

# Efterforskning og kortlægning af resterende sandressourcer i bygherreområde 562-PA Thyborøn, Nordsøen for Kystdirektoratet

Niels Nørgaard-Pedersen, Luna H. Winther & Lars G. Rödel

# **Efterforskning og kortlægning af resterende sandressourcer i bygherreområde 562-PA Thyborøn, Nordsøen for Kystdirektoratet**

Niels Nørgaard-Pedersen, Luna H. Winther & Lars G. Rödel

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Introduktion</b>	<b>3</b>
1.1	Formål .....	3
<b>2.</b>	<b>Undersøgelsesområde</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Tidligere undersøgelser</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Survey udførelse</b>	<b>7</b>
4.1	Opmålingsskib .....	7
4.2	Udstyr og software .....	8
4.3	Dataprocessering og tolkning .....	10
<b>5.</b>	<b>Survey resultater</b>	<b>11</b>
5.1	Sejllinjer.....	11
5.2	Bathymetri.....	11
5.3	Side scan mosaik .....	13
5.4	ROV verifikationsdyk.....	14
5.5	Substrattypekortlægning .....	16
5.6	Eksisterende boringