

NOTAT

OPPDRAAG	Landbasert oppdrettsanlegg Lundevågen Farsund	DOKUMENTKODE	10225900-RIG-NOT-002
EMNE	Premisser for geoteknisk prosjektering av kai	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	BRG	OPPDRAAGSLEDER	Roger Pettersen
KONTAKTPERSON	Leif Lans	SAKSBEHANDLER	Arne Stordal
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult ASA

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av BRG Entreprenør AS til geoteknisk prosjektering i forbindelse med etablering av Landbasert oppdrettsanlegg Lundevågen Farsund.

I tilknytning til landanlegget skal det bygges en kai, og foreliggende notat presenterer premisser for geoteknisk prosjektering av fylling og kai.

- Geoteknisk kategori 2
- Konsekvensklasse/Pålitelighetsklasse 2
- Tiltaksklasse 2
- Prosjekteringskontrollklasse 2

Innhold

1	Innledning	2
2	Regelverk og standarder	2
2.1	TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	2
2.2	TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet	2
2.3	Geoteknisk kategori.....	3
2.4	Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)	3
2.5	Tiltaksklasse.....	3
2.6	Prosjekteringskontroll	3
2.7	Kvalitetssystem.....	3
3	Grensetilstander, lastsituasjoner og partialfaktorer	4
4	Naboforhold	4
5	Grunnforhold.....	4
6	Fundamentering av kai.....	6
6.1	Valg av metode.....	6
6.2	Mudring	6
6.3	Fylling.....	7
6.4	Ramming av stålørspeler.....	7
6.5	Friksjonsplate.....	7
7	Seismisk grunntype	7

00	21.10.2021	Godkjent for utsendelse	Arne Stordal	Sveinung Tveito	Roger Pettersen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai

1 Innledning

Multiconsult er engasjert av BRG Entreprenør AS til å foreta innledende geotekniske vurderinger i forbindelse med etablering av Landbasert oppdrettsanlegg Lundevågen Farsund. Det vises til vårt notat 10225900-RIG-NOT-002 for fundamentering av anlegget på land.

Foreliggende notat omhandler premisser for geoteknisk prosjektering av utfylling i sjø og bygging av kai.

2 Regelverk og standarder

Plan og Bygningsloven skal gjelde for tiltaket. For geoteknisk prosjektering gjelder dermed spesielt:

- Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)
- Byggeteknisk forskrift TEK17
- Byggesaksforskriften SAK10
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler)
- 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)

2.1 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK17 § 7-1 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Det er ikke flomfare i dette området. Men i henhold til Kartverket sine vannstands nivå for planlegging skal det legges til grunn maksimal tidevannstand på kote 1,62 (NN2000) for Sikkerhetsklasse 1 i TEK17. Sikkerhetsklasse 1 baseres på største nominelle årlige sannsynlighet på 1/20. Det er derfor lav sannsynlighet for at dette inntreffer samtidig med dimensjonerende laster.

Det er heller ikke fare for skred i dette området i henhold til NVE sitt skrednett. Kvikkleire eller sprøbruddmaterialer er ikke registrert i området.

TEK17 § 7 anses dermed som ivaretatt.

2.2 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10-1 så vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10-2 angir følgende:

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

I veiledningen til TEK 17 står det:

Kravene i forskriften er oppfylt dersom metoder og utførelser følger Norsk Standard. En korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det sikkerhetsnivået som forskriften krever.

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt over i prosjekteringen, vil TEK 17 § 10 dermed være ivarettatt.

2.3 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

Anlegget er en tradisjonell strandkai på rammede stålrørspeler gjennom utlagt fylling.

Geoteknisk kategori er valgt med utgangspunkt i følgende situasjoner beskrevet i Eurokode 7: «Konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold».

Med dette som grunnlag velges følgende krav til prosjektering:

- **Pelefundamentering** → Geoteknisk kategori 2

2.4 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)

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

Byggverket er havneanlegg som i hht. tabell NA.A1 (901) ligger i pålitelighetsklasse 2.

