

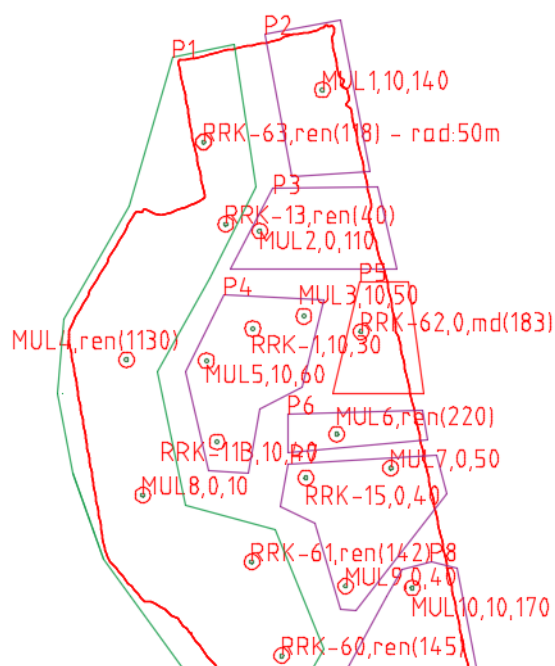
Beregnet til
Kystverket

Dokument type
Rapport

Dato
Januar, 2018

FARLEDSUTBEDRING BORG HAVN

VOLUM RENT OG FORURENSET SEDIMENT FRA TILTAKET - METODE OG RESULTATER



Revisjon **00**
Dato **2018/01/17**
Utført av **Ingvild Størdal, Hanne Vidgren og Aud Helland**
Kontrollert **Aud Helland**
av
Godkjent **Tom Øyvind Jahren**
av
Beskrivelse **Det er utarbeidet en 3D-modell av farleden og tiltaket i Borg Havn. Modellen er brukt til å beregne volum rent og forurenset sediment**

Ref. 1110438-019
Dokument ID M-rap-55-1110438-019
Version 001

Oppsummering

For å få forutsigbarhet i prosjektet ønsker Kystverket å kjenne volumene forurenset sediment og volum rent sediment i detalj for hvert delområde i tiltaket. Volum forurenset og rent sediment er viktig grunnlag til kostnadsoverslag for deponering av masser fra tiltaket. Rambøll har derfor utarbeidet en 3D-modell over tiltaket. 3D-modellen brukes til å beregne volum rent og forurenset sediment. Den skal også brukes til å utarbeide en graveplan for tiltaket. Det er tidligere utført volumberegninger i 2013 og 2016.

Det er store avvik mellom tidligere og foreliggende beregninger av volum forurenset sediment. Fra avviket i volum forurenset sediment mellom tidligere og foreliggende beregninger kan det mistenkes at det fortsatt er stor usikkerhet knyttet til klassifiseringen av forureningsgrad til sedimentet i tiltaket. Dette er i midlertid håndtert i den statistiske analysen utført av Niva (NIVA, 2018). Ut fra denne ble det nye griddet for prøvetaking skissert (Multiconsult, 2017), samt at det ble tatt ut nye kjerneintervaller til analyse fra kjerneprøver tatt i 2013/2014 (Rambøll, 2018) er usikkerheten nå minimert. Antallet og posisjonen til de supplerende prøvene er bestemt av den statistiske analysen med hensikt om å få et prøvegrid som gir tilstrekkelig grunnlag for å kartlegge forureningsgraden i sedimentet. I tillegg er det også brukt en konservativ tilnæringsmetode i den vertikale avgrensningen av forureningsmektigheten.

De to tilnærmingene beskrevet ovenfor tilsier at volumet forurenset sediment presentert i foreliggende rapport er et konservativt estimat og at usikkerhet i volumberegningene nå er minimert.

INNHALDSFORTEGNELSE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | INTRODUKSJON | 1 |
| 1.1 | Målsetting med rapporten | 1 |
| 1.2 | Kort beskrivelse av tiltaket | 1 |
| 2. | GRUNNLAG OG METODE | 4 |
| 2.1 | Grunnlagsdata | 4 |
| 2.1.1 | 3D-modell | 4 |
| 2.1.2 | Forurensningsmektighet | 4 |
| 2.2 | Utarbeidelse av 3D-modell for tiltaket | 6 |
| 2.2.1 | Avgrensninger horisontalt i 3D-modellen | 6 |
| 2.2.1.1 | Polygoner i Borg 1 | 7 |
| 2.2.1.2 | Polygoner i Flyndregrunnen | 12 |
| 2.2.2 | Avgrensning av forurensningsmektighet vertikalt i 3D-modell | 12 |
| 2.3 | Beregning av volum rent og forurenset sediment | 13 |
| 2.4 | Usikkerheter i volumberegningene | 14 |
| 3. | RESULTAT OG DISKUSJON | 15 |
| 3.1 | Nye beregnede volumer av rene og forurensete sedimenter | 15 |
| 3.2 | Sammenligning med tidligere resultatene | 16 |
| 4. | KONKLUSJON | 17 |
| 5. | REFERANSER | 17 |

VEDLEGG

Vedlegg 1. 3D-modell Borg 1 og Flyndregrunnen

1. INTRODUKSJON

I samsvar med Kystverkets Handlingsprogram for perioden 2014 til 2023 (Kystverket, 2013; utarbeidet med bakgrunn Stortingsmelding nr. 26, Nasjonal transportplan 2014-2023) planlegger Kystverket å utbedre innseilingen til Borg Havn. Tiltaket består av utvidelse av farleden i bredde og dybde samt etablering av en ny snuplass i Fuglevikbukta. Tiltaket er delt inn i to delprosjekter: Borg 1 og Borg 2 (Figur 1). Borg 1 tar for seg de nordlige delene av farleden som er Røsvikrenna og snuplassen i Fuglevikbukta, mens Borg 2 tar for seg den sørlige delen av farleden, det vil si grunnene fra Flyndregrunnen i nord til Duken i sør. Områdene som skal mudres i Borg 1 tilsvarer et areal på 672.000 m² og grunnene som skal mudres eller sprenges i Borg 2 tilsvarer et areal på 204.000 m². Flyndregrunnen alene utgjør et areal på 55.400 m² av det som skal mudres i Borg 2. Til sammen omfatter tiltaket mudring av ca. 2,7 mill. m³ løsmasser, og sprengning av ca. 250.000 m³ fjell.

Massene som fjernes fra farleden skal legges enten i landdeponi hos FREVAR KF på Øra eller i sjødeponi ved Møkkalasset og Svaleskjær. Om massene skal legges i landdeponi eller sjødeponi er avhengig av konsentrasjonen av miljøgifter i massene. For å bestemme miljøgiftkonsentrasjonen i sedimentet er det tatt prøver av sediment i tiltaksområdet. Etter analyse er konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet klassifisert etter grenseverdier i Miljødirektoratets veileder M-608/2016 *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Grensene i veilederen klassifiserer sediment i fem tilstandsklasser ut fra konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter. Til foreliggende prosjekt er forurensete masser definert som masser med sediment i tilstandsklasse IV og V, mens rene masser er definert som masser i tilstandsklasse I-III. Forurensete masser er planlagt å legges i landdeponi, mens rene masser skal til sjødeponi. Begrepet «rene masser» betyr ikke at det ikke er miljøgifter i dem, men at konsentrasjonen er lav nok til at sedimentet kan legges i sjødeponi.

1.1 Målsetting med rapporten

For å få forutsigbarhet i prosjektet ønsker Kystverket å kjenne volumene forurenset sediment og volum rent sediment i detalj for hvert delområde i tiltaket. Volum forurenset og rent sediment er viktig grunnlag til kostnadsoverslag for deponering av masser fra tiltaket. Rambøll har derfor utarbeidet en 3D-modell over tiltaket. 3D-modellen brukes til å beregne volum rent og forurenset sediment. Den skal også brukes til å utarbeide en graveplan for tiltaket. Det er tidligere utført volumberegninger i 2013 og 2016.

