

# Äram ferjekai

Geoteknisk rapport



Prosjekt:	Sandesambandet - Avrop 22-03
Prosjektnummer:	10229601
Kunde:	Møre og Romsdal Fylkeskommune
Rev:	02
Dato:	22.11.2022
Opprettet av:	Hlif Isaksdottir
Kontrollert av	Marianne Borge
Godkjent av	Roger Ebeltoft
Dokumentnummer	10229601-RIG-R01
Dokumentreferanse	p:\35123\10229601_sandesambandet\000\06 dokumenter\40 rig\04 rapporter\10229601-rig-r04-a02_åram.docx

Sweco er engasjert av Møre og Romsdal fylkeskommune til prosjektering av ny ferjekai på Åram i Sande kommune. Kaien er en av fire kaier som inngår i «Ytre Sunnmørspakke – Sandesambandet».

Tiltaket omfatter en del riving av eksisterende konstruksjoner samt bygging av nye. Nye tiltak som skal gjennomføres er bl.a. ny gangbro på stålørspeler samt ny ferjekaibru.

Grunnundersøkelser utført i område for nye kaikonstruksjoner viser kort avstand til berg. Løsmassetykkelsen i boringene variere fra 0,5 til 3,9 m og berg er registrert i kote -2,7 til -7,6.

Rapporten inneholder geoteknisk prosjektering av stålørspeler og stålkernepeler til fundamentering av gangbro og ferjekaibru.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
- Oversendelse for kommentar
- Utkast

Utarbeidet av: Hlif Isaksdottir	Sign.: <i>Hlif Isaksdottir</i>
Kontrollert av: Marianne Borge	Sign.: <i>Marianne Borge</i>
Prosjektleder: Roger Ebeltoft	Prosjekteier: Astrid Greve Rokne

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
02	22.11.2022	Forankring i berg lagt inn	NOHLII	NOMARB
01	10.11.2022	Første leveranse	NOHLII	NOMARB



# Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	6
2	Grunnlag .....	7
2.1	Grunnundersøkelser.....	7
2.2	Terreng og grunnforhold.....	7
3	Prosjekteringsforutsetninger.....	10
3.1	Regelverk og standard .....	10
3.2	Geoteknisk kategori.....	10
3.3	Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) .....	11
3.4	Krav til kontroll .....	11
3.5	Kvalitetssystem.....	11
3.6	Seismisk grunntype .....	11
4	Geoteknisk prosjektering .....	12
4.1	Bæreevne av stålkjernerpele.....	12
4.2	Stålrørspeler .....	13
4.3	Friksjonsplate .....	14
4.4	Mudring.....	15
5	Utførelse .....	16
5.1	Kontroll på byggeplass .....	16
5.2	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA).....	16
6	Referanser.....	17

# 1 Innledning

Sweco er engasjert av Møre og Romsdal fylkeskommune til prosjektering av ny ferjekai i Åram i Sande kommune. Kaien er en av fire kaier som inngår i «Ytre Sunnmørspakke – Sandesambandet».



Figur 1: Oversiktskart, Åram markert med grønn, stiplet sirkel [1].

Nye tiltak som skal gjennomføres er:

- Forlengelse av tilleggskai (~18m)
  - Gangbro
  - Betongdykdalb på stålrørspeler
  - Stålkonstruksjon på stålrørspeler
- Etablering av ny fergekaibro (9x18m)
  - Landkar til fergekaibro
  - Komplette fergekaibro
- Etablering av nytt aggregatthus

Rapporten inneholder geoteknisk prosjektering av stålkjernepeler i berg, stålrørspeler i berg som fundamentering av ny gangbro og fergekaibro. Armering og støp i stålrørspeler er prosjektert av RIB. Friksjonsplate er prosjektert av RIB men tatt KS på inputparameter av RIG.

## 2 Grunnlag

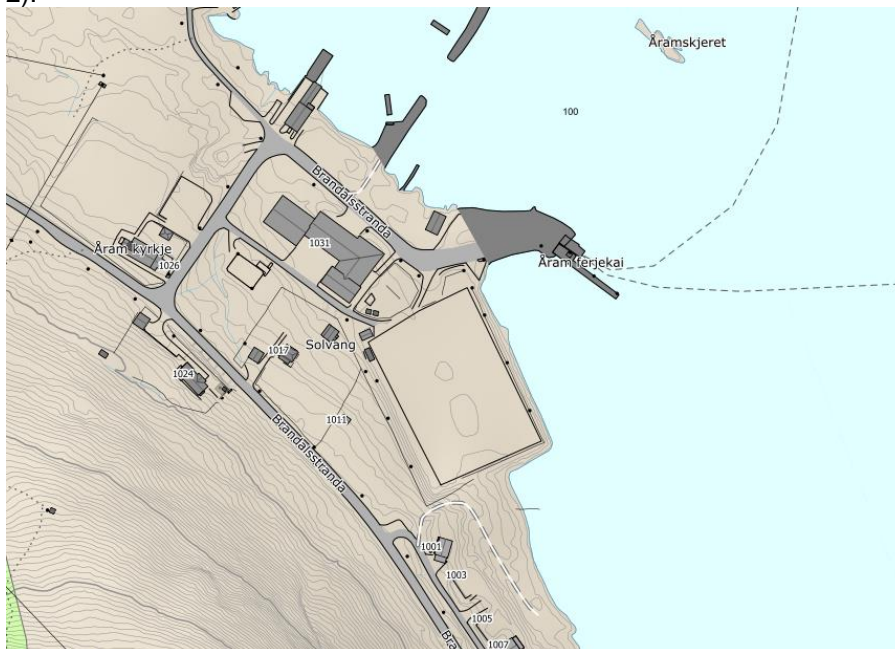
### 2.1 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i området i to omganger. I 1990 ble det utført 5 totalsondering i forbindelse med pelearbeider for nåværende fergekai. I oktober 2019 ble det utført 8 totalsondering og tatt opp en prøve av berg- og geoteknikkseksjonen i Region midt hos Statens vegvesen. Statens vegvesen har i sin rapport tatt med resultatene fra relevante boringene fra år 1990 [1].

Denne rapporten omhandler ingen forhold knyttet til miljøteknisk rådgiving. De omtales i en separat rapport fra Sweco [3].

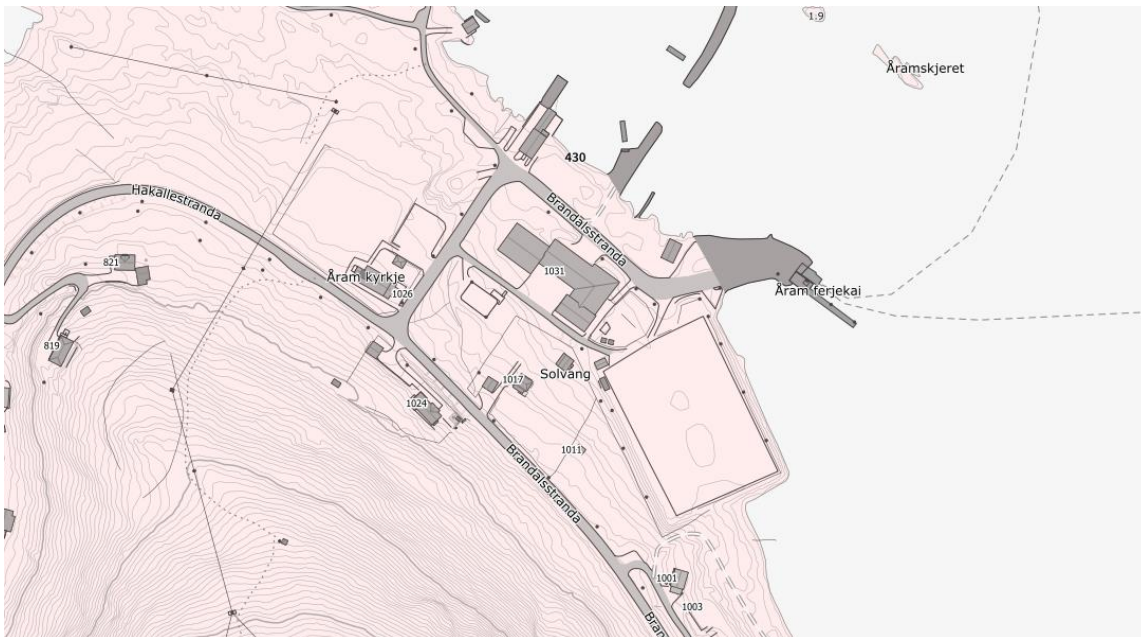
### 2.2 Terreng og grunnforhold

Ifølge NGUs løsmassekart består løsmasser på land av humusdekke/tynt torvdekke over berg (Figur 2).