- **Kaier og havneanlegg** → CC/RC = 2

2.5 Tiltaksklasse

Fundamentering av anlegg og konstruksjoner som plasseres i pålitelighetsklasse 2 tilhører Tiltaksklasse 2. Sikkerhet mot brudd i jord og konstruksjoner dokumenteres med partialfaktorer, γ_M .

2.6 Prosjekteringskontroll

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 gir videre føringer for krav til prosjekteringskontrollklasse (PKK) avhengig av pålitelighetsklasse. Plan og bygningsloven (PBL) og Byggesaksforskriften (SAK10) krever i tillegg kontroll i henhold til tiltaksklasse.

I henhold til kapittel NA.A1.3.1, tabell NA.A1 (902), tabell NA.A1 (903), PBL, § 24 og SAK 10, § 14, gir dette at det for kontroll av geoteknisk prosjektering kan forutsettes:

- **Pålitelighetsklasse 2** → PKK2

Prosjekteringskontrollklasse 2 krever egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll, dvs. uavhengig kontroll utført av annen organisasjon enn den som har utført prosjekteringen.

Tiltaksklasse 2 krever følgende uavhengige prosjekteringskontroll:

- geoteknisk kategori
- pålitelighetsklasse
- dokumentasjon av kvalitetskontroll.

2.7 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai

tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Vårt system tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er dermed ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2 og 3.

3 Grensetilstander, lastsituasjoner og partialfaktorer

Prosjekteringen skal dokumentere bæreevne og stabilitet i bruddgrensetilstanden og at det ikke oppstår for store deformasjoner i bruksgrensetilstanden. Ulykkesgrensetilstanden representeres ved eventuell seismisk påvirkning og skipsstøt.

Lastfaktorer, partialfaktorer og korrelasjonskoeffisienter skal være i henhold til NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016.

4 Naboforhold

Kaien skal plasseres i en fyllingskråning etter utvidelse av eksisterende fylling. Lundevågen er i dag et utfylt industriområde der landanlegget er planlagt. Området er et skjermet industriområde uten boliger i umiddelbar nærhet. Planlagt fyllingsområde for kai brukes i dag som ankerplass for seismikkskip, se flyfoto på figur 4-1.

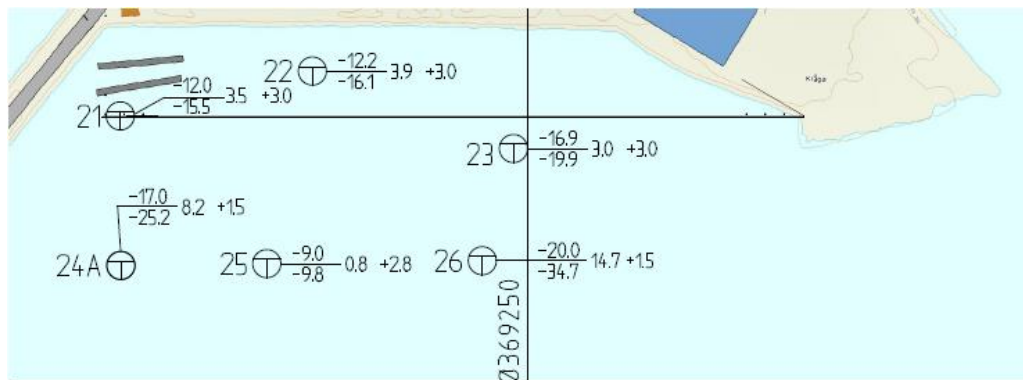


Figur 4-1: Planlagt fylling (rød) og kai (oransje)