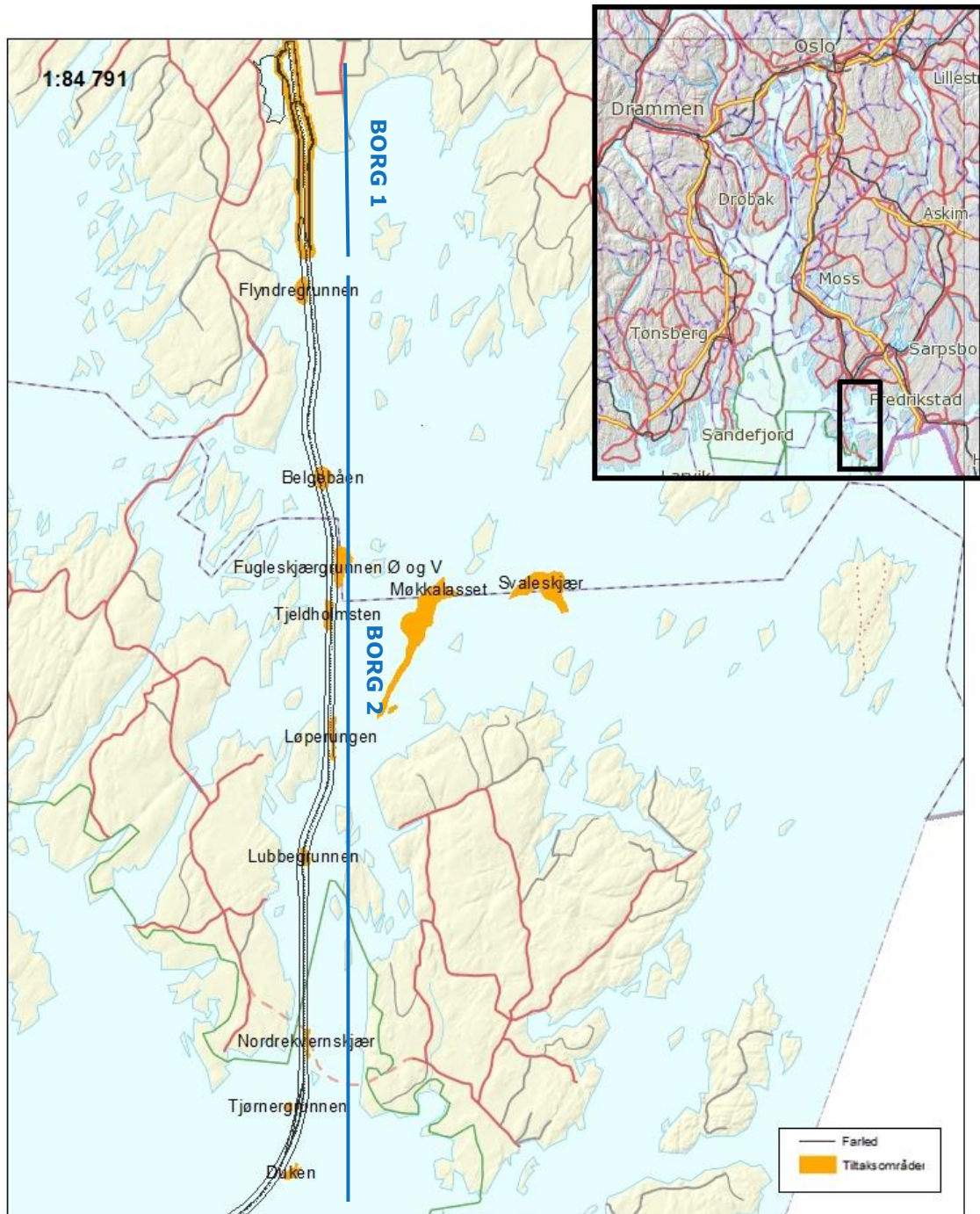
Årsaken til at det nå gjøres nye volumberegninger er at det etter statistiske analyser av datagrunnlaget for tidligere modeller er funnet at de prøvene som er tatt ikke ga tilstrekkelig informasjon til å kartlegge forureningsmektigheten med ønsket nøyaktighet. Det ble derfor tatt nye sedimentprøver i Borg 1 og ved Flyndregrunnen i 2017 som gjør at det er nødvendig med nye volumberegninger for disse områdene. Prøvetaking og analyse av de nye prøvene er beskrevet i egen rapport (Multiconsult, 2017). Øvrige grunner i Borg 2 er volumberegnet tidligere (Rambøll, 2016B).

Hensikten med rapporten

Hensikten med foreliggende rapport er å beskrive og dokumentere grunnlagsdata, metode og resultat for volumberegning gjort i 2017, og redegjøre for volum rent og forurenset sediment for det planlagte tiltaket i Borg 1 og for Flyndregrunnen i Borg 2.

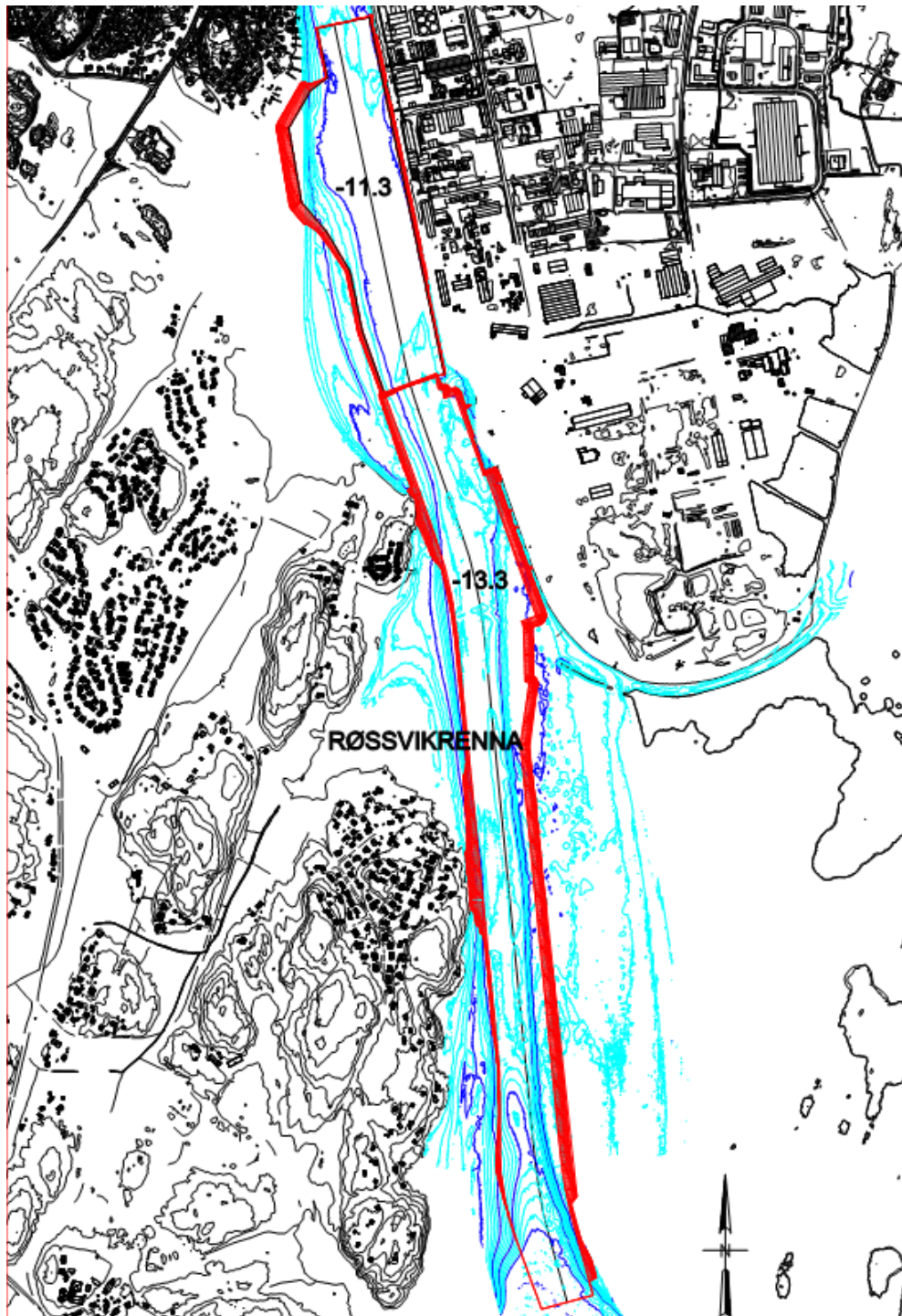
1.2 Kort beskrivelse av tiltaket

Tiltaket er beskrevet i detalj i andre rapporter (Rambøll, 2016A). Nedenfor er det derfor kun gitt en kort oversikt over selve tiltaket.



Figur 1. Tiltaket som skal gi dypere og bredere farled inn mot Borg Havn strekker seg i sør fra grunnen kalt Duken til nord ved området kalt Fuglevikbukta. Tiltaket er delt inn i to områder: Borg 1 og Borg 2. Borg 1 omfatter det som kalles Røsvikrenna og snuplassen Fuglevikbukta, Borg 2 omfatter grunnene Flyndregrunnen, Belgebåen, Fugleskjærgrunnen vest, Tjeldholmsten, Løperungen, Lubbegrunnen, Nordre Nordkvernskjær, Tjørnegrunden og Duken. Sjødeponiene er lokalisert ved Møkkalasset og Svaleskjær.

Avgrensningene for tiltaket i Borg 1 er vist i Figur 2. I Borg 1 skal det mudres til 11,3 meters vanddyb i den nordlige delen, ved snuplassen i Fuglevika og mot kaiene, mens det i den sørlige delen av Borg 1 skal mudres til 13,3 meters vanddyb. Grensen mellom 11,3 og 13,3 meters vanddyb er vist i Figur 2. I Borg 2 er det planlagt å mudre til mellom 13,3 og 16,3 meters vanddyb, avhengig av hvilken grunne det er snakk om. For Flyndregrunnen skal det mudres til 13,3 meters vanddyb. Planlagt mudringsdyb for øvrige grunner er beskrevet i tidligere (Rambøll, 2016A).



Figur 2. Oversiktskart som viser avgrensningen til mudringstiltaket i Borg Havn i Fuglevikbukta og Røssvikrenna som til sammen utgjør delprosjektet Borg 1. Leden slik den er planlagt per 15/11/2017 er markert med rødt omriss. Tykkelsen på omrisset varierer og er avhengig av høyde på graveskråningen.

