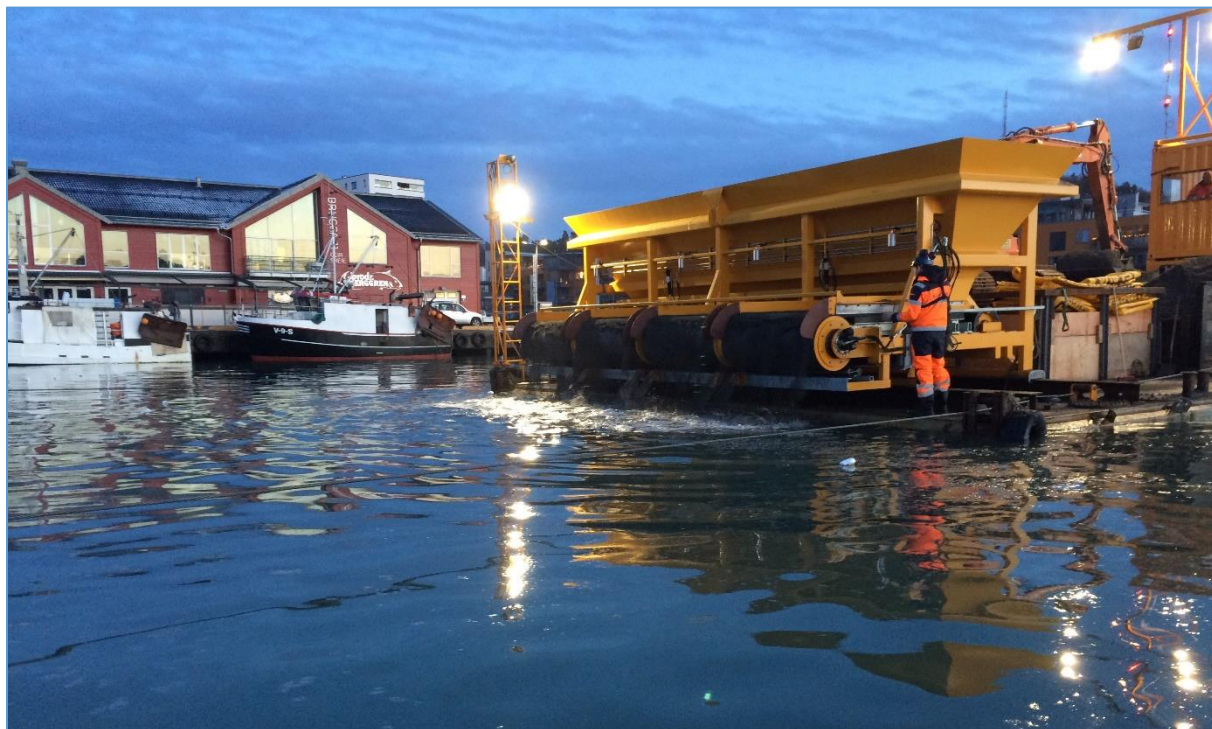


Renere Sandefjordsfjord



Erfaringsrapport byggherre

01.03.2019

**RENERE
SANDEFJORDS
FJORD**



Forord

Renere Sandefjordsfjord, opprydding i forurenset sjøbunn i indre del av Sandefjordsfjorden, er til nå norgeshistoriens største oppryddingsprosjekt i forurenset sjøbunn. Over 1 km² forurenset sjøbunn er ryddet opp i.

På begynnelsen av 1990 – tallet kom de de første undersøkelsene som viste at sjøbunnen i Sandefjordsfjorden var forurenset. I 2002-2003 ble det gjennomført en opprydding i Kamfjordkilen helt innerst i Sandefjordsfjorden, for å få erfaring med ulike metoder for opprydding. Flere nye undersøkelser utover 2000-tallet dannet grunnlag for utarbeidelse av «Tiltaksplan for opprydding i forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden», som ble ferdigstilt i juni 2011.

Sandefjord kommune søkte om statlige tilskuddsmidler til å gjennomføre oppryddingstiltak 28.09.2015 og tilsagn om statlig tilskudd ble gitt 29.03.2016. Detaljprosjektering av oppryddingstiltakene ble startet opp i begynnelsen av april 2016 og konkurransegrunnlaget for tiltaksarbeidene ble kunngjort sent i november 2016.

Tiltaksarbeidene ble igangsatt i begynnelsen av april 2017, og var planlagt ferdigstilt i desember 2017. Anleggsarbeidene ble forsinket og ferdigstilt i mai 2018, med noe etterarbeid frem til november 2018.

Skanska har som hovedentreprenør for utførelsen utarbeidet sluttrapport for de gjennomførte tiltakene (Skanska 2018).

Denne rapporten omhandler byggherres erfaringer med Renere Sandefjordsfjord, i fasene forprosjektering, detaljprosjektering og anleggsfase. For å få et helhetlig bilde av oppryddingsprosjektet bør rapporten ses i lys av sluttrapporten fra Skanska. Rapporten er forfattet av byggeleder Bjørn Nygård (Yarconsult AS), prosjektmedarbeider Pål Abrahamsen (Sandefjord kommune) og prosjektleder Ole Jakob Hansen (Sandefjord kommune).

Sandefjord 01.03.2019

Ole Jakob Hansen
Prosjektleder Renere Sandefjordsfjord.



Sammendrag

Mange ulike undersøkelser gjennom flere tiår av miljøsituasjonen i Sandefjordsfjorden resulterte i en Tiltaksplanen for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden som ble ferdigstilt i juni 2011. Denne dannet sammen med en kostnads- og usikkerhetsanalyse og økologisk konsekvensvurdering rammene for et oppryddingsprosjekt i Sandefjordsfjorden.

Opprydding i forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden ble detaljprosjektert fra våren 2016 til første kvartal 2017. Detaljprosjekteringen omfattet tildekking av den forurensete sjøbunnen, fjerning av forurenset sjøbunn (mudring) for å sikre tilstrekkelig seilingsdyp og plassering av de mudrede massene i lokalt sjøbunnsdeponi. Tillatelser til gjennomføring av tiltak ble innhentet og avtaler med rettighetshavere ble inngått. Konkurranses grunnlag for gjennomføring av oppryddingsprosjekt for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden ble lagt ut for innhenting av tilbud i november 2017.

SKANSKA ble valgt som entreprenør for oppryddingsarbeidene med Agder Marine som underentreprenør til å utføre tildekkingsarbeidene. Mudring og deponering på sjøbunnsdeponi skulle utføres av SKANSKA med grabbapparatene Brage og Balder. Arbeidene skulle gjennomføres samtidig med fergetrafikk i Sandefjordsfjorden, hvor tre ferger har daglige ankomster og avganger.

Oppryddingsarbeidene ble gjennomført med omfattende miljøovervåking for å sikre at det ikke forekom uakseptabel spredning av forurensning. For å dokumentere at den nye sjøbunnen var ren ble det tatt et stort antall prøver av den nye sjøbunnen.

Totalt ble det mudret ca. 50 000 m³ forurenset sjøbunn i flere ulike områder der seilingsdybden var begrenset. Massene ble lagt i et sjøbunnsdeponi ca. midt i tiltaksområdet. Arbeidene ble utført som forventet, men tok noe lenger tid, blant annet på grunn av et naturlig høyt partikkelinnhold i sjøvannet som ga en del stopp i arbeidene.

Over 1 km² med forurenset sjøbunn i indre del av Sandefjordsfjorden ble tildekket med rene masser, med tykkere lag med grovere masser inn mot grunne områder. Det var utfordrende å tildekke sjøbunnen med tilstrekkelig tynne og jevne lag med de planlagte metodene, det ble derfor lagt ut tykkere lag med tildekking enn planlagt i dypere områder. På grunne områder ble det utviklet et nytt tildekkingsfartøy og innhentet et annet enn det som var opprinnelig planlagt for å sikre et tilstrekkelig godt tildekkingsresultat.

For å dokumentere at tildekkingen av den forurensete sjøbunnen hadde tilstrekkelig tykkelse ble flere metoder benyttet og vurdert samlet sett. Batymetrisk oppmåling av den nye sjøbunnen med ekkolodd var sammen med fysiske målinger av tildekkingslaget ved hjelp av dykker eller kjerneprøver grunnlaget for å godkjenne de utførte arbeidene. Konkurranses grunnlaget manglet en god beskrivelse av hvordan sluttdokumentasjonen skulle utformes, dette arbeidet tok derfor lang tid.

Svært mange flytebrygger og småbåter måtte til en høy kostnad med en omfattende logistikkplan flyttes i forbindelse med både mudring og tildekking. Samtidig var sjøbunnsarealene som ble tildekket under bryggeanleggene små. I forkant av oppryddingstiltak bør det derfor gjennomføres en kost-nytte vurdering av tiltak ved småbåtanlegg, og konsekvensene for øvrig oppryddingsarbeid dersom det ikke gjennomføres tiltak ved småbåtanleggene.



Innholdsfortegnelse

Innhold

Forord.....	1
Sammendrag	2
1. Innledning.....	5
2. Detaljprosjektering.....	7
2.1. Tiltaks- og miljømål	7
2.2. Fremdrift detaljprosjektering	7
2.3. Kontraktsform og økonomi detaljprosjektering.....	8
2.4. Gjennomførte undersøkelser og vurderinger	9
2.4.1. Dybdekartlegging av tiltaksområdet	9
2.4.2. Geoteknikk.....	11
2.4.3. Udetonerte eksplosiver (uxo).....	11
2.4.4. Strøm / propellersosjon fra skip og båttrafikk.....	12
2.4.5. Bakgrunnsturbiditet (naturlig partikkelinnhold i vannet)	13
2.4.6. Tildekking.....	14
2.4.7. Mudring	14
2.4.8. Deponiløsning.....	15
2.5. Søknad om tillatelse etter aktuelt lovverk	16
2.6. Konkurransesgrunnlag	17
2.7. Kommunikasjonsstrategi og handlingsplan.....	18
2.8. Avtaler med rettighetshaverne	18
3. Anleggsfase.....	19
3.1. Metode og utstyr for mudringsarbeider og deponering.....	19
3.1.1. Mudringsgrabb og bruk av denne	19
3.1.2. Transport av muddermasser	20



3.1.3.	Deponering av forurensede masser på sjøbunnsdeponi	20
3.2.	Metode og utstyr for tildekkingsarbeider	21
3.3.	Kontroll av dybde ved mudrings- og tildekkingsarbeider	23
3.4.	Kontraktsform	23
3.5.	Skrotrydding	23
3.6.	Flytting av flytebrygger og båter, samtidig fergetrafikk.....	24
3.7.	Miljøkontroll.....	25
3.7.1.	Turbiditet (partikkelinnhold)	25
3.7.2.	Sedimentfeller og passive prøvetakere.....	26
3.7.3.	Vannprøver.....	26
3.7.4.	Sedimentprøver.....	26
3.8.	Mudring og deponering.....	26
3.9.	Tildekking.....	28
3.9.1.	Kontroll av tildekkingslagets tykkelse.....	28
3.9.2.	Testfelt for tildekkingsarbeider	29
3.9.3.	Utlekking av tildekkingsmasser med fallbunnslekter.....	30
3.9.4.	Utlekking av tildekkingsmasser med skipet Arena.....	31
3.9.5.	Utlekking av tildekkingsmasser med lekteren Sandy.....	32
3.9.6.	Utlekking av tildekkingsmasser med Ren Havn og utleggingsdrone.....	32
3.10.	Sluttdokumentasjon	34
3.11.	Kost-nyttevurderinger	34
4.	Konklusjon.....	35
	Referanser	36



1. Innledning

Fra begynnelsen av 1990-tallet ble det ved undersøkelser klarlagt at sjøbunnen i indre del av Sandefjordsfjorden var forurenset av miljøgifter. Ulike tiltak og utredninger ble gjennomført utover 2000-tallet. Samtidig ble det fokusert på at det var eldre deponier med forurenset grunn på land i nærheten av Sandefjordsfjorden som også ved utlekking kunne bidra til forurensning i fjorden. Flere oppryddingstiltak i forurenset grunn på land ble igangsatt, blant annet i indre del av fjorden ved Kilen.

Undersøkelsene og tiltakene både på land og i fjorden hadde forskjellige formål og ga ulik og spredt informasjon om forurensningstilstanden i de berørte områdene. Omfanget av undersøkelsene og den geografiske spredningen viste imidlertid at utbredelsen av forurensningen i indre del av Sandefjordsfjorden var stor. Forurensningsproblematikken var kompleks, det var behov for å se både på eventuelle tiltak på land for å hindre spredning av forurensning til sjøen og tiltak i sjøområdene. Det ble vurdert som viktig å samle alle tilgjengelige undersøkelser og utarbeide en helhetlig tiltaksplan for Sandefjordsfjorden.

Tiltaksplanen for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden ble ferdigstilt i juni 2011 (DNV 2011). All tilgjengelig informasjon om forurensningsproblematikken i indre del av Sandefjordsfjorden ble sammenstilt og supplerende undersøkelser ble gjennomført. En vesentlig del av tiltaksplanen var også å utarbeide miljømål som grunnlag for tiltaksvurderinger og gjennomføringsplan.

