

## Nordkystens fremtid - Forundersøgelse

Bathymetrisk opmåling og bestemmelse af sandlag



Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001  
Management System Certification

BUREAU VERITAS  
Certification Denmark A/S



# Nordkystens fremtid - Forundersøgelse

## Bathymetrisk opmåling og bestemmelse af sandlag

Udarbejdet for                      NIRAS A/S  
Repræsenteret ved              Christian Helledie



*DHI opmålingsbåd "CEDRA"*

Projektleder	Nils Drønen
Kvalitetsansvarlig	Anders Jensen
Projektnummer	11821353-1
Godkendelsesdato	13. april 2018
Revision	Draft 0.2
Klassifikation	Begrænset

## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Survey udstyr og data processing .....</b>	<b>5</b>
2.1	Koordinatsystem og reference niveau .....	5
2.2	Anvendt udstyr .....	5
2.2.1	Navigation og software .....	5
2.2.2	Bathymetrisk data .....	5
2.2.3	Seismisk data .....	5
2.2.4	Vandstandmålinger og lydhastighedsprofiler .....	5
2.3	Data processing .....	6
2.3.1	Bathymetrisk data .....	6
2.3.2	Seismisk data .....	6
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>7</b>
3.1	Bathymetrisk data .....	7
3.2	Seismisk data .....	7

## FIGURER

Figur 1.1	Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Hundested og Asserbo Plantage. ....	1
Figur 1.2	Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Liseleje og Tisvilde. ....	2
Figur 1.3	Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Tisvilde og Gilleleje. ....	2
Figur 1.4	Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Gilleleje og Hornbæk. ....	3
Figur 1.5	Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Hornbæk og Helsingør. ....	3
Figur 3.1	Linje 182. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundskurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markerer grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund .....	7

## BILAG

### BILAG A – Eksempler på kystprofiler

### BILAG B – Seismisk data

### BILAG C – Processeret bathymetrisk og seismisk data

## 1 Introduktion

I forbindelse med forundersøgelserne for projektet Nordkystens Fremtid, er der på kyststrækningen mellem Hundested og Helsingør opmålt 286 linjer vinkelret på kysten med 200 meters afstand, samt 5 kystparallelle linjer med en indbyrdes afstand på 50-100 meter. De kystvinkelrette linjer er opmålt fra 0.8 meters dybde til 8 meters dybde. De kystparallelle linjer er opmålt inden for 8 m kurven.

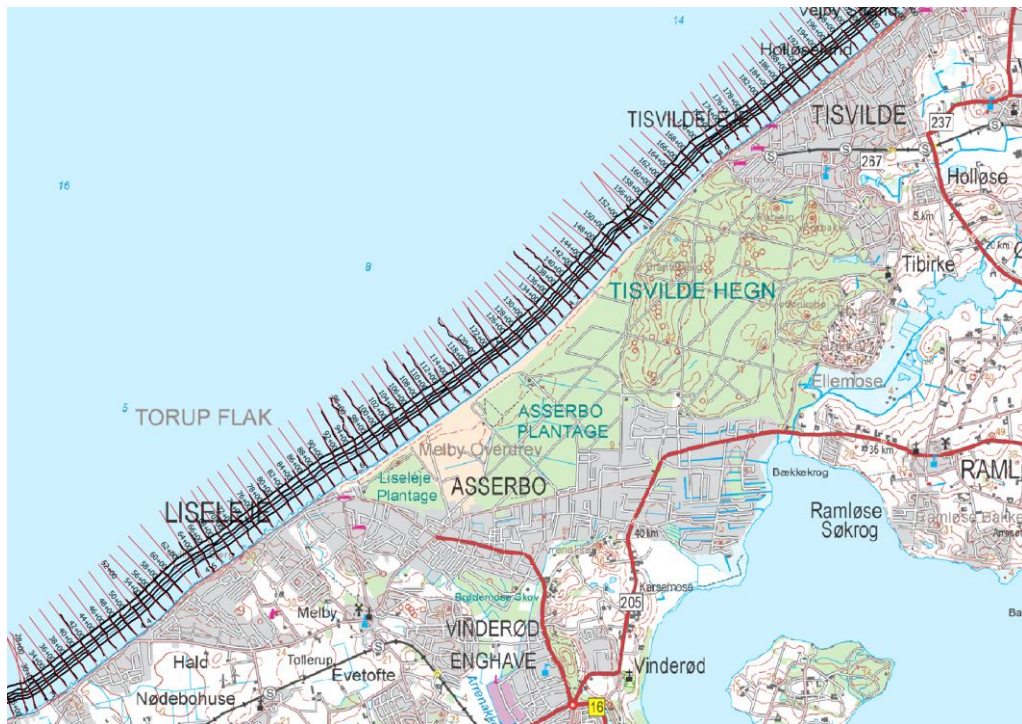
Opmålingen er udført med henblik på at opnå detaljeret data omkring kyststrækningens bathymetri, samt at kortlægge tykkelsen af sandaflejringerne på strækningen.

De opmålte linjer ses i Figur 1.1 til og med Figur 1.5.



Figur 1.1 Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Hundested og Asserbo Plantage. De sorte spor viser de faktisk sejlede linjer. Den røde linjer (i vandet) viser de planlagte sejllinjer.