2. GRUNNLAG OG METODE

For å beregne volum rent og forurenset sediment ble det utarbeidet en 3D-modell av farleden som beskriver tiltaket i Borg Havn.

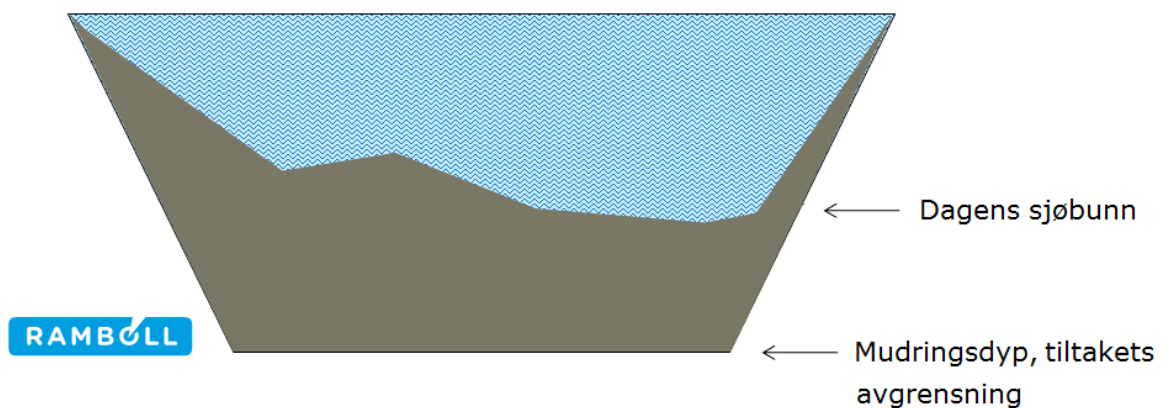
I foreliggende kapittel er grunnlagsdata til 3D-modell og volumberegningene beskrevet, det er beskrevet hvordan 3D-modellen er laget og hvordan volum av rent og forurenset sediment er beregnet i 3D-modellen.

2.1 Grunnlagsdata

2.1.1 3D-modell

For å lage en 3D-modell over tiltaksområdet ble batymetri-data for sjøbunnen i tiltaksområdet (iSurvey, 2014) brukt som grunnlag for å lage et kotekart i programvaren Novapoint (v.19.20; Autodesk, 2014). Batymetri-data med oppløsning på 0,5×0,5 m for sjøbunnen i tiltaksområdet ble hentet inn med bruk av multistråle ekkolodd (iSurvey, 2014). I tillegg er koter for områder som er for grunne til å være tilgjengelig for båt tegnet inn manuelt. Dette gjelder spesielt i Fuglevikbukta. Bathymetri-dataene ble tatt inn i Novapoint som xyz-punkter og det ble ut fra punktene lagd flater ved triangulering. Det er vist et utsnitt av 3D-modellen hvor trianguleringen er synlig i Figur V1-1 i Vedlegg 1.

Etter trianguleringen har man i Novapoint en overflate tilsvarende sjøbunnen i farleden inn mot Borg Havn. Figur 3 viser en prinsippskisse av et tverrsnitt av 3D-modellen av farleden inn mot Borg Havn. I tillegg ble det også lagt inn avgrensninger for mudringsdyp for tiltaket i 3D-modellen. Det vil si at det i de nordlige delene av Borg 1 ble lagt inn en avgrensning ved 11,3 meters vanddyb og i de sørlige delene av Borg 1 ved 13,3 meters vanddyb. Mudringsdyp varierer for grunnene i Borg 2, for Flyndregrunnen skal det mudres til 13,3 meters vanddyb.

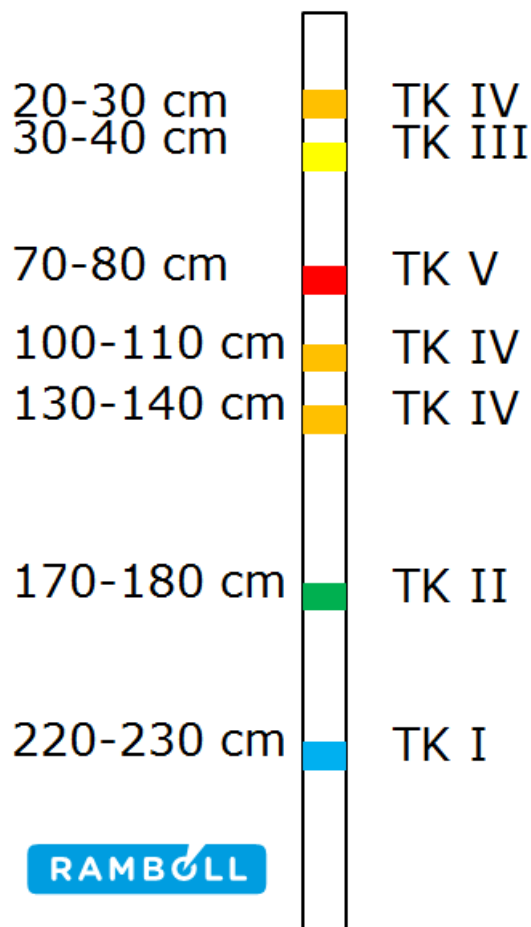


Figur 3. Skisse som viser hvordan et tverrsnitt av 3D-modellen av farleden inn mot Borg Havn vil se ut. Tiltakets avgrensning er for de nordlige delene av Borg 1 11,3 meters vanddyb, mens det for de sørlige delene er 13,3 meters vanddyb.

2.1.2 Forureningsmektighet

Grunnlaget for volumberegningene er kjemiske analyser av sedimentprøver tatt i tiltaksområdet i 2012, 2013, 2014 og 2017. Til volumberegningene er massene som skal mudres, det vil si de massene som er mellom «Dagens sjøbunn» og «Mudringsdyp, tiltakets avgrensning» i Figur 3, klassifisert som rent eller forurenset sediment. Klassifiseringen av rent og forurenset sediment er gjort med bakgrunn i analyser av sedimentkjerner.

Det er tatt prøver av sedimentet med både kjerneprøvetaker og grabb. Til volumberegningene er analyseresultatene fra kjerneprøver brukt. Utvalgte deler av kjernene ble sendt til analyse av miljøgifter og konsentrasjonen av miljøgifter er klassifisert etter grenser gitt i Miljødirektoratets veileder M-608/2016 *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Se Figur 4 for eksempel på en kjerne hvor deler av kjernen, heretter kalt kjerneintervaller, er sendt til analyse og konsentrasjonen av miljøgifter er klassifisert etter M-608/2016. Det er fem tilstandsklasser i M608/2016: Tilstandsklasse (TK) I - Bakgrunn, TK II - God tilstand, TK III - Moderat tilstand, TK IV - Dårlig tilstand og TK V - Svært Dårlig tilstand. Til foreliggende prosjekt er forurensete masser definert som masser med sediment i tilstandsklasse IV og V, mens rene masser er definert som masser i tilstandsklasse I, II og III. Begrepet «rene masser» betyr ikke at det ikke er miljøgifter i disse prøvene, men at konsentrasjonen er lav nok til at sedimentet kan legges i sjødeponi.



Figur 4. Skisse av en sedimentkjerne tatt i farleden inn mot Borg Havn der deler av kjernen, kjerneintervaller, er sendt til analyse av miljøgifter. Konsentrasjonen av miljøgifter er klassifisert etter Miljødirektoratets veileder M-608/2016 til fem tilstandsklasser (TK): I Bakgrunn, II God, III Moderat, IV Dårlig og V Svært dårlig.

Metode for prøvetaking og resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentprøvene er beskrevet i detalj flere datarapporter og notat.

Tabell 1 gir en oversikt over relevante rapportene og notater.

Det ble i 2017 gjort en statistisk analyse (NIVA, 2018) av grunnlaget for volumberegningene fra 2016 (Rambøll, 2016B). Det ble da funnet at grunnlaget for modellen ikke var tilstrekkelig. For å sikre at volumberegningene av rent og forurenset sediment var robuste ble det derfor tatt et stort antall nye prøver av sediment i tiltaksområdet (Multiconsult, 2017), det ble også analysert

supplerende intervaller fra kjerneprøver tatt i 2012, 2013 og 2014 (Rambøll, 2018). 3D-modellen som ble utarbeidet til de volumberegningene som beskrives i forliggende notat er basert på både nytt materiale (Multiconsult, 2017; Rambøll, 2018) og på eksisterende materiale (Rambøll, 2013; Rambøll, 2015).

Grunnlaget for volumberegningene av Borg 1 er 93 sedimentkjerner og analyseresultatene fra kjerneintervaller i disse sedimentkjernene. Grunnlaget for volumberegninger av Flyndregrunnen er 11 kjerner og analyseresultatene fra kjerneintervaller i disse kjernene.