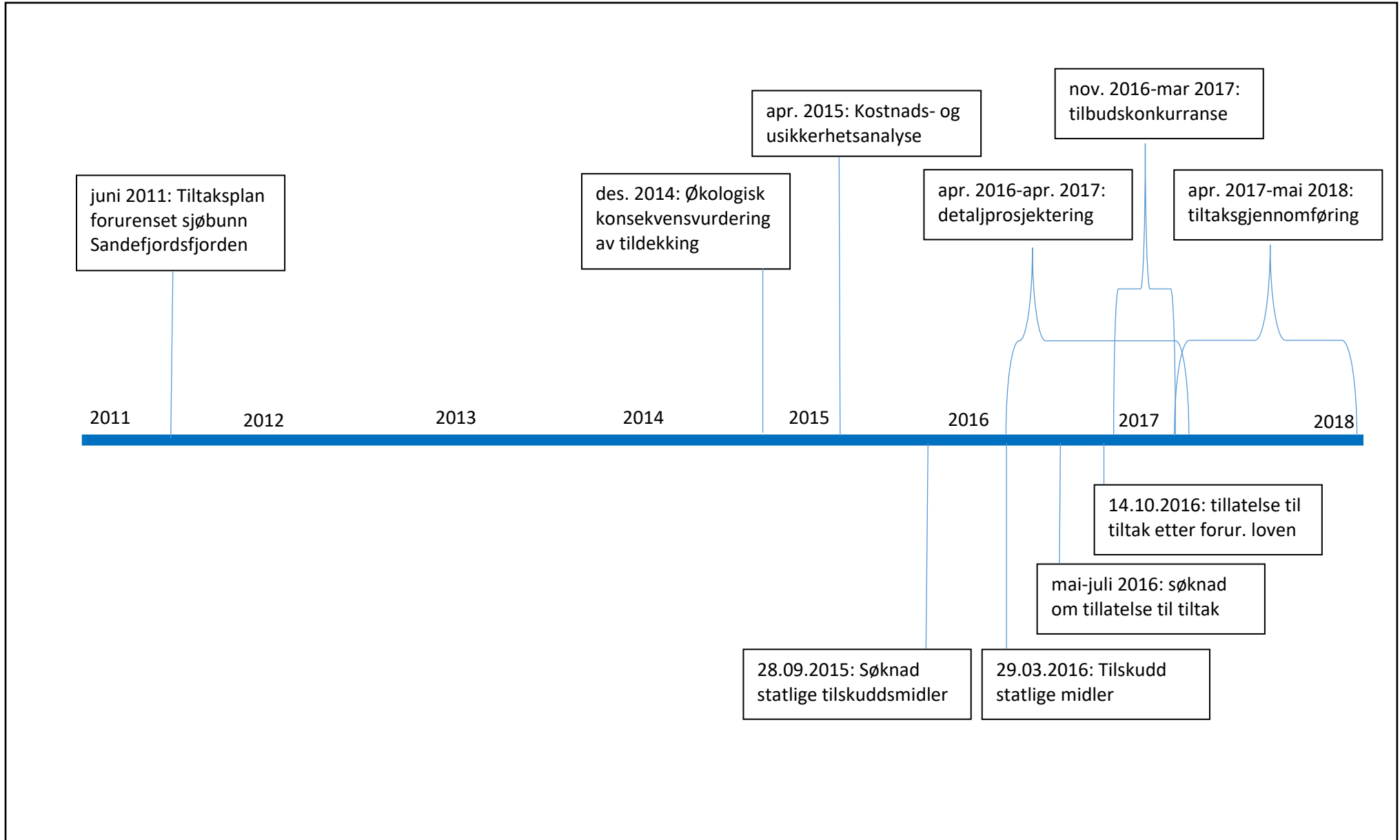
Tiltaksplanen var et viktig dokument som sammenstilte og ga en god samlet oversikt over forurensningsproblematikken i Sandefjordsfjorden. Det var også sentralt at miljømål ble definert og ulike tiltak ble vurdert. Dette ga et godt grunnlag for senere gjennomføring av kostnads- og usikkerhetsanalyse av nødvendige tiltak slik at kostnadsanslag for gjennomføring av nødvendige tiltak kunne utarbeides (DNV-GL 2015). Kostnads- og usikkerhetsanalysen inneholdt også prosjektering av tildekkingslag og geotekniske undersøkelser. Med kostnadsanslagene ble de økonomiske rammene for oppryddingsprosjektet etablert, som grunnlag for å utarbeide en finansieringsplan for de nødvendige tiltakene og søknad om statlig tilskudd til tiltak.

Tiltaksplanen og kostnads- og usikkerhetsanalysen dannet sammen med andre dokumenter grunnlaget for detaljprosjektering av tiltak. Kostnads- og usikkerhetsanalysen ble oppdatert i oktober 2016 (DNV-GL 2016).

I 2014 ble det utarbeidet en økologisk konsekvensanalyse for tildekking av forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden (DNV-GL 2014). Denne analysen har vist seg svært nyttig i mange sammenhenger, både i forbindelse med detaljprosjekteringen av nødvendige tiltak, søknad om tillatelse til tiltak etter forurensningsloven og havne- og farvannsloven, informasjonsarbeid ovenfor innbyggerne i Sandefjord og ved folkevalgt behandling av relevante saker.

På side 8 vises en tidslinje for de ulike fasene og viktige milepeler i arbeidet med Renere Sandefjordsfjord.





Tidslinje for de ulike fasene og viktige milepeler i arbeidet med Renere Sandefjordsfjord.

2. Detaljprosjektering

2.1. Tiltaks- og miljømål

Med bakgrunn i Fylkesmannens tillatelse til gjennomføring av oppryddingstiltak i Sandefjordsfjorden ble tiltaks målet formulert som følger: «*Når tildekkingen er gjennomført skal tildekkingslaget tilsvare prosjektert tykkelse i minimum 95 % av det totale tiltaksarealet. Resterende areal skal tilfredsstillende minimum 80 % tykkelse*».

Miljømålet for prosjektet var tilstandsklasse III eller bedre i den nye sjøbunnen (etter Miljødirektoratets tilstandsklassifisering av forurenset sjøbunn), miljøkravet under utførelse var tilstandsklasse I eller II.

Tiltaks- og miljømål ble beskrevet i tilbudsgrunnlaget, og entreprenør ble ansvarliggjort for å nå disse målene. Dette var helt sentrale føringer for entreprenøren ved utførelsen av tildekkingen. Under anleggsfasen ble det nødvendig å benytte flere ulike målemetoder for å dokumentere tildekkingslagets tykkelse. Måloppnåelse ble vurdert ved å se på de ulike resultatene samlet sett, og det viste seg derfor vanskelig å lage en enkel prosentvis oversikt over måloppnåelse i de ulike delområdene.

Ved gjennomføring av oppryddingsprosjektet var det også et mål å ivareta tilstrekkelig seilingsdybde i tiltaksområdene, det vil si at skip og båter i tiltaksområdet også etter at tiltakene er gjennomført skulle ha nok seilingsdybde til å kunne legge til kai eller brygge. I noen områder medførte dette mudring, i mange områder var det plass til et tildekkingslag som prosjektert. Erfaringen med de resultater som er mulig å oppnå med kjent tildekkingsteknologi er at det kunne vært mudret i større omfang enn planlagt slik at marginene for seilingsdybde etter tiltak i en del tilfeller hadde vært større.

2.2. Fremdrift detaljprosjektering

Sandefjord kommune søkte Miljødirektoratet om tilskuddsmidler til detaljprosjektering av tiltak for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden 30.09.2015, tilskudd fra Miljødirektoratet ble gitt 11.01.2016.

Etter en påfølgende anbudskonkurranse ble det inngått kontrakt med Asplan Viak med underleverandørene NGI og DNV-GL om å detaljprosjekttere tiltak for å rydde opp i forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden 1.4.2016. Fristen for å avslutte oppdraget med detaljprosjekteringen var 1.9.2016. Konkurranseskriftlaget for tiltaksgjennomføringen som var et resultat av detaljprosjekteringen ble ferdigstilt i slutten av november 2016, og da lagt ut på Doffin / TED for en tilbudskonkurranse. Av flere årsaker, som beskrevet nedenfor, ble ikke detaljprosjekteringen avsluttet før i første kvartal 2017.

I Miljødirektoratets tilsagnsbrev ble det satt som frist at detaljprosjekteringen skulle ferdigstilles innen 31.7.2016, av hensyn til at tiltaksgjennomføringen skulle gå som planlagt.



Den kontraktsfestede perioden for detaljprosjekteringen på 5 måneder viste seg å være for kort. Flere av tilbyderne var kritiske til at perioden for detaljprosjekteringen var kun 5 måneder, og mente at denne burde ha vært opptil 12 måneder. Årsaken til at det ble satt så kort frist for detaljprosjekteringen var i hovedsak knyttet til Miljødirektoratets krav til fremdrift. Erfaringene fra detaljprosjekteringen viste at 12 måneder hadde vært mer i tråd med tiden det faktisk tok å detaljprosjektere tiltakene.

Det er flere årsaker til at detaljprosjekteringen tok mer tid enn forutsatt. Umiddelbart etter igangsetting viste det seg at grunnlagsdataene for dybdemålinger ikke var av tilstrekkelig god kvalitet, og at det var behov for å gjennomføre en ny kartlegging. Med en tilbudskonkurranse for ny sjøbunnsmåling og gjennomføring av målingene forsinket dette arbeidet anslagsvis minst en måneds tid. Opprydding i forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden i det omfanget som var planlagt er heller aldri tidligere gjennomført i Norge, og spesielt aldri i Sandefjord kommune. Det var derfor problemstillinger som ikke var kjent på forhånd og som ble oppdaget underveis i detaljprosjekteringen.

Gjennomføring av oppryddingstiltakene i Sandefjordsfjorden var ikke tidskriske med hensyn på hvilket år tiltakene ble gjennomført. Det burde derfor vært satt av mer tid til detaljprosjekteringen av tiltakene. Detaljprosjekteringen foregikk faktisk parallelt med gjennomføring av tilbudskonkurransen og delvis etter at kontrakt om gjennomføring av tiltak ble inngått. Dette utgjorde dermed både en fremdrifts- og økonomisk risiko, som kunne vært unngått ved å sette av mer tid til detaljprosjektering.

2.3. Kontraktsform og økonomi detaljprosjektering

Formular for kontrakt om rådgivningsoppdrag honorert etter medgått tid (NS 8402) ble benyttet ved gjennomføring av detaljprosjekteringen. Kostnadsrammen for oppdraget var 2 mill. kr. Det viste seg at kostnadsrammen ikke holdt, overskridelsene var til dels store.

Med bakgrunn i detaljprosjekterings kompleksitet og manglende oversikt over alle relevante problemstillinger i forkant av arbeidet, erfares det at kontraktsformen (NS 8402) var riktig. Rammen for oppdraget burde imidlertid vært vesentlig større enn 2 mill. kr. Det er også usikkert om det ga et bedre resultat å beskrive en kostnadsramme for oppdraget på forhånd ved tilbudsforespørselen. Dersom tilbyderne hadde stått fritt til å foreslå nødvendig omfang av undersøkelser, og med det kostnader, kunne det gitt mer forutsigbarhet for begge parter.

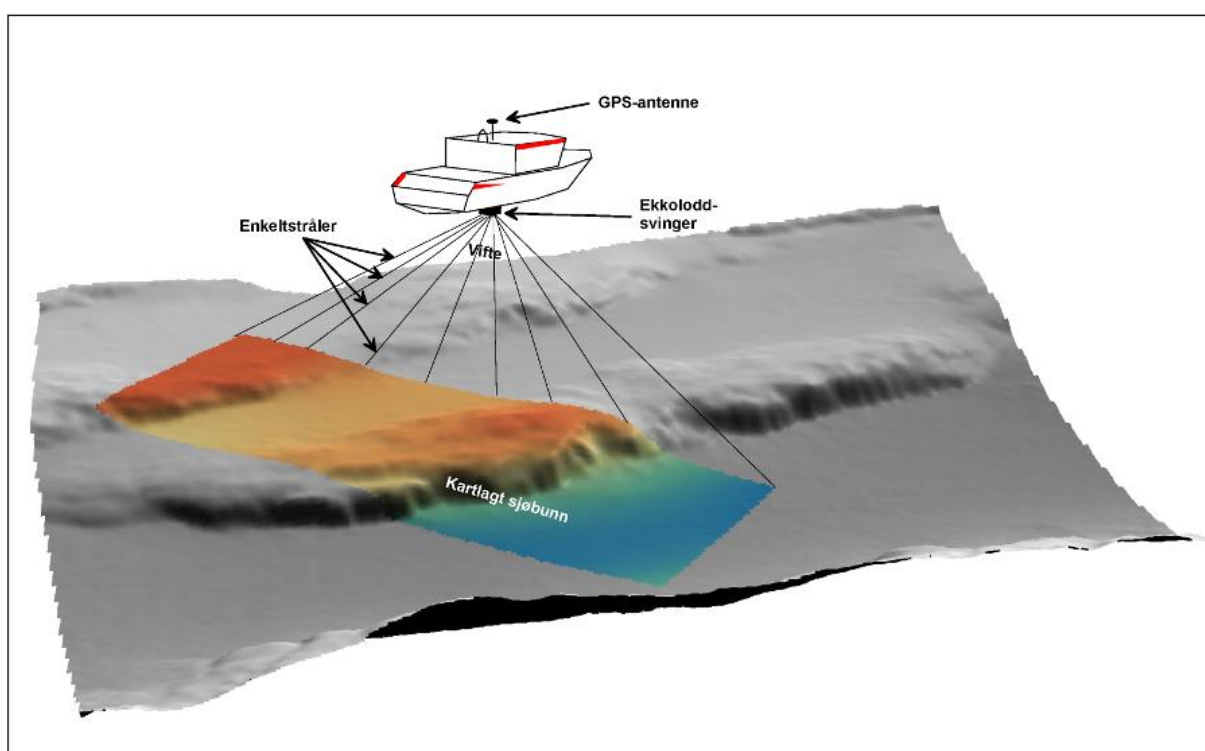


2.4. Gjennomførte undersøkelser og vurderinger

2.4.1. Dybdekartlegging av tiltaksområdet

Nøyaktig oppmåling av tiltaksområdet som en del av prosjekteringen, er en viktig forutsetning for et vellykket resultat av mudring og tildekking. Foreliggende dybdemålinger var for dårlige til å benyttes i detaljprosjekteringen og ny oppmåling måtte gjennomføres.