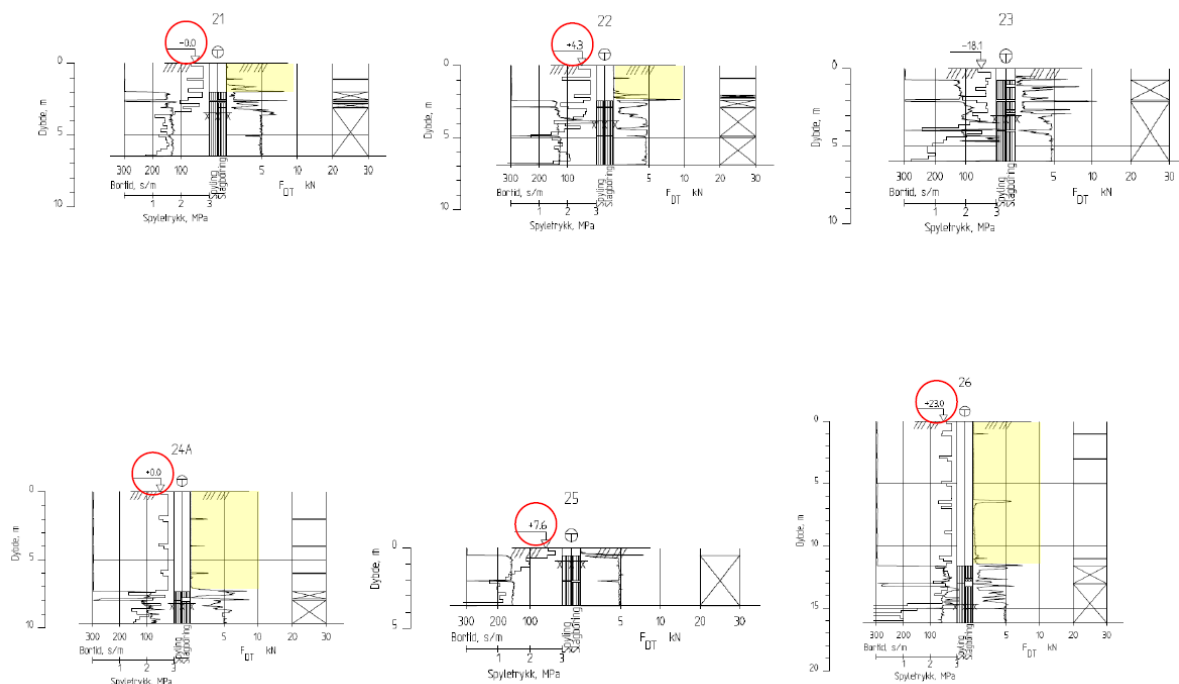
5 Grunnforhold

Det er utført grunnundersøkelser fra båt i området, kfr. Rambøll-rapport 1350039444-001 rev01 datert 23.09.2021. Resultater fra sonderinger på sjø er kopiert her:

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai



Figur 6-1: Borplan sjøboringer (Rambøll)



Figur 6-2: Resultater fra totalsonderinger på sjø (Rambøll). Markeringer med røde sirkler og gul skravering utført av oss.

Løsmassetykkelsen på sjø varierer mye fra 0,8 m til 14,7m. Rambøll har ikke klart å ta opp prøvematerialet fra løsmassene på sjø, og vi ser at det er svært bløte lag med mektighet opptil 12,0 m i pkt 26. Det finnes derfor ingen klassifisering av disse løsmassene og heller ingen indikasjon på geotekniske data som må foreligge for å kunne vurdere stabiliteten av en sjøfylling.

Konsekvensen er at det finnes to alternative metoder for kaibygging:

1. Kai på flere pelerader uten fylling i sjø
2. Mudring av bløte masser før utfylling i sjø og peling

Mudring vil kreve et omfattende regime for søknader og tiltak dersom det er forurensede løsmasser på sjøbunn. Dette må ivaretas av miljøgeologisk rådgiver. Mudringsarbeider må prosjekteres og massekontroll beregnes med bunnkartlegging før og etter utført mudringsarbeid.

