelighetsklasse	CC2/RC2 CC3/RC3	NS1990 [2] og SVV N200 [3]
Geoteknisk kategori	2	NS 1997-1 [4]
Seismisk klasse	I og II	NS 1998-1 [5], NS 1998-2 [6]

3. Topografi og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

Området ligger ved overgangen fra Sørstraumen til Pøyla i Bjørnafjorden kommune. Oppdraget innebærer deler av Sperrevikvegen i nord til den ender mot Søvikvegen, samt deler av Søvikvegen. Terrenget i midtre del av tiltaksområdet varierer mellom kote -2 til kote +2, videre mot nord og sør stiger terrenget bratt. I de bratte partiene er det registrert berg i dagen. Området består av lett bebyggelse.

3.2 Naboforhold

I dette oppdraget må det tas hensyn til den private vegen sør for tiltaksområdet, og lage en god tilknytning til denne.

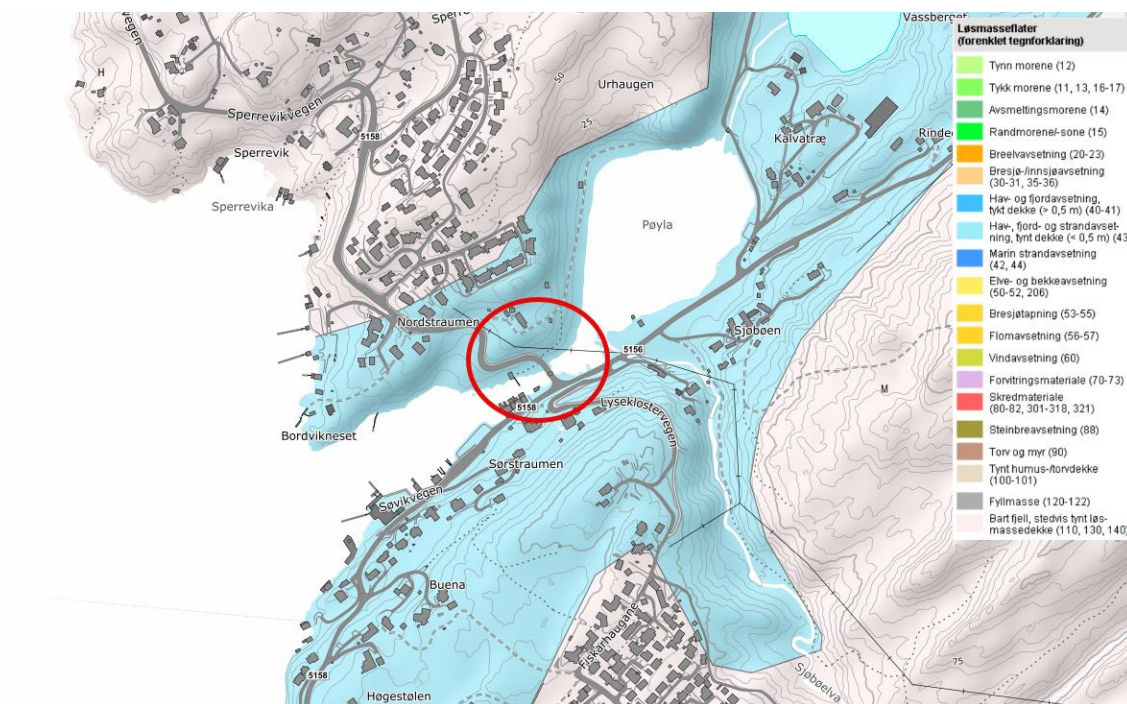
Det må sikres tilkomst til naustene sør for Sørstraumen og tilkomst til naust nord for Sørstraumen. Veg ned til naust er erstattet med en noe brattere helning på Lyseklostervegen i denne revisjonen 02 av notatet.

Det er tidligere registrert Pusleblomst øst for dagens bro, og basert på dette funnet er det ønskelig å unngå mest mulig anleggsdrift på denne siden av broen.

3.3 Grunnforhold

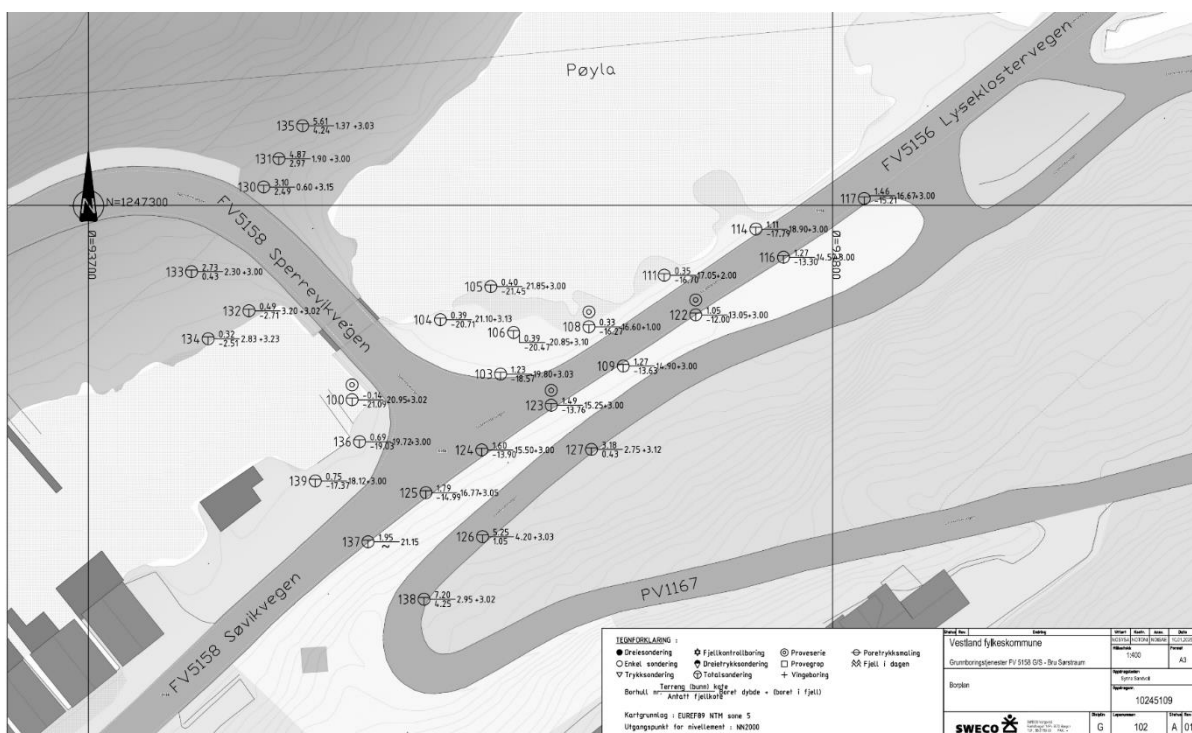
3.3.1 Tilgjengelig data

Figur 3-1 viser utsnitt av NGUs kvartærgeologiske kart. Dette indikerer at de naturlig avsatte massene under tiltaksområdet består av tynt dekke hav-, fjord- og strandavsetning. Ellers er det områder utenfor tiltaksområdet som er kartlagt som bart fjell. Merk at dette kartgrunnlaget er svært grovt og kun benyttes orienterende, blant annet siden det ikke gir informasjon om lagdeling.



Figur 3-1 NGUs løsmassekart hentet fra https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/ (23.09.2025)

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i forbindelse med forprosjektet. Disse grunnundersøkelsene er utført av Sweco Norge AS. Se utklipp av tilgjengelige undersøkelser i Figur 3-2. Resultater er presentert i rapport nr. 10245109_R01_A01 [7].



Figur 3-2 Oversiktsplan med tilgjengelige grunnundersøkelser [7]

3.3.2 Løsmasser

Totalsonderingene viser at dybde til berg er ca. 20 meter langs Fv 5158 Sørvikvegen/Fv 5156 Lyseklostervegen. Berget stiger bratt fra vegen mot sørøst og løsmassemekktigheten reduseres til ca. 3 meter i borpunkt 127 og 138. Berget stiger også bratt mot nordvest. I borpunkt 132 og 134 like på nordvestsiden av Sørstraumen er dybde til berg ca. 3 meter.