Oppmåling av sjøbunn utføres normalt med bruk av et nøyaktig multistråle ekkolodd koblet opp mot et satellittbasert posisjoneringssystem samt treghetsbasert bevegelseskompensering. Et multistråle ekkolodd sender og tar imot et stort antall enkeltstråler og dekker således et relativt stort areal samtidig. Ekkolodd arbeider som regel i frekvensområdet 300 – 400 kHz. Strålene ved disse frekvensene reflekteres uten å trenge ned i bunnoverflaten.



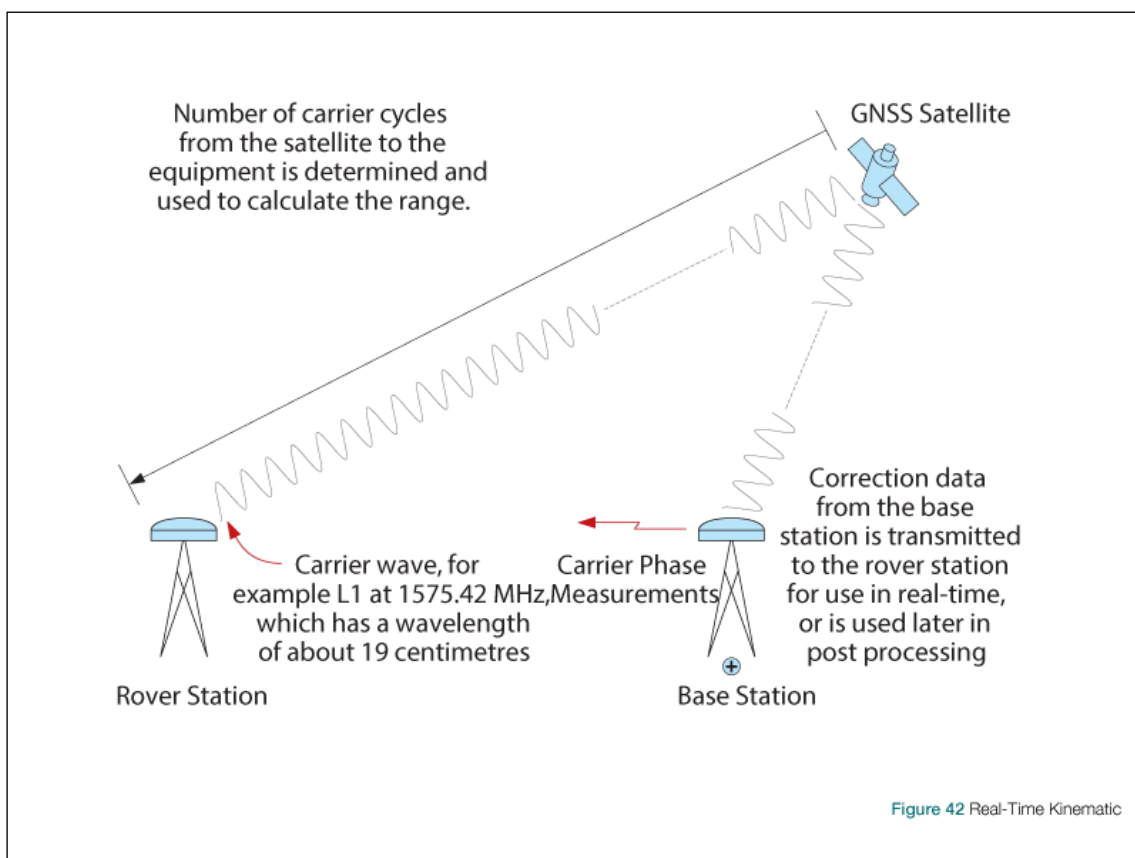
Figur 1. Prinsipp for multistråle ekkolodd (fra <https://geosubsea.no>)

Ønsker man å få en oversikt over tykkelse på løst lag over hardere bunn kan det benyttes et bunnpenetrerende ekkolodd med lav frekvens (eks. 12 kHz) som trenger ned gjennom igjennom løsere lag (lettseismikk). Lettseismikk kan i prinsippet benyttes på alle dybder, avhengig av interferens mot andre instrumenter, samt topografi. Bratte skråninger kan gi forstyrrelser som gjør tolkning vanskeligere.

Posisjonering skjer ved bruk av Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Amerikanske Navstar Global Positioning System (GPS), russiske GLONASS og europeiske Galileo er eksempler på slike satellittbaserte system.

Nøyaktig posisjonering skjer i sanntid ved bruk av RTK-GNSS (Real Time Kinematic – Global Navigation Satellite System). Signalene fra satellittene sendes til måleenheten (Rover) samtidig som de samme signalene mottas av en referansestasjon (Base Station). Referansestasjonen står i et kjent punkt og sender korreksjonssignaler til Roveren for å sikre at Roverens posisjon er så nøyaktig som mulig.

Referansestasjon kan settes opp lokalt ved arbeidsstedet eller Kartverkets posisjoneringstjeneste CPOS kan benyttes. Nøyaktigheten blir imidlertid best ved å etablere lokal referansestasjon.



Figur 2. Prinsippet for Real Time Kinematic (RTK) med bruk av måleenhet (Rover), basestasjon og satellitt.

Minimum 5 satellitter må være synlig i horisonten til enhver tid for å oppnå påkrevd nøyaktighet. Se Figur 2. Derfor er det ønskelig med minimum 7 synlige satellitter, blant annet for å kompensere for bortfall av signaler på grunn av åser og høye bygninger ved måling i havneområder.

Statens Kartverk har etablert en godkjenningsordning hvor firma som arbeider med sjømåling kan søke om godkjenning til å utføre sjømålinger som kan leveres Kartverket og inngå i offisielle sjøkart.

Krav gitt i Kartverkets «Standard og godkjenningsordning for sjøkartlegging» finnes på (<https://kartverket.no/geodataarbeid/Standarder/Standard-for-sjokartlegging/>).

For å oppnå godkjenning må sjømålingsfirmaet tilfredsstille en rekke krav når det gjelder organisasjon og kvalitet på måleutstyret.

GeoSubSea AS (<https://geosubsea.no>, Trondheim) ble sertifisert etter denne ordningen 13. januar 2017 som første sjømålingsfirma. Wise Subsea AS (<http://www.wisesurvey.no>, Sandnes) ble sertifisert 20. november 2018 som firma nummer to.

GeoSubSea AS ble, etter innhenting av tilbud fra firma som kunne levere høykvalitets sjømålinger, engasjert til å utføre nye dybdemålinger i tiltaksområdet. Målingene ble utført i mai 2016 (før Kartverkets godkjenningsordning var etablert).

GeoSubSea AS utførte målingene med et multistråle ekkolodd (Kongsberg EM2040C dual head med 2 skrogmonterte sender/mottaker-enheter). Måledekning er opp til vannflaten på begge sidene av målefartøyet eller inntil 10-ganger vanddyppet på flat bunn. Kongsberg Seatex Seapath 330 ble benyttet for bestemmelse av posisjon og retning med korreksjon for fartøyets bevegelser. Måleutstyret inngår i dag som en del i Kartverkets godkjenning.

Posisjonering ble utført med RTK – GNSS (GPS og GLONASS satellitter) og lokal referansestasjon (Base Station). GeoSubSea utførte også måling i november 2017 for å verifisere entreprenørs sjøbunnsmålinger, og forsommeren 2018 etter sluttført tiltak med innrapportering av måledata til Kartverket.

Den gjennomførte dybdekartleggingen i detaljprosjekteringsfasen hadde høy kvalitet, dette ga et godt grunnlag for videre detaljprosjektering. I tillegg har den gjennomførte dybdekartleggingen fungert som referanse ved gjennomføring av oppryddingsprosjektet. Båten som ble benyttet ved kartleggingen hadde dybdebegrensninger, slik at de grunneste områdene inn mot land i varierende grad ble kartlagt. I ettertid erfares det at en kartlegging også av de grunneste områdene burde vært utført.

2.4.2. Geoteknikk

Geoteknikk / løsmassegeologi var en av flere viktige problemstillinger som det ble fokusert på i konkurransegrunnlaget for detaljprosjekteringen. Geotekniske vurderinger for mange av de planlagte tiltakene ble gjennomført etter at de i stor grad var detaljplanlagt. Dette medførte at det ble behov for omprosjektering av planlagte tiltak og at noen tiltak ikke lot seg gjennomføre. Det viste seg også at det var behov for flere geotekniske undersøkelser, noe som både forsinket og fordyret detaljprosjekteringen og medførte en økonomisk og fremdriftsrisiko for gjennomføringen av oppryddingstiltakene. Erfaringene var derfor at det så tidlig i detaljprosjekteringen eller i forkant må gjennomføres tilstrekkelig geoteknisk kartlegging og vurderinger for de aktuelle tiltakene og om foreliggende undersøkelser gir et tilstrekkelig beslutningsgrunnlag.

2.4.3. Udetonerte eksplosiver (uxo)

Under detaljprosjektering av prosjektet ble det gjennomført en undersøkelse av om det ville kunne være fare for å påtreffes udetonerte eksplosiver i tiltaksområdet. Kapittel 3 i en rapport levert av en arbeidsgruppe oppnevnt av Justis- og beredskapsdepartementet (<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/ansvarsforhold-og-handtering-ved-funn-av/id705610/>), tar for seg kartleggingsprosessen. Rapporten er fra 2012 og derfor noe utdatert, men den kan benyttes som et utgangspunkt.

Sandefjord kommunes undersøkelse ble gjennomført av kommunen selv og bestod i hovedsak av et lokalt litteratursøk og kontakt med relevante instanser. Kommunen søkte informasjon og var i kontakt med den lokale dykkerklubben, kystlag (maritime kjentfolk), tidligere havnesjef, lokale museer, Forsvarsbygg, Skifte eiendom, Forsvarets Operative Hovedkvarter, Minekrigdatakontoret, DSB og FFI (forsvarets forskingsinstitutt). Det var svært lite informasjon som kunne tyde på at det var fare for å påtreffe eksplosiver under arbeidet, men det var FFI som ga det beste svaret og oppsummerte forsvarrets tilbakemelding på henvendelsene. Ingen konkret fare ble funnet i Sandefjord, kun tips om hvilke områder hvor det hadde foregått krigshandlinger under 2. verdenskrig, og hvor man kunne tenke seg at noe kunne dukke opp som man ikke hadde kunnskap om. I de aktuelle områdene (Framnes og Thorøya) var oppryddingstiltaket tildekking av forurenset sjøbunn, det ble derfor vurdert at det ikke var behov for tiltak mot eventuelle eksplosiver i disse områdene.

2.4.4. Strøm / propellerrosjon fra skip og båttrafikk

Tildekking over forurenset sediment skal beskytte organismene som lever på sjøbunnen mot miljøgiftene i sedimentet og hindre spredning til vannet over tildekkingen. For å ivareta denne funksjonen må tildekkingen hindre at tildekkingslaget får erosjonsskader, hindre at organismer kommer i direkte kontakt med det forurensete sedimentet under tildekkingslaget og i tilstrekkelig grad reduserer transporten av forurensning gjennom tildekkingen.

Den vesentligste skipstrafikken i Sandefjord er 3 ferger med flere daglige avganger til Strømstad. I detaljprosjekteringen ble fergenes mulige påvirkning på tildekkingen viet stor oppmerksomhet, i tillegg til erosjon fra øvrige skipskaier og havnens fiskerikai. For å ta høyde for eventuelle skipsanløp med større skip i fremtiden, ble det i en del områder lagt inn større skip enn dagens for å dimensjonere nødvendig erosjonsbeskyttelse. I strandområder med småbåthavner ble det lagt til grunn aktuell båttrafikk.

Konservative vurderinger ble lagt til grunn for dimensjonering av erosjonsbeskyttelse. Dette ga i noen tilfeller betydelig behov for erosjonssikring, både i tykkelse av erosjonslaget og kornstørrelser, og da også omfattende mudringsbehov for å opprettholde tilstrekkelig seilingsdybde. Omfattende mudring og erosjonssikring ville medført store kostnader, i tillegg viste det seg at av geotekniske hensyn ikke var anbefalt å mudre / erosjonssikre i et så stort omfang. Basert på en egen vurdering av risiko for miljøeffekter og andre effekter av eventuelle skader fra erosjon av tildekkingen ble det derfor for enkelte områder vurdert at en mindre konservativ løsning kunne velges (Asplan Viak, DNV GL, NGI 2016). Erfaringene var derfor at det må vurderes hvilke løsninger som gir en tilfredsstillende nok erosjonssikring i de enkelte delområdene, og at det i en del tilfeller vil være tilstrekkelig med mindre konservative løsninger.

Alternativet til erosjonssikring med løsmasser er betongmadrass. I ettertid er det vurdert at betongmadrass i noen tilfeller kanskje kunne vært benyttet istedenfor løsmasser, da det ville gitt en vel så god erosjonssikring og ikke nødvendigvis gitt økte kostnader.