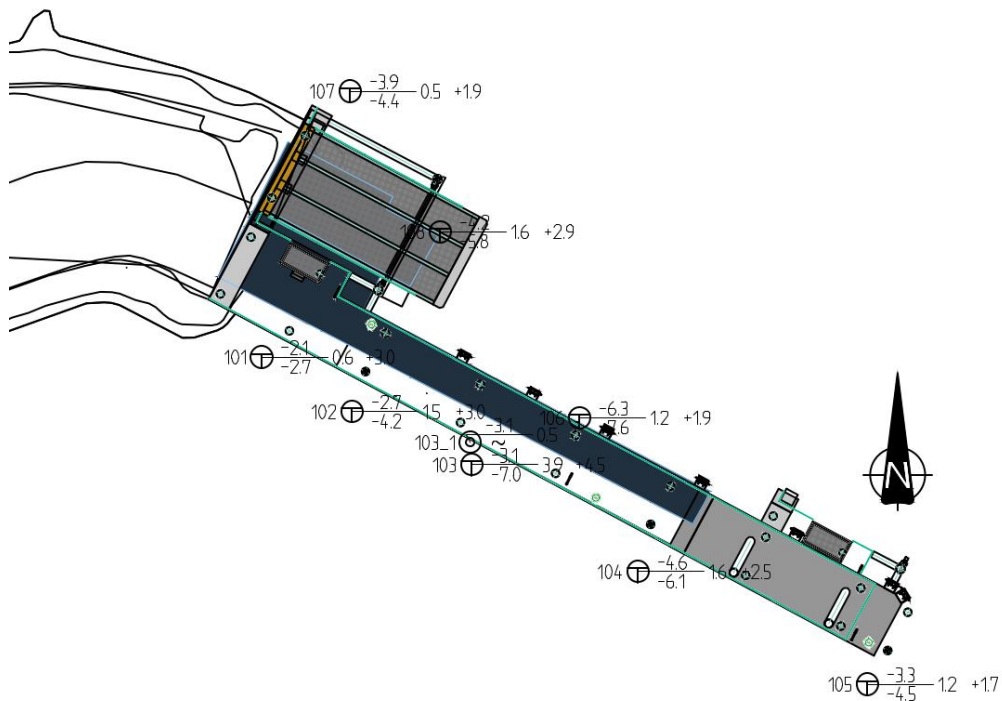
Figur 2: NUG løsmassekart [2].

I NGUs berggrunnskart er Åram kun dekket av kart på regionalt nivå (Figur 3). Denne viser at bergmassene i området er av typen granittisk gneis.



Figur 3: NGUs berggrunnsdatabase [3].