Det er gjort opptak av prøveserier i fire borpunkt. I borpunkt 100 viser laboratorieundersøkelser at massene består av sandig silt fra 2-3 meter, etterfulgt av sandig, siltig materiale fra 3-4 meter, etterfulgt av leirig silt til 15 meters dybde. Borpunkt 108 viser siltig og organisk sand og sandig silt ned til 8 meters dybde. Borpunkt 122 viser sandig, siltig og organisk materiale ned til 4 meters dybde. Fra 10-11 meters dybde er det antatt leirig silt. I borpunkt 123 er det sandig, grusig og leirig materiale til 7 meters dybde.

Ingen sonderingsprofiler eller resultater fra laboratoriet gir grunn til å mistenke materialer med sprøbruddegenskaper.

3.3.3 Grunnvann og poretrykk

Det er ikke installert poretrykksmålere. Vannstanden i området forventes i hovedsak å variere med tidevannet. Se Figur 3-3 for vannstandsdata.

I beregningene er setninger beregnet basert på et havnivå ved kote 0, mens stabilitet er beregnet for høyeste vannstand ved kote +0,66 (HAT) og laveste vannstand ved -0,89 (LAT)

Oppdrift i massene er basert på 200 års høyvann angitt på sehavinå.no [8] inkludert sikkerhet og klimapåslag til kote +2,10.



Figur 3-3 Vannstandsdata [9]

3.4 Seismisk grunntype

Alle murene langs Lyseklostervegen er under 5 m og iht. Tabell NA.4 (902) i Eurokode 8-1 [5] havner mindre støttemurer i seismisk klasse I. For seismisk klasse I stilles det ikke krav til seismisk analyse iht. Eurokode 8-1. For seismisk klasse I stilles det ikke krav til seismisk analyse iht. Eurokode 8-1 [5].

Sperrevikvegen har en ÅDT på 760 og vegbrua og mur havner da i seismisk klasse II for vegbruer iht. tabell NA.2 (901) i Eurokode 8-2 [6].

Seismisk klasse II som gir en seismisk faktor $\gamma_I=1,0$. Brua ligger i Bjørnafjorden kommune hvor berggrunnsakselerasjonen kan settes til $a_{gr}=0,50 \text{ m/s}^2$ iht. Eurokode 8 tabell nr. NA.3.2 (903), [5]. Begge fundamentene i akse 2 og 3 havner i grunntype C, da massene består av fast silt med en mektighet på opptil 20 m. Grunntype E gir en parameter $S=1,6$ iht. tabell 3.3 i Eurokode 8 [5]. Dette gir:

$$a_g S = \gamma_I * a_{gr} * S = 1,0 * 0,5 \text{ m/s}^2 * 1,6 = 0,8 \text{ m/s}^2$$

I henhold til Eurokode 8-2 [6] tabell NA.2(904) havner vegbrua og murer med en grunnakselerasjon på 0,8 i analysemetode 0.

Dette kreves da ingen seismisk analyse for mur i kategori 0 i henhold til N400 Punkt 5.13-2 [10].

Tabell NA.2(904) — Krav til analysemetode

Seismisk klasse	$a_g S > 1,0 \text{ m/s}^2$	$0,50 \text{ m/s}^2 < a_g S \leq 1,0 \text{ m/s}^2$	$a_g S \leq 0,50 \text{ m/s}^2$
I	0 ^a	0 ^a	0 ^a
II	1	0	0 ^a
IIIa	2	1	0 ^a
IIIb	2	2	1
0: Det stilles ingen spesielle krav til valg av analysemetode. 1: Metode for analyse med én frihetsgrad i samsvar med punkt 4.2.2 eller tilsvarende forenklete analysemetoder kan brukes der dette vurderes som tilstrekkelig i henhold til NS-EN 1998. Ellers skal flerfrihetsgradsanalyse i henhold til responsspektrummetoden brukes. 2: Flerfrihetsgradsanalyse i henhold til responsspektrummetoden skal brukes. ^a Påvisning av motstand mot seismisk påvirkning etter NS-EN 1998 kan i mange tilfeller utelates, se NS-EN 1998-1/NA. Utelatelse basert på konstruksjonsfaktor q omtalt i NS-EN 1998-1/NA:2021, NA.3.2.1(5) egner seg ikke for bruer.			

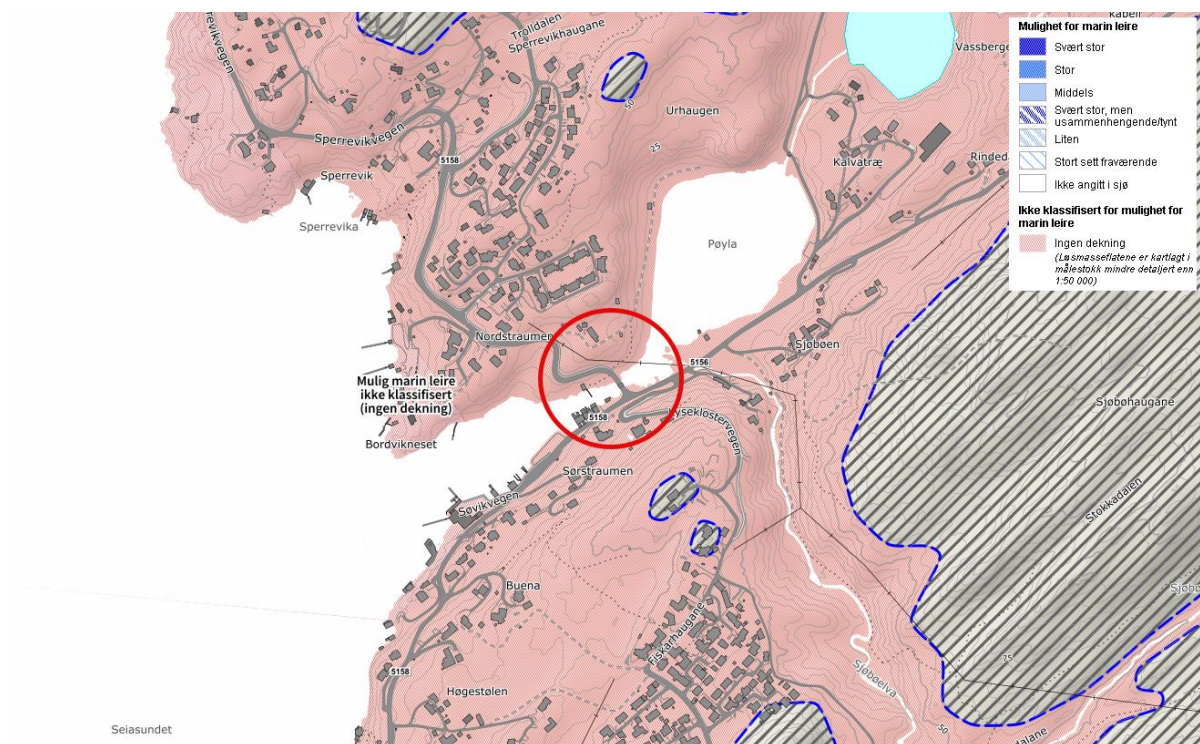
Figur 3-4: Seismisk klasse – krav til analysemetode

4. Områdestabilitet

Det skal gjøres en vurdering av områdestabilitet iht. NVEs veileder 1/2019. Vurdering av områdestabilitet er utført etter prosedyren i kapittel 3.2.

4.1 Steg 1: Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området
Tiltaket ligger ikke i en registrert faresone iht. NVE Atlas [11].

4.2 Avgrens områder med mulig marin leire
Tiltaket ligger under marin grense, men mulighet for marin leire er ikke klassifisert, se Figur 4-1.



