

## NOTAT

Oppdrag	<b>Risavika - Geoteknisk rådgivning kai 25</b>	Dokumentkode	10249846-02-RIG-NOT-001
Emne	Innledende geoteknisk vurdering av kaifundamentering	Tilgjengelighet	Åpen
Oppdragsgiver	Stavangerregionen Havn IKS	Oppdragsleder	Madeleine Brandt
Kontaktperson	Hilde Frøyland	Utarbeidet av	Arne Stordal Madeleine Brandt
Kopi	Odd Bjørn Bekkeheien	Ansvarlig enhet	10233011 Seksjon Geoteknikk, samferdsel og bygg Vest

## SAMMENDRAG

Stavangerregionen Havn IKS planlegger å bygge ut kai 25 i Risavika i Tananger som totalentreprise. Det er i utgangspunktet tenkt to alternativer for kai, enten en strandkai langs eksisterende fylling eller en pir ut fra eksisterende fylling. Multiconsult er engasjert som geoteknisk rådgiver for å gi en innledende vurdering av anbefalt fundamenteringsløsning.

I vurderingen har vi lagt vekt på at det er kompliserte grunnforhold, med til dels store blokker i eksisterende steinfylling, bløt sjøbunn, oppsprukket berg (mulig morene) og store dybder til berg.

For strandkai anbefales fundamentering med borede stålrørspeler med opptak av horisontallaster med friksjonsplate i eksisterende fylling.

For pir anbefales fundamentering med rammede stålrørspeler utenfor eksisterende steinfylling, og borede stålrørspeler i område med steinfylling. Opptak av tverrgående horisontallaster ved skråpeler kombinert med friksjonsplate i eksisterende fylling.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	17.08.2023	Inkludert resultater fra grunnundersøkelser og anbefalte fundamenteringsmetoder	Madeleine Brandt	Jesper Bjerre	Madeleine Brandt
00	10.05.2023	Utkast til kommentar	Arne Stordal	Madeleine Brandt	Madeleine Brandt

## Innhold

1	Innledning .....	3
2	Grunnlag .....	3
3	Topografi og grunnforhold .....	6
4	Fundamenteringsmetoder .....	7
4.1	Aktuelle fundamenteringsmetoder .....	7
4.1.1	Rammede stålørspeler .....	7
4.1.2	Stålkjernepeler .....	7
4.1.3	Borede stålørspeler .....	7
4.2	Anbefaling for strandkai .....	8
4.3	Anbefaling for pir .....	9
5	Kommentarer til videre arbeid .....	9
6	Referanser .....	10

## 1 Innledning

Stavangerregionen Havn IKS planlegger å bygge ut ny kai 25 i Risavika i Tananger som totalentreprise, se Figur 1-1 for lokasjon. For å få enhetlige tilbud, er Multiconsult engasjert til å gi innledende geotekniske råd om mulige fundamenteringsløsninger. Det er i utgangspunktet tenkt to alternativer for kai, enten en strandkai langs eksisterende fylling eller en pir ut fra eksisterende fylling.



Figur 1-1 Lokasjon av kai 25 i Risavika havn i Tananger. Rødt rektangel angir aktuelt område.

Notatet gir en innledende geoteknisk vurdering av fundamenteringsløsning hovedsakelig basert på grunnforhold, med tilhørende usikkerhet/risiko, installasjonsmetodikk og forventede dybder til berg. Det er ikke vurdert peledimensjoner eller antall peler for kai alternativene, da det p.t. ikke er kjennskap til bæresystem og lastbilde.