Tabell 1. Oversikt over relevante rapporter som beskriver metode og resultater for sedimentprøvetaking og analyse av sediment.

| Tema | Referanse |
|--|---|
| Sedimentprøvetaking Rambøll 2012 | Rambøll, 2013. M-rap-017-1110438-Datarapport-rev001 |
| Sedimentprøvetaking Rambøll 2013 og 2014 | Rambøll 2015. M-rap-021-1110438-Datarapport sedimentprøvetaking_rev01 |
| Sedimentprøvetaking Multiconsult 2017 | Multiconsult 2017. 713909-RIGm-RAP-001_rev01 |
| Analyse av supplerende kjerneintervall fra sediment prøvetatt 2013 og 2014 | Rambøll, 2018. M-not-55-1110438-019 – Borg 1 og Flyndregrunnen – Supplerende sedimentundersøkelser og oppdaterte vertikale profiler v forurensningsmektighet (UTKAST) |
| Statistisk analyse av grunnlag NIVA, 2018 | |

2.2 Utarbeidelse av 3D-modell for tiltaket

3D-modellen over farleden (Figur 5) ble videre utviklet til en 3D-modell over tiltaket ved å avgrense tiltaket:

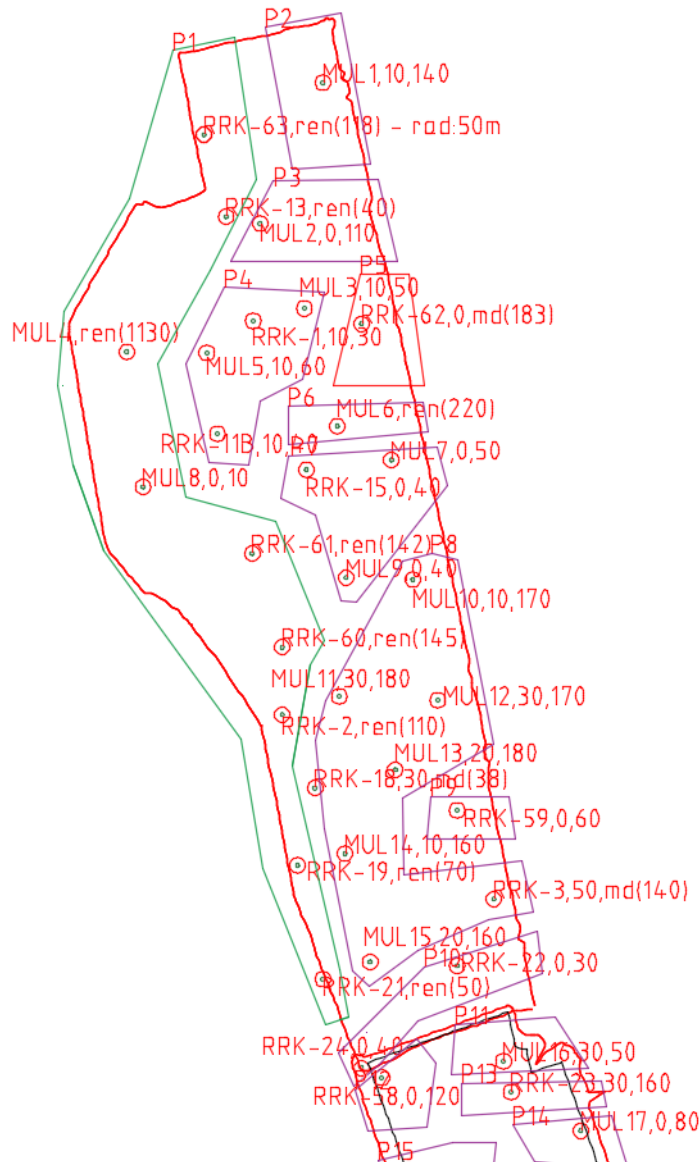
- I horisontal utstrekning i mindre områder hvor forurensningsmektigheten kunne antas å være lik
- I vertikal utstrekning i lag med rene og forurensete masser

2.2.1 Avgrensninger horisontalt i 3D-modellen

For å utnytte informasjonen i analyseresultatene best mulig og samtidig jobbe med områder av overkommelig størrelse i 3D-modellen ble tiltaksområdet delt inn i mindre områder hvor øvre og nedre grense for forurenset sediment ble satt til samme dyp for hele del-området. Øvre og nedre grense for forurenset sediment ble altså satt for del-områder med flere kjerner i, i stedet for at dette ble gjort for hver enkelt kerne. Grensene for forurenset sediment i del-områdene ble satt ut fra alle analyseresultater som foreligger innenfor dette området. Kapittel 2.2.2 beskriver hvordan den vertikale avgrensningen ble gjort. De mindre områdene innenfor tiltaket er kalt polygoner.

Oppdeling av tiltaksområdet i polygoner gjør at analyseresultatene fra flere kjerner innenfor et område samlet kan utnyttes til å gjøre en bedre vurdering av hvordan forurensningsmektigheten avgrenses vertikalt innenfor området. Avgrensningen av polygoner ble gjort med bakgrunn i analyseresultatene fra kjernene. De kjernene som ligger innenfor ett polygon har like analyseresultater for ett eller flere kjerneintervall. I tillegg til analyseresultatene ble batymetrien i området vurdert. For eksempel ble det laget ett polygon i senter av leden øst for snuplassen i Fuglevikbukta, Polygon 4 (Figur 5). I dette polygonet har alle kjernene rent topplag, og en forurensningsmektighet med utbredelse til rundt en halv meter ned i sedimentet. Fra de kjemiske analysene og batymetrien ble det antatt at forurensningsmektigheten innenfor dette polygonet ville være lik.

Figur 5 viser et utsnitt av 3D-modellen over tiltaket og viser hvordan avgrensningene for polygone er for det nordligste området. I Kapittel 2.2.1.1 er polygonene for Borg 1 beskrevet. I Kapittel 2.2.1.2 er polygonene i Flyndregrunnen beskrevet. For hvert polygon det er gitt en begrunnelse for hvorfor det er relevant å gruppere de ulike kjernene, samt at øvre og nedre grense for forurenset sediment i polygonet er spesifisert.



Figur 5. Utsnitt av 3D-modellen over tiltaket som viser avgrensningen for polygone horisontalt. Kjerneprøver er angitt med navn, samt øvre og nedre grense for forurenset sediment, for eksempel MUL1,10,140. For MUL1 betyr dette at de øverste 10 cm av sedimentet er rene, mens det er forurenset mellom 10 og 140 cm sedimentdyb, og så rent dyper enn 140 cm.

2.2.1.1 Polygoner i Borg 1

I Borg 1 er tiltaket delt inn i totalt 45 polygoner. Hver polygon inneholder fra én til ni kjerner. Polygonene er avgrenset med bakgrunn i de kjemiske analysene av sedimentet og bathymetri. Tabell 2 lister alle polygonene, viser hvilke kjerner som er inkludert og spesifiserer øvre og nedre grense for forurenset sediment innenfor polygonet, samt gir en begrunnelse for hvorfor kjernene kan grupperes i ett polygon og hvorfor øvre og nedre grense er satt til de dyp de er satt til.

Figur V1-2 i Vedlegg 1 viser alle polygoner i Borg 1.

Tabell 2. Oversikt over polygoner i Borg 1. Polygonene er nummert, det er angitt hvilke kjerner som er inkludert i hvert polygon, samt at øvre og nedre grense for forurenset sediment er spesifisert. Md = mudringsdyp. TK = tilstandsklasse, bestemt etter grenser gitt i miljødirektoratets veileder M-608/2016.