Figur 4-1 Mulighet for marin leire (https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/ 23.09.2025)

Utførte grunnundersøkelser utelukker forekomst av sprøbruddmateriale. Da det ikke finnes sprøbruddmateriale i grunnen vurderes sikkerheten mot områdeskred å være tilfredsstillende. Det vil ikke være fare for områdeskred som følge av tiltaket.

5. Beregningsforutsetninger

5.1 Laster og lastfaktorer

5.1.1 Terreng og trafikklast

Følgende karakteristiske laster er lagt til grunn i prosjekteringen, i henhold til gjeldende regelverk:

Trafikklast (på bærende konstruksjoner):	25 kPa (Trafikklastforskrift for bruer m.m.)
Trafikklast (Stabilitetsberegning):	15 kPa (Håndbok N200)
Trafikklast fra gang- og sykkelarealer:	10 kPa (Håndbok N200)
Terrenglast (stabilitetsberegninger og bærende konstruksjoner):	5 kPa (Trafikklastforskrift for bruer m.m.)

Eventuelle trafikklast i byggeperioden antas på 20 kPa.

Trafikklast ansees som en dominerende variabel last slik at lastfaktoren velges iht. tabell NA.A1.2(C) som $\gamma_Q=1,3$.

Der det brukes trafikklast for engangstransport etter trafikklastforskrift regnes trafikklasten som en dominerende variabel last og lastfaktoren velges fra tabell NA.A2.4(C) som $\gamma_Q=1,15$ (iht. presisering i HB N400).

På murene (mur 1) i Sperrevikvegen og mur vest for krysset i Lysklostervegen (mur 4) er det inkludert en kollisjonslast på 100 kN. Denne er antatt at blir fordelt over en lengde på 10 m. Som da gir en horisontallast på 10 kN/m. Horisontallast er ikke inkludert på murer med mindre enn 2 m høyde. Denne lasten er ikke inkludert på de andre murene da mur 2 har terrenghelning i bakkant, mur 3 er det gangveg like i bakkant av mur og i vegen er planlagt med fartsgrense på 40 km/t.

5.2 Materialfaktor for jordparametere

Der relevant brukes det materialfaktor på jordparametere. Material faktorene bestemmes iht. SVV HB N200.

I prosjektet er de fleste murene klassifisert i konsekvensklasse/pålitelighetsklasse CC2/RC2, mens mur tett inntil kulvert, samt kulvert havner i konsekvensklasse/pålitelighetsklasse CC3/RC3.

Materialfaktor på jordparametere avhenger av relevant bruddmekanisme. Dersom flere regelverk er gjeldende for krav til sikkerhet og for brudd, skal det strengeste kravet benyttes.

Se Tabell 5-1 for krav til materialfaktor benyttet her.

Tabell 5-1 Krav til materialfaktor for ulike bruddmekanismer etter gjeldende regelverk

Regelverk for:	Effektivspenningsanalyse			Totalspenningsanalyse			Kilde
	Seigt	Nøytralt	Sprøtt	Seigt	Nøytralt	Sprøtt	
Tiltak som berører offentlig veg (CC2)	1,30	1,40	1,50	1,40	1,40	1,50	SVV HB N200 [3]
Tiltak som berører offentlig veg (CC3)	1,40	1,50	1,60				
Øvrige beregninger	1,25			1,40			Eurokode 7 [12]

6. Geotekniske materialparametere

Materialparametere er bestemt ut fra utførte felt og laboratorieundersøkelser og erfaringsverdier. Benyttede verdier er presentert i tabellene under. Grunnlag for valg av parametere er presentert i underkapitlene.

Designparametere er basert på erfaringsdata hentet fra N-V220 [13], N200 [14] og for torv er parametere basert på SGI [15].

Tabell 6-1 Materialparametere

Materiale	γ	φ'	a	E_{ref}
	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kN/m ²]
Torv	13/3	20	5,5	5 000
Silt	20/10	31	5	11 000
Fyllmasser	19/9	40	5	40 000
Sprengstein	19/9	42	5	50 000
Skumglass	3	45	0	15 000

Tabell 6-2 Materialparametere for setningsberegninger i GS setninger

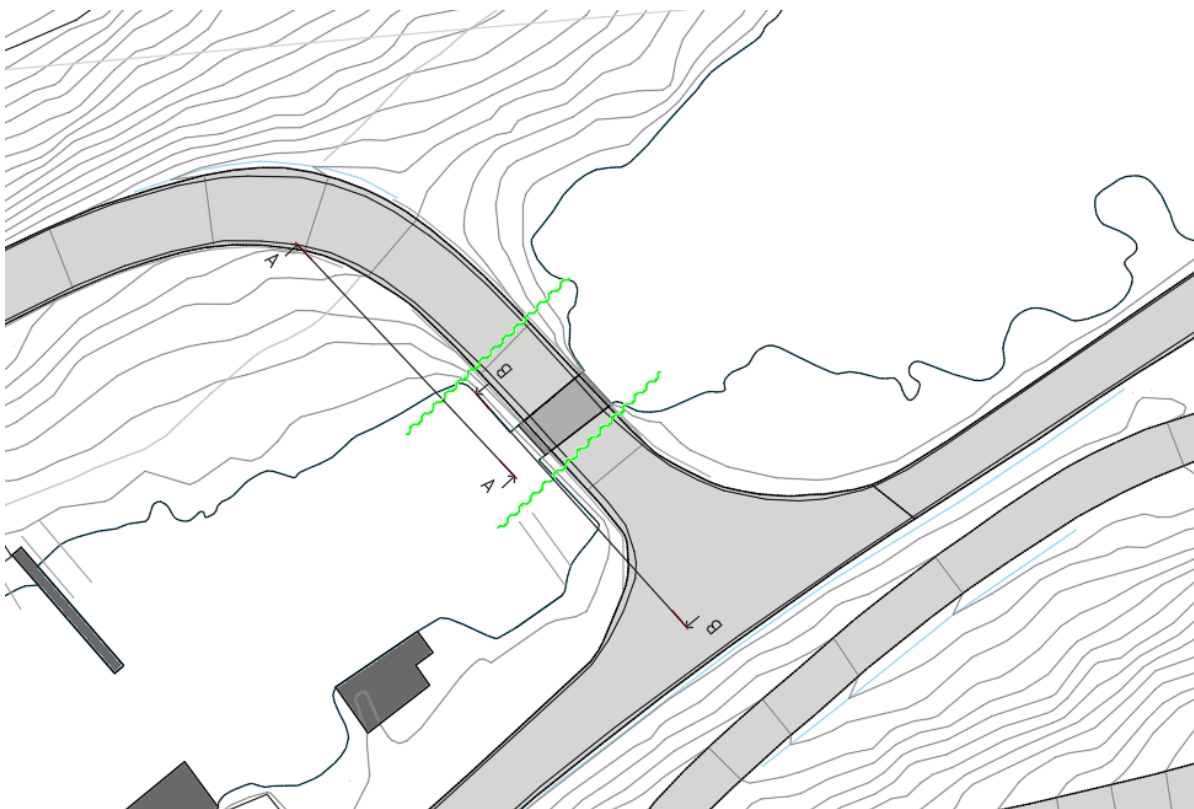
Materiale	γ	M	m	k
	[kN/m ³]	[kPa]	[-]	[m/år]

Fyllmasser	19/9	-	300	150
Torv	13/3	-	6	1,2
Silt	19/9	-	100	50

7. Spuntberegninger

7.1 Beregningsforutsetninger

Figur 7-1 viser en oversikt av plassering av spunt med analyserte profiler. Beregningene er gjort i elementmetodeprogrammet PLAXIS 2D og med Mohr-Coloumb som jordmodell. Grunnen er antatt å utelukkende bestå av silt. Gropen skal etableres med en spunt i hver side av Sørstraumen, og spuntnålene er opptil 7,5 meter lange og av typen AZ13 10/10. Der spuntnålene treffer berg før tilstrekkelig lengde, festes spuntnålene med fotbolt i berg. På samme side etableres avstivning med pute og løsmassestag for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet. Det legges opp til gjennomstrømning av vann under utførelse. For å hindre at masser strømmer inn med vannet bør det legges betongblokker mellom spuntveggene på tvers av sundet som vannet kan strømme over. Nærmere beskrivelse av betongmur er gitt i kap. 9.5.



Figur 7-1 Profiler for spuntberegninger

7.2 Spunt og avstivning

Det er prosjektert en løsning med z-profiler med motstandsmoment minimum $W=1355 \text{ cm}^3/\text{m}$ og flytespenning minimum 355 MPa. Veggtykkelsen på nålene skal være minimum 10 mm.

Strukturegenskaper for spunt er vist i Tabell 7-1, avstivning i Tabell 7-2 og spuntdetaljer i Tabell 7-3.

Tabell 7-1 Strukturegenskaper for spunt

Spunt type	EA	EI	Mc, Rd	Wel, y	Stålkvalitet
	[kN/m]	[kNm ² /m]	[kNm/m]	[cm ³ /m]	[-]
AZ 13-700-10/10	2.94e6	44.88e3	458 (men sjekkes kombinert)	1355	S355

Tabell 7-2 Strukturegenskap for avstivning

Type avstivning	cc avstand	Helning	EA	N _{Rd}	Stålkvalitet
	[m]	[°]	[kN/m]	[kN]	[-]
Ishebeck 40/16	2.8	45	189e3	660	S355

Tabell 7-3 Strukturegenskap for spuntdetaljer

Type detalj	Wp	Md, Rd	Stålkvalitet
	[m ³]	[kNm/m]	[-]
UNP 200	2.48e-3	838	S355

7.3 Resultater

2 forskjellige analyser er utført for hvert profil. Den første kalles «sett B»-analyse og kjøres med karakteristisk materialparametere og karakteristiske terreng/trafikklaster. Analysen brukes for å hente virkende krefter i spunt som brukes for sjekk av spuntens indre kapasitet, samt setninger. Krefter i spunt hentes fra beregninger i Plaxis og kontrolleres med regneark. Den andre analyse kalles «sett C»-analyse og kjøres med faktoriserter terreng-/trafikklaster i Plaxis. I denne analysen kjøres det en C-phi-reduksjon for å utlede materialfaktoren.

7.3.1 Profil A (nordvest)

Oppnådd sikkerhetsfaktor er $F = 1,62$ ved kontroll med C-phi-reduksjon i Plaxis.

Den verste lastkombinasjon for spunt og maks aksial last i løsmassestag er vist i Tabell 7-4 og Tabell 7-5.

Tabell 7-4 Opptredende Moment, skjær og aksial last for AZ13-700-10/10 spunt

AZ 13-700-10/10	enhet	Sett B
N	[kN/m]	48
V	[kN/m]	25,2
M	[kNm/m]	29
V_fotbolt	[kN/m]	34

Tabell 7-5 Opptredende maks aksial last i stiver

Stiver	enhet	N
Ishebeck 40/16	[kN]	109

I dette profilet vil det være behov for fotbolt der spunt treffer berg før ønsket lengde. Dimensjonering av fotbolt er gjort i kapasitetskontrollen. Kapasitetskontroll for spunten er presentert i SG20-004 og er oppsummert i Tabell 7-6 [16].

Tabell 7-6 Oppsummering av kapasitetskontroll for AZ13-700-10/10 spunt og avstivningssystemet

Oppsummering

	Dimensjon	Grensetilstand	Utnyttelsesgrad	Kapasitetskontroll
Spuntprofil	AZ 13-700-10/10	ULS - Skjærspennigner	0,06	OK
		ULS - Aksial- og bøyespenning	0,09	OK
		Aksialknekning	0,13	OK
		Skjærknekning	0,04	OK
Bakforankret avstivning #1	Ischebeck 40/16	Bruddgrense	0,34	OK
		Stagbortfall	0,38	OK
Pute avstivning #1	UNP 200	Bruddgrense	0,53	OK
		Stagbortfall	0,69	OK
Fotbolt	Dfotbolt = 0,07m , c/c =	Bruddgrense	0,67	OK
	2,8m , Δ = 0,1m			

7.3.2 Profil B (sørøst)

Oppnådd sikkerhetsfaktor er $F = 1,46$.

Den verste lastkombinasjon for spunten er vist i Tabell 7-7.

Tabell 7-7 Opptredende Moment, skjær og aksial last for AZ13-700-10/10 spunten

AZ 13-700-10/10	enhet	Sett B
N	[kN/m]	15,3
V	[kN/m]	19,1
M	[kNm/m]	29,2

Kapasitetskontroll for spunten er presentert i SG20-004 og er oppsummert i Tabell 7-8.

Tabell 7-8 Oppsummering av kapasitetskontroll for AZ13-700-10/10 spunt og avstivningsystemet

Oppsummering

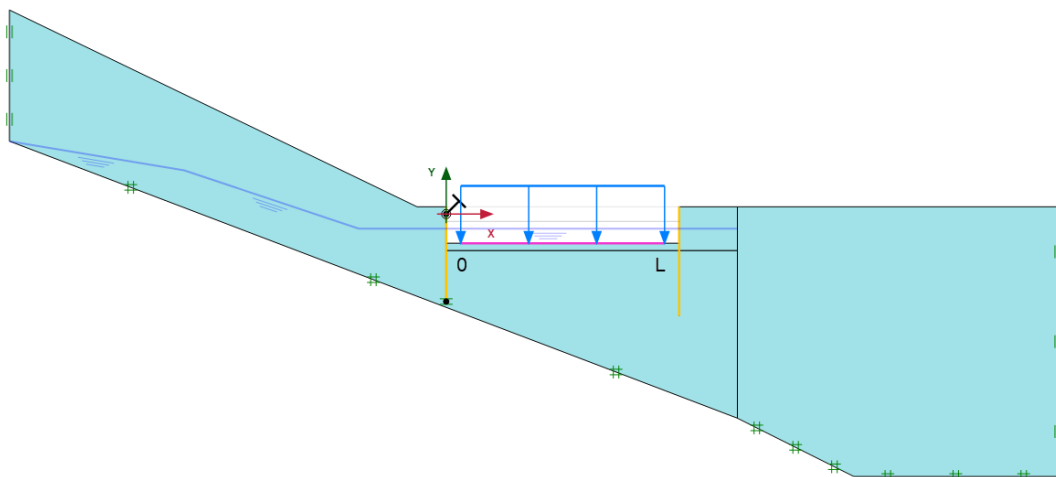
	Dimensjon	Grensetilstand	Utnyttelsesgrad	Kapasitetskontroll
Spuntprofil	AZ 13-700-10/10	ULS - Skjærspennigner	0,04	OK
		ULS - Aksial- og bøyespenning	0,08	OK
		Aksialknekning	0,10	OK
		Skjærknekning	0,03	OK

8. Fjærstivhet

8.1 Beregningsforutsetninger

Det er forutsatt at massene består av silt ned til berg. Bergoverflate er modellert basert på fjellkontrollboringer i utførte grunnundersøkelser. Dimensjoner på betongplate er gitt av RIB.

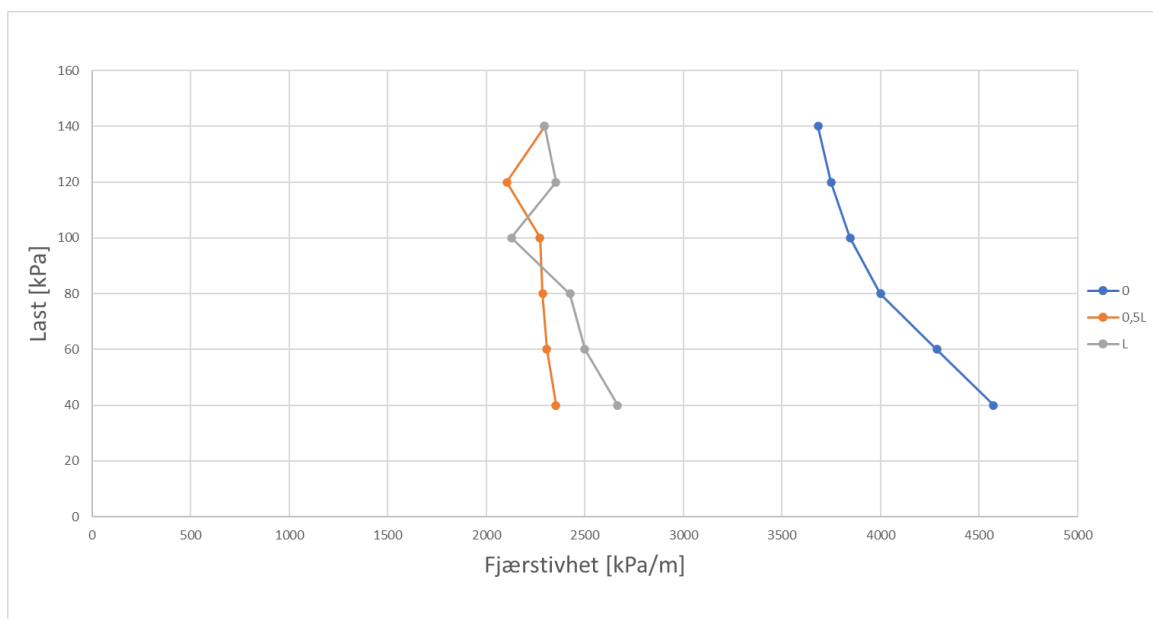
Modell for beregning av fjærstivhet er vist i Figur 8-1.



Figur 8-1 Modell for beregning av fjærstivhet

8.2 Resultater

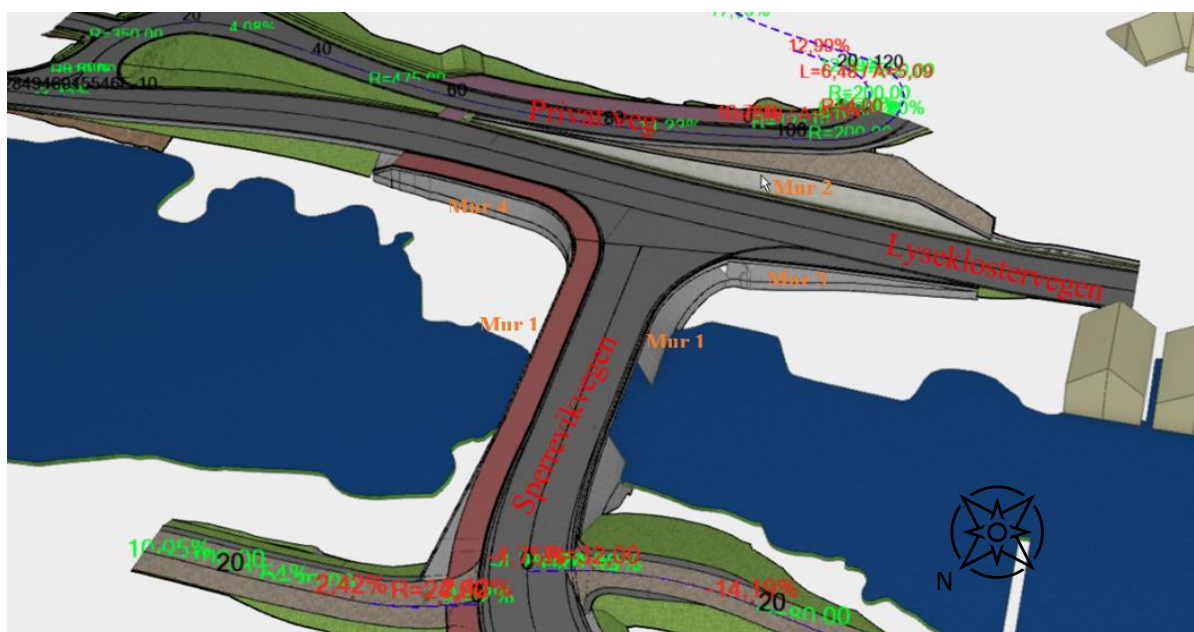
Resultater fra beregning av fjærstivhet er vist i Figur 8-2. Tabellen viser deformasjon som en funksjon av last. Det er gjort beregninger for hver ende av betongplaten (0 og L), samt et punkt midt på betongplaten (0,5L). For detaljert vurdering av fjærstivhet vises det til SG20-003 [17].



Figur 8-2 Beregnet fjærstivhet som funksjon av last

9. Murer

I forbindelse med etablering av sikker skoleveg i Sperrevikvegen og Lyseklostervegen i Bjørnafjorden kommune er det behov for å bygge 4 murer, plassering er vist på Figur 9-1. Profiler av murene er vist på tegningene -K062 og -K063. For mer detaljert informasjon om beregninger se beregningshefte SG20-002G [18].

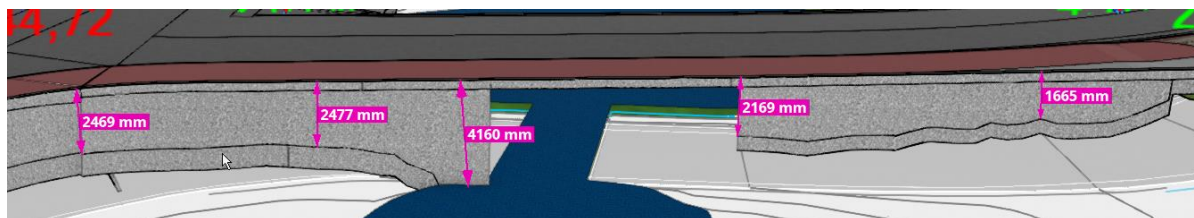


Figur 9-1 Modell av anlegg inkludert plassering av murer.

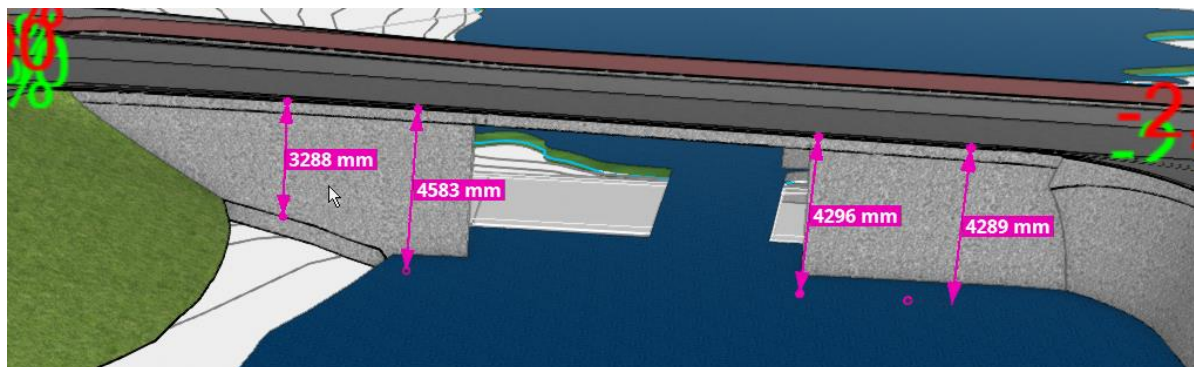
9.1 Mur 1: Vegmur under bru i Sperrevikvegen

Fra profil 7 til profil 22 og fra profil 32 til profil 50 på begge sider av vegen.

Maks høyde blir 5,7 m, da inkludert 0,5 til 1,5 m overdekning. Terreng foran og bak mur er tilnærmet horisontalt. Fra kote 0,66 til 1,1m under terreng skal det fylles opp med lette masser i bakkant av murer. Plassering er vist på Figur 9-2 og Figur 9-3. Beregnete dimensjoner er angitt i Tabell 9-1. Graveskråninger ved etablering av murer skal utføres med en helning 1:2.



Figur 9-2: Østsiden av mur 1 med høyder uten fotdybde



Figur 9-3: Vestsiden av mur 1 med høyder uten fotdybde.

Tabell 9-1: Dimensjoner mur 1

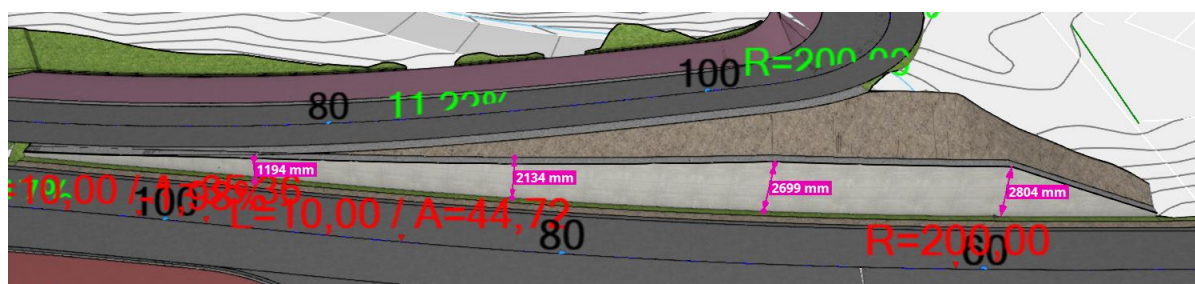
Murhøyde	Bredde topp	Bredde bunn	Murhelning front	Fotdybde	Murhøyde
H (m)	b _{topp} (m)	b _{bunn} (m)	Z:1	D (m)	bekstra (m)
6	2,3	2,5	3	1,5	0,2
5	2,0	2,2	3	1,5	0,2
4	2,0	2,2	3	1,5	0,2
3	2,0	2,0	3	1	0
2	1,8	1,8	3	0,5	0
1,5	1,1	1,1	3	0,5	0
1	0,9	0,9	3	0,5	0

9.2 Mur 2: Vegmur under privat veg.

Fra profil 65 til 107 langs Lyseklostervegen

Maks høyde blir 3,3 m, da inkludert 0,5 m overdekning og helning bak mur 1:1,5 opptil vegen.

Generelt består grunnforholdene under muren av antatt fast sandig silt, men det kan det være litt humus i massene fra profil 90 til 107. Plassering er vist på Figur 9-4 og beregnete dimensjoner er angitt i Tabell 9-2. Graveskråninger kan utføres med en helning 1:1,8.



Figur 9-4: Mur 2 med høyder (ikke inkl. 0,5 m fotdybde)

Tabell 9-2: Dimensjoner mur 2

Murhøyde	Bredde topp	Bredde bunn	Murhelning front	Fotdybde
H (m)	b _{topp} (m)	b _{bunn} (m)	Z:1	D (m)
3,3	1,7	1,7	5	0,5
3	1,5	1,5	5	0,5
2	1	1	5	0,5
1	0,6	0,6	5	0,5

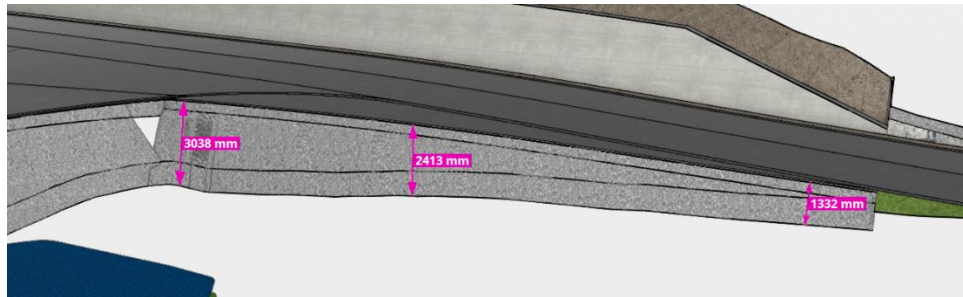
9.3 Mur 3: Vegmur vest for krysset i Lyseklostervegen

Fra profil 15 til 45 i Lyseklostervegen

Maks høyde blir 3,5 m, da inkludert en 0,5-0,8 m overdekning og tilnærmet horisontalt terreng bak mur og en helning på opptil 10° i forkant av mur.

Basert på nærliggende sondering antas grunnforholdene å bestå av et topplag av fyllmasser over silt, sandig med betydelig mektighet.

Plassering er vist på Figur 9-5 og beregnete dimensjoner er angitt i Tabell 9-3. Graveskråninger utføres med en helning 1:2.



Figur 9-5: Mur 3 med høyder inkl. fotdybde

Tabell 9-3: Dimensjoner mur 3

Murhøyde	Bredde topp	Bredde bunn	Murhelning front	Fotdybde
H (m)	btopp (m)	bbunn (m)	Z:1	D (m)
3,5	2,5	2,5	3	0,8
3	2,3	2,3	3	0,8
2,5	2,0	2,0	3	0,8
2	2,0	2,0	3	0,5
1,5	1,1	1,1	3	0,5
1	1,0	1,0	3	0,5

9.4 Mur 4: Vegmur øst for krysset i Lyseklostervegen

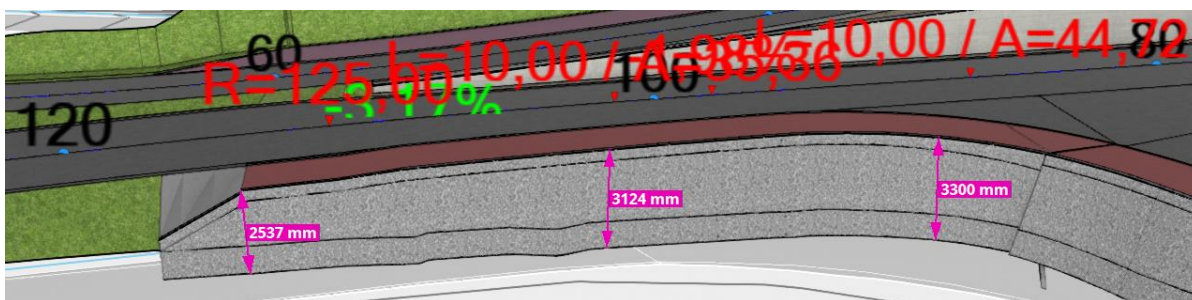
Fra profil 90 til 110 i Lyseklostervegen. Fortsetter i Sperrevikvegen under bru.

Maks høyde blir 3,3 m, da inkludert 0,8 m overdekning og tilnærmet horisontalt terreng foran og bak mur. Grunnforholdene antas generelt å bestå av fyllmasser over sandig, siltig torv og videre fast silt ned til berg. Mektighet av torv er tilnærmet null i vest, men øker i mektighet mot øst.

Muren skal sikres med jordarmering og det skal legges lette masser i bakkant av mur for å sikre stabiliteten. Utlekking av lette masser er nærmere beskrevet i kap. 10.3.

Plassering er vist på Figur 9-6 og beregnete dimensjoner er angitt i Tabell 9-4.

Graveskråninger utføres med en helning 1:2



Figur 9-6: Plassering av mur 4 med høyder inkludert fotdybde.

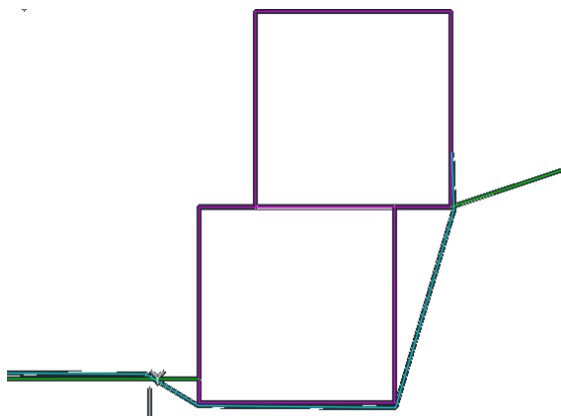
Tabell 9-4: Murdimensjoner mur 4

Murhøyde	Bredde topp	Bredde bunn	Murhelning front	Fotdybde	Ekstra Bunnbredde
H (m)	b _{topp} (m)	b _{bunn} (m)	Z:1	D (m)	b _{ekstra} (m)
3,3	1,3	1,8	3	0,8	0,5
3	1,0	1,5	3	0,8	0,5
2,5	1,0	1,5	3	0,8	0,5
2	0,8	1,1	3	0,8	0,3

9.5 Midlertidig mur spuntgrop

Ved enden av spuntveggene skal det etableres en graveskråning med bratteste helning 1:3. For å hindre at siltemassene tas med av vannstrømmen anbefales det å etablere betongblokker ved enden av spuntveggen. Det er lagt til grunn at det benyttes restbetongblokker med dimensjon 1600 x 800 x 800 mm. Disse kan legges ut i maks 2 høyder etter behov. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet i grunnen skal den øverste blokken ligge ca. 250 mm bak forkant av nederste blokk.