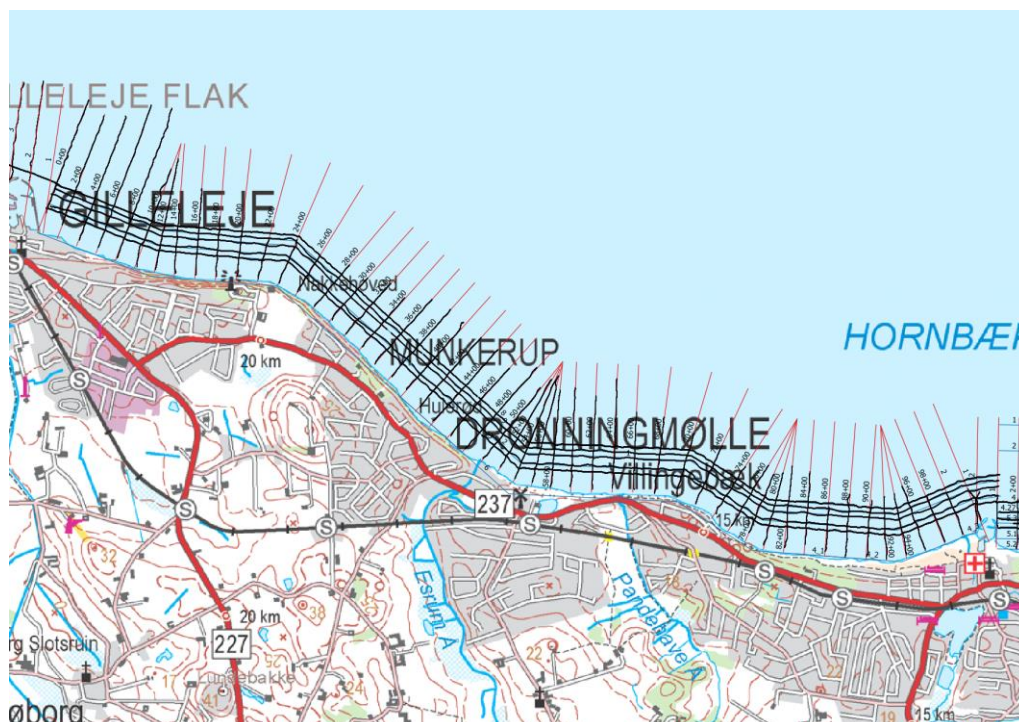


Figur 1.2 Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Liseleje og Tisvilde. De sorte spor viser de faktisk sejlede linjer. Den røde linjer (i vandet) viser de planlagte sejllinjer.

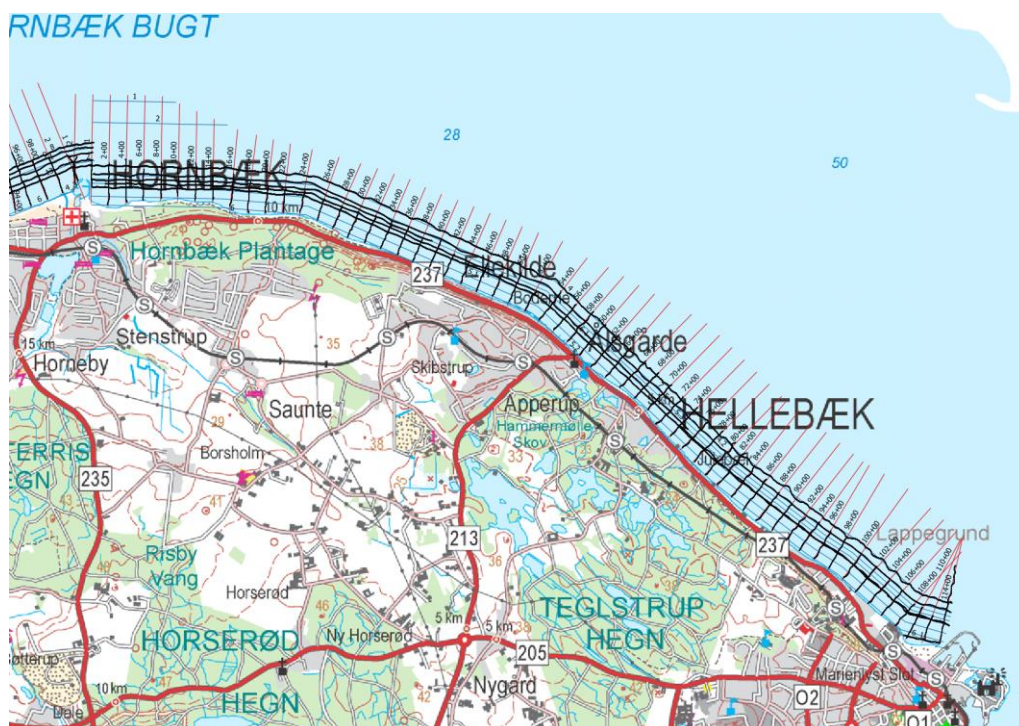


Figur 1.3 Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Tisvilde og Gilleleje. De sorte spor viser de faktisk sejlede linjer. Den røde linjer (i vandet) viser de planlagte sejllinjer.





Figur 1.4 Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Gilleleje og Hornbæk. De sorte spor viser de faktisk sejlede linjer. Den røde linjer (i vandet) viser de planlagte sejllinjer.



Figur 1.5 Survey området med de opmålte kystvinkelrette samt kystparallelle linjer mellem Hornbæk og Helsingør. De sorte spor viser de faktisk sejlede linjer. Den røde linjer (i vandet) viser de planlagte sejllinjer. På grund af kystens stejthed og forhindringer i form af sten er enkelte af de kystparallelle linjer sejlet to gange i samme linje.

Denne side skal være blank.



## 2 Survey udstyr og data processing

### 2.1 Koordinatsystem og reference niveau

Horisontal positionering refererer til UTM zone 32N (WGS-84), mens vertikal reference er DVR90 baseret på data fra DMI's vandstandsmålere i hhv. Hundested og Hornbæk havn, samt en midlertidig vandstandsmåler etableret af DHI i Gilleleje havn.

### 2.2 Anvendt udstyr

#### 2.2.1 Navigation og software

Der blev til positionering anvendt en Applanix PosMV to-frekvens GPS modtager, mens software pakken Hypack Max™ blev brugt til planlægning, navigation, dataopsamling samt dataprocessing.

#### 2.2.2 Bathymetrisk data

Dybde data blev målt med et Navisound 215 to-frekvens (33 kHz og 200kHz) ekkolod. Ekkolods transduceren er monteret nederst på et beslag på siden af survey båden, hvormed den nøjagtige dybde af transduceren er blevet bestemt. GPS antennen er monteret så den præcise afstand både horisontalt og vertikalt til ekkolods transduceren (offsets) kan bestemmes og fastholdes under opmålingen, se billede af CEDRA på rapportens forside.

#### 2.2.3 Seismisk data

Der blev anvendt et Innomar SES 2000 sediment ekkolod til indsamling af det seismiske data, da dette er specialudviklet til brug på lavt vand (ned til 1-2 meter) og kan profilere 15 meter ned i havbunden (hvis denne består af sand).