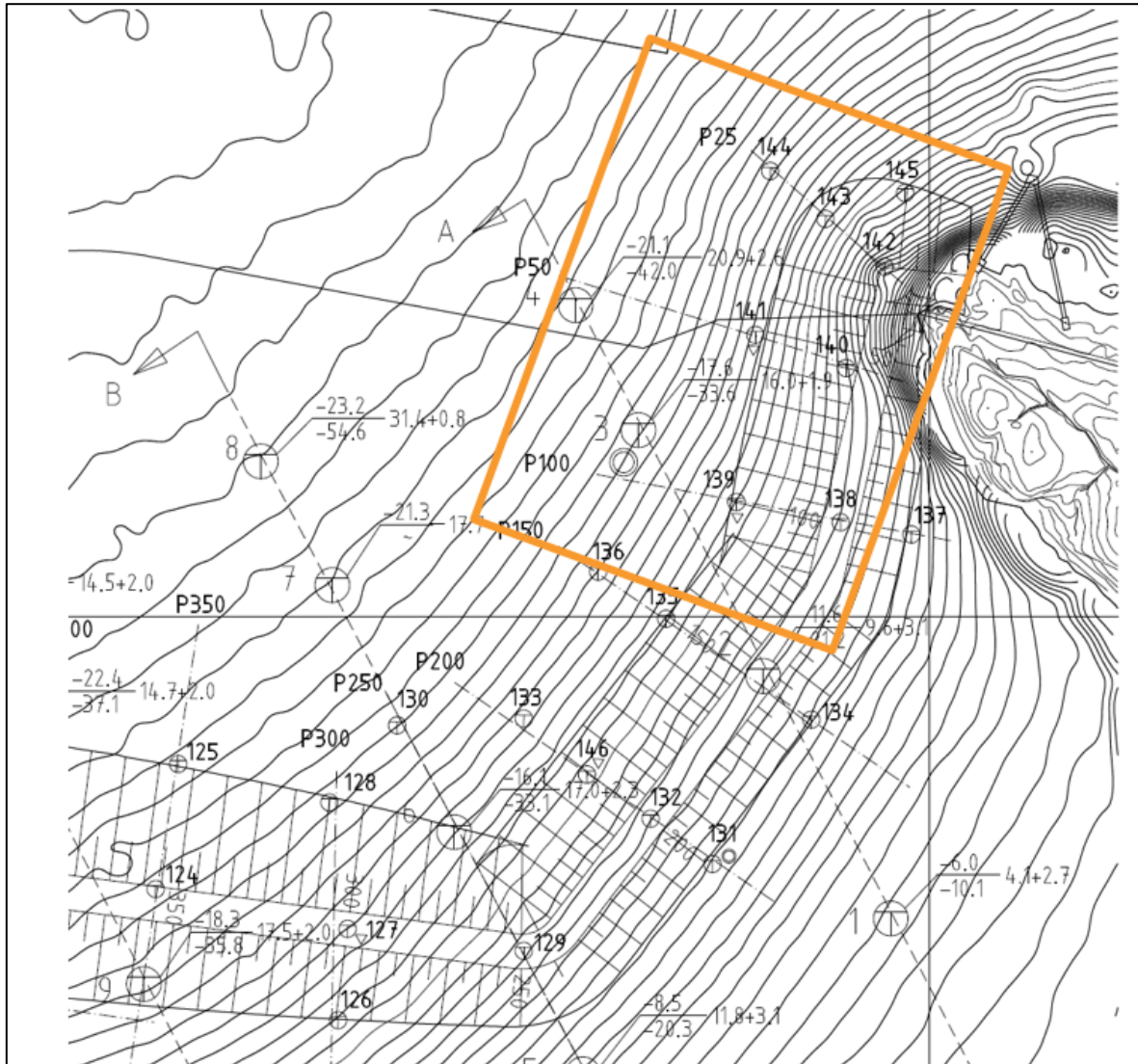
Notatet omhandler kun innledende geotekniske vurderinger knyttet til de to alternativene, og bygbarhet med hensyn på logistikk/trafikk, miljø (herunder forurensete sedimenter), konstruksjonsteknikk, reguleringsplan osv. er ikke omfattet av notatet.