| Polygon | Kjerner inkludert | Øvre grense | Nedre grense | Begrunnelse for gruppering av kjerner til ett polygon |
|---------|--|-------------|--------------|--|
| 1 | RRK 63, RRK 13, MUL4, MUL8, RRK 61, RRK 60, RRK 2, RRK 21, RRK 9 | md | | <p>Det lages et polygon på flanken av tiltaksområdet, med utstrekning nord mot sør. Formen på polygonet er avlangt. Det er ingen kjerneintervaller i TK IV-V i kjernene som er inkludert i polygonet. Området har TK I-III fra overflate til mudringsdyp. Øvre grense for forurenset sediment er derfor satt til mudredyp, dette betyr at alle massene i polygonet er rene.</p> <p>RRK-21 (som ligger helt sør i polygonet) er ikke lang nok til at den kan brukes til å si at sedimentet er rent ned til mudringsdyp. Prøvepunktet ligger i midlertid helt i yttergrensen av tiltaket, det vil si øverst i graveskråningen. Her skal det ikke mudres til 11,3. Det ansees derfor som greit å anta at sedimentet er rent til mudringsdyp også for denne kjernen.</p> <p>Fra batymetrien og antatt strømmønster antas det at sedimentet på flanken langs vestsiden av tiltaket er homogent og har lik forurensningsmekthet.</p> <p>MUL8 er forurenset i topplaget (0-10 cm, TK IV). Med bakgrunn i metoden som skal brukes til mudring og den begrensede utbredelsen som denne forurensningen ser ut til å ha settes hele polygonet som rent.</p> |
| 2 | MUL1 | -10 | -140 | <p>Det laget et eget polygon rundt MUL1 fordi det er ingen kjerner i nærheten som viser lignende forurensningsmekthet. Polygonet lages som et avlangt område, og avgrenses ut fra batymetrien i sør der leden svinger ut mot vest mot Fuglevikbukta.</p> <p>Polygonet har rene sedimenter på overflate og er forurenset ned til 140 cm dyp (under mudredyp). Nedre grense for forurenset sediment settes til 140 cm sedimentdyp.</p> |
| 3 | MUL2 | 0 | -110 | <p>MUL2 skilles ut og det lages et polygon rundt MUL2 alene. Området tegnes fra rett vest for prøvepunkt til MUL2 og ut til avgrensning av leden.</p> <p>Det er ingen analyser som viser rene masser, sedimentet er forurenset ned til 110 cm sedimentdyp. Dette er dypere enn mudredyp. Nedre grense for forurenset sediment settes til 110 cm sedimentdyp.</p> |
| 4 | RRK1, MUL3, MUL5, RRK11B | -10 | -60 | <p>Disse ligger tett sammen rundt senterlinjen til leden, og grupperes med bakgrunn i batymetri og analyseresultater som viser lik forurensningsmekthet.</p> <p>Alle prøvepunktene viser et 10 cm topplag med rene masser, så et forurenset lag ned til omtrent 60 cm sedimentdyp (kjerner forurenset ned til henholdsvis 30,40, 50 og 60 cm).</p> <p>Forskjellen i å sette nedre grense for forurensning til -30 og -60 er 4 500 m³ masse. Nedre grense for forurenset sediment settes til -60 cm sedimentdyp.</p> |
| 5 | RRK62 | | md | <p>RRK-62 er forurenset ned til mudringsdyp (kjernelengde 183 cm, dypere enn mudringsdyp). Det lages et eget polygon rundt RRK-62. Formen er avlang og følger kanten av leden.</p> |
| 6 | MUL6 | md | | <p>Analysene viser rene sedimenter ned til mudredyp. Det lages et eget polygon rundt kjernen. Dette lages med rektangulær form og med utstrekning øst-vest. Polygonet lages med liten utstrekning fordi Polygon 5 som ligger rett nord viser forurenset sediment ned til mudringsdyp.</p> |
| 7 | MUL7, RRK15, MUL 9 | 0 | -50 | <p>Disse kjerner ligger relativt tett, på østsiden av leden. Alle er forurenset ned til omtrent 50 cm sedimentdyp, og kjernene grupperes med bakgrunn i dette. Kjernene er forurenset ned til 40,40, og 50 cm sedimentdyp. Nedre grense for forurenset sediment settes til 50 cm sedimentdyp.</p> |
| 8 | MUL10, MUL11, MUL12, MUL13, MUL14, MUL15, RRK-3 | -10 | -180 | <p>Disse kjernene dekker sammen et stor område, som strekker seg på tvers av leden rett nord for grensen mellom 11,3 og 13,3 meters sjødyp ligger. Analyser fra disse kjernene viser at alle har et rent topplag, men med varierende tykkelse (10-30 cm). Arealet til polygonet slik det er avgrenset er 65 000 m², hver 10 cm utgjør 6 500 m³ masse som må håndteres. Øvre grense for forurenset sediment settes til 10 cm sedimentdyp.</p> <p>Kjernene er forurenset ned til mellom -160 og -180 cm sedimentdyp. Nedre grense for forurenset sediment settes til 180 cm.</p> |

| | | | | |
|----|----------------|-----|------|--|
| 9 | RRK-59 | 0 | -60 | RRK-59 ligger inne i Polygon 8, men viser en annen vertikal avgrensning av forurensning enn de kjernene som ligger i Polygon 8. RRK-59 legges derfor i et eget polygon. Analyser av kjernen viser at det ikke er rene masser på toppen, samt at sedimentet er forurenset ned til 60 cm sedimentdyp. |
| 10 | RRK-22, RRK-24 | 0 | -30 | RRK-22 og RRK-24 grupperes til en polygon. Analyser fra disse kjernene viser at det ikke er rene masser på toppen, sedimentet er forurenset ned til 30 cm sedimentdyp. |
| 11 | MUL16 | -30 | -50 | MUL16 har ingen kjerner i nærheten med lignende vertikal utbredelse av forurensningen. MUL16 legges derfor i et eget polygon, med øvre grense forurenset sediment til 30 cm sedimentdyp og nedre grense forurenset sediment til 50 cm sedimentdyp. |
| 12 | RRK-58 | 0 | -120 | RRK-58 legges også i et eget polygon. De kjernene som ligger i nærheten viser ulik vertikal avgrensning av forurenset sediment. |
| 13 | RRK-23 | -30 | -160 | Rundt RRK-23 lages det et eget polygon. Det er et tykt lag med forurenset sediment mellom 30 cm sedimentdyp og 160 cm sedimentdyp. Det er ingen andre kjerner i nærheten som viser en tilsvarende vertikal avgrensning av forurenset sediment. |
| 14 | MUL17 | 0 | -80 | Det lages et eget polygon rundt MUL17, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikal avgrensning av forurenset sediment. Forurenset ned til 80 cm sedimentdyp. |
| 15 | RRK-4 | -10 | md | Det lages et eget polygon rundt RRK-4, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. |
| 16 | MUL19 | 0 | -190 | Det lages et eget polygon rundt RRK-4, det er ingen andre kjerner i nærheten som viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Sedimentet er forurenset ned til 190 cm. |
| 17 | MUL18 | md | | Det lages et eget polygon rundt RRK-4, det er ingen andre kjerner i nærheten som viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Sedimentet er rent til mudredyp. |

Tabell 2 forts.

| | | | | |
|-----|-------------------------------|-----|------|---|
| 18 | MUL20, RRK-26 | 0 | -50 | Nedre grense for forurenset sediment er ved 50 og 20 cm, henholdsvis. Nedre grense settes derfor til 50 cm sedimentdyp. |
| 19 | MUL22, RRK-27 | 0 | -320 | Kjernene grupperes sammen fordi begge viser at sedimentet er forurenset. RRK-27 er svært kort, mens MUL22 er tatt ned til mudringsdyp. RRK-27 og MUL22 har tilsvarende TK i øvre sedimentlag og grupperes til et polygon. |
| 20 | MUL21 | 0 | -100 | Det lages et eget polygon rundt MUL21, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Nedre grense for forurenset sediment settes til 100 cm sedimentdyp. |
| 21 | RRK-51, RRK-49 | md | | RRK 51 (ren 110 cm), RRK 49 (ren 49 cm) er de to eneste kjernene som ligger i dette området. Begge er for korte til å si noe om forureningsmektigheten under 110 cm. Begge er rene i alle analyserte kjerneintervaller. Det antas derfor at sedimentet er rent til mudringsdyp innenfor dette området. |
| 22 | MUL23 | -20 | -160 | Det lages et eget polygon rundt MUL23, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Sedimentet er rent i toppen, til -20 cm og forurenset til -160. |
| 23 | RRK-5B, RRK-48 | 0 | -50 | RRK 5B, RRK 48 grupperes til et polygon. Begge er forurenset til henholdsvis 50 og 40 cm sedimentdyp. |
| 24 | MUL24 | 0 | -20 | Det lages et eget polygon rundt MUL24, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Øverst 20 m forurenset |
| 25 | RRK-29, MUL25 | 0 | -80 | MUL25 er tatt ned til 760 cm sedimentdyp, RRK-29 ned til 90 cm. MUL25 viser forurenset ned til 80 cm sedimentdyp, RRK-29 ned til 80 cm sedimentdyp. Disse to kjernene grupperes derfor i et polygon og nedre grense for forurenset sediment settes til 80 cm sedimentdyp. |
| 26 | MUL26 | md | | Det lages et eget polygon rundt MUL26, ingen andre kjerner i nærheten viser samme vertikale avgrensning av forurenset sediment. Alle analyserte kjerneintervaller til kjernen er rene. |
| 27 | RRK-6B, RRK-30, RRK6A, RRK-57 | -40 | -120 | Disse kjernene er tatt svært tett, de grupperes til samme polygon. De er rene i toppen og forurenset fra omtrent 40 cm sedimentdyp. Øvre grense for forurenset sediment settes til 40 cm sedimentdyp, mens nedre grense for forurenset settes til -120 cm sedimentdyp. |
| 28 | RRK-31, MUL27 | 0 | -40 | Begge kjernene viser forurenset sediment i overflaten, kjernene grupperes derfor til samme polygon. Nedre grense for forurenset sediment settes til 40 cm sedimentdyp. |
| 29A | RRK56 | md | | Denne kjernen ligger midt i farleden og analyser av kjerneintervaller viser at sedimentet er rent (TK III). Det lages derfor et eget polygon rundt RRK56. |
| 29B | RRK-32, MUL28 | 0 | -180 | Kjernen var innledningsvis i arbeidet gruppert sammen med RRK-32 og MUL28. RRK32 grupperes sammen med MUL28. Grense for forurenset lag settes til -180. Dette er svært konservativt og gjøres på grunn av manglende datagrunnlag for MUL28, RRK32 (svært kort kjerne), og fordi disse ligger svært nære hverandre og viser likevel motstridene resultat. MUL28. Denne er forurenset til -60 omtrent (siste analyserte seksjon er 50-60 cm). Den er klasse 5 forurenset (rød). Første rene analyserte seksjon er på -180. Grense ren blir dermed på -180, men på grunn av manglende data og ikke på grunn av faktiske resultat. Denne bør det analyseres flere deler av. Kjernene rundt indikerer at også MUL28 er ren fra -60. |
| 30 | MUL29 | 0 | -180 | Ren kjerne |
| 31A | RRK-7 | 0 | -30 | Eget polygon. Forurenset ned til 30 cm sed. dyp. |
| 31B | RRK 34, MUL30 | md | | I samme polygon. Ren til mudringsdyp. |
| 32 | RRK-33, MUL31 | 0 | -20 | RRK33, MUL 31, 1459. 10-20 cm forurenset masser, ellers ren i mudringsdyp |
| 33 | MUL32 | 0 | -140 | Tykkelsen av forurenset lag 140 cm |
| 34 | MUL33, RRK-35 | -10 | -60 | MUL 33, -10, -60, mens RRK35 er kort – kun 39 cm. Disse putter de i samme polygon, med grense -10 for rent overflatelag og -60 for forurenset lag. |
| 35 | MUL34, RRK-8A | md | | MUL34, 1469, RRK 8, 1471. Disse er rene til mudringsdyp. |
| 36 | MUL35 | 0 | -190 | MUL35. Får polygon alene. Forurenset fra 0-190 cm. Ser bort fra 1474. Her er det kun analysert sediment fra mudredyp. Dette er rent, men vi vet ingenting om sedimentet som er over. Vi forslår derfor at denne tas ut fra datagrunnlaget. |
| 37 | RRK-55 | -40 | 50 | RRK55. Får eget polygon. Forurenset mellom 40 og 50 cm. Ren i toppen. |
| 38 | RRK-54 | -10 | -30 | RRK 54. Legges alene. Forurenset i topp, 10-30 cm. |
| 39 | RRK-9 | md | | RRK 9, 1478, 1476. Grupperes til samme polygon. Rene ned til mudringsdyp. |