#### 2.2.4 Vandstandmålinger og lydhastighedsprofiler

Vertikal reference er DVR90 baseret på data fra DMI's vandstandsmålere i hhv. Hundested og Hornbæk havn, samt en vandstandsmåler (Valeport 740) etableret af DHI i Gilleleje havn. Alle tre vandstandsmålere registrerer en vandstand hvert 10 minut. Vandstandsmåleren i Gilleleje havn vil blive indmålt til DVR90 med en Trimble R8 RTK GNSS modtager.

Ydermere er der fra surveybåden målt lydhastighedsprofiler i vandsøjlen ved brug af en YSI CastAway CTD. Disse er som minimum blevet målt to (2) gange om dagen.

## 2.3 Data processing

### 2.3.1 Bathymetrisk data

Data indsamlet på Navisound 215 to-frekvens ekkolodet er efterfølgende processeret i Hypack Max™ i Single Beam Editor. De opmålte profiler er udglattet således, at støj på profilerne foresaget af enten bølger eller genstande i vandsøjlen er fjernet.

Dataen korrigeres for lydets hastighed ved interpolation i tid og rum mellem de registrerede lydhastighedsprofiler. Bundprofilerne korrigeres for vandstandsændringer, ligeledes ved interpolation i tid og rum mellem data fra de tre målere ved brug af Centerline Method i Single Beam Editor, og reduceres til DVR90.

Offset værdierne (horisontale samt vertikale afstand fra GPS antenne til ekkolodstransducer) er ligeledes ved processeringen blevet korrigeret, således den horisontale positionering refererer til ekkolodstransduceren.

### 2.3.2 Seismisk data

Data indsamlet fra Innomar SES 2000 sediment ekkolodet er efterfølgende processeret i Hypack Max™ i Sub Bottom Processing. Innomar SES 2000 sediment ekkolod er baseret på 'parametric solution', der betyder at instrumentet udsender to højfrekvente lydbølger med næsten identisk frekvens. De to frekvenser interfererer med hinanden og danner en lavfrekvent lydimpuls med ikke alene høj penetration i havbunden, men også med høj opløselighed. Lydimpulsen sendes ned gennem vandsøjlen og havbunden, hvor forskelle i sedimenternes densitet vil reflektere noget af den energi som lydbølgerne har. Den reflekterede energi registreres af ekkolodet sammen med den tid som lyden har været under vejs. Tilsammen giver disse data et billede af havbundens øverste lags karakteristika, som efterfølgende er tolket i Sub Bottom Processing.

De opmålte profiler er tolket i Sub Bottom Processing, og reflektorerne fra den reflekterede energi fra henholdsvis havbund, samt grænsefladen mellem nutidige sandaflejringer og underliggende sedimenter er markeret. Ydermere er det muligt at identificere vegetation og stenaflejringer på havbunden, da disse reflekteres som støj over havbunden.

Dataen er korrigeret for lydets hastighed i vand ved interpolation i tid og rum mellem de registrerede lydhastighedsprofiler, mens lydets hastighed i sediment er sat til 1600 m/s som standard på alle profiler.

## 3 Resultater

### 3.1 Bathymetrisk data

Eksempler på rådata profiler kan findes i Bilag A. De resterende profiler afleveres efter aftale elektronisk. Profilerne er vist uden akser.

De færdigprocesserede profiler giver mulighed for at beskrive kystmorfologien på den undersøgte kyststrækning. Et generelt fladere kystprofil findes på strækningen fra Hundested Havn til Tisvilde Hegn, samt ved Gilleleje, Munkerup og Dronningmølle. Et generelt stejlere kystprofil findes på strækningen ved Tisvilde/Holløse Strand, Vejby Strand, Rågeleje, Udsholdt strand og Smidstrup Strand. Ligeledes findes et stejlere kystprofil ved Nakkehoved, og på strækningen fra Hornbæk til Helsingør.

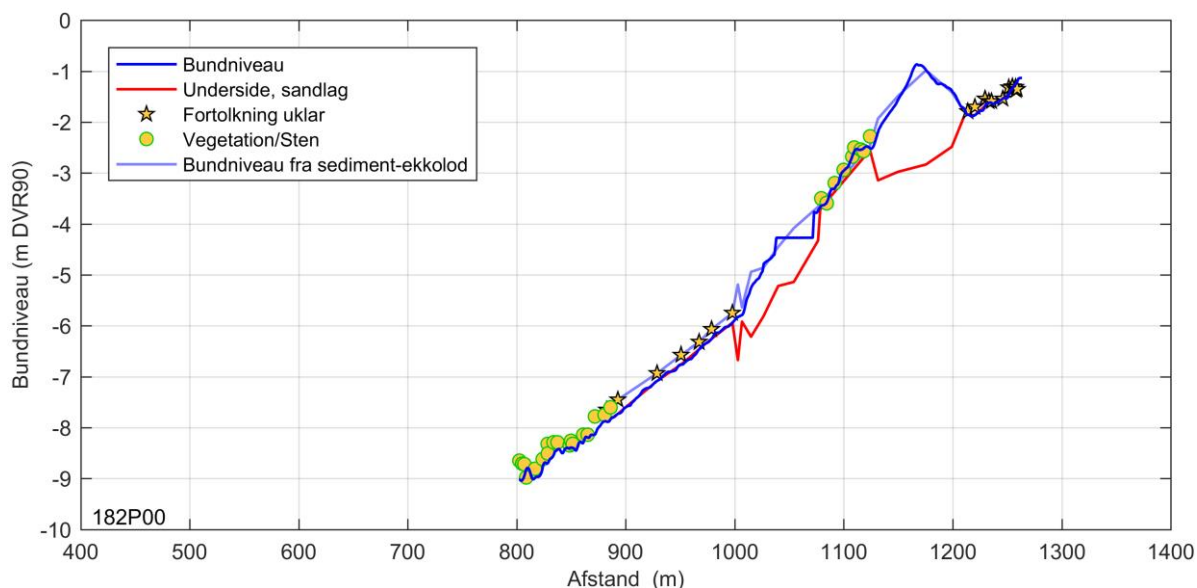
### 3.2 Seismisk data

Eksempler på fortolkede rådata profiler kan findes i Bilag B. De resterende profiler afleveres efter aftale elektronisk. Profilerne viser data uden akser og vises som dokumentation for hvordan sandlagstykkelserne er fortolket ud fra data.