## 2 Grunnlag

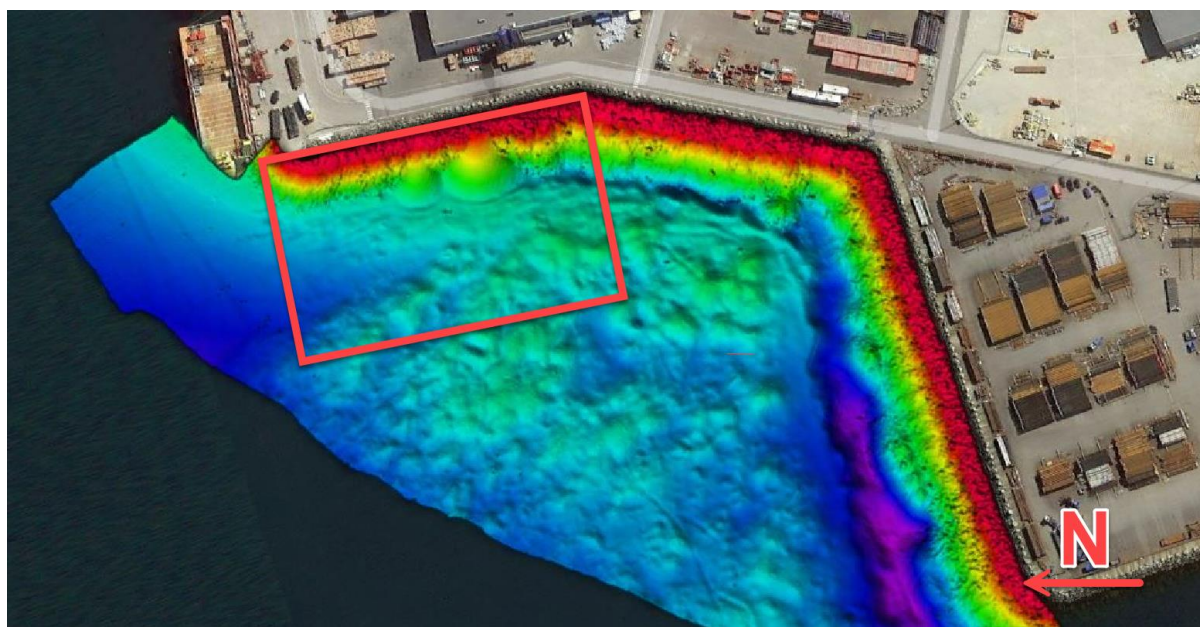
Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i området, senest en supplerende undersøkelse av Multiconsult i april 2023, oppsummert i rapport 10249846-RIG-RAP-001 [1]. Se utdrag fra borplan i Figur 2-1. Multiconsult har også tidligere utført grunnundersøkelser i Risavika for ulike aktører bl.a. i 2003, 2006 og tidligere, se sammenstilling i rapport 212341-1 [2]. Undersøkelsene i







Figur 2-2 Utdrag av borplan i rapport 212341-1 [2], med borpunkt fra 2006 med borpunktnummer >100 og borpunkt utført tidligere med borpunktnummer <100. Aktuelt område for kai 25 er indikert med oransje.

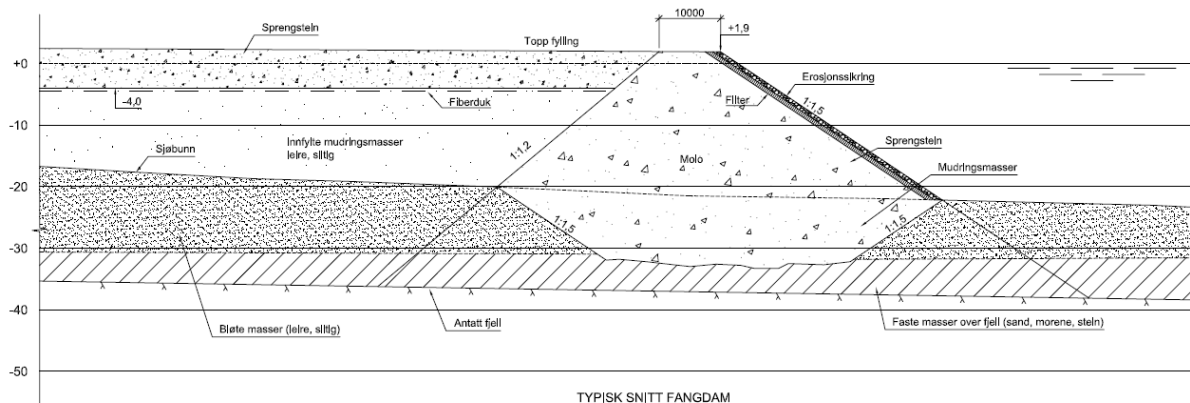


Figur 2-3 Fargeplott av dybde data fra kartleggingsrapport fra Veseth [5]