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai

6 Fundamentering av kai

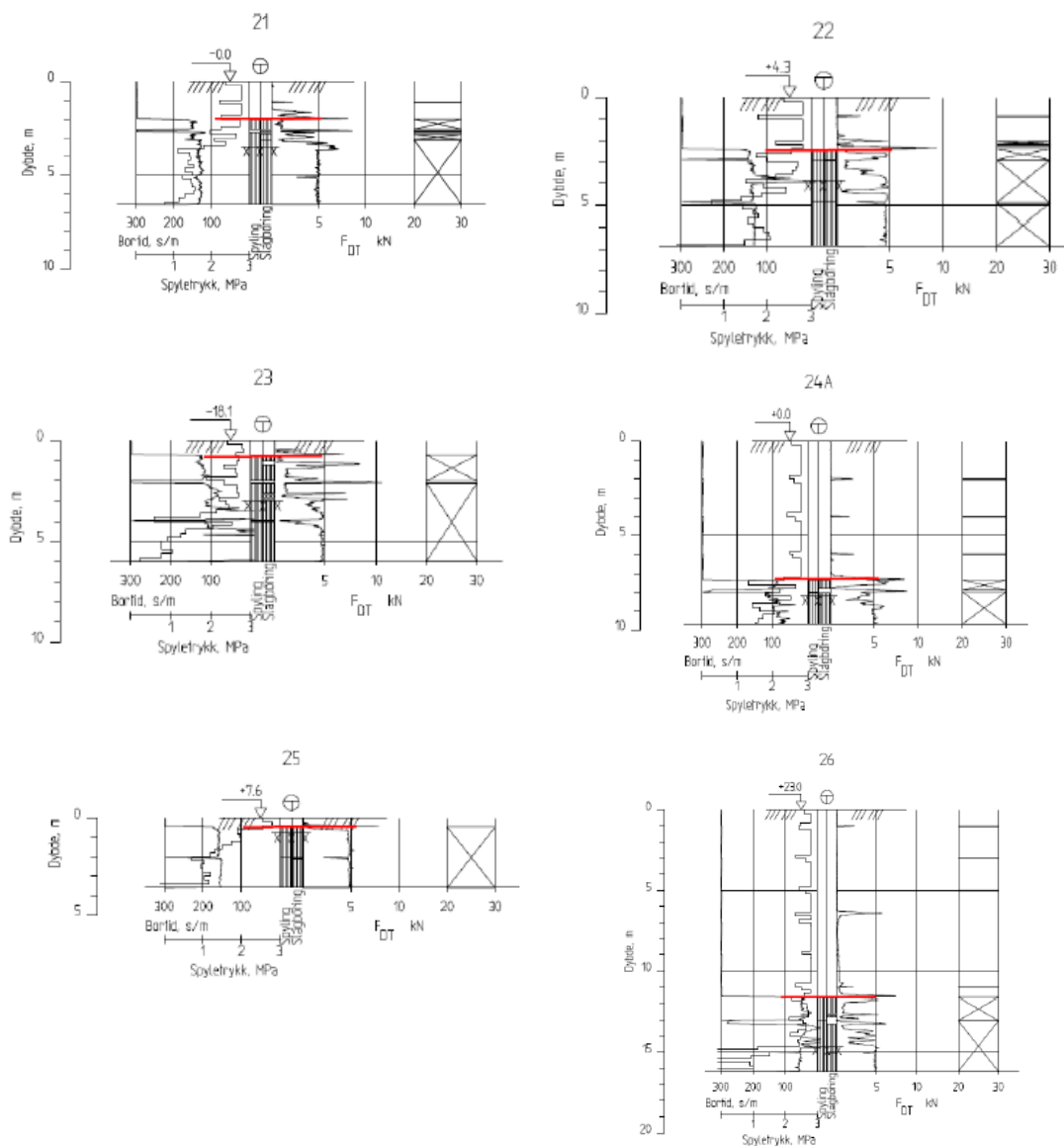
Geotekniske arbeider i forbindelse med fundamentering av kai omfatter mudring, fylling, peleramming og støping av friksjonsplate.

6.1 Valg av metode

Kaien blir prosjektert med vertikale stålrørspeler som rammes gjennom fylling og løsmasser til stopp mot berg, armeres og støpes ut. Horisontallaster på kaien blir tatt opp i en friksjonsplate i fyllingen bak. Fortøyningslaster fra skip skal tas opp av massive pullertfundamenter nedgravd i fyllingen. Fyllingskråning under kai prosjekteres med en stabil geometri og skal plastres.

6.2 Mudring

Dersom massene er så løse som det framgår av totalsonderingene, og samtidig ikke er kohesive(leire), kan mudring foregå som sugemudring til et depot på land der massene legges for avrenning. Alternativer er grabbing, men med svært bløte masser vil mye renne ut av grabben på veg opp. For å kunne anslå volum av mudring har vi angitt mudringsnivå på figur 7-1.



Figur 7-1: Anbefalt mudringsnivå

Premisser for geoteknisk prosjektering av kai

6.3 Fylling

For ramming av peler gjennom steinfylling må fyllingsmaterialet tilpasses slik at det er mulig å ramme peler til berg. Vi anbefaler maksimal steinstørrelse på 300 mm i fyllingen der det skal installeres peler. Når det er mudret til fast grunn vil det ikke være behov for motfyllinger eller andre tiltak for å ivareta stabilitet av skråningen, og det kan dermed fylles fra land. Kritiske glideflater i en slik fylling er overflateglidninger, og minste partialfaktor for glidning kan settes lik $\gamma_M = tg\varphi/tg\beta$, der φ er friksjonsvinkel i massene og β er lik skråningshelning. Fyllingen legges med gjennomsnittlig skråningshelning 1:1,4 og må plastres. Ved fylling fra land vil massene normalt legge seg brattere med helning omkring 1:1,3, og for å få til en gjennomsnittlig helning på 1:1,4 må den øverste del av skråningen slakes ned til 1:1,5 fra plastringsnivå og oppover.

Dimensjon på plastringsstein blir beregnet fra størrelsen av propellstrøm eller bølgeberegning. Størrelsen på skip må derfor oppgis.

6.4 Ramming av stålrørspeler

Vi anbefaler rammede stålrørspeler der diameter og godstykkelse tilpasses dimensjonerende laster. Rammeutstyret dimensjoneres etter grunnforhold og den motstanden som skal dokumenteres. Alle peler skal ha påsveist spiss for innmeisling i berg.

For spissbærende peler på berg er det krav i Peleveiledningen at det skal dokumenteres en dynamisk motstand som er 25% større enn dimensjonerende last. Rammeutstyret skal tilpasses motstand slik at dynamiske spenninger i pelerøret ikke overskrider stålkapasitet. Tillegg sjekkes bæreevnen av pelespiss og innmeisling i stedlig bergart, som i hht. NGU sine berggrunnskart er granitt.

6.5 Friksjonsplate

Denne kaitypen baserer seg på at horisontallaster på tvers og på langs av kaien skal tas opp av en friksjonsplate som støpes på grunnen like over normalvannstanden og fylles over opp til ferdig planert nivå. Normalt er lengden av en slik friksjonsplate lik kailengden og bredden bestemmes av geotekniske bæreevneberegninger både for minimal og maksimal vertikallast oppå fylling. Kapasiteten øker med avstand til fyllingskant, så overgangsplate og detaljer rundt fyllingskant mot kai avklares i samarbeid med RIG.

7 Seismisk grunntype

Spissverdi for grunnens akselerasjon i Farsund er $a_{gR}=0,35 \text{ m/s}^2$.

Vi har nylig fått målt skjærbølgehastighet på en tilsvarende steinfylling og resultatene ligger i området $v_s=360\text{-}1000 \text{ m/s}$. Dette tilsvarer grunntype B med forsterkningfaktor $S=1,35$.

Kaier og havneanlegg tilhører normalt seismisk klasse I, men som en del av et industrianlegg skal det settes i seismisk klasse II med tilhørende seismisk faktor $\gamma_I=1,0$. Dermed er forholdet $a_g S=0,47 \text{ m/s}^2$ og påvisning av seismisk påvirkning kan utelates.