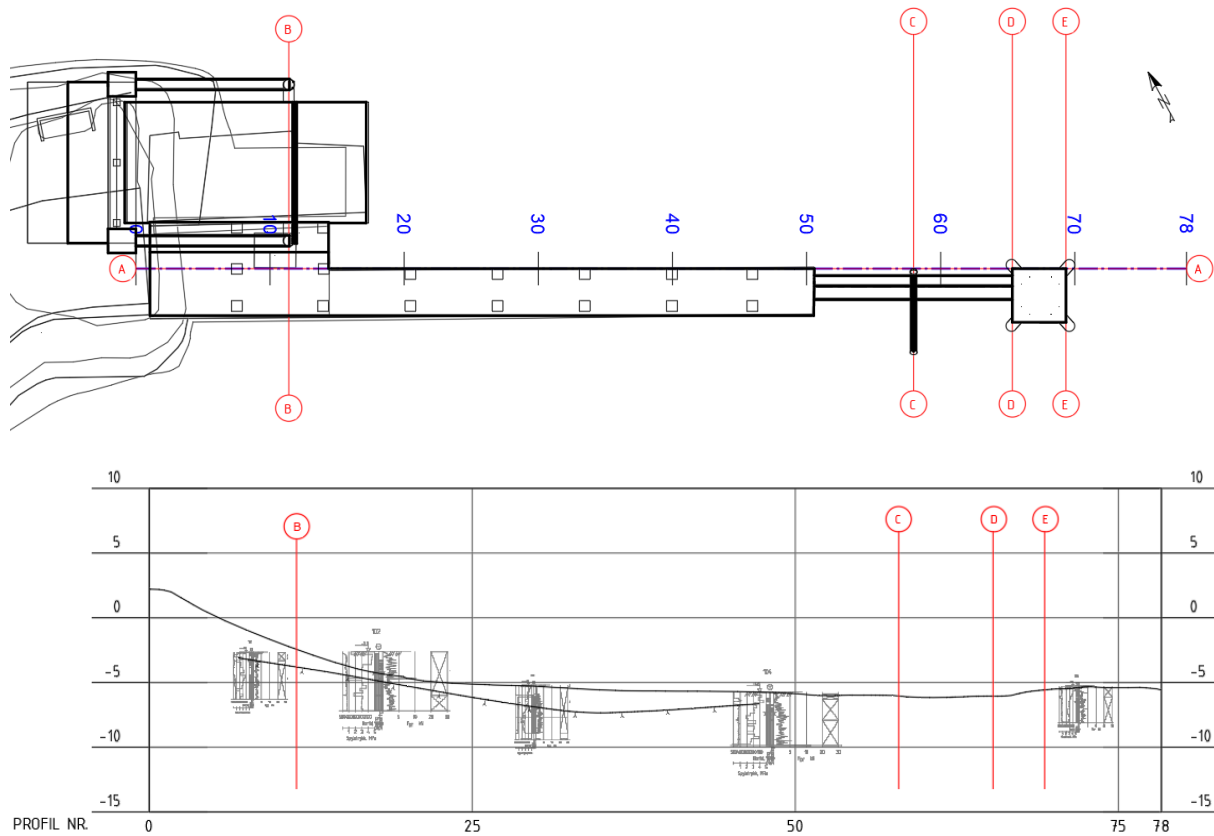
Utførte grunnundersøkelser i området for nye kaikonstruksjoner viser kort avstand til berg. Løsmassetykkelsen i boringene varierer fra 0,5 til 3,9 m, og berg er registrert mellom kote -2,7 til -7,6. (Figur 4).



Figur 4: Utklipp fra borplaner fra grunnundersøkelser [1].



Løsmassene består av et litt løsere topplag på 0,5-1,5 m over fastere masser over berg. Det er tatte en prøve mellom 0-1 m i punkt 103. Basert på prøvetakingen består massene av sand med stort innhold av skjell. I Figur 5 vises lengdesnitt av grunnforhold og ny kaikonstruksjon.



Figur 5: Snitt i borer langs ny kaikonstruksjon.

## 3 Prosjekteringsforutsetninger

### 3.1 Regelverk og standard

Gjeldende regelverk og prosjekteringsstandarder legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen:

- 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 - Del 1: Allmenne regler)
- NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 (Eurokode 3 Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 5: Peler og spunt)
- 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)
- NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold)
- NS3458:2004 Komprimering – Krav og utførelse
- Byggeteknisk forskrift (TEK 17)
- Byggesaksforskriften (SAK 10)

I tillegg, i den grad de er relevante, benyttes følgende veiledninger og håndbøker:

- Veiledning til TEK 17
- Veiledning til SAK 10
- Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2018
- Statens vegvesen, Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, 2014
- Statens vegvesen, Håndbok V431 Ferjekai, prosjektering, 2017
- Norsk Geoteknisk Forening (NGF), Peleveiledningen, 2019

### 3.2 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 [4] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering".

Ny gangbro skal pelefunderes til berg i sjø. Det skal i tillegg bygges ny ferjekaibru med heisetårn som pelefunderes i berg. På land skal det etableres landkar for ny ferjekaibru. Dette fundamenteres på stålkernepeler til berg og friksjonsplate innland.

Prosjektet omfatter konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.

Med dette som grunnlag velges følgende:

Fundamentering → Geoteknisk kategori 2

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

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [4] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

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

«Kompliserte tilfeller»

«Enkle og oversiktlige grunnforhold»

Fundamenteringsforholdene for ny kai anses å være enkle og oversiktlige.