Det ble i detaljprosjekteringen gjennomført flere detaljundersøkelser ved kaier og i strandsoner for å få mer informasjon om blant annet miljøgiftinnhold i sedimentet og sedimentenes fysiske

egenskaper (kornstørrelser m.m.). I noen tilfeller viste detaljundersøkelsene lavt innhold av miljøgifter eller fjell / grove masser slik at det ikke var behov for tildekkningstiltak. I andre områder viste undersøkelsene stor andel finmasser som indikerte at sedimentene i liten grad var påvirket av erosjon, og erosjonssikringsbehovet dermed var mindre. Erfaringen er at det i grunne områder med potensielt omfattende erosjonssikringsbehov vil være hensiktsmessig å utføre mer detaljerte undersøkelser for vurdering av nødvendige tiltak. Undersøkelsene bør gjennomføres så tidlig som mulig i detaljprosjekteringen.

2.4.5. Bakgrunnsturbiditet (naturlig partikkelinnhold i vannet)

Overvåking av turbiditet var den mest sentrale metoden for å overvåke spredning av partikler under tiltaksperioden (overvåking i sanntid). Tidligere erfaringer fra lignende prosjekter har vist at turbiditetsovervåking kan bli en utfordring og en mulig flaskehals for framdriften. Byggherre hadde derfor fokus på dette under detaljprosjektering og i prosessen med søknad og tillatelse til tiltak. Fylkesmannen valgte å gi en streng grenseverdi som utgangspunkt, en overskridelse av referanseverdi med mer enn 10 NTU utover en periode på 20 minutter ga stopp i arbeidene. Fylkesmannen var likevel klar på at det ville være mulighet for å endre tillatelsen underveis i prosjektet dersom det kunne dokumenteres at en endring var riktig.

Det ble ikke gjennomført undersøkelser av bakgrunnsturbiditet under detaljprosjektering av prosjektet, men detaljprosjekteringen la rammene for hvordan turbiditeten skulle undersøkes og overvåkes før og i anleggsfasen. Rammene for turbiditetsovervåkingen ble basert på Fylkesmannens tillatelse til mudring, tildekking og deponering av forurenset sjøbunn i indre Sandefjordsfjorden.

For å undersøke bakgrunnsturbiditeten i fjorden ble det lagt opp til at entreprenør skulle måle turbiditet sammenhengende i 1 uke i fjorden før arbeidene tok til. Det ble beskrevet slik i mengdebeskrivelsen i forbindelse med anskaffelse av entreprenør:

Referansemålinger av turbiditet (bakgrunnsmålinger) utføres 1 uke før oppstart av tiltaket ved alle stasjonene og referansestasjonen. Referansemålingene utføres midt i vannsøylen. På alle stasjonene og referansestasjonen tas også vannprøver 1 uke før oppstart.

Det ble prosjektert at det skulle måles på 4 stasjoner og 2 dyp på hver stasjon, langs bunnen og midt i vannsøylen. I tillegg skulle det være en mest mulig upåvirket referansestasjon på utsiden av tiltaksområdet. Turbiditetsmålerne skulle måle kontinuerlig, dvs. at de skulle logge data minst en gang pr. minutt.

I utgangspunktet har Sandefjordsfjorden ingen store naturlige kilder til høy turbiditet/partikkeltetthet i vannet. Det er ingen store elver som tilfører fjorden store mengder ferskvann og sedimenter, og sedimentasjonsraten er dermed lav. Innenfor tiltaksområdet kommer det ut et par mindre bekker og flere avløpsrør som måtte hensyntas under tildekkingen, men som ikke bidro til betydelig turbiditet med unntak av ved store nedbørsmengder. Ved kaiområdene i indre fjord var det i tiltaksperioden flere ferjeavganger pr. dag som kunne føre til høyere turbiditet. I Sandefjordsfjorden viste det seg likevel at turbiditetsforholdene var mer kompliserte enn prosjekterende hadde forutsett og at én uke med forundersøkelse ikke var nok for å avklare forholdene i tilstrekkelig grad.



2.4.6. Tildekking

Gjennom arbeidet med tiltaksplanen for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden (DNV 2011) ble det besluttet at en tildekking av sjøbunnen var den beste løsningen. Tildekking som legges over forurensete sedimenter beskytter organismene som lever på sjøbunnen mot miljøgiftene i sedimentet og hindrer spredning til sjøvannet over tildekkingen. For å ivareta denne funksjonen må tildekkingen oppfylle flere funksjoner som beskrevet i appendiks-prosjekteringsrapport tildekking (Asplan Viak AS, DNV GL, NGI. 2016). Den må blant annet hindre at tildekkingslaget får erosjonsskader, at bølger og vannstrøm gir økt forurensetingstransport gjennom hele tildekkingslaget og virker ned i det forurensete sedimentet, hindre organismene som lever på sjøbunnen å komme i direkte kontakt med det forurensete sedimentet under tildekkingslaget, og redusere transporten gjennom tildekkingen slik at miljømålet for overflate- sedimentet overholdes. I tillegg må man ta hensyn til usikkerhet og variasjon i konstruert tildekkingstykkelse sammenlignet med designet tykkelse.

Det ble diskutert flere ulike typer tildekking. Skulle funksjonsmålene som beskrevet over oppnås måtte dette erfaringsmessig designes som en isolasjonstildekking dersom tradisjonelle materialer som leire eller mineralske masser som knust stein ble benyttet. Ved bruk av aktive tildekkingsmaterialer kunne det potensielt være et tynnere lag med tildekking for å oppnå samme eller bedre effekt, men i dette prosjektet ble det bestemt at mineralske masser skulle benyttes i tildekkingen. En hovedårsak til at aktive materialer ikke ble vurdert benyttet er at det er liten erfaring med bruk av denne type løsninger i et så stort prosjekt, og store usikkerheter knyttet til kostnader. Mineralske masser av den typen som ble prosjektert er handelsvare i regionen som også ga mulighet for kort transportvei på sjøen.

Det prosjekterte tildekkingslaget for Renere Sandefjordsfjord var på minimum 15 cm med mineralske masser med en partikkelstørrelse (kornstørrelse) på 0-8 mm. For at de fineste partiklene i tildekkingslaget ikke skulle bli liggende på toppen av tildekkingen men bli mest mulig jevn fordelt igjennom tildekkingslaget, ble filterlaget lagt ut i flere tynne lag, gjerne ca. 5 cm. pr. lag. Dette er i hovedsak viktig for tildekkingens filteregenskaper. Der det var, eller var fare for høy energi i vannmassene, ble det designet erosjonsbestandige lag på toppen av 0-8 mm laget. Filterlaget på 0-8 mm ble redusert til 10 cm tykkelse der det også skulle være erosjonslag. Erosjonslaget bestod av ulike kornstørrelser opp mot 300 mm avhengig av behovet i de ulike områdene, men inneholdt alltid kornstørrelser helt ned mot 0-fraksjonen for å ivareta de siste filteregenskapene fra de 5 cm med filterlag som manglet. I mange småbåthavner skulle tildekkingslaget ikke overstige 20 cm av hensyn til å bevare seilingsdypet for småbåttrafikken. Totalt toleransekrav for tildekkingstykkelse ble prosjektert til 0/+5 cm for filterlag og erosjonslag tilsammen.

2.4.7. Mudring

Det ble detaljprosjektert mudring i 6 delområder med et totalt mudringsvolum på ca. 15 000 m³, og beskrevet at entreprenør som en opsjon måtte forvente at ytterligere 4000 m³ kunne bli mudret, hovedsakelig etter dialog med grunneiere og båtforeninger som ønsket tilleggsmudring. Et av de opprinnelige mudringsområdene utgikk på grunn av vanskelige grunnforhold så sent som etter at tiltaksarbeidene var igangsatt. Erfaringene var at geotekniske kartlegginger og vurderinger burde vært gjennomført i en tidlig fase av detaljprosjekteringen eller før for å unngå overraskelser sent i detaljprosjekteringen med risiko for økte kostnader og manglende fremdrift. Alle mudringsbehov

med tilstrekkelige sikkerhetsmarginer for seilingsdybde burde også vært detaljprosjektert i forkant av utførelse. Det er mer komplisert for alle parter å planlegge ytterligere mudring når entreprenøren planlegger og er i gang med utførelsen av arbeidene.

Mudringsområdene ble avgrenset ut mot sjøbunnskoten som ville gi planlagt seilingsdybde etter tiltak inkl. tildekkingslag. Noen feilmarginer ved sjøbunnskartleggingen og at avgrensningen av mudreområdene ikke tok tilstrekkelig hensyn til tildekkingslaget resulterte i noen forhøyninger i ytterkant av mudringsområdet etter at arbeidene var ferdigstilt. Erfaringene var derfor at arealet for prosjekterte mudringsområder bør gå et stykke utenfor den aktuelle sjøbunnskoten slik at man unngår forhøyninger i ytterkant av mudringsområdene som også blir tildekket.

2.4.8. Deponiløsning

I detaljprosjekteringen ble det innledningsvis vurdert ulike deponiløsninger i strandkant og på sjøbunnen i tiltaksområdet. Alternativet med levering til godkjent deponi skulle også utredes. Av hensyn til fremdrift var det ønskelig å utrede løsninger som ikke medførte behov for regulering etter Plan- og bygningsloven.

Det ble ikke funnet aktuelle arealer for et strandkantdeponi, dette skyldtes både eksisterende arealbruk, vanskelige grunnforhold og at strandkantdeponi ville kreve en reguleringsprosess.

To forskjellige sjøbunnsdeponier i tiltaksområdet ble vurdert som aktuelle, et i dypere områder i ytre havn og et ved noe grunnere områder i midtre havn. Av flere hensyn ble sjøbunnsdeponi i midtre havn vurdert som mest aktuelt og videre utredet. Alternativet i ytre havn lå nær tiltaksgrensen med større risiko for spredning utenfor tiltaksområdet. Det foretrukne i midtre havn hadde også i utgangspunktet en naturlig fordypning og den sentrale plasseringen ga korte transportavstander fra mudringsområdene.

Erfaringene med plasseringen av sjøbunnsdeponiet var gode. Det var viktig at deponiet var i et område som allikevel skulle tildekkes, da dette ga større aksept for den valgte løsningen. Det manglet tilstrekkelig tegningsgrunnlag for bygging av steinsjete som ble etablert for å forsterke eksisterende terskel i sydenden av deponiet, dette burde vært prosjektert bedre på forhånd.

Sjøbunnsdeponiet lå nær det smaleste partiet i Sandefjordsfjorden der fergetrafikk passerer flere ganger daglig. Dette ga begrensninger for arbeidene med deponering av de mudrede massene, og ble presisert i konkurransegrunnlaget. Erfaringene viste at det var viktig å ha stort fokus på dette i detaljprosjekteringen, slik at entreprenør fikk hensyntatt begrensningene ved metodevalg for deponering.

I konkurransegrunnlaget ble det også som en opsjon bedt om pris på levering av de mudrede massene til eksternt godkjent deponi, som alternativ til lokalt sjøbunnsdeponi. Dette var en god løsning, da fordeler og ulemper samt kostnader ved de ulike alternativene kunne vurderes av byggherre før det ble tatt stilling til deponiløsning.



2.5. Søknad om tillatelse etter aktuelt lovverk

For gjennomføring av oppryddingsarbeidene i Sandefjordsfjorden ble det søkt om tillatelse etter forurensningsloven, havne- og farvannsloven og plan- og bygningsloven. Fylkesmannen i Vestfold var delegert myndighet fra Miljødirektoratet for behandling av tiltaket etter forurensningsloven, Kystverket var myndighet etter havne- og farvannsloven og Sandefjord kommune etter plan- og bygningsloven.

Både Fylkesmannen og Sandefjord kommune var opptatt av å ha en tidlig dialog om behandlingen av tiltaket etter forurensningsloven. Dette ga god åpenhet og rom for diskusjon av ulike tilnærminger, og forutsigbarhet ved behandlingen. Den gode dialogen og Fylkesmannens prioritering av oppryddingsarbeidet gjorde også prosessen enklere og mer forutsigbar ved ulike problemstillinger som oppstod under utførelsen. For mindre mudringsarbeider gir normalt ikke Fylkesmannen tillatelse til tiltak i sommerhalvåret. På grunn av tiltakets omfang var det helt nødvendig å kunne utføre tiltak hele året, dette ble imøtekommet. Av hensyn til omgivelsene ble det ved Fylkesmannens behandling lagt vekt på eventuelle negative konsekvenser knyttet til støy og støv. Dette var med på å gi gode løsninger i tiltaksfasen og ingen klager fra beboere eller næringsdrivende som ble berørt av tiltakene.

Det som ble hovedgrunnlaget for søknad om tillatelse etter forurensningsloven var kostnads- og usikkerhetsanalysen (KU) som ble laget for prosjektet i 2015 (DNV-GL 2015). Målet for analysen var å skaffe til veie et mest mulig sikkert kostnadsestimat for totalkostnaden av planlagt oppryddingstiltak, og å identifisere og kvantifisere usikkerheter. Til tross for overordnet tiltaksplan og mye tilgjengelig data på miljøtilstanden i fjorden, vurderte man at kunnskapsgrunnlaget likevel var for lite til å gjennomføre en tilstrekkelig god KU. Det ble derfor gjennomført supplerende undersøkelser for å styrke analysen. Det ble gjennomført en supplerende strandsoneundersøkelse for sedimentforurensning samt geotekniske undersøkelser og vurderinger. Basert på tiltaksplanen fra 2011, økologisk konsekvensvurdering fra 2014 og kostnads- og usikkerhetsanalysen fra 2015, ble det designet et forslag til tildekking av forurenset sjøbunn. Tildekkingsdesignet inkluderte forslag til tildekkingsareal, materialvalg, plasseringsmåte og utlegging. Mudring for nødvendig seilingsdyp var også beskrevet, basert på foreliggende data. Det eksakte tildekkingsdesignet og mudringsbehovet ble funnet under detaljprosjekteringen.