Det processerede data fra sediment ekkolodet giver et overblik over hvor på kyststrækningen, der findes sandaflejringer, samt hvordan tykkelsen af sandlagene varierer over den undersøgte strækning. Generelt ses de tykkeste sandakkumulationer over den inderste revle; dog ses der store variationer i både sandslagstykkelse samt udbredelse selv over korte strækninger.

Figur 3.1 viser de færdigprocesserede data og sammenhængen mellem den med Navisound 215 to-frekvens ekkolodet opmålte havbundskurve og den tolkede havbundskurve fra det seismiske data. Grænsen mellem sandlaget og den underliggende havbund markeres af den røde kurve. Sammenligninger med satellitfoto viste en meget god overensstemmelse mellem fortolkningen af sandlag og satellitbillede.

Flere eksempler findes i Bilag C. De resterende profiler afleveres efter aftale elektronisk.



Figur 3.1 Linje 182. Den mørkeblå kurve viser havbundskurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundskurven baseret på tolkning af

seismisk data. Den røde kurve markere grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund

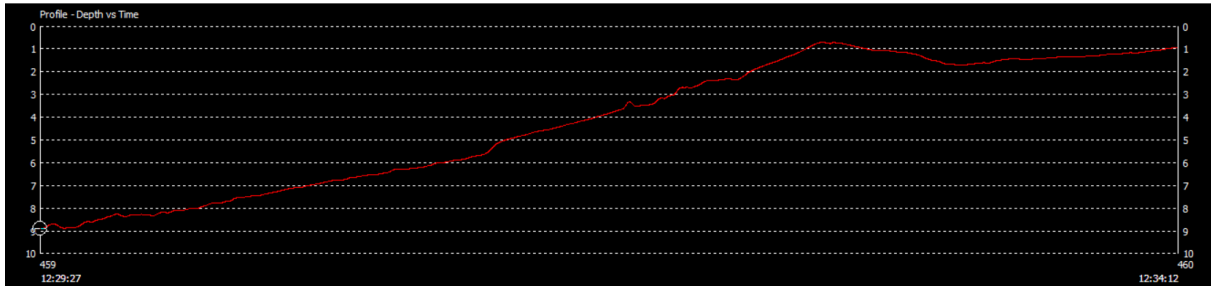
Denne side skal være blank.



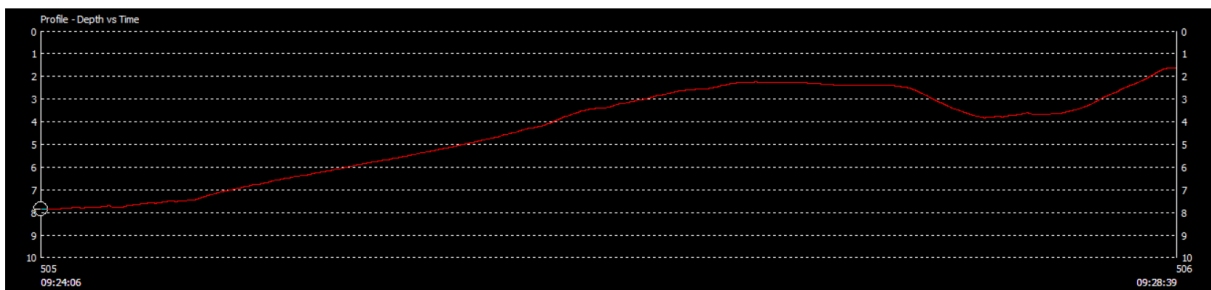
## BILAG

## BILAG A – Eksempler på kystprofiler

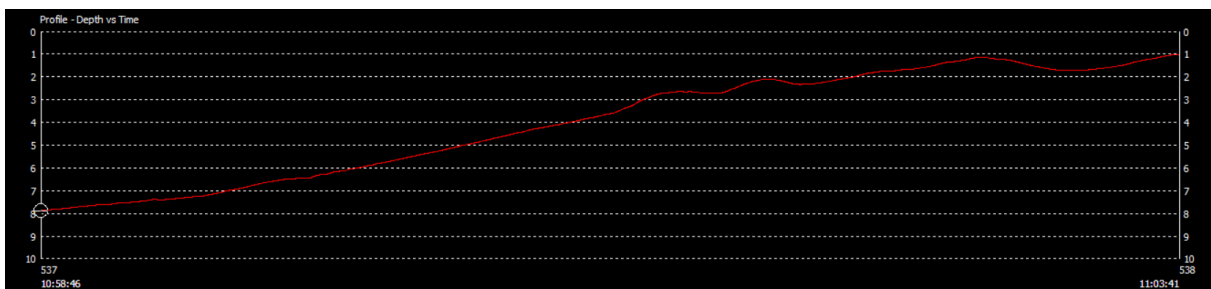
## Bilag A – Eksempler på kystprofiler



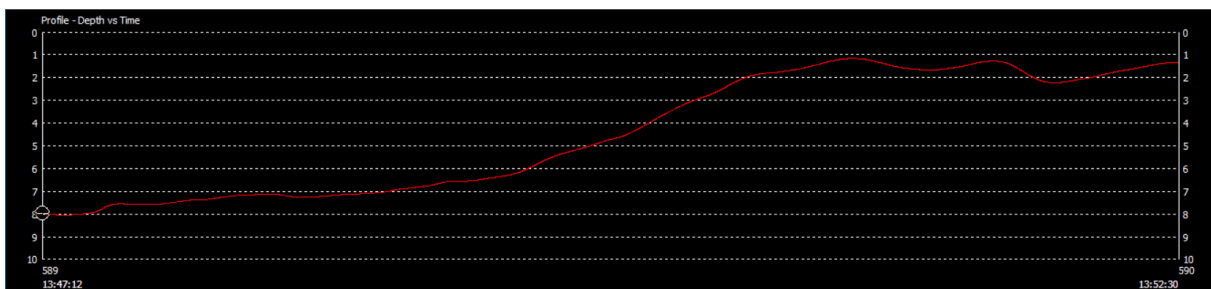
Figur A.1 Linje 182 processeret i Hypack Max™ Single Beam Editor