### 3 Topografi og grunnforhold

I notat fra Novaform [3] med tilhørende vedlegg kommer det bl.a. frem følgende relevante opplysninger om oppbygning av det eksisterende havnearealet (se også Figur 3-1):

- Eksisterende havneareal er bygget opp ved mudring til faste masser i en 40-80 meter bred renne, for å så etablere en sjete/fangdam i rennen.
- Fyllmassene i fangdam er fra sprengningsarbeid på land, og er til dels meget grove. Det kan forventes blokker på opp til 4-5 m<sup>3</sup>.
- Fangdammen er erosjonssikret med store blokker mot sjøen.
- På «landsiden» av fangdammen ble det ikke stilt kvalitetskrav til fyllmassene. Fyllmassene kan bestå av gravemasser av silt/leire, sand/grus med blokk og/eller sprengsteinsmasser med store blokker tilsvarende som for fangdammen. I henhold til skisse fra Dimensjon (Figur 3-1) var det ikke planlagt mudring på landsiden av fangdam.
- Mudringsmasser ble dumpet på sjøbunn utenfor/nord for fangdam
- Hverken fangdam eller fyllingen på landsiden av fangdam er dypkomprimert eller lagvis utlagt, alt er «løst» utlagt.
- Fyllingsfronten er plastret/erosjonssikret med store blokker.



Figur 3-1 Typisk snitt fangdam, utsnitt tegning H1005 fra Dimensjon for Risavika Havn AS, vedlagt notat fra Novaform [3]

Basert på grunnundersøkelser utført våren 2023 [1] ble det meldt om omfattende kiling av borstål og stor rotasjonsmotstand under totalsondering i fyllingen både på sjø og land, noe som kan tilsi at det er mye blokk i massene. Utenfor eksisterende fyllingsfront er det hovedsakelig påtruffet bløte masser av antatt leire med innslag av siltig, sandig materiale. I området utenfor fyllingsfront ligger antatt berg på mellom ca. kote minus 24 og kote minus 46, med økende dybde til antatt berg med økende avstand fra land. I område med eksisterende fylling/fangdam ligger antatt berg på mellom ca. minus kote 16 og minus kote 35. Det er i flere borpunkt registrert antatt oppsprukket berg. Det kan være utfordrende å skille mellom oppsprukket berg eller morene, og angivelse av antatt bergnivå er derfor usikker. Bergnivå er i hovedsak satt til overkant oppsprukket berg.

Kartleggingsrapporten fra Veseth [5] informerer bl.a. om følgende:

«Området som er kartlagt er begrenset av steinfylling i sør og øst, og havbunnen i området ligger hovedsakelig på 16-20m dyp. Havbunnen er stort sett ganske forstyrret og ujevn, unntatt helt nordøst i området. To vifteformede kjegler ligger utenpå steinfyllingen i øst, og ser ut til å stemme med overvannsledninger fra as-built tegninger for eksisterende kai. De to vifteformede kjeglene er bygget opp av sedimenter som avsettes fra overvannet når det mister momentet ved utløpet. Det er også en tydelig fordypning/renne langs fyllingen, og den blir gradvis dypere mot sørvest og siden vest. Rennen ligger på 18-24m dyp og stammer fra mudring i forbindelse med utfylling av eksisterende fylling ...»

## 4 Fundamenteringsmetoder

### 4.1 Aktuelle fundamenteringsmetoder

#### 4.1.1 Rammede stålrørspeler

Rammede stålrørspeler er velegnet for opptak av store laster og momenter, samt ved store dybder til berg. Det er visse begrensninger på hvor stor helning det kan rammes på ev. skråpeler fra flåte. Det er også avhengig av andre forhold som vær, loddvekt og fallhøyde.