Utforming av tiltakssøknaden ble gjort delvis parallelt med detaljprosjekteringen. Et utkast til søknad sto klart før detaljprosjekteringen ble påbegynt, men ble ikke endelig ferdigstilt før et stykke ut i detaljprosjekteringen. Hovedgrunnen til dette var hovedsakelig at det var behov for avklaring av mudringsbehov, samt at aktuell løsning for deponering av mudrede masser måtte bestemmes. For å finne løsninger på sistnevnte var det behov for å benytte konsulentene som arbeidet med detaljprosjekteringen for å vurdere de ulike alternativene.

Fylkesmannen ga tillatelse til tiltaket helt mot slutten av detaljprosjekteringen. Det var avgjørende for prosjektets suksess at tillatelsen kom til rett tid slik at detaljprosjekteringen kunne ferdigstilles.

Behandling av tiltakene etter plan- og bygningsloven medførte behov for en tredjeparts kontroll av en del av tiltakene, hovedsakelig med hensyn på stabilitetsvurderinger. Dette var det ikke i utgangspunktet tatt høyde for i detaljprosjekteringen, og ble derfor gjennomført rett i forkant av

selve tiltaksarbeidene. Tredjepartskontrollen medførte ikke behov for endringer, men risikoen for forsinkelser, behov for omprosjektering og potensielt økte kostnader ble større. Erfaringene tilsier at det i en detaljprosjekteringsfase også må tas høyde for eventuell tredjepartskontroll av tiltakene.

Behandling av tiltakene etter havne- og farvannsloven ga ikke noen nye momenter som ikke var håndterbare.

2.6. Konkurransesgrunnlag

Resultatet av detaljprosjekteringen var et tilbudsgrunnlag som ble lagt ut for konkurranse på Doffin og TED (EUs database for offentlige innkjøp). Tilbudsgrunnlaget inneholdt følgende dokumenter:

- Del I: Konkurransesbeskrivelsen
- Del II: Kontraktsgrunnlaget
- Vedlegg: Tekniske referansedokumenter:
 - Appendiks mudring
 - Appendiks deponering
 - Appendiks tildekking
 - Appendiks logistikkplan
 - Appendiks prosedyre testtildekking
 - Skrotkartlegging
 - Kartlegging av leverandører for potensielle tildekkingsmasser
 - Konsekvensvurdering av erosjonsløsninger
 - Feltnotat dykkerundersøkelser
 - Gytefelt- kysttorsk
 - Innmåling av kaifronter

I tillegg inneholdt tilbudsgrunnlaget øvrige dokumenter som teknisk mengdebeskrivelse, tegninger med tegningsliste, tillatelse fra Fylkesmannen og SHA- plan.

Det var planlagt å utarbeide en detaljert tiltaksplan ved detaljprosjekteringen. Denne ble erstattet av appendiksene som vist over, da det viste seg at disse inneholdt tilstrekkelig med informasjon for tilbudskonkurransen.

For å få vurdert om det kunne være samtidige store anleggsprosjekter med stort overskudd av steinmasser og eventuelt andre regionale tilbydere av aktuelle tildekkingsmasser ble det av prosjekteringsgruppen gjennomført en kartlegging av mulige masseleverandører for tildekkingsmasser. I rapporten ble det pekt på hvilke mulige leverandører som var mest aktuelle. I noen tilfeller ble det også beskrevet om massene var testet for tildekkingsformål. I oppryddingsprosjektet var entreprenør ansvarlig for levering og transport av masser for tildekkingen, de benyttet derfor rapporten som grunnlag for valg av leverandør av tildekkingsmasser. Det viste seg imidlertid at massene fra den antatt mest aktuelle leverandøren ikke var godkjent for tildekkingsformål og at det derfor måtte benyttes en alternativ leverandør. Dette førte til økte kostnader i prosjektet. Erfaringen er derfor at rapporten burde ha vært mer detaljert på om aktuelle tildekkingsmasser var godkjente for tildekkingsformål, alternativt vært helt tydelig på at informasjonen på ingen måte var en forhåndsgodkjenning av tildekkingsmassene, og at entreprenør selv stod ansvarlig for å skaffe informasjon om massene var godkjent for formålet. Et siste alternativ er at rapporten ikke burde vært utarbeidet eller lagt med i tilbudsgrunnlaget.



I konkurransegrunnlaget var det beskrevet at entreprenør stod ansvarlig for alle oppmålingsarbeider for ferdig resultat. Det viste seg utfordrende med tilbudt måleutstyr å måle på de aller grunneste og langgrunne områdene. Erfaringen er at det kunne vært tydeliggjort i konkurransegrunnlaget at entreprenør må kunne måle resultatet av arbeidene i hele tiltaksområdet uavhengig av dybde, og eventuelt presisert at tiltaksområdet inneholder både grunne og langgrunne områder.

I forkant av oppryddingsprosjektet ble det kartlagt og utarbeidet en rapport som viste omfanget av skrot på sjøbunnen. Rapporten ga begrenset med relevant informasjon for prosjektet, da det i mange av de kartlagte områdene ikke var aktuelt å gjøre tiltak for skrot på sjøbunnen. Erfaringen er at dette alternativt kunne vært håndtert av entreprenør gjennom en beskrivelse i konkurransegrunnlaget.

2.7. Kommunikasjonsstrategi og handlingsplan

Samtidig med detaljprosjekteringen ble det utarbeidet en kommunikasjonsstrategi med tilhørende handlingsplan for prosjektet.

Hensikten med arbeidet var å synliggjøre de positive miljøeffektene av prosjektet "Renere Sandefjordsfjord", og sikre at oppryddingen hadde aksept blant innbyggerne og interesseorganisasjoner. I noen tilfeller fra tilsvarende prosjekter har det vist seg at det kan være en utfordring å kommunisere slike prosjekt som positive tiltak til omverdenen. Erfaringene viser viktigheten av å være i forkant med kommunikasjonsarbeidet, slik at berørte parter er informert og involvert i tide, og er klar over hva prosjektet er og ikke er.

Kommunikasjonsstrategien ble fulgt opp med planlagte aktiviteter for kommunikasjon i forskjellige kanaler og målgrupper, både i forkant av og ved utførelsen av prosjektet. Erfaringen med det planlagte kommunikasjonsarbeidet er gode, det er viktig å legge ned ressurser i dette på forhånd.

Det ble utarbeidet en risiko- og sårbarhetsanalyse for prosjektet som ble innlemmet i kommunikasjonsstrategien. Denne kunne med fordel vært utarbeidet som eget delprosjekt /dokument og fulgt bedre opp i gjennomføringsfasen av prosjektet.

2.8. Avtaler med rettighetshaverne

Renere Sandefjordsfjord var et stort oppryddingsprosjekt og rundt 40 grunneiere / båtforeninger ble berørt av tiltakene. Det ble tidlig vurdert som viktig å ha skriftlige avtaler med både grunneiere, båtforeninger og eventuelt andre rettighetshavere om gjennomføring av de aktuelle tiltakene.

Rettighetene til ulike aktører i tiltaksområdet er forskjellige og i en del tilfeller komplekst, det kan også ta tid å finne ut av dette. Det tar også tid å informere rettighetshaverne om hva prosjektet innebærer for dem, og hva de kan forvente i forbindelse med gjennomføring av tiltakene.

Rettighetshaverne har også ulike tilnærminger til forventninger i prosjektet. Det tok derfor over 1 år fra dette arbeidet ble påbegynt til alle avtaler med rettighetshaverne ble ferdigstilt.

Erfaringen er at det er viktig å ha skriftlige avtaler med rettighetshaverne slik at det er forutsigbarhet for partene i det arbeidet som skal gjennomføres. Dette forenkler også arbeidet for entreprenør.



3. Anleggsfase

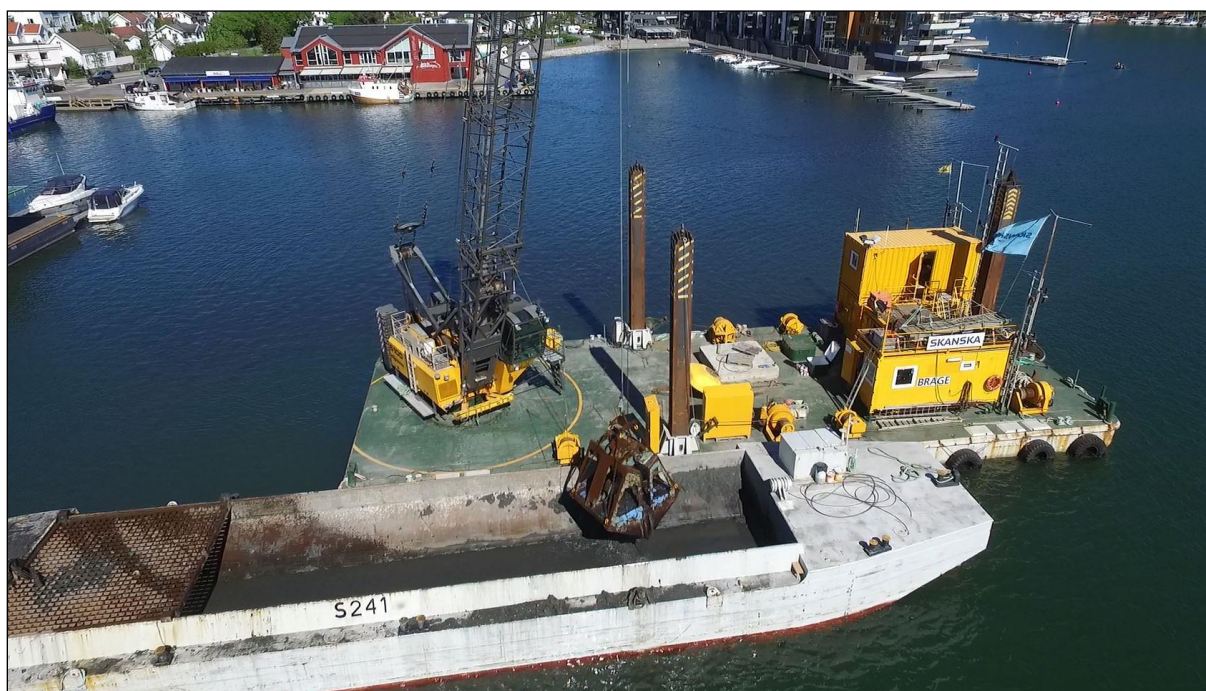
SKANSKA ble valgt som entreprenør med Agder Marine som underentreprenør til å utføre tildekkingsarbeidene. Mudring og deponering på sjøbunnsdeponi skulle utføres av SKANSKA med grabbapparatene Brage og Balder.

Kontrakten var en entreprisekontrakt hvor byggherren hadde prosjektert arbeidene mens entreprenøren skulle ha ansvar for utførelse og metoder. Kontrakten inneholdt få poster med regulerbare mengder. Volum av masser fra mudring var gitt i teoretisk faste masser. Volum av tildekkingsmasser var spesifisert i henhold til prosjektert tykkelse og kornfordeling av tildekkingslag.

3.1. Metode og utstyr for mudringsarbeider og deponering

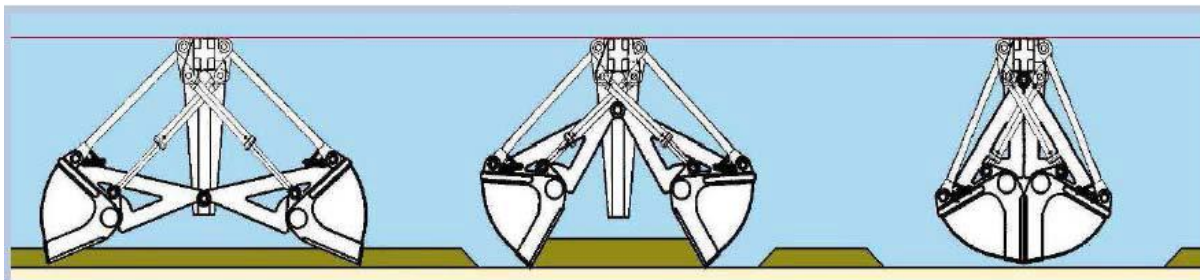
3.1.1. Mudringsgrabb og bruk av denne

Utstyr som ble brukt til mudringsarbeidet og til nedføring på sjøbunnsdeponi var lukket grabb på vaier (figur 3/4).