For geoteknisk prosjektering av prosjektet velges følgende konsekvens-/pålitelighetsklasse:

Fundamentering → CC/RC = 2

### 3.4 Krav til kontroll

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [4] gir føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Dette innebærer i henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) at det for prosjekterings- og utførelseskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse PKK2 og en utførelseskontrollklasse UKK2 for grunnarbeidene.

For geoteknisk prosjektering og utførelse av arbeidene gjelder dermed at det utføres *egenkontroll* (DSL 1), *intern systematisk kontroll* (DSL 2) og i tillegg *utvidet kontroll* (DSL 3). I henhold til standarden kan utvidet prosjekterings- og utførelseskontroll i klasser PKK2 og UKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

### 3.5 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [4] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivaretatt for alle pålitelighetsklasser.

### 3.6 Seismisk grunntype

NS-EN 1998 gir regler for prosjektering av konstruksjoner for seismiske laster. Grunntype kan velges i henhold til tabell NA.3.1 i 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 [5].

For stålkjernepeler på land er dybde til berg under 5 m. For stålrørspeler er avstand til berg fra mudringskote -6,0 også under 5 m.

Basert på dette konkluderes det med at følgende grunntype er aktuell for prosjektet:

- Grunntype A

## 4 Geoteknisk prosjektering

### 4.1 Bæreevne av stålkjernerpeler

Landkar for ferjekaibru skal fundamenteres på land med stålkjernerpeler i berg.

Massene i grunnen er såpass faste og avstand til berg kort at knekkapasitet av pelene ikke er dimensjonerende. Det er ikke strekk i noen peler og de dimensjoneres kun for trykk.

Pelekapasitet ble beregnet iht. Peleveiledningen 2019 [6] og tverrsnittskontrollen utføres iht. NS-EN 1993-1-1 [7]. Følgende parametre er benyttet i peleprosjekteringen:

- Partialfaktor for materialegenskap,  $\gamma_{MO} = 1,05$ .
- Reduksjonsfaktor  $f_a = 0,9$ .
- Stålkvalitet for stålkjernerpeler S355J2AR
- Fringsrør S355J2H med minimum flytegrense på  $f_y = 295 \text{ N/mm}^2$ .

$$N_i = f_a \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_m}$$

Installert kapasitet av peler er angitt i Tabell 1.

Tabell 1: Installert kapasitet av stålkjernerpeler.

Stålkjerne [mm]	Foringsrør [mm]	Godstykkelse [mm]	Installert kapasitet [kN]
100	168,3	4,5	2121
120	193,7	5,0	2860
130	219,1	5,0	3356
150	219,1	5,0	4468

Berggrunnen består sannsynligvis av gneis og bæreevne på berg er vurdert til å være tilstrekkelig. Ifølge RIB er det kun aksiale krefter på pelene. Valg av peler og utnyttelse vises i Tabell 2.

Tabell 2: Valgte peler.

Fundament	Trykklast i pel [kN]	Valgt pel [mm]	Installert kapasitet [kN]	Utnyttelse [kN]
Pel 1	1783	ø130	3356	0,53
Pel 2	1121	ø130	3356	0,33
Pel 3	1117	ø130	3356	0,33
Pel 4	1542	ø130	3356	0,46

Vannstandsmåling skal utføres, og resultatene skal oversendes geotekniker fortløpende. Dersom vannstandsmålingen viser oppsprukket berg, kan det være behov for injisering av berg og vanntapsmåling etter det. Peleprotokoller for blant annet foringsrør og vannstandsmålinger skal iht. kontrollplanen, se vedlegg, sendes til prosjekterende av geoteknikk fortløpende, og før installering av stålkjerner.