##### Rammede stålrørspeler gjennom grov steinfylling:

Vi kjenner ikke til lastsituasjonen, men i en grov steinfylling kan ofte rammemotstanden under produksjonsramming bli like stor eller større enn den motstand som skal dokumenteres med stoppslagning i berg. En må ta hensyn til dette ved dimensjonering av godstykkelse av stålrøret. Det bemerkes også at det må forventes større installasjonsavvik enn det som normalt aksepteres, og det vil med stor sannsynlighet bli behov for tilpasninger av dekke og bæresystem. Når skråningen er plastret, må blokker sannsynligvis fjernes i pelepunktene for å få riktig ansett av pelene. Plastring skal reetableres rundt pelene etter ramming.

Pelespissene må være åpne og gjenstøpte, i tilfelle det blir nødvendig å sprengre blokker under pelespiss eller er behov for installasjon av stålkjerne til fordybning dersom det påtreffes skrått berg eller er krav om strekkforankring. Grunnet risiko for morene og/eller oppsprukket berg (fare for nedfall i åpent borehull) må pelespissene ha tilstrekkelig åpning slik at foringsrør kan installeres ved behov.

Steinfyllingen består til dels av «ikke rambare» masser, med blokkstørrelser på opptil 4-5 m<sup>3</sup>. En tommelfingerregel er at maksimal steinstørrelse i en «rambar» fylling maksimalt er 50 % av diameteren på pelen som rammes. Det vil derfor ikke anbefales å gå for en rammet løsning i område med en steinfylling bestående av såpass grove masser.

##### Rammede stålrørspeler gjennom bløt sjøbunn:

Ved ramming gjennom lite permeable masser må det vurderes om poretrykksoppbygning ved ramming kan medføre stabilitetsutfordringer.

#### 4.1.2 Stålkjernepeler

Stålkjernepeler er slanke og har ikke tilstrekkelig knekkapasitet ved sjødybder som det her er snakk om. En måte å løse dette på er å tre et grovt stålrør utenpå stålkjernepelen og støpe ut mellomrommet. For at dette skal være effektivt må stålrøret føres tilstrekkelig langt ned i løsmasser for å oppnå sidestøtte. Tilstrekkelig lengde i løsmasser må prosjekteres og dokumenteres, og må ta høyde for usikkerheter knyttet til fyllingen. Det fremheves at grunnet fyllingens oppbygning og sammensetning med til dels store blokker, forventes det omfattende undervannsarbeid i pelepunktene.

Vi har erfaring med at boring av stålkjernepeler i grove masser ofte fører til forkiling og store plasseringsavvik. Denne metoden medfører fare for mange vrakpeler.

Et annet viktig aspekt er korrosjonsbeskyttelse av stålkjernepelen under stålrøret som benyttes til sidestøtte. I en porøs steinfylling i sjø må det forventes meget korrosive forhold. Dette må tas høyde for i valgt løsning og prosjekteringen.

#### 4.1.3 Borede stålrørspeler

Borede stålrørspeler er velegnet for opptak av store laster til berg, ved skrått og/eller vanskelig berg, og ved forekomst av store blokker i fylling. Metoden anses normalt som kostbar.

## Innledende geoteknisk vurdering av kaifundamentering

Boring av peler på sjø er avhengig av en stabil flåte eller en «Jack-Up» som står på ben på sjøbunnen. Det kan være vanskelig å ansette grove stålrør i plastret fylling. Når skråningen er plastret, må blokker sannsynligvis fjernes i pelepunktene for å få riktig ansett av pelene. Plastring skal reetableres rundt pelene etter peling. Pelene bores ned i godt berg og kostnader til pelespisser spares, men løsningen innebærer samtidig at pelene blir lengre grunnet innboring i godt berg.

Det er visse begrensninger på hvor stor helning det kan bores ev. skråpeler fra flåte.