Figur 3. Lukket grabb på vaier og splittlekter (foto: Sandefjord kommune)

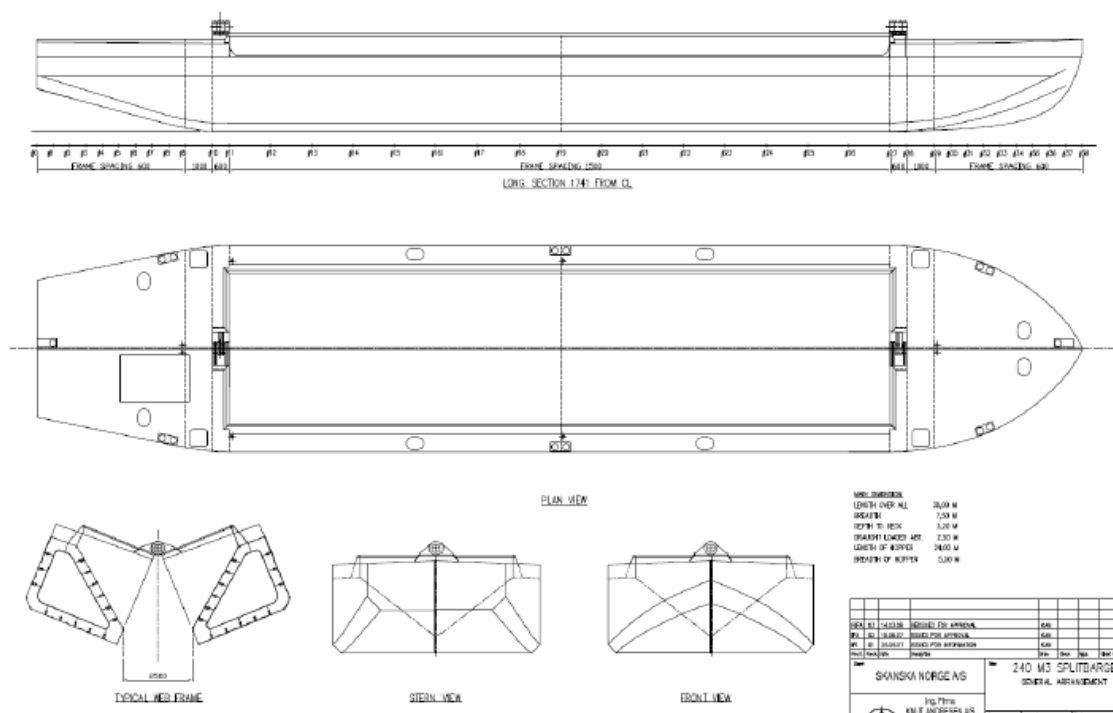
Grabben henger i vaier og har få begrensninger når det gjelder vandyp. Grabbmaskinene var utstyrt med maskinstyringssystem basert på posisjonering med RTK – GNSS som ga en nøyaktighet på ± 5 cm, litt avhengig av operatør.



Figur 4. Illustrasjon av grabb med horisontalt kutt (illustrasjon: Skanska)

3.1.2. Transport av muddermasser

Massene ble mudret i splittlektene og tauet ut til deponiet hvor de ble losset med miljøgrabb (figur 5). Splittlektene var tettet og skrogdelene var sveiset sammen for å unngå ukontrollert åpning.



Figur 5. Skanskas splittlekt for transport av muddermasser (illustrasjon: Skanska)

3.1.3. Deponering av forurensede masser på sjøbunnsdeponi

Massene som ble mudret var forurenset i varierende grad og ble lagt i et sjøbunnsdeponi innenfor tiltaksområdet. Nedføring av forurensede masser skjedde ved bruk av lukket miljøgrabb fra et av Skanskas mudderapparater (figur 6). Grabben åpnes når den er nede ved bunnen.

Maskinstyringssystemet på mudderapparatet ble benyttet til å posisjonere tømming av hvert enkelt grabb med høy nøyaktighet (RTK – GNSS).

Deponiet ble dekket til med rene masser som en del av hovedtildekkingen, men i noe tykkere lag (minst 30 cm tildekking).



Figur 6. Grabb for nedføring av mudrede masser til deponi (foto: Sandefjord kommune)

3.2. Metode og utstyr for tildekkingsarbeider

Skanska engasjerte Agder Marine (AM) som underentreprenør for tildekkingsarbeidene. AM har gjennomført en rekke tildekkingsarbeider, hovedsakelig ved bruk av fallbunnslekter eller utspyling (Rainbowing) fra Arena. Bruk av skipet Arena og fallbunnslekter var grunnlaget for inngått kontrakt.

Skanska bygget underveis i prosjektet en egen utleggingslekter til bruk på dybdekritiske områder. De leide også inn fartøyet Ren Havn fra Boston AS som ble benyttet på de grunneste områdene i havna. Dette utstyret beskrives nærmere ved gjennomgang av erfaringer.

Fallbunnslekterene har fire luker på tvers av sleperetningen. Under utlegging slepes en fallbunnslekter av en taubåt i et gitt rutemønster. Skipper på taubåten avgjør når tildekkingen skal starte og gir lektermannen beskjed om å kjøre de hydraulisk opererte lukene. Posisjonering skjer med (navigasjons) GPS og utlegging er i stor grad basert på skjønn. Tømming av massene i lekteren er basert på gravitasjon. Kohesjon i massene kan derfor føre til ujevn tømming og dermed ujevn tildekking. Erfaring viser at en fallbunnslekter egner seg best i åpne områder og på dybde dypere enn ca. 5 meter.



Figur 7. Fallbunnslekter fullastet med tildekkingsmasser (foto: Sandefjord kommune)

Skipet Arena er av typen «Trailing Suction Hopper Dredge (TSHD)» som er bygget for mudring av løse masser og da spesielt for bruk ved vedlikeholds mudring. TSHD benyttes også til innvinning av nye landområder med masser hentet fra sjøbunnen. Utspyling (Rainbowing) gjennom et rør i baugen brukes mye ved innvinning av nytt land og det er denne metoden som Arena brukte ved tildekking av sjøbunnen i Sandefjordsfjorden. Arenas dypgående er ca. 3 meter akter fullastet.



Figur 8. Skipet Arena utstyrt for utspyling av masser fra baugen (foto: Sandefjord kommune)

3.3. Kontroll av dybde ved mudrings- og tildekkingsarbeider

Skanska hadde egen oppmålingsavdeling (Skanska Survey) som utførte alt av målinger samt innlegging av kartdata i apparatens maskinstyringssystemer. I begynnelsen ble all oppmåling utført med en 19 fots båt rigget for oppmåling. Båten var utstyrt med et kvalitets multistråle ekkolodd fra Kongsberg. Målebåtens arbeid var begrenset til 2 meters vanddyb og en fjernstyrt måledrone målte dyp under 2 meter.

Til posisjonering ble det i hele prosjektet benyttet RTK – GNSS med lokal referansestasjon.



Figur 9. Måledrone for grunne områder under 2 meters dybde (foto: Skanska)

3.4. Kontraktsform

Prosjektering og anbudsdokumenter ble utført i regi av byggherre og lyst ut i en åpen anbudsrunde som en entreprisekontrakt. Ved at byggherren sto for prosjektering av arbeidene var det lite diskusjoner om hva som skulle utføres. Entreprenør kunne tilrettelegge utførelsen av arbeidene for best mulig å kunne tilfredsstill kvalitetskravene i kontrakten. Regulerbare mengder var i hovedsak begrenset til poster for miljøoppfølging.

Diskusjoner underveis ble således begrenset til et fokus på entreprenørens oppnåelse av kontraktens krav til kvalitet og måloppnåelse. Samarbeidet med entreprenøren fungerte tilfredsstillende, uten uenigheter og diskusjoner utover det man må forvente i en kontrakt av denne størrelsen.

3.5. Skrotrydding

I 2015 ble det utført en skrotkartlegging i tiltaksområdet. Kartleggingen var imidlertid av begrenset nytte på grunn av manglende posisjonsoppgivelse til funnet skrot. Kun noe større skrot kunne stedfestes, herunder vrak av kjøretøy.

Skrotrydding i mudringsområdene skulle inkluderes i mudringsprisen. Ved mudring i havnebasseng er det vanlig å finne til dels store mengder skrot. Det er derfor å foretrekke at skrotrydding inngår i enhetsprisene for mudring siden skrotet må håndteres når det kommer opp som en del av mudringen. Levering av skrot til godkjent deponi var egen post i kontrakten. Entreprenør valgte imidlertid å gjøre noe skrotrydding før mudringen ble påbegynt.

Utenfor mudringsområder ble en del skrottrydding utført som regningsarbeid, herunder fjerning av dumpede kjøretøy. Ellers var strategien at kun skrot som kunne til hinder for tildekkingen skulle fjernes. Underveis ble det besluttet å utføre noe skrottrydding i bynære områder.

Rydding av skrot i en egen operasjon er uforholdsmessig kostbart og kostnadene står ikke i forhold til nytten. Hvis man kan utføre skrottrydding, basert på nøyaktig forhåndskartlegging (med posisjonsbestemmelse), kan fjerning av skrot før arbeidene påbegynnes være aktuelt i et mindre omfang.

3.6. Flytting av flytebrygger og båter, samtidig fergetrafikk

I indre del av Sandefjordsfjorden er det hjemmehørende et stort antall fritidsbåter. For å komme til å utføre mudring og tildekking viste det seg at alle flytebrygger og båter måtte flyttes. Dette ga logistiske utfordringer med flytting og midlertidig plassering av båter og flytebrygger. Det ble blant annet etablert en midlertidig flytebrygge på utsiden av småbåthavnen Hestekoene i Indre havn for flyttede båter.

Omfang av flytting av flytebrygger og båter viste seg å være betydelig underestimert og dårlig beskrevet i anbudsunderlaget. Dette resulterte i at arbeidet med flytting ble utført som regningsarbeid med en betydelig kostnadsøkning som følge.

Erfaringen tilsier at det er lett å underestimere kostnadene ved flytting av småbåthavner, noe som er nødvendig i forbindelse med mudring og tildekking av sjøbunn. Ved senere prosjekter med omfattende flytting av flytebrygger og båter, anbefales en grundig gjennomgang av omfang av flytting. Det bør minst planlegges med to uker til flytting og reetablering pr. bryggeanlegg inklusive båter, selv om dette også er avhengig av den ressursinnsats som iverksettes.

Tre ferger har flere daglige avganger fra og ankomster til Sandefjord. Forutsetningen for oppryddingsarbeidene var at fergetrafikken skulle gå som normalt. At dette var med som en sentral forutsetning i detaljprosjekteringen gjorde at entreprenøren planla dette og valgte metoder som ga gode løsninger. Erfaringen er at med tilstrekkelig fokus på logistikkutfordringene i alle faser av et oppryddingsprosjekt vil det gi gode løsninger i gjennomføringsfasen.



3.7. Miljøkontroll

3.7.1. Turbiditet (partikkelinnhold)

Turbiditetsovervåkingen ble gjennomført med målinger i sanntid hvert 5. minutt og automatisk oversending av måldata til webløsning. Webløsningen sendte varsel ved overskridelse av grenseverdi, men tok ikke hensyn til overskridelsens varighet, slik at en overvåking av overskridelsenes varighet ble gjennomført manuelt.

Det var tre hovedutfordringer med turbiditetsovervåkingen:

1. Ved å velge et system for overvåking av turbiditet som ikke automatisk ga alarm ved overskridelse av grenseverdi med bestemt varighet, var det nødvendig å ha en vakt som overvåket resultatene kontinuerlig. Dette bandt opp en person på fulltid og førte til ekstra behov for kommunikasjon mellom turbiditetsvakt og utførende på fartøyene. Det ville trolig vært mer hensiktsmessig at alarm gikk direkte til båtene automatisk, slik at mannskapet kunne iverksatt avbøtende tiltak umiddelbart. Mange av avvikene som ble registrert i anleggsperioden kom av manglende kommunikasjon mellom entreprenør og deres underleverandører.
2. Det ble ikke gjennomført langvarig overvåking av turbiditet før tiltaket startet og det skulle vise seg at den faktiske turbiditeten i fjorden var svært varierende og uforutsigbar. Entreprenør kom også seint i gang med referansemålingene og resultatet ble også at man fikk mindre enn den forutsatte uken med målinger før tiltaket startet. I tillegg klarte man ikke å identifisere noen korrelasjon/mønster i målingene og heller ingen tidsforsinkelse mellom stasjonene. Det ble derfor ikke riktig å benytte den etablerte referansestasjonen. Dette medførte at man ikke kunne benytte planlagt referanse og arbeidet med å skaffe tilveie riktig referanse til enhver tid ble mer komplisert og tidkrevende.
3. Tillatelsen fra Fylkesmannen viste seg å være uhensiktsmessig streng i forbindelse med grenseverdier for turbiditet. Dette førte til mange unødvendige stopp i arbeidet og forlenget varighet og kostnad for tiltaket.

Prosjektet måtte etablere nye rutiner for å etablere turbiditetsreferanse. Dette ble løst ved at man benyttet målinger fra perioder hvor man ikke arbeidet, og benyttet en gjennomsnittsverdi for dette som referanseverdi for påfølgende arbeide. Dette fungerte greit så lenge man fulgte med på regimeendringer i fjorden og endret referanseverdien deretter, men det førte til svært mange stopp i arbeidene på grunn av begrensningene som var satt i tillatelsen. Til tross for dette ble alle mudre- og dumpearbeidene gjennomført uten å søke Fylkesmannen om en endring av tillatelsen. Det burde vært søkt om endrede grenseverdier for turbiditet ved mudringsarbeidene på et tidligere tidspunkt for å unngå de mange unødvendige stoppene i arbeidene.

Det ble søkt om og innvilget endring av grenseverdier for tildekkingsarbeidene. Entreprenørs miljøkonsulent (Norconsult) gjorde rede for de lokale forholdene i fjorden og konsekvensene av en eventuell spredning og det ble funnet en løsning som Fylkesmannen aksepterte. Etter at entreprenør innførte rammene for overvåking fra revidert tillatelse gikk arbeidet lettere og man unngikk mange av de unødvendige stoppene som for eksempel skyldtes spredning av rene masser innenfor tiltaksområdet eller turbiditet som var forårsaket av forhold som ikke skyldtes tiltaksarbeidet.