For å sikre at massene ikke strømmer gjennom hulrommene mellom blokkene anbefales det at fiberduk legges opp i bakkant av mur.



Figur 9-7: Betongmur ved spuntgrop. Blå farge er fiberduk, rosa farge er betongblokker og grønn farge er terreng.

10. Setningsberegninger

10.1 Beregningsforutsetninger

10.1.1 Krav i regelverk mht. setninger

Hastigheten på Lyseklostervegen antas senket til 40 km/t. Basert på tabell 1.5.1-1 i N200 [3] vil kravet til maks tillatt totalsetning være 50 cm.

Med hensyn til differansesetninger er det basert på Figur 1.5.2-1 i N200 [3] antatt en maks tillatt setningsforskjell over 10 m på 12 cm i løpet av en periode på 40 år.

10.1.2 Lette fyllmasser

For å unngå setningsforskjeller på over 12 cm må det legges ut lette fyllmasser. I beregningene er det antatt lette masser av skumglass med en tyngdetetthet på 3,0 kN/m³ [3] og tyngdetetthet mot oppdrift på 2,2 kN/m³ [3]. Lettklinker vil også kunne benyttes.

10.2 Beregninger

Det er utført beregninger med hensyn til setninger og oppdrift fra profil 90 til 140 i Lyseklostervegen og profil 15 til 25 i Sperrevikvegen. For nærmere beskrivelse av beregninger se beregningsnotat SG20-001G [19].

I beregninger for utlegging av lette fyllmasser er det antatt at massene i hovedsak kan legges ut tørt ved HAT som ligger ved kote +0,66 iht. seahavnivå.no [8].

I Geosuite og i Plaxis er det utført setningsberegninger for tilleggslasten økning av høyden på vegen gir. Laster i Geosuite er basert på tilleggslaster beregnet i oppdriftsberegningene. Basert på resultatene i beregningene gir fylling og ny vegkropp tilleggslaster i størrelsesorden 12,4 til 15,7 kN/m² i underkant av de lette fyllmassene. Laster fra mur og kulvert blir større enn dette.

10.3 Resultater

For å oppnå en partikalfaktor $\gamma_{OP} > 1,3$ vil det være behov for et 1,1 m tykt lag av masser over de lette fyllmassene for å hindre oppdrift for en 200 års flom. Tykkelsen på laget av lette fyllmasser varierer mellom 0,6 til 1,9 m i Lyseklostervegen og opptil 2,4 m i Sperrevikvegen.

Tabell 10-1: Setninger beregnet i GeoSuite

	Totale setninger	Krav totalsetninger vegbane	Differanse-setninger	Krav differanse-setninger
Lyseklostervegen m/kun fyllmasser	10-33 cm	50 cm	11 cm	12 cm
Lyseklostervegen m/lette masser	4-19 cm	50 cm	6 cm	12 cm
Sperrevikvegen m/kun fyllmasser	0,6-7 cm	50 cm	6,4 cm	12 cm
Sperrevikvegen m/lettefyllmasser	0,3 til 3,2 cm	50 cm	2,9 cm	12 cm

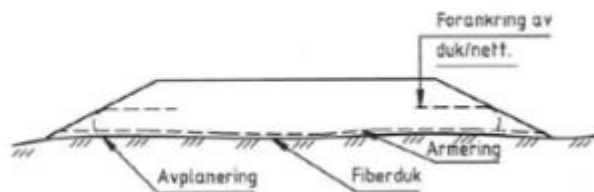
For å redusere setninger nær kulvert anbefales det å legge ut forbelastning sørvest for dagens fylling for å redusere setninger under planlagt mur og planlagt kulvert. Denne bør ligge i ca. 6 måneder. Basert på beregninger i Plaxis vil ca. 2,2 cm av setningene påløpe ved utlegging av

forbelastning. Maks setning beregnet ved etablering av ny fylling og murer er da beregnet til å bli i størrelsesorden 2,1 cm. De største setningene ved etablering av murer kommer under muren under nordøstre del av fyllingen, hvor det ikke er lagt ut forbelastning.

Hoveddelen av setningene antas å komme i anleggsfasen og i løpet av de første 6 månedene. I torvmassene under Lyseklostervegen antas krypsetninger å pågå over lang tid, og det kan over tid bli behov for påfyll av masser og reasfaltering av vegen.

10.4 Utførelse

Torv er et svært kompressibelt materiale og setninger oppstår svært ujevnt i lag av torv. For å redusere differansesetninger i vegbanen anbefales det å legge ut et geonett av typen Tensar triax eller tilsvarende i overgangen mellom torv og lette fyllmasser. Utførelse er vist på Figur 10-1.



Figur 10-1: Plassering av geonett i fyllingen [20]

11. Kontrollplan for utførelse

Utførelseskontroll av de geotekniske arbeidene skal utføres og kontrolleres i henhold til NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 §4.2.2.

Generelt:

- Utførelseskontroll av komprimeringsarbeidet skal utføres og kontrolleres i henhold til NS 3458:2004.
- Under utførelsen må det måles utvikling av setningene iht. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 §4.5. Det anbefales målinger i de 4 hjørnepunktene på kulvert. Dette gjøres for å sikre at eventuelle uønskede og uforventede setninger oppdages tidlig. Setningsmålingene startes ved etablering av kulvert. Daglige målinger må gjennomføres fra oppstart av trekking av spunting til 1 uke etter at spuntarbeidet er avsluttet. Dersom det registreres over 5 mm setning under opptrekk må det gjøres en vurdering på om videre trekking av spunt skal fortsettes.

Spunt:

- Utførelse av spuntarbeidene skal dokumenteres og kontrolleres i henhold til NS 12063:2024.
- Testing av stag skal utføres iht. prosedyre angitt i NS 14199

Tørrmurer:

- Kontrollpunkter er angitt på tegning -K062 og -K063

Lette masser:

- Det skal legges ut fiberduk av klasse 3 eller bedre mellom de stedlige massene og de lette fyllmassene.

- Før overbygning legges ut skal en fiberduk klasse 3 (eller bedre) legges over fyllingen.
- Tykkelsen på det granulære laget i overbygningen over fyllingen av lette masser skal ha en minimum tykkelse på 1,1 m for å unngå oppdrift.

I tillegg til kravene i de forskjellige utførelsesstandarder må følgende punkter sjekkes:

Tabell 11-1 Sjekkpunkter under utførelse

Tema	sjekkpunkt
Gravenivå	Det sjekkes at gravenivå i byggegroppen er iht. prosjektert nivå.
Bergnivå	Bergnivå er ca. iht. prosjektering. Ved store avvik skal geotekniker kontaktes.
Spunt	Plassering av spunt, pute og stag iht. modell.
Arbeidsrekkefølge	Det sjekkes at avlastningen til kote +148 er utført før det graves i byggegropp.
Rigg laster	Det sjekkes at ingen laster er påført terrenget i 2 m bak spunten.
Fundamentnivå mur	Sjekk at fundamentnivå mur stemmer overens med prosjekteringsgrunnlag.
Helning front mur	Kontroller at fronthelning på murer tilsvarer helning angitt i prosjekteringsgrunnlaget.
Nivå lette fyllmasser	Sjekk at bunn nivå for etablering av lette masser er ca. ved kote 0,66.
Kantdrager	Sjekk plassering av kantdrager iht. stikningsdata.