| | | | | |
|----|--|-----|------|--|
| 40 | MUL36, MUL37 | -10 | -230 | MUL 37 og MUL 36. Legges til samme polygon. Rene masser for begge ned til -10, forurenset -200 og -230 henholdsvis. |
| 41 | RA1507 | 0 | -700 | Legges i eget polygon. Rene linser i mellom men antatt forurenset ned til 700 cm. |
| 42 | MUL38, RRK-38 | 0 | -40 | MUL38 og RRK38. Lagt i samme polygon, forurenset ned til 40 cm. |
| 43 | RRK-10B, RRK-39, RRK-53, RRK-40, RA1508 | | md | Antas forurenset ned til mudringsdyp. |
| 44 | RRK-41, MUL39, RRK-64, MUL40, RRK-43, RRK-44 | -10 | md | Rene masser i overflaten fra 10-30 cm. Arealet er ca. 72.000 m ² . Kan lønne seg å mudre de øvre 10-20 cm. Under dette forurenset ned til mudredyp. |
| 45 | RRK-52 | | md | Forurenset ned til mudredyp |

2.2.1.2 Polygoner i Flyndregrunnen

For Flyndregrunne er det laget et polygon for hver kjerne, unntatt for polygon 7 og 9 som inkluderer 2 kjerner hver. Totalt er det laget 9 polygoner. Det var mindre likhet mellom nærliggende kjerner for Flyndregrunnen sammenlignet med Borg 1. Tabell 3 viser nummerering og hvilken kjerne som ligger i de ulike polygonene, samt angir øvre og nedre grense for forurenset sediment innenfor polygonet.

Figur V1-3 i Vedlegg 1 viser alle polygoner i Flyndregrunnen.

Tabell 3. Oversikt over polygoner i Flyndregrunnen. Polygonene er nummert, det er angitt hvilke kjerner som er inkludert i hvert polygon, samt at øvre og nedre grense er spesifisert.

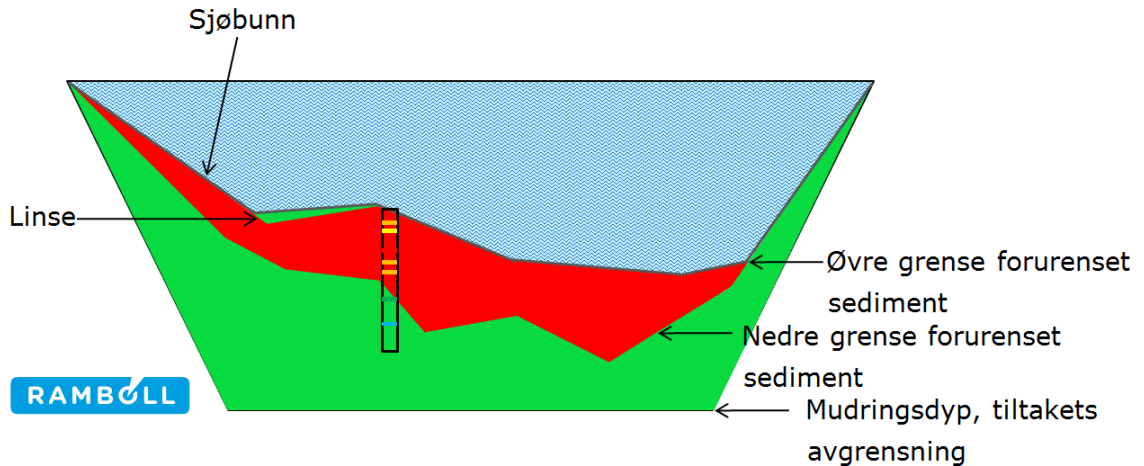
| Polygon | Kjerner inkludert | Øvre grense | Nedre grense |
|---------|---------------------|-------------|--------------|
| 1 | MUL47 | -60 | -300 |
| 2 | MUL43 | 0 | -90 |
| 3 | RRK14-K3 | 0 | -180 |
| 4 | MUL46 | 0 | -280 |
| 5 | MUL49 | 0 | -180 |
| 6 | RA1413 | 0 | -200 |
| 7 | MUL48, MUL45 | 0 | -180 |
| 8 | MUL44 | 0 | -220 |
| 9 | RRL-14-K2, RRL14-K4 | 0 | -170 |

2.2.2 Avgrensning av forureningsmektighet vertikalt i 3D-modell

Med bakgrunn i de kjemiske analysene av sedimentprøvene ble det laget «lag» med rent og forurenset sediment nedover i 3D-modellen. Dette er gjort ved å legge inn en øvre grense for forurenset sediment og en nedre grense for forurenset sediment. Den innmålte sjøbunnen presentert i Figur 3 ble deretter kopiert og flyttet ned til både øvre grense for forurenset sediment og nedre grense for forurenset sediment. Det er dermed antatt at mektigheten til det forurensete laget følger bunntopografien. Sjøbunnen ble flyttet for hvert polygon definert i Kapittel 2.2.1 og 2.2.1.2. For noen polygoner viser analyseresultatene at det er rent sediment i overflaten, over det forurensete sediment. I disse polygonene er det definert totalt tre lag med sediment: Rent, forurenset og rent. Rent overflatesediment over forurenset sediment kalles linser. Figur 6 illustrer hvordan 3D-modellen vil se ut for et tverrsnitt av tiltaksområde. Her er eksempelet på sedimentkjerne fra Figur 4 satt inn i sedimentet. For denne kjernen vil øvre grense for forurenset sediment bli satt til sedimentdyp 0 m fordi øverste analyserte kjerneintervall er forurenset (TK IV). Nedre grense for forurenset sediment er satt til 1,70 m sedimentdyp fordi grunneste kjerneintervall som klassifiseres som rent går fra 1,70 til 1,80 m sedimentdyp (TK II).

Øvre og nedre grense for forurenset sediment er satt ut fra en «konservativ tilnæringsmåte», det vil si at sedimentet er antatt å være forurenset om det ikke foreligger en analyse som viser at det er rent. Grensene ble også satt ut fra grunnest og dypeste utbredelsen av forurenning i de tilfellene der det eksisterte data fra flere nærliggende kjerner. For Polygon 4 som ble brukt som eksempel tidligere betyr det at øvre grense ble satt til det grunneste kjerneintervallet som viste at sedimentet var forurenset, mens nedre grense ble satt til det dypeste kjerneintervallet som var forurenset.

Som Figur 5 viser er det åpne områder mellom polygonene, i de åpne områdene ble øvre og grense for forurenset sediment interpolert fra polygoner som ligger rundt de åpne områdene. For at Novapoint skulle kunne håndtere modellen er sjøbunnen og avgrensingsflatene noe glattet ut sammenlignet med den faktiske sjøbunnen.



Figur 6. Prinsippskisse av et tverrsnitt av 3D-modellen som representerer tiltaksområde i Borg Havn hvor farleden skal gjøres bredere og dypere. Sedimentet er rent (farget grønn, tilstandsklasse (TK) 1-3 iht. Miljødirektoratets veileder M-608/2016) eller forurenset (farget rød, TK 4 og 5). Forurensningsmek-tigheten er kartlagt i punkt med prøvetaking.