Det var også innimellom utfordringer med at utstyr var dårlig merket, forsvant, ble ødelagt ved uhell under tiltaket eller sluttet å fungere av ulike årsaker. Siden entreprenør hadde mange målere tilstede samt var raskt ute og rettet problemene, ble dette ikke et stort problem for prosjektet.



3.7.2. Sedimentfeller og passive prøvetakere

Sedimentfeller og passive prøvetakere sto ute i ca. en måned om gangen. Etter en måned, eller ved bytte av type aktivitet i et område ble sedimentfellene tømt og de passive prøvetakere byttet ut og sendt til analyse. Utstyret fungerte etter hensikten, men ble ved enkelte anledninger ødelagt på grunn av båttrafikk som kjørte på målerne. Ved noen anledninger var det for lite materiale i sedimentfellene for å gjennomføre analyse av alle de planlagte parameterne, og det ble da prioritert å analysere for de viktigste stoffene på det tidspunktet.

3.7.3. Vannprøver

Det ble gjennomført vannprøvetaking før, under og etter tiltak. Prøvene som ble tatt under anleggsperioden ble tatt i forbindelse med overskridelser av grenseverdi for turbiditet. Utfordringen her var å få tatt vannprøvene raskt nok. Det var mannskapet ombord på fartøyene som hadde fått opplæring til å ta disse prøvene, men i mange tilfeller gikk det for lang tid fra overskridelse av grenseverdi fant sted til prøven ble tatt. Byggherre jobbet sammen med entreprenør for å bedre dette under gjennomføringen, men dette kunne med fordel vært tatt opp før prosjektet startet slik at det var bedre forankret i organisasjonen.

På grunn av at det ble mange overskridelser av grenseverdi for turbiditet, ble det tatt svært mange vannprøver i begynnelsen av prosjektet som også ga økt kostnad for prosjektet. Analyse av vannprøver har begrenset verdi på kort sikt da man normalt ikke får svar på prøvene før etter 2 uker. Selv med hasteanalyser var det vår erfaring at laboratoriet trengte noen dager på seg for å framskaffe resultatene.

3.7.4. Sedimentprøver

Sedimentprøvetaking ble gjennomført før, under og etter tiltaket. I anleggsperioden ble det tatt sedimentprøver ved hjelp av kjerneprøvetaker, grabb og dykker med rør som manuelt ble presset ned i sjøbunnen. Prøvene ble tatt både for å dokumentere mektighet for tildekkingslag, vurdere sammensetningen av tildekkingslag (spesielt grensesnittet mot opprinnelig sjøbunn og fordeling av kornstørrelser) og kjemisk kontroll.

Hovedutfordringer med sedimentprøvetakingen var stor kornstørrelse i deler av tildekkingsområdene og høy friksjon i tildekkingsmassene. Stor kornstørrelse på tildekkingsområdene med erosjonslag og deler av filterlagene gjorde det vanskelig å få tatt prøve, kun dykker klarte å få opp representativ prøve ved å rotere og trykke røret ned i sjøbunnen. De knuste steinmassene som ble benyttet i prosjektet viste seg å ha en spesielt høy friksjon. Dette medførte at kjerneprøvene viste en lavere mektighet enn det som ble målt av dykker på sjøbunnen, ved at prøverøret skjøv massene foran seg og til siden i stedet for at de kom inn i røret. Dette ga usikkerheter for vurdering av om tilstrekkelig mektighet var oppnådd. Effekten av friksjonen var lite merkbar i tildekkingsstykker under 10 cm, men ble raskt betydelig når prøvene oversteg 10 cm.

3.8. Mudring og deponering

Flere områder måtte mudres for å opprettholde seilingsdybde etter tildekking. Det ble ikke benyttet siltgardin for å begrense spredning av partikler ved mudring og deponering, men partikler i vannet (turbiditet) ble overvåket nøye for å kartlegge eventuell spredning av forurensning. De mudrete

massene var forurenset og det ble valgt å legge massene i et sjøbunnsdeponi. Mudring og nedføring på deponi ble utført med grabbapparat med lukket miljøgrabb i vaier.

Mengden som skulle mudres var gitt i konkurransegrunnlaget og ble avregnet i teoretisk faste mengder for mudring, transport og nedføring på deponi.

Mudring av småbåthavna Hestekoen ble utført på regning som tilleggsarbeid og muddermassene ble også ført ned på deponiet. Kapasiteten på deponiet ble nesten fullt utnyttet som følge av massene fra Hestekoen. Totalt ble det mudret og deponert nær 50 000 m³ sjøbunn.

Stopp i mudring på grunn av for høye turbiditetsverdier var et relativt stort problem ved blant annet mudring ved småbåthavnene ved Ulabrand og Hjertnes. Nøyere oppfølging av turbiditet ved mudring utenfor og innenfor Hestekoen, med uendret plassering av turbiditetsmålere, viste at fergenes manøvrering periodevis var årsak til registrering av turbiditetsverdier utover grenseverdiene. Dette tydet på at fergene også var årsak til en del unødvendige stopp under mudring ved Ulabrand og Hjertnes. Det var vanskelig å bestemme en bakgrunnsverdi for turbiditet, med store variasjoner også i perioder uten mudrings- og deponeringsaktivitet.

Med unntak av stopp på grunn av turbiditet, gikk mudringen relativt problemfritt. Erfaring tilsier at det er fordelaktig å utføre måling av bakgrunnsverdier for turbiditet i områder utsatt for påvirkning av rutegående båttrafikk over en lengre periode. Forhåndsmålinger bør blant annet korreleres med rutetider, tidevann og vindforhold.

Deponering gikk relativt greit med noe stopp på grunn av turbiditet. Enkelte stopp skyldes at det ble lagt ut tildekkingsmasser på målere. Dybden i deponiområdet gjorde det nødvendig å fornye nedføringsapparatet med forhalingsvaiere.

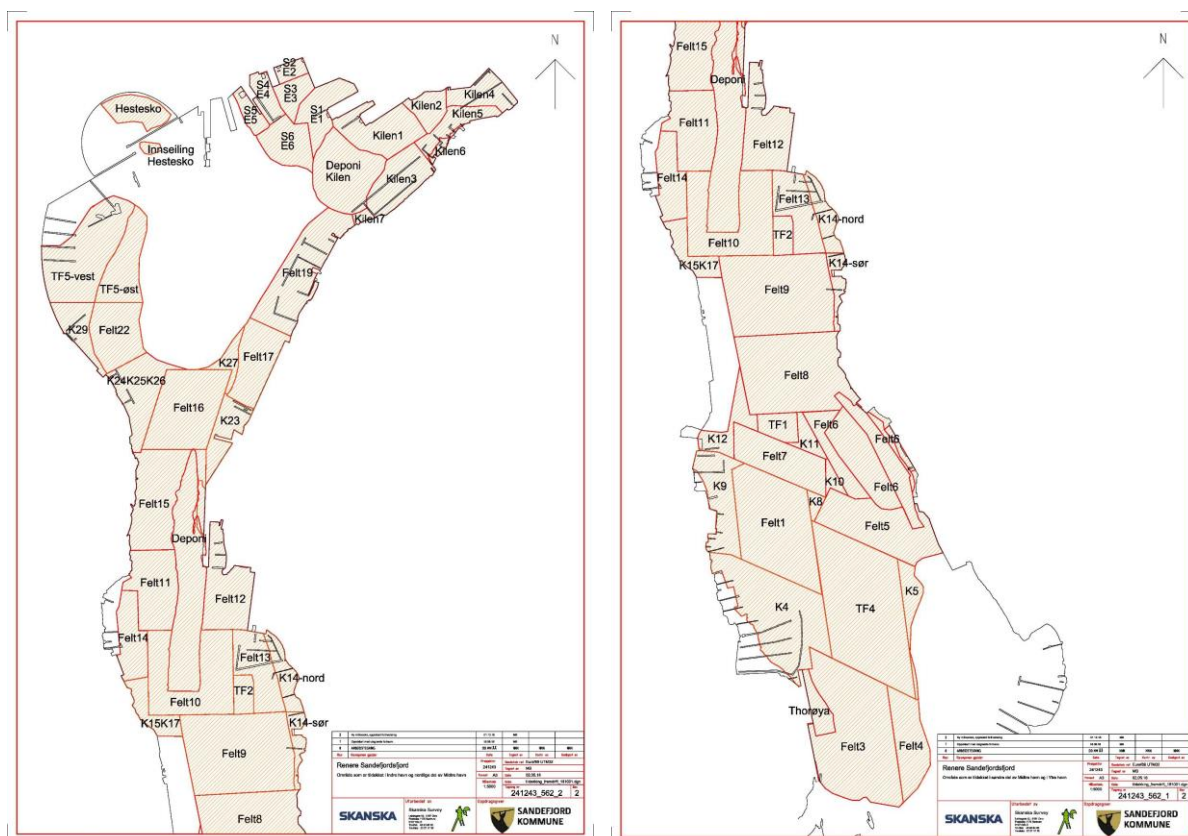
Deponiet ligger midt i seilingsleden og fergenes seilingstraseer ble tilpasset til arbeidet. Arbeidet måtte også tilpasses fergenes rutetider. Etter enkelte uheldige episoder, fikk mannskapene gode rutiner med å forholde seg til fergenes passeringer. VHF ble brukt i kommunikasjon mellom deponeringsapparat og ferger.

Mudring og deponering utført med entreprenørs eget utstyr forløp uten store komplikasjoner. Mekanisk mudring erfares å være mest hensiktsmessig i havneområder og områder hvor det må påregnes å finne skrot.



3.9. Tildekking

Tildekking ble gjennomført på ca. 1,05 km² i indre del av Sandefjordsfjorden. Området ble av entreprenør delt i mindre tildekkingsfelt, hovedsakelig på grunn av metoden som skulle benyttes i de ulike feltene. Dette ga svært mange feltområder, som i mange tilfeller også bestod av både filter- og erosjonslag.



Figur 10. Inndeling av felt for tildekking i Renere Sandefjordsfjord (kilde: Skanska)

3.9.1. Kontroll av tildekkingslagets tykkelse

Oftest er det i tildekkingsprosjekter plassert ut en målepinne per 10 000 m² som grunnlag for godkjenning av tildekkingslagets tykkelse. På grunn av strenge toleranser (0 /+5 cm) i prosjekt Renere Sandefjordsfjord, skulle kontrollen her baseres på batymetri og måleresultatene skulle sammenlignes mot avlesninger av de på forhånd utsatte målepinnene for kontroll. Målepinnene ble satt ut av entreprenør. De kunne med fordel vært satt ut av byggherre eller uavhengig tredjepart for å sikre større objektivitet ved kontroll av resultat.

Det ble utført hyppige målinger ved utlegging av tildekkingsmasser. Batymetriske målinger viste seg å samsvare svært bra med fysiske målinger. Batymetriske målinger ble utført med samme målebåt på dybder 2 meter eller mer. Differansemålinger som viste endring i lagtykkelse ble derfor vurdert til å ha høy nøyaktighet, noe som ble bekreftet av fysiske målinger. Differansen mellom batymetriske og fysiske målinger kunne ha årsak i nøyaktighet til oppmålingen, eventuelle setninger av sjøbunnen og konsolidering i tildekkingsmassene.

På områder med vanddyb mindre enn 3-5 meter viste det seg at utplasserte målepinner ble veltet i løpet av arbeidet med utlegging, trolig av forbipasserende båter eller utleggingsfartøyene. Batymetri sammenlignet mot andre fysiske målinger som dykketransekt, viste seg da å være en god metode for kontroll og godkjenning av tildekkingslagets kvalitet.

3.9.2. Testfelt for tildekkingsarbeider

Kontrakten inneholdt krav om at det skulle utføres tildekking av to områder med opsjon på et tredje (utløst) for å kunne verifisere at valgt utstyr og metodikk fungerte etter hensikten. Arbeidet med testfeltene ble påbegynt uten forutgående diskusjon med byggherre. Resultatet av testtildekkingen ble underkjent for de tre første testfeltene.

I diskusjon med byggherre ble det derfor etablert to nye testfelt for å prøve ut utlegging av fallbunnslektere og spyling med Arena. Feltene inngikk som en del av produksjonsutlegging. Testfelt 4 (TF4) ble tilpasset og skulle utføres av fallbunnslektere. Testfelt 5 (TF5) skulle utføres av Arena, blant annet med påkøplet spyleslange hvor spyleenden ble manøvrert med gravemaskin på land.



Figur 11. Tildekking ved testfelt 5, skipet Arena med påmontert slange (foto: Bjørn Nygård)



Figur 12. Utlegging med fallbunnslekter ved testfelt 5 (foto: Bjørn Nygård)

Det ble også benyttet fallbunnslekter på Testfelt 5 ved Hjertnes, til tross for at feltet var planlagt utført i sin helhet med Arena.

3.9.3. Utlegging av tildekkingsmasser med fallbunnslekter

Fallbunnslekter ble brukt til utlegging av masse i større dypere områder i tiltaksområdet, og var den metoden som la ut mest tildekkingsmasse. Lekteren er på 100 m³ og tømmelengde tilpasses mengde i lekter og ønsket lagtykkelse utlagt per gang. Det var ikke montert posisjoneringsutstyr på lekteren og utlegging ble basert på navigasjons GPS (nøyaktighet 1 – 10 meter) og skipperskjønn sammen med lektermannens kjøring av lukeåpningene på skjønn.