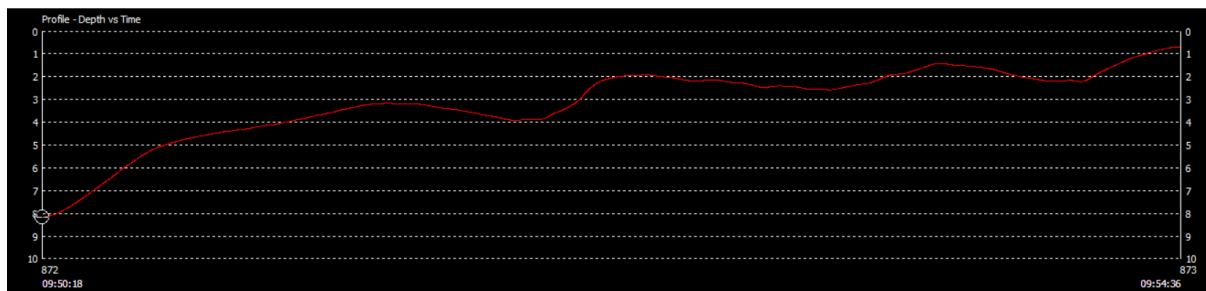
Figur A.2 Linje 218 processeret i Hypack Max™ Single Beam Editor