2.3 Beregning av volum rent og forurenset sediment

Volumene med forurenset og rent sediment i tiltaket ble så beregnet i 3D-modellen i Novapoint ved å beregne følgende volum:

V_{TOT} = Totalt volum sediment som skal mudres i tiltaket

V_F = Volum forurenset sediment

V_R = Volum rent sediment

V_L = Volum rent sediment i linsener

V_{R+F} = Volum rent + forurenset sediment

Dette ble gjort ved å beregne volum sediment mellom følgende lag:

1. «Sjøbunn» til «Mudringsdyp, tiltakets avgrensning»
 Dette gir totalt volum sediment som skal mudres i tiltaket = V_{TOT}
2. «Øvre grense forurenset sediment» til «Mudringsdyp, tiltakets avgrensning»
 Dette gir rent og forurenset sediment, unntatt linsene = V_{R+F}
3. «Nedre grense forurenset sediment» til «Mudringsdyp, tiltakets avgrensning»
 Dette gir volum rent sediment, unntatt linsene = V_R

Videre er V_L funnet ved å trekke V_{R+F} fra V_{TOT} :

$$V_{TOT} - V_{R+F} = V_L$$

Og V_F er funnet ved å trekke V_R fra V_{R+F} :

$$V_{R+F} - V_R = V_F$$

2.4 Usikkerheter i volumberegningene

For alle utbyggingsprosjekter som det beregnes volum masser som skal håndteres i vil det være en forskjell mellom beregnet volum og det som faktisk håndteres ved utgraving. Dette er fordi volumene beregnes i en modell av virkeligheten, og selv om modellen i stor grad representerer virkeligheten må det gjøres forenklinger.

Nedenfor diskuteres de tilpasningene av betydning som er gjort i 3D-modellen som bidrar til usikkerhet i de beregnede volumene. Det diskuteres også hvordan disse tilpasningene er gjort for å i størst grad redusere usikkerheten og gjøre modellen så lik tiltaket som mulig:

Utglatting av koter for sjøbunn

Beregning av volum masser som skal mudres er basert på en bathymetridata med $0,5 \times 0,5$ meters oppløsning. For at beregningene skal få et overkommelig omfang har det vært nødvendig å glatte ut terrengkoter. Det kan derfor være noe forskjell mellom beregnet volum basert på glattede koter sammenlignet med ikke-glattede koter.

Rambøll har fulgt samme prosedyrer for glatting av koter som brukes i veiprosjektering når en beregner volumer av masser som skal håndteres.

Usikkerhet i kjemiske analyser

Beregning av volum forurensede og rene masser baserer seg på de kjemiske analysene som er gjort av kjerneintervaller. Det er den komponenten som har dårligst tilstand ihht. M-608/2016 som vil være bestemmende for klassifisering av sedimentet og hvilken tilstandsklasse som registreres. Analysene av sedimentet inkluderer kvantifisering av metaller og organiske miljøgifter (PAHer, PCBer og organisk tinn). Alle analyser har en analyseusikkerhet som rapporteres sammen med resultatet. Denne varierer noe, men for metaller ligger analyseusikkerheten omkring +/- 20 %, mens den for de organiske miljøgiftene er omkring 25 til 35 % (ALS Laboratory Group). Som en føre-var betraktning kan det argumenteres for at usikkerheten burde legges til, jf Miljødirektoratets veileder TA-2960/2012. Dette ville ført til at noen av kjerneintervallene og dermed også sedimentet ville klassifiseres til en dårligere tilstandsklasse. Dette vil også øke volumet på masser som skal håndteres som forurenset. Av analyserte prøver, overflateprøver og prøver fra kjerner, er det særlig kobber og benzo(ghi)perylene som viser en forverret miljøkvalitet hvis man legger til usikkerheten. Hvilket utslag dette faktisk vil føre til i volumøkning av forurenset sediment er ikke beregnet. Ved beregning av volum forurensede masser er analyseresultatene slik de er oppgitt fra laboratoriet benyttet. Dette er i tråd med en gjennomsnittsbetraktning gitt i Miljødirektoratets veileder TA-2960-2012.

Usikkerhet i horisontal og vertikal utbredelse av forurensning

3D-modellen forsøker å gjengi virkeligheten med så stor nøyaktighet som er mulig. I 3D-modellen er det for alt sediment bestemt om konsentrasjonen av miljøgifter er over eller under grense for tilstandsklasse 3 ihht. M-608/2016. Dette er basert på de kjemiske analysene av sedimentkjernene som beskrevet i Kapittel 2.2.2. I realiteten er konsentrasjonen av miljøgifter kun kjent i punkter i tiltaksområdet, denne punktinformasjonen er så antatt å gjelde for polygoner som beskrevet i Kapittel 2.2.1.

Det er til de volumberegningene som er beskrevet i foreliggende rapport gjennomført statistiske beregninger av fordelingen av prøvepunkt for sedimentkjernene i tiltaksområdet (NIVA, 2018). Resultatene fra den statistiske analysen viser at prøvetakingsregimet etter at de nyeste prøvene (Multiconsult, 2017) er inkludert er tilstrekkelig for å kunne beregne volum forurenset og rent sediment i tiltaket.

I henhold til Miljødirektoratets veileder TA-2802/11 og TA-2960/2012 anbefales det for kartlegging av forurensning ved mudring 4 kjerner per 10.000 m^2 sjøbunn. Tiltaksområdet i Borg 1 er ca. 800.000 m^2 hvilket tilsier prøvetaking av 320 kjerner. Volumberegningene av Borg 1 bruker

informasjonen i 93 kjerner. I store tiltaksområder åpner veilederen for et redusert antall prøver. Det viktigste er at kartleggingen gir et representativt bilde av sedimentforurensningen, dette er nå sikret gjennom den statistiske analysen (NIVA, 2018). Det innsamlede materialet er derfor vurdert å gi et representativt bilde av forurensningen.

3. RESULTAT OG DISKUSJON

For å beregne volum rent og forurenset sediment ble det utarbeidet en 3D-modell av farleden som beskriver tiltaket i Borg Havn.

I foreliggende kapittel er resultatene fra volumberegningen som viser volum fjell, volum rent sediment og volum forurenset sediment presentert og drøftet. Kapittelet inneholder også en kort sammenligning av forutsetninger, metode og resultater til foreliggende beregning, med tidligere volumberegninger.

3.1 Nye beregnede volumer av rene og forurensete sedimenter

Tabell 4 viser volum fjell, rent sediment og forurenset sediment (basert på klassegrenser gitt i M-608/2016) i Borg 1 og for Flyndregrunnen i Borg 2. Volumer for øvrige grunner i Borg 2 er også vist i tabellen, hentet fra tidligere rapporterte volum (Rambøll, 2016B).

Totalt mudringsvolum er 2 959 650 m³ for tiltaket i Borg 1 og Borg 2. Av dette antas 1 893 924 m³ å være rene sedimenter, mens 817 001 m³ antas å være forurensete sedimenter (Tabell 1). 248 275 m³ er fjell.

Tabell 4. Beregnede volumer (m³) rent og forurenset sediment i Borg 1, inklusive snuplassen i Fuglevikbukta, og for Flyndregrunnen i Borg 2. Øvrige grunner i Borg 2 er også vist, hentet fra (Rambøll, 2016B). Sedimenter med miljøgiftkonsentrasjon i tilstandsklasse 1-3 karakteriseres om rene. Sedimenter med miljøgiftkonsentra-

| Område | Vanddyp (m) | Rene sedimenter | Forurensete sedimenter | Fjell | Total volum |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------|----------------|------------------|
| Røsvikrenna - Borg 1 | Nordlig del inkl Fuglevikbukta | 11,3 | 407 265 | 80 404 | 487 669 |
| | Sørlige del | 13,3 | 1 021 552 | 684 505 | 1 706 057 |
| | Volum Borg 1 | | 1 428 817 | 764 909 | 450 |
| Grunner - Borg 2 | Duken | 16,3 | 8 870 | 0 | 8 870 |
| | Tjørnergrunnen | 16,3 | | 0 | 6 698 |
| | Nordre Kvernskjær | 14,7 | | 0 | 2 474 |
| | Lubbegrunnen | 13,5 | 6 056 | 0 | 39 876 |
| | Løperungen | 13,5 | 3 724 | 0 | 58 134 |
| | Tjeldholmsten | 13,5 | 15 906 | 0 | 9 985 |
| | Fugleskjørgrunnen VEST | 13,3 | 86 107 | 0 | 81 026 |
| | Belgebåen | 13,3 | 221 833 | 0 | 50 082 |
| Flyndregrunnen | 13,3 | 122 611 | 52 092 | | 174 703 |
| Volum Borg 2 | | 465 107 | 52 092 | 248 275 | 765 474 |
| Totalt volum Borg 1&2 | | 1 893 924 | 817 001 | 248 275 | 2 959 200 |

sjon i tilstandsklasse 4-5 karakteriseres som forurensete. Tilstandsklassene er i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

3.2 Sammenligning med tidligere resultatene

Grunnlag og forutsetninger for beregningene

I tidligere volumberegninger utført i 2013 og 2016 er beregninger av volum rent og forurenset sediment også gjort i 3D-modell i programvaren Novapoint. 3D-modellen har også tidligere hatt avgrensninger for «Mudringsdyp, tiltakets avgrensning», samt for «Øvre grense forurenset sediment» og «Nedre grense forurenset sediment». Det har også vært spesifisert linser med rent overflatesediment der dette har vært aktuelt.