Massen gikk ujevnt ut av lekteren og det dannet seg markerte hauger ved start og stopp av utlegging. Det viste seg å være svært vanskelig, om ikke umulig, å legge ut i tråd med kontraktens toleransekrav på 0/+5 cm av prosjektert tildekkingsstykkelse. Dette ga betydelig behov for supplerende tildekking på mange delområder. På områder som ikke var dybdekritiske ble det fra byggherre tidlig vurdert at kontraktens toleransekrav måtte avvikes for å få fremdrift i arbeidene. På dypere områder som ikke var dybdekritiske for skips- og båttrafikk skapte det ikke problemer ved at det ble lagt ut tykkere tildekkingslag.

Fallbunnslekterene hadde høy kapasitet ved utlegging i åpent farvann og store mengder tildekkingsmasser ble lagt ut daglig. Det ble fra entreprenør klaget over at forbruk av masse ble høyere enn planlagt. Etter byggherres oppfatning skyldes overforbruket mangel på nøyaktighet ved utførelse av utlegging.

Etter byggherres vurdering bør det ligge til rette for å etablere tvungen utmating av lekterene slik at massene går jevnere ut av lekteren. Det bør også monteres RTK – GNSS posisjonering på lekteren og hver utlegging bør spores systematisk og rapporteres daglig til byggherre.



Figur 13. Tildekking med fallbunnslekter og slepebåt fra Agder Marine i ytre havn (foto: Bjørn Nygård)

3.9.4. Utlegging av tildekkingsmasser med skipet Arena

Utleggingsskipet Arena har tildekkingsmassen i lasterommet og tilsetter sjøvann for å kunne pumpe tildekkingsmassen ut over sjøoverflaten. Mengde tildekkingsmasse som pumpes ut avgjøres skjønnsmessig av skipperen om bord. Posisjonering ble basert på vanlig Navigasjons GPS.

Bruk av løsningen med slange på grunt vann ved testfelt 5 medførte en betydelig egenerosjon og enden på slangen ble derfor utstyrt med en liten flåte hvor massene ble spylt ut vertikalt mot dekket på flåten. Massene ble da spylt ut uten å medføre erosjon på bunnen. Nøyaktighet i tildekkingsarbeidet ble etter byggherres vurdering imidlertid ikke bedre av denne endringen.

Erfaring viste at det ble lagt ujevne lag med hauger og utildekket sjøbunn inne imellom. Dette var ikke kritisk på dypt vann og områder som uansett ikke hadde kunnet trafikkeres av fartøy. Utlegging med Arena påmontert liten flåte i enden av slangen ble forsøkt ved Utstikker 2 i Indre havn (dybdekritisk område). Resultatet møtte ikke toleransekravet og Skanska besluttet at utlegging med Arena her skulle avsluttes.

Allerede ved utførelse av Testfelt 5 ble det vurdert av byggherre at Arena var uegnet til presisjonsarbeid på dybdekritiske områder. Som byggherre kunne vi ikke nekte entreprenøren å forsøke å legge ut med skipet Arena, uten å pådra oss risiko for betydelige tilleggskrav. Vårt fokus ble derfor å presisere toleransekravet i kontrakten.



Figur 14. Utlegging av tildekkingsmasser med skipet Arena (foto: Skanska)

3.9.5. Utlekking av tildekkingsmasser med lekteren Sandy

Etter Arenas forsøk på utlegging i Indre havn, valgte Skanska å avslutte arbeidet med Arena i Indre havn på dybdekritiske områder. Skanska bygde da en ny enhet med kontrollert utmating av tildekkingsmasser som ble kalt Sandy.



Figur 15. Skanskas tildekkingslekter Sandy (foto: Bjørn Nygård)

Lekteren kan sammenlignes med strøpparat som brukes ved vegvedlikehold. Den er utstyrt med fire transportbånd som mater ut tildekkingsmassen koordinert med fremdriften til lekteren. Posisjonering er basert på RTK – GNSS slik at utleggingen har høy nøyaktighetsgrad. Fremdriften ble styrt av vinsjer med vaiere som var festet i land /moringer.

Løsningen med Sandy er tidkrevende å bruke med litt lav arealproduksjon, men gir etter byggherres vurdering et ganske godt resultat på dybdekritiske områder. Vaierdriften gjør at utleggingsfartøyet ikke virvler opp sjøbunnen, lekteren kan arbeide på dybde rundt 1 meter.

3.9.6. Utlekking av tildekkingsmasser med Ren Havn og utleggingsdrone

For å øke kapasiteten ved utlegging av tildekkingsmasser i Kamfjordkilen (som i hovedsak er grunnere enn 3-4 meter) engasjerte Skanska firmaet Boston AS og deres pumpelekter Ren Havn med drone.

Mengde tildekkingsmasse ble veid på transportbåndet og tilført sugesiden på pumpen ombord i Ren Havn. Mellom pumpelekteren og dronen ble tildekkingsmassen pumpet gjennom en lang plastslange og spylt ut ved dronen. Dronen hadde eget fremdriftssystem.

Dronen var utstyrt med dynamisk posisjonering og posisjonert med vanlig Navigasjons GPS. Før utlegging av masse ble dronen «tørrkjørt» gjennom på forhånd planlagt trasé for å sikre at utleggingen ble så nøyaktig som mulig. Ved utlegging ble mengde tildekkingsmasse dosert inn i forhold til planlagt tykkelse på tildekkingslaget.

Løsningen hadde høy kapasitet, ga et rimelig bra resultat og var godt egnet for operasjon på grunne områder. Ulempene med løsningen er at det kan være vanskelig å håndtere den lange slangen mellom Ren Havn og utleggingsdrone i områder med skipstrafikk og bryggeanlegg, og dermed unngå konfliktsituasjoner. Slangen er også av PE plast som ved pumping av eruptive materialer vil gi utslipp av mikroplast. Dronen burde også vært utstyrt med RTK-GNSS som posisjoneringssystem.



Figur 16. Drone under utlegging av tildekkingsmasser. Ren Havn ligger bak lastebåten. Massen blir losset direkte fra lastebåt til trakt på Ren Havn (foto: Bjørn Nygård)

3.10. Sluttdokumentasjon

Konkurransesgrunnlaget inneholdt i begrenset grad detaljer om hvordan sluttdokumentasjonen av de utførte tiltakene skulle utformes. I tillegg var det for tildekkingsarbeidene nødvendig å vurdere måloppnåelse ut fra en samlet vurdering av alle de benyttede målemetodene. Byggherre og entreprenør fant derfor i fellesskap frem til en hensiktsmessig form på sluttdokumentasjonen.

Det ble utarbeidet godkjenningssdokumenter for samtlige delområder. I delområdene som både inneholdt filter- og erosjonslag ble hvert lag dokumentert separat. I godkjenningssdokumentene ble resultater fra batymetri, dykkerundersøkelser, kjerneprøver og kjemiretultater beskrevet og vurdert samlet sett.

Entreprenør utarbeidet i tillegg en sluttrapport som beskrev de gjennomførte tiltakene, resultater og erfaringer (Skanska 2018).

Manglende beskrivelse av hvordan sluttdokumentasjonen skulle være og at målemetodene ble endret underveis og måtte vurderes samlet sett, gjorde at arbeidet med utforming av sluttdokumentasjonen tok lang tid og krevde stor arbeidsinnsats både fra entreprenør og byggherre. Erfaringen er at hvordan sluttdokumentasjonen skulle utformes burde vært bedre beskrevet i konkurransegrunnlaget.

3.11. Kost-nyttevurderinger

I tiltaksplanen for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden ble det overordnet gjennomført en kost-nytte vurdering av ulike tiltak (DNV 2011). Dette er ikke vurdert videre i denne rapporten.

I detaljprosjekteringsfasen var det usikkerhet knyttet til hvor omfattende behovet for flytting av bryggeanlegg og båter var for de ulike oppryddingsarbeidene. Det ble lagt til grunn at bryggeanlegg og båter måtte flyttes for mudringsarbeidene, men på grunn av at metoden for tildekking ikke var kjent ble det ikke lagt til grunn omfattende flytting av bryggeanlegg og småbåter for tildekkingsarbeidene. Det viste seg raskt at det meste av bryggeanlegg og småbåter måtte flyttes også for tildekkingsarbeidene. I tillegg var det også vanskelig å få til tildekking umiddelbart etter mudring, slik at flere flytebrygger måtte flyttes to ganger, først for mudring og senere for tildekking. Årsaken til dette var mangel på egnet tildekkingsutstyr i samtidig periode og fare for rekontaminering på grunn av annen nærliggende mudring.

Erfaringen er at det for de aller fleste tilfellene av oppryddingsarbeider med kjente metoder må det legges til grunn at flytende bryggeanlegg, løse stolper, moringsbøyer og båter må flyttes midlertidig i forbindelse med arbeidene.

Utgiftene til flytting av bryggeanlegg og båter økte med dette langt utover det som opprinnelig var planlagt. Samtidig er det relativt små områder som ble tildekket under bryggeanlegg sett i forhold til størrelsen på arealet for oppryddingsarbeidene slik at det kan stilles spørsmål om kost-nyttens av tiltakene ved bryggeanleggene. Erfaringen er derfor at det i forkant av oppryddingstiltak bør gjennomføres en kost-nytte vurdering av tiltak ved småbåtanlegg, og konsekvensene for øvrig oppryddingsarbeid dersom det ikke gjennomføres tiltak ved småbåtanleggene.



4. Konklusjon

Renere Sandefjordsfjord er i utført tildekkingsareal norgeshistoriens største oppryddingsprosjekt, nær hele indre del av fjorden har fått en ny ren sjøbunn. Det store arealet har krevd kostnadseffektive løsninger for å kunne bli realisert, det ble derfor planlagt og prosjektert for relativt tynne tildekkingslag med strenge toleransekrav. Renere Sandefjordsfjord er i lys av dette nybrottsarbeid i arbeidet med opprydding i forurenset sjøbunn, både nasjonalt og internasjonalt.

Tilstrekkelig tid og omfang til detaljprosjektering av et så stort oppryddingsprosjekt er viktig for et vellykket resultat. Erfaringen er at det burde vært satt av både mer tid og ressurser til detaljprosjekteringen. Det er mange problemstillinger som ikke er kjent på forhånd, og som dukker opp underveis i planleggingen. Kostnadene til detaljprosjektering er uansett en svært begrenset del av de totale kostnadene ved oppryddingsarbeidet, i tillegg vil god planlegging kunne gi rimeligere løsninger i gjennomføringsfasen.

Mudring av sjøbunnen for tilstrekkelig seilingsdybde og deponering av muddermasser i sjøbunnsdeponi er ukomplisert gitt at rammene for grenseverdier i forhold til miljøovervåking og tilstrekkelig informasjonsarbeid i forkant er ivarettatt. Der det skal tildekkes etter mudring bør det mudres med større marginer for å kunne akseptere ujevnheter i tildekkingslagene uten at dette medfører redusert seilingsdybde.

Tildekking av et så stort areal som Renere Sandefjordsfjord med strenge toleransekrav var utfordrende for entreprenør å gjennomføre med de planlagte metodene. Resultatet ble tykkere tildekking i mange områder på sjøbunnen der seilingsdybde ikke var kritisk. På grunne områder med kritisk seilingsdybde ble det utviklet og engasjert andre tildekkingsfartøy som evnet å gi et tilstrekkelig godt resultat.

Miljøovervåking av tiltakene er viktig underveis, det kan være utfordrende å finne riktige referanseverdier. Grenseverdier som settes i tillatelsen til tiltak etter forurensningsloven har stor betydning for gjennomføring av tiltakene. God dialog med forurensningsmyndigheten og dokumentasjon av nødvendige krav gir grunnlag for dette.

Tilstrekkelig omfang og kvalitet på benyttede metoder for å dokumentere resultatene av oppryddingsarbeidet er viktig for å sikre et godt sluttresultat. Benyttete metoder må ses i sammenheng og vurderes samlet sett for resultatoppnåelse. Hvordan sluttdokumentasjonen skal utformes bør på en god måte beskrives i konkurransegrunnlaget for et slikt arbeid.



Referanser

Asplan Viak AS, DNV GL, NGI. 2016. Appendiks- prosjekteringsrapport tildekking. Oppdrag 606405-01 – DP Tiltak forurenset sjøbunn Sandefjord. Rev. 1. 2016-11-17.

DNV. 2011. Tiltaksplan for forurenset sjøbunn i Sandefjordsfjorden. Sandefjord Kommune. Report No.: 2010-0714, DNV Referansenr.: 12NT2ZH-3. Rev. 01, 2011-06-14.

DNV-GL. 2014. SANDEFJORDSFJORDEN. Tildekking av forurenset sediment og økologisk konsekvensvurdering. Sandefjord Kommune. Report No.: 2014-1338, Rev. 01 Document No.: 18E5BUW-4 Date: 2014-12-18.

DNV-GL. 2015. Kostnads- og usikkerhetsanalyse for tiltak i forurensete sedimenter i Sandefjordsfjorden. Rapport nr.: 2015-1161, Rev. 1. Dokument nr.: 1X64MAZ-6. Dato: 2015-12-04.

DNV-GL. 2016. Kostnads- og usikkerhetsanalyse for tiltak i forurensete sedimenter i Sandefjordsfjorden- oppdatert versjon. 12.10.2016.

Skanska. 2018. Renere Sandefjordsfjord. Sluttrapport. 03.10.2018. rev.nr. 2.