Figur A.3 Linje 246 processeret i Hypack Max™ Single Beam Editor



Figur A.4 Linje 288 processeret i Hypack Max™ Single Beam Editor

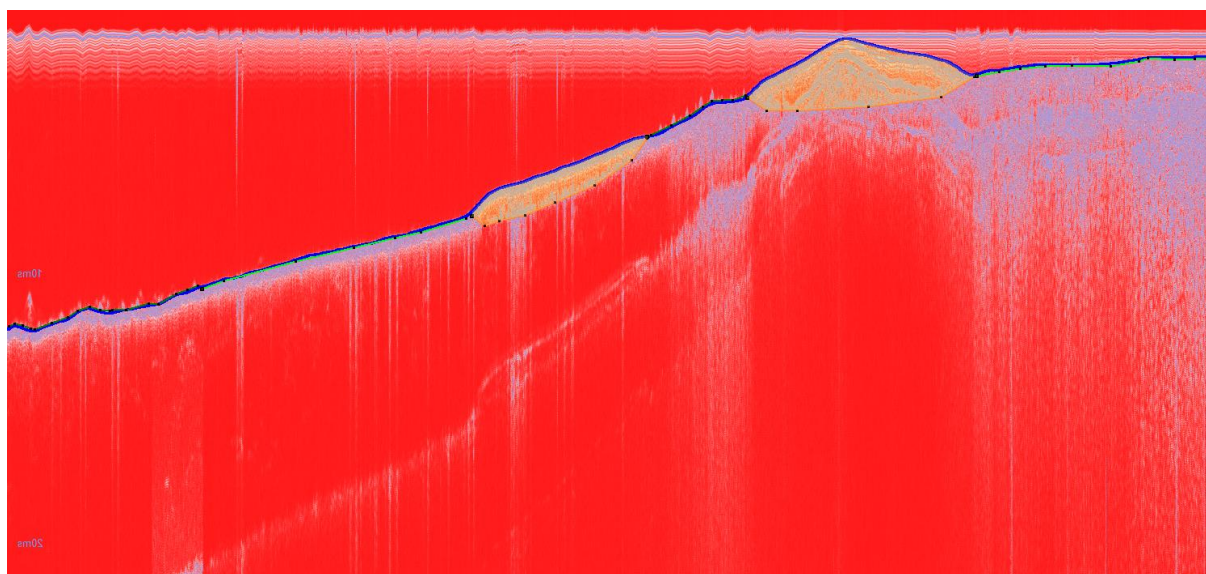


Figur A.5 Linje 454 processeret i Hypack Max™ Single Beam Editor

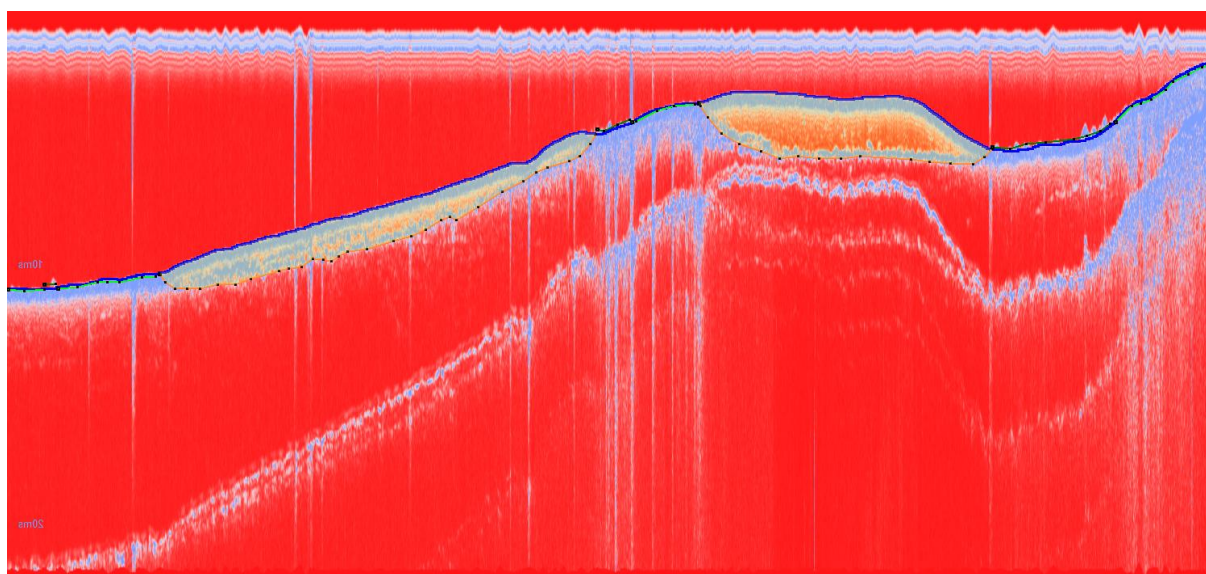


## BILAG B – Seismisk data

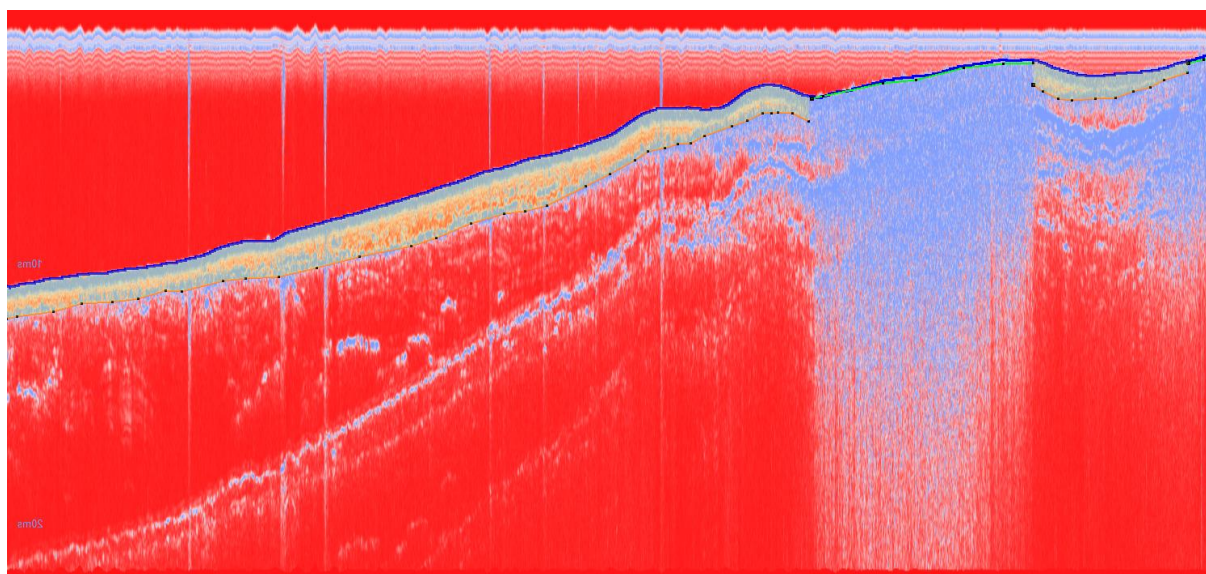
## Bilag B – Seismisk data



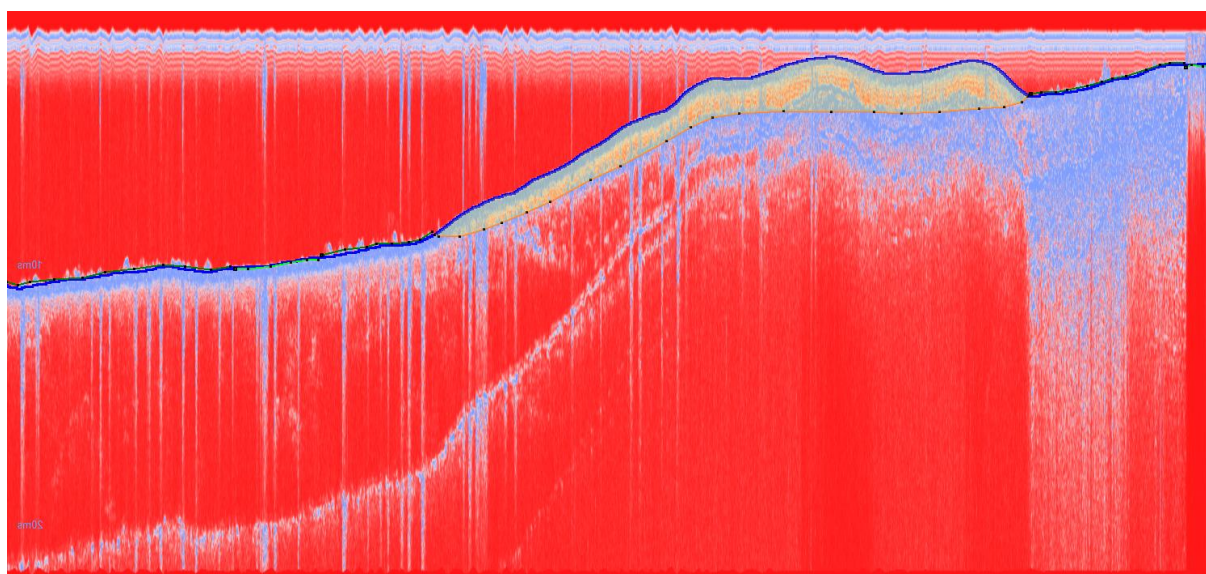
Figur B.1 Linje 182 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.



Figur B.2 Linje 218 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.

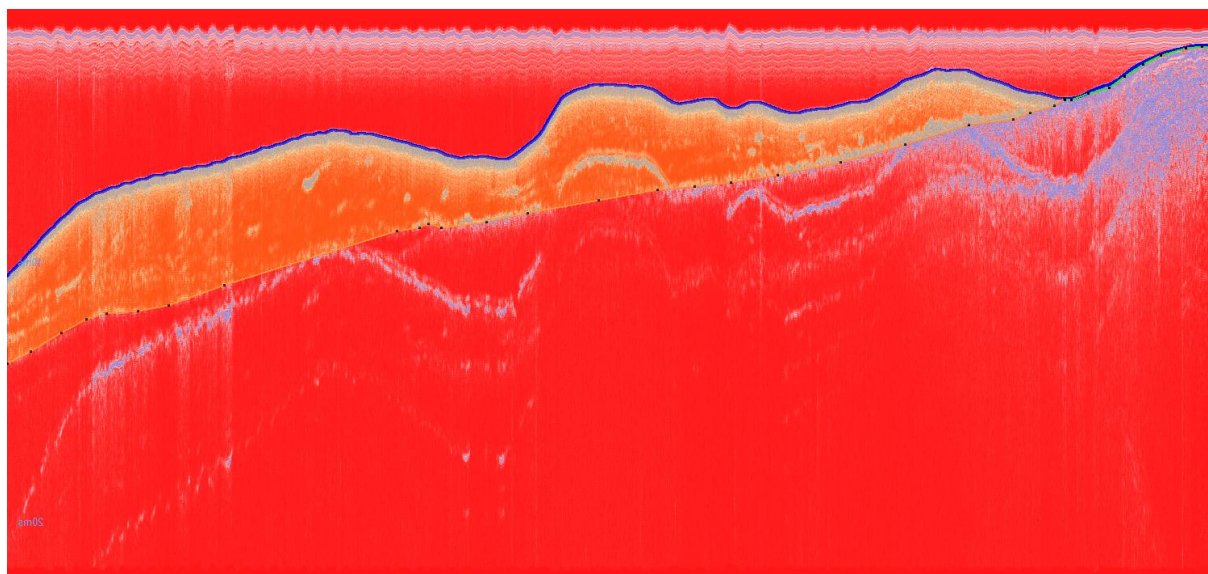


Figur B.3 Linje 246 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.