Til 3D-modellen som er utarbeidet til volumberegningen beskrevet i foreliggende rapport er tilnærmingen og resonnementene som ligger bak den vertikale og horisontale avgrensningen noe endret sammenlignet med tidligere volumberegninger. Den horisontale avgrensningen beskrevet i foreliggende rapport baserer seg på de kjemiske analysene og likhet mellom analyseresultat til nærliggende kjerneprøver, samt sjøbunnens batymetri. Til tidligere beregninger har det vært delt inn i områder av omtrentlig lik størrelse, uten at hverken batymetri eller kjemiske analyser er vurdert. I den vertikale avgrensningen av forureningsmektighet beskrevet i foreliggende rapport er det brukt en konservativ tilnæringsmåte. Det vil si at i de tilfeller der kjerneprøvene er ikke er tatt ned til mudringsdyp vil miljøgiftkonsentrasjonen i det dypeste analyserte kjerneintervallet antas å være representativ for sedimentet som ligger dypere enn kjernen. I tidligere beregninger har det vært antatt at dypere sedimentet der det ikke har foreligget analyseresultater har vært rent. Denne antakelsen er tatt med bakgrunn i at sedimenttilveksten i tiltaksområdet er på 1-2 cm i året og at sedimentet dypere enn 1,5-2 meter vil være fra før-industriell tid. Det ble derfor antatt at dette sedimentet var rent. Resultater fra den siste kjerneprøvetaking viser imidlertid forurensning av organiske miljøgifter ned til 8,5 meters sedimentdyp i ett av polygonene, Polygon 44 (Tabell 2). Dette gjelder prøver tatt ved stasjon ST39 og ST40, og det er aromatiske organiske forbindelser, blant annet Antracen og Fluoranten, som kvantifiseres ved konsentrasjoner tilsvarende klasse IV og V. Stasjon ST39 og ST40 ligger i hver sin ende i nord og sør av det sørligste polygonet definert for Borg 1. Det er ingen andre prøver i dette området som kan brukes til å bestemme konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet og det må derfor antas å sedimentet er forurenset ned til mudringsdyp. Arealet av dette polygonet er 71 021 m², og om det antas at det innenfor hele polygonet skal mudres 8 meter sediment så vil volumet forurenset sediment som må håndteres fra dette polygonet alene utgjøre 538 168 m³.

Resultater

Volumene forurenset og rent sediment har endret seg mye fra tidligere volumberegninger (Rambøll, 2016B). Det er særlig i den sørlige delen det er en stor økning i volum forurenset sediment. Volum forurenset sediment i Borg 1 er nå beregnet til 764 909 m³ (Tabell 4), mens det tidligere har vært beregnet til 152 498 m³.

Det er flere faktorer som bidrar til at volumet forurenset sediment har økt, hovedårsakene er at det er brukt en mer konservativ tilnærming til antakelsen om forureningsgrad for områder hvor det ikke foreligger analyser, samt at et tettere grid av prøver horisontalt og av analyser vertikalt gir større nøyaktighet i beregningene.

Differansen mellom volum forurenset sediment beregnet i 2016 og volum forurenset sediment beregnet i foreliggende rapport er 613 411 m³. Volumet forurenset sediment i Polygon 44, 538 168 m³, utgjør 92% av dette. Tidligere var det tatt kjerneprøver ned til maksimalt 117 cm sedimentdyp i dette området. Det vil si at mye av det som tidligere ble antatt å være rent sediment nå er klassifisert som forurenset sediment.

4. KONKLUSJON

Hensikten med foreliggende rapport var å beskrive og dokumentere grunnlagsdata, metode og resultat for volumberegning gjort i 2017, og redegjøre for volum rent og forurenset sediment for det planlagte tiltaket i Borg 1 og for Flyndregrunnen i Borg 2. Totalt volum forurenset sediment i tiltaket i Borg 1 og Borg 2 ble beregnet til å være 817 001 m³.

Det er store avvik mellom tidligere og foreliggende beregninger av volum forurenset sediment. Fra avviket i volum forurenset sediment mellom tidligere og foreliggende beregninger kan det mistenkes at det fortsatt er stor usikkerhet knyttet til klassifiseringen av forurensningsgrad til sedimentet i tiltaket. Dette er i midlertid håndtert i den statistiske analysen utført av Niva (NIVA, 2018). Ut fra denne ble det nye griddet for prøvetaking skissert (Multiconsult, 2017), samt at det ble tatt ut nye kjerneintervaller til analyse fra kjerneprøver tatt i 2013/2014 (Rambøll, 2018) er usikkerheten nå minimert. Antallet og posisjonen til de supplerende prøvene er bestemt av den statistiske analysen med hensikt om å få et prøvegrid som gir tilstrekkelig grunnlag for å kartlegge forurensningsgraden i sedimentet. I tillegg er det også brukt en konservativ tilnæringsmetode i den vertikale avgrensningen av forurensningsmektigheten.

De to tilnærmingene beskrevet ovenfor tilsier at volumet forurenset sediment presentert i foreliggende rapport er et konservativt estimat og at usikkerhet i volumberegningene nå er minimert.

5. REFERANSER

Multiconsult, 2017. 713909-RIGm-RAP-001_rev01

NIVA, 2018. Statistisk analyse av volum av forurenset sediment i Borg 1 og Flyndregrunnen, basert på samlet kjemisk analysemateriale fram til 2017. NIVA-rapport XXX.

Rambøll, 2013. M-rap-017-1110438-Datarapport-rev001

Rambøll, 2015. M-rap-021-1110438-Datarapport sedimentprøvetaking_rev01

Rambøll, 2016A. Konsekvenser for vannforekomstene ved farledsutbedring til Borg Havn

Rambøll, 2016B. M-not-50-1110438 Nye volumberegninger for Borg 1 og 2 etter M-241_2014_rev01

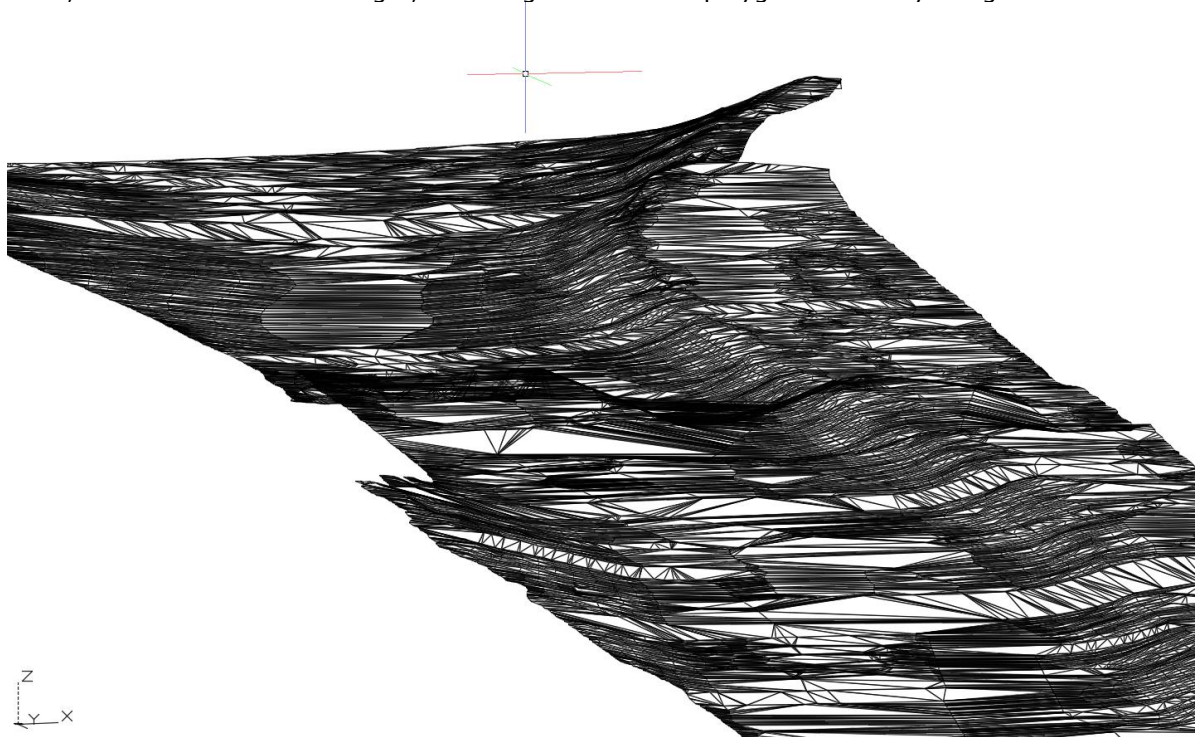
Rambøll, 2018. M-not-55-1110438-019 – Borg 1 og Flyndregrunnen – Supplerende sedimentundersøkelser og oppdaterte vertikale profiler av forurensningsmektigheten (utkast)

Miljødirektoratet, 2016. M-608/2016 – Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota

VEDLEGG 1. 3D-MODELL FOR BORG 1 OG FLYNDREGRUNNEN

Det er utarbeidet en 3D-modell for å beregne volum rent og forurenset sediment til tiltaket med utbedring av farleden i Borg Havn. I foreliggende rapport er grunnlagsdata, metode og resultat for volumberegning gjort i 2017 beskrevet og dokumentert, samt at det er redegjort for de beregnede volumene for det planlagte tiltaket i Borg 1 og for Flyndregrunnen i Borg 2.

I Vedlegg 1 er figurer som illustrerer 3D-modellen presentert. Figur V1-1 viser den nordligste delen av tiltaket og viser sjøbunnen i modellen i 3D. Figur V1-2 viser de mindre områdene, polygonene, som ble definert for Borg 1, mens Figur V1-3 viser polygonene for Flyndregrunnen.



Figur V1-1. Utsnitt av 3D-modellen over sjøbunnen i Borg Havn. Utsnittet viser den nordligste delen av tiltaket.