## 4.2 Stålrørspeler

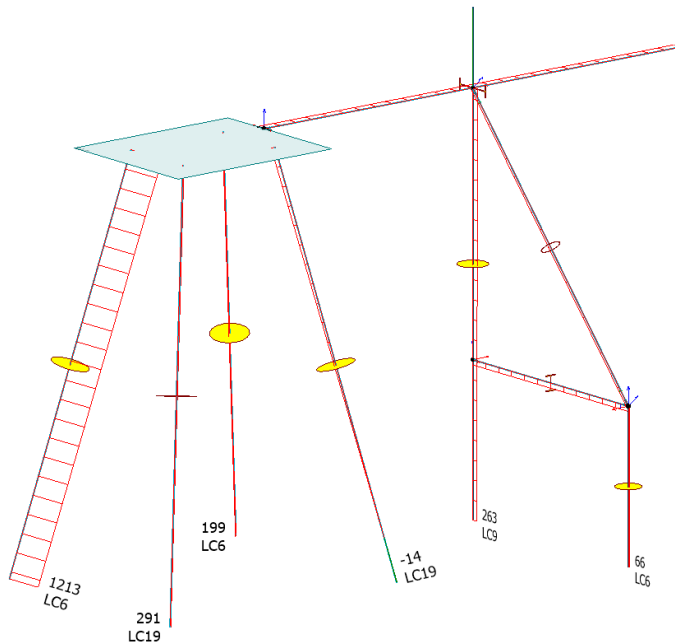
Dykdalb, stålbukk, eksisterende tilleggs kai og heisetårn fundamenteres på stålrørspeler i berg. Stålrørspelene har dimensjoner fra ø508 til ø1016. De bores ned i berg og støpes ut med armeringsnett og betong. Nødvending armering og kapasitet av utstøpt pel beregnes av RIB.

Det er kort til berg og dermed sett bort fra stivheter knyttet til de løsmassene som peler føres gjennom før de kommer i berg.

Minimum innboringslengde av stålrør i godt berg skal være 2,0 m. Fullt tverrsnitt skal bores inn i berg.

### 4.2.1 Forankring i berg

I bruddgrense oppstår det strekk i pelene. Strekkreftene opptas i separat forankring i pelene med en sentrisk boret dybel. Strekkrefter i pelene vises i Figur 6.



Figur 6: Strekkrefter i pelere, fra RIB.

Det oppstår strekkrefter i pelere for dykdalb. Den ene av to ytterste pelene har størst strekk og prosjekteres for 1213 kN mens de andre pelene har alle strekkraft som ligger under 300 kN.

Indre kapasitet av dyblene ble vurdert iht. V220 [11] og de er prosjektert med følgende:

- ✓ Brudd mellom dybel og mørtel
- ✓ Brudd mellom mørtel og berg
- ✓ Stabilitet av berg mot uttrekking

Stålkvalitet er S355 og borkrone for dybler i berg er  $\varnothing 200$ .

Tabell 3: Dybler til forankring mot strekkklaster.

Dimensjonerende strekklast i ULS	1250	300	kN
Diameter på dybel	90	50	mm
Utnyttelse i dybel, ULS	80,0	64,1	%
Forankringslengde i berg	5,0	3,0	m
Forankringslengde i betong over berg	3,0	2,0	m

## 4.3 Friksjonsplate

Friksjonsplate bak landkar for ferjekaibru tar opp strekkrefter på friksjon. Dette prosjekteres iht. Statens vegvesen sin håndbok V220 [8], og prosjekteres av RIB. Massene under og over platen skal bestå av drenerende, ikke telefarlige masser av sprengstein, og normal komprimeres iht. NS 3458 [9].

Parameter angitt i Tabell 3 ble benyttet ved dimensjonering av fundamentering på sprengstein.

Tabell 4: Jordparametere for prosjektering av friksjonsplate

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kPa]
Sprengstein	19	42	0

Partialfaktor for materialfasthet  $\gamma_m = 1,4$  ble og ruhet over og under plate på  $r_o = r_u = 0,9$  brukes i beregningene. Platen dimensjoneres mot strekkraft på 1200 kN. Beregninger av friksjonsplate ligger i et adskilt beregningsark.

## 4.4 Mudring

Det er behov for å få nivå på sjøbunn opp til nye konstruksjoner på -6,0. Det er behov for å mudre til kote -7 for å få plass til erosjonssikring opp til fundamenter av ny kai og ferjekaibru. Mudringen blir delvis til berg nærmest land. Dersom det påtreffes berg i kote -6 eller høyere vil det ikke være behov for å mudre til kote -7 ettersom erosjonssikring utgår. Skråningshelning på mudring i løsmasser er satt til 1:1,7.