Figur B.4 Linje 288 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.



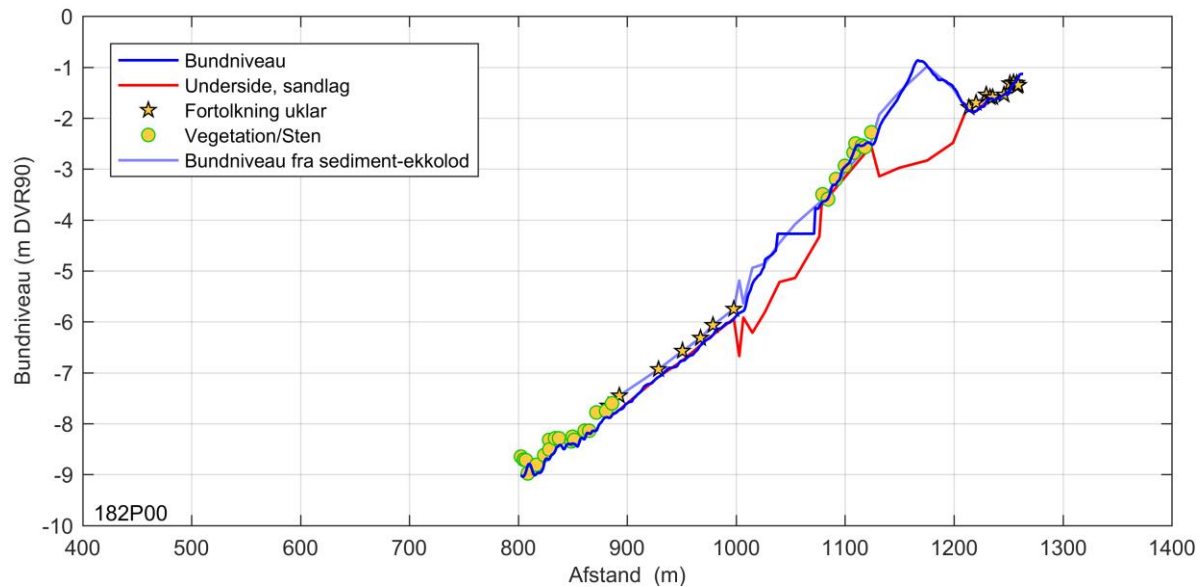


Figur B.5 Linje 454 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.

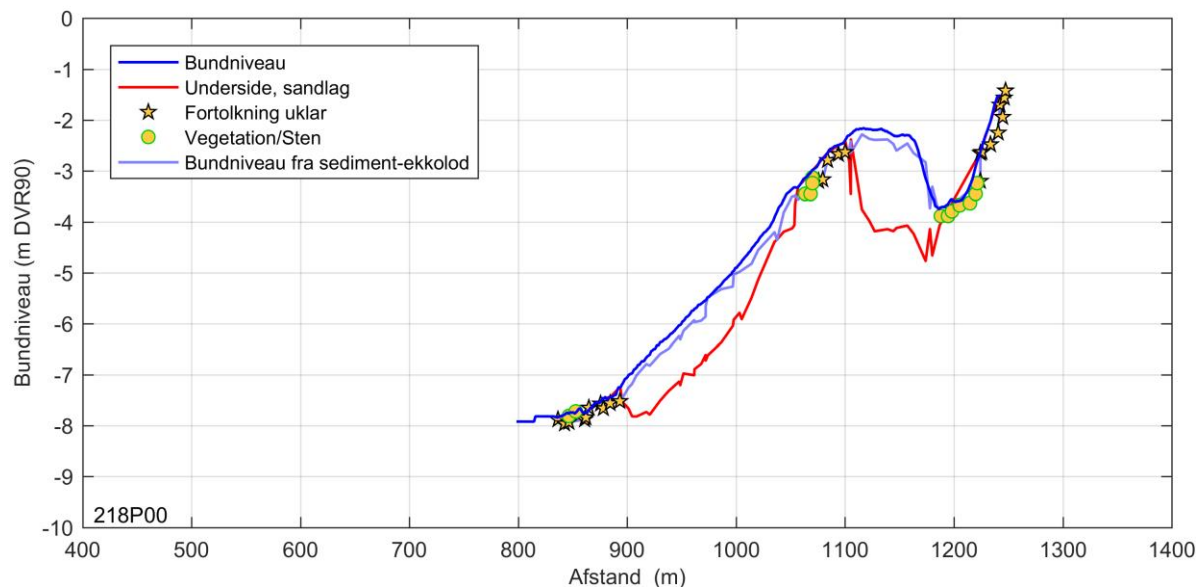


## BILAG C – Processeret bathymetrisk og seismisk data

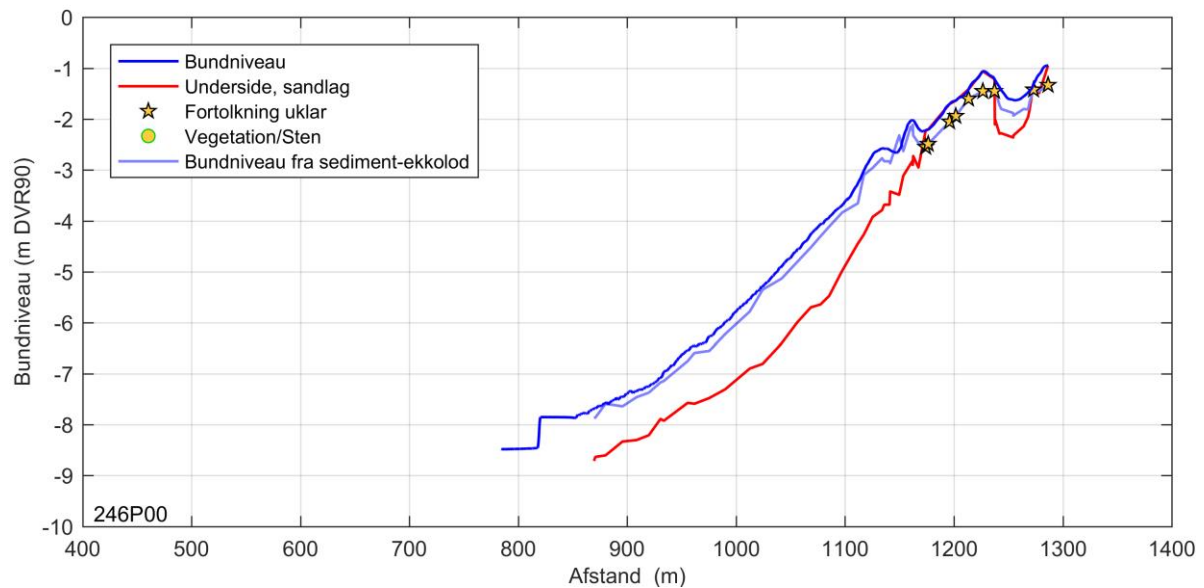
## Bilag C – Processeret bathymetrisk og seismisk data