12. Referanser

- [1] Norges Vann- og energidirektorat (NVE), Veileder nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, 2020.
- [2] Norsk Standard, NS-EN 1990:2002+A1:2005+AC:2010+NA:2016. Eurokode — Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, Standard Norge, 2016.
- [3] Statens vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2021.
- [4] Norsk Standard, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020. Eurokode 7 — Geoteknisk prosjektering — Del 1: Allmenne regler, Standard Norge, 2020.
- [5] Norsk Standard, NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021. Eurokode 8 - Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger, Standar Norge, 2021.
- [6] Norsk standard, NS-EN 1998-2:2004+NA2025 Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seimsisk påvirkning. Del 2: Bruer.
- [7] Sweco Norge As, Datarapport Grunnundersøkelser. Grunnboringstjenester FV 5158 G/S-Bru Sørstraumen. 10245109_R01_A01, 2024.
- [8] Kartverket, «Se Havnivå,» [Internett]. Available: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=220037&location=S%C3%B8rstraumen>. [Funnet 30 01 2025].
- [9] Kartverket, «Se Havnivå,» [Internett]. Available: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=220037&location=S%C3%B8rstraumen>. [Funnet 05 08 2025].
- [10] Statens vegvesen, N400 Bruprosjektering, 2024-01-01.
- [11] Norges Vassdrag og Energidirektorat (NVE), «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/>. [Funnet 23 09 2025].

- [12] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler,» 2020.
- [13] Statens vegvesen, N-V220 Geoteknikk i vegbygging, 2023-08-18.
- [14] Statens vegvesen , N200 Vegbygging, 2022-11-01.
- [15] Statens geotekniska institutt, Torvs hållfasthet og stabilitet for banker på torv., Trafikverket, 2025.
- [16] Rambøll Norge AS, «1350062476-SG20-004 Beregningshefte geoteknikk spunt,» 2025.
- [17] Rambøll Norge AS, 1350062476-SG20-003 Beregningshefte geoteknikk fjærstivhet, 2025.
- [18] Rambøll Norge AS, 1350062476-SG20-002G Beregninger for Natursteinsmurer, 30.09.2025.
- [19] Rambøll Norge AS, 1350062476-SG20-001G Beregningshefte setninger, 2025.
- [20] Statens vegvesen, V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, Vegdirektoratet, 2014.

Vedlegg 1 – Prosjektforutsetninger

1 Myndighetskrav

Dette kapitelet oppsummerer regelverk/lovverk, standarder, retningslinjer, normaler og veiledninger som ligger til grunn for den geotekniske prosjekteringen.

1.1 Forskrifter

- Byggeteknisk forskrift (TEK17)
- Byggesaksforskrift (SAK10)
- Forskrift for trafikklast på bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige vegnettet (trafikklastforskrift for bruer m.m.)

1.2 Prosjekteringsstandarder

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 – Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering)
- NS-EN 1997-2:2007+AC:2010+NA:2008 (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering)
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8 – Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning)
- NS-EN 1998-2:2004+NA:2025 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 2: Bruer)
- NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8 – Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold)

1.3 Veiledninger / Håndbøker

- NVE Sikkerhet mot kvikkleireskred, Veileder 1/2019
- Statens Vegvesen Håndbok V220, Geoteknikk i Vegbygging, veiledning, 02/06/2025
- Statens Vegvesen Håndbok N200, Normal Vegbygging, 2024
- Statens Vegvesen Håndbok N400, Normal Vegbygging, 2024
- Statens Vegvesen Håndbok V221, Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, veiledning, 2014
- NGF byggegropveiledningen, 2019

2 Prosjektklassifisering

2.1 Tiltaksklasse

Tiltaksklassen fastsettes iht. SAK10 §9-4. Tiltaket vurderes å falle inn i «a) liten kompleksitet og vanskelighetsgrad, men der mangler eller feil kan føre til middels til store konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet, eller b) middels kompleksitet og vanskelighetsgrad, men der mangler eller feil kan føre til små til middels konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet.» og klassifiseres derfor i tiltaksklasse 2.

2.2 Konsekvens- og pålitelighetsklasse

Eurokode 0 tabell NA.A1(901) gir veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i konsekvens og pålitelighetsklasser. Tabellen er delt inn i pålitelighetsklasser (CC/RC) fra 1 til 4. Prosjektet vurderes å falle inn under kategori "veg og jernbane" og "ÅDT<1500*. Gode omkjøringsmuligheter. Konstruksjoner med liten skadekonsekvens og god mulighet for reparasjon eller gjenoppbygging.". Men da mur i Sperrevikvegen blir over 5 m klassifiseres denne som en bru, det samme gjør kulvert i Sperrevikvegen, og disse konstruksjonene havner disse konstruksjonene i PKK 3

Prosjektet plasseres generelt i konsekvens-/pålitelighetsklasse CC2/RC2 og mur i Sperrevikvegen samt kulvert havner i klasse CC3/RC3.

2.3 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut fra tre geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjekteringen». De planlagte arbeidene vurderes å falle inn under kategorien konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- og belastningsforhold.

Krav til prosjektering er derfor vurdert til å være iht. geoteknisk kategori 2.

2.4 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Iht. tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 settes krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse (RC). Tiltaket er klassifisert i CC2/RC2 og prosjektet faller derfor i prosjekteringskontrollklasse og utførelseskontrollklasse PKK2/UKK2.

For prosjekteringskontroll medfører PKK2/UKK2 krav om egenkontroll (DSL1), Intern systematisk kontroll (DSL2), Utvidet kontroll (DSL3) og Utvidet kontroll i PKK2 kan begrenses, iht. NA.A1(903.4) til en kontroll av at egen- og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

Krav om uavhengig kontroll av prosjektering og utførelse for geoteknikk i tiltaksklasse 2 er gitt i SAK10 §14-2 punkt c og begrenser seg til kontroll av at det er gjort tilfredsstillende undersøkelse for bestemmelse av pålitelighetsklasse for prosjektering og at geotekniske oppgaver er gjennomført, dokumentert og fulgt opp slik de er prosjektert.

Iht. tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 settes krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse (RC). Mur og kulvert er klassifisert i CC3/RC3 og prosjektet faller derfor i prosjekteringskontrollklasse og utførelseskontrollklasse PKK3/UKK3 og iht. N400 [10] skal konstruksjonene til utvidet kontroll hos Vegdirektoratet.

For prosjekteringskontroll medfører PKK3/UKK3 krav om / egenkontroll (DSL1), Intern systematisk kontroll (DSL2), Utvidet kontroll (DSL3).

2.5 Seismisk klasse

Seismisk klasse bestemmes iht. NS 1998-1 tabell NA-4(902). Tiltaket vurderes å falle inn i kategori "Støttemurer, nedgravde konstruksjoner, geotekniske konstruksjoner".

Tiltak klassifiseres dermed under seismisk klasse I. Tiltak vurderes å falle inn i kategori "Støttemurer, nedgravde konstruksjoner, geotekniske konstruksjoner".

Tiltak klassifiseres dermed under seismisk klasse I. Derimot havner mur i Sperrevikvegen og kulvert i seismisk klasse II iht. NS 1998-2 tabell NA-2(904).

Vedlegg 2 – Beregningshefte setninger

SG20-001 G Beregningshefte setninger er lagt til i vedleggsdokument til prosjekteringsnotat

Vedlegg 3 – Beregningshefte murer

SG20-002 G Beregningshefte for murer er lagt til i vedleggsdokument til prosjekteringsnotat

Vedlegg 4 – Beregningshefte fjærstivheter

SG20-003 G Beregningshefte fjærstivheter er lagt til i vedleggsdokument til prosjekteringsnotat

Vedlegg 5 – Beregningshefte spunt

SG20-004 G Beregningshefte spunt er lagt til i vedleggsdokument til prosjekteringsnotat