Erosjonssikring på bunn blir i form av Fk22/125 masser fra kote -7,0 til kote -6,5. Deretter legges det betongmadrasser tilsvarende Fleximat med tykkelse på 30 cm.

## 5 Utførelse

### 5.1 Kontroll på byggeplass

I henhold til NS-EN 1997-1 kapittel 2.8 (4)P skal det i den geotekniske prosjekteringsrapporten foreligge en plan for kontroll, hvis relevant. Det utarbeides ikke en egen kontrollplan, men dokumentasjon og kontroll av geotekniske arbeider skal være iht. beskrivelse utarbeidet etter Prosesskode fra Statens vegvesen. Det presiseres at peleprotokoller må sendes over til prosjekterende fortløpende under arbeidet og for stålkjernepeler før innstallering av kjernen.

Det anbefales gjennomgang av forutsetningene som er lagt til grunn i den geotekniske prosjekteringen i forbindelse med oppstart av grunnarbeider. Dette kan typisk gjennomføres i et oppstartsmøte/driftsmøte på byggeplassen med representanter fra RIG og utførende entreprenør.

### 5.2 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)

Risikoelementer knyttet til utførelse av anleggsarbeidene behandles av utførende entreprenør. Entreprenøren må som sin del av sin HMS/SHA-planlegging utføre selvstendige risikovurderinger knyttet til arbeidene og foreslå begrensede tiltak. For arbeider vurdert som kritiske, utføres SJA (sikker-jobb-analyse).



## 6 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Geoteknikk. Fv. 2 Åram fergekai. Forprosjekt Sande-sambandet. 40182-GEOT-R1,» Statens vegvesen, 2019.
- [2] Sweco Norge AS, «Sandesambandet. Miljøtekniske sedimentundersøkelser og tiltaksplan,» Sweco Norge AS, 2022.
- [3] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 30 08 2022].
- [4] NGU, «Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>. [Funnet 30 08 2022].
- [5] Standard Norge, «NS-EN 1990-1:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» Standard Norge, 2016.
- [6] Standard Norge, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 Eurocode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1,» Standard Norge, 2021.
- [7] Norsk geoteknisk forening (NGF), «Peleveiledningen 2019,» Norsk geoteknisk forening (NGF), 2019.
- [8] Standard Norge, «NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015 Prosjektering av stålkonstruksjoner,» Standard Norge, 2015.
- [9] Statens vegvesen, «Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging,» Statens vegvesen, 2018.
- [10] Standard Norge, «NS 3458:2004 Komprimering - Krav og utførelse,» Standard Norge, 2004.
- [11] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1,» Standard Norge, 2020.
- [12] Standard Norge, «NS 3458:2004 Komprimering - Krav og utførelse,» Standard Norge, 2004.



# 10229601-RIG-R04-A02\_Åram

Slutgiltig revideringsrapport

2022-11-25

Skapad:	2022-11-25
Av:	Hlif Isaksdottir (hlif.isaksdottir@sweco.no)
Status:	Signerat
Transaktions-ID:	CBJCHBCAABAAIFVpoCIUjtgqjx8TWKOIEEDW32LILEA

## ”10229601-RIG-R04-A02\_Åram” – historik

-  Dokumentet skapades av Hlif Isaksdottir (hlif.isaksdottir@sweco.no)  
2022-11-25 - 06:33:29 GMT – IP-adress: 163.116.168.114
-  Dokumentet har e-signerats av Hlif Isaksdottir (hlif.isaksdottir@sweco.no)  
Signaturdatum: 2022-11-25 - 06:34:16 GMT – Tidskälla: server – IP-adress: 163.116.168.114
-  Dokumentet skickades med e-post till Marianne V. Borge (marianne.borge@sweco.no) för signering  
2022-11-25 - 06:34:17 GMT
-  E-postmeddelandet har visats av Marianne V. Borge (marianne.borge@sweco.no)  
2022-11-25 - 06:36:38 GMT – IP-adress: 185.212.107.17
-  Dokumentet har e-signerats av Marianne V. Borge (marianne.borge@sweco.no)  
Signaturdatum: 2022-11-25 - 06:36:46 GMT – Tidskälla: server – IP-adress: 185.212.107.17
-  Avtal har slutförts.  
2022-11-25 - 06:36:46 GMT