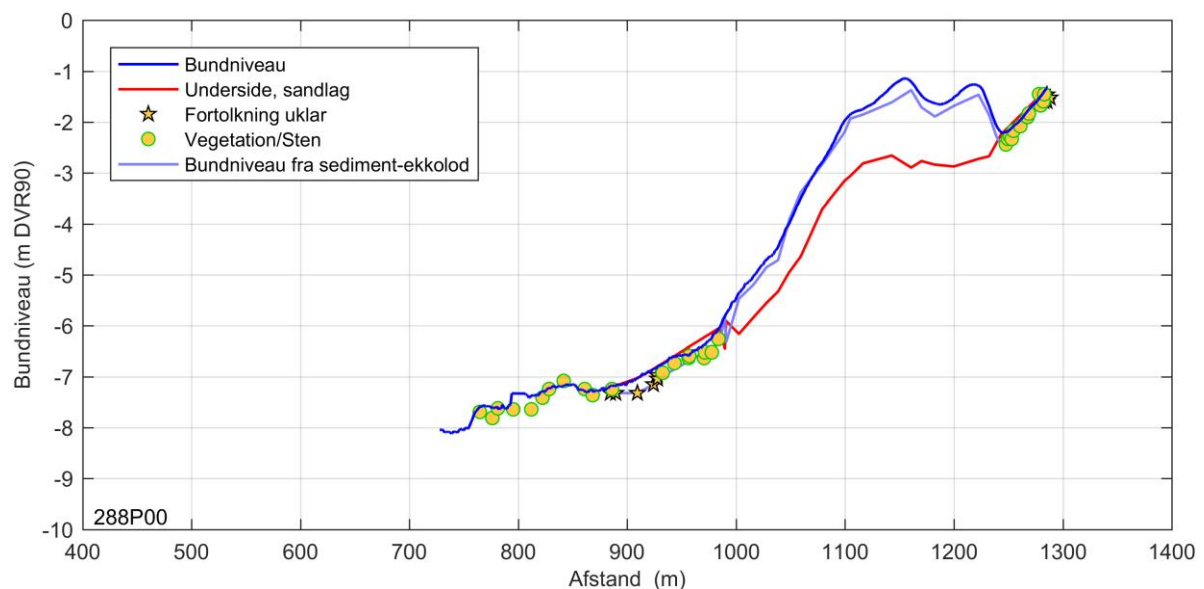
Figur C.1 Linje 182. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundkurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markerer grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund.



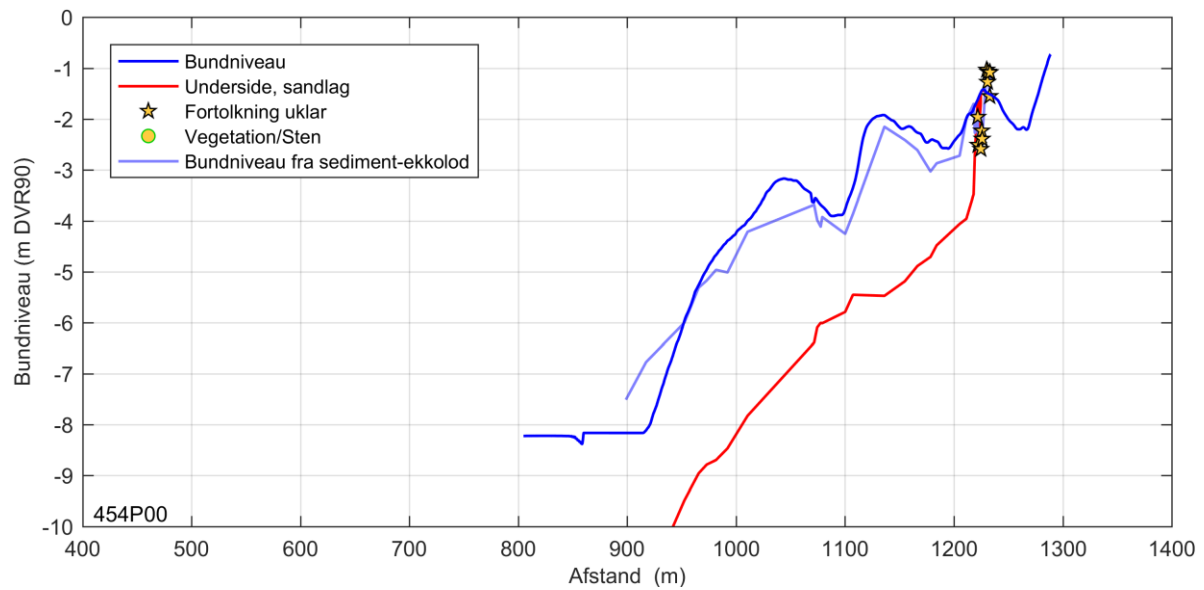
Figur C.2 Linje 218. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundkurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markerer grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund.



Figur C.3 Linje 246. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundkurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markere grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund.



Figur C.4 Linje 288. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundkurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markere grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund.



Figur C.5 Linje 454. Den mørkeblå kurve viser havbundkurven opmålt med Navisound ekkolodet, mens den lyse blå kurve viser havbundkurven baseret på tolkning af seismisk data. Den røde kurve markere grænsen mellem sandaflejringer og underliggende havbund.