Det bemerkes at det ved boring gjennom grov steinfylling må forventes større installasjonsavvik enn det som normalt aksepteres, og mindre strenge toleransekrav må vurderes. Det kan ikke utelukkes at det kan bli behov for tilpasninger av dekke og bæresystem.

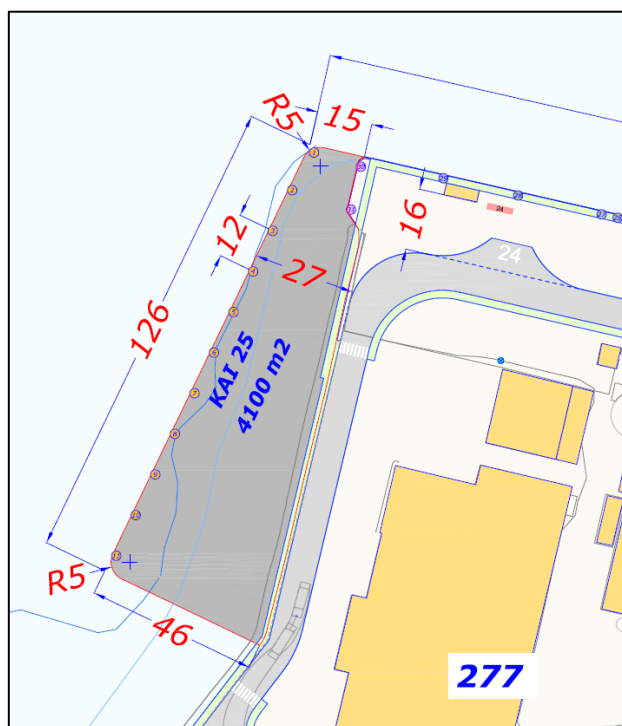
Med blokkstørrelser på opptil 4-5 m<sup>3</sup> vil det kunne være utfordrende å avgjøre om man er i berg eller blokk. Basert på prinsippkissen for oppbygning av fangdam kan det faste laget som det ble mudret ned til tenkes å være en indikator på når man er gjennom steinfyllingen. Det anbefales å sette krav til en større innboringslengde i antatt berg, for å sikre at pelen avsluttes i berg og ikke i stor blokk.

Boreoperasjonen medfører store mengder boreslam som må håndteres på byggeplass.

## 4.2 Anbefaling for strandkai

Strandkaien langs eksisterende fyllingsfront må fundamenteres på peler, og med opptak av horisontallaster på en nedgravd friksjonsplate i fyllingen. Det må vurderes om det er plass nok til en friksjonsplate i forhold til eksisterende og planlagt infrastruktur. Planlagt fotavtrykk for strandkai er vist i Figur 4-1. Innenfor kaiarealet er antatt bergoverflate registrert på ca. kote minus 15 til kote minus 35. Med antatt kappnivå på kote 1,0 forventes pelelengder innenfor kaiarealet å ligge i intervallet 16-36 m. For en boret løsning kommer i tillegg nødvendig innboringslengde i godt berg, samt innboringslengde i oppsprukket berg.

Grunnet vanskelige grunnforhold med pelearbeider i meget grov steinfylling anbefales det å gå for en robust løsning med bruk av borede stålrøspeler for strandkaien. For opptak av horisontallaster anbefales friksjonsplate i eksisterende fylling.



Figur 4-1 Strandkai langs eksisterende fyllingsfront (Stavangerregionen Havn IKS)





## 6 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, 10249846-RIG-RAP-001 Geoteknisk Datarapport, rev. 02, 17.08.2023.
- [2] Multiconsult Norge AS, 212341-1 Mudring/utfylling Risavika – Supplerende grunnundersøkelser. Datarapport., 27.09.2006.
- [3] Novaform, Vurderinger rundt bygging av ny kai 25 og 26 med ro-ro rampe, 01.07.2022.
- [4] Multiconsult Norge AS, «212341-2 Mudring/utfylling Risavika – Utførte arbeider. Sammenstilling av dokumentasjon.,» 11.09.2008.
- [5] Veseth AS, Kartleggingsrapport, Survey ID: 22-131, 25.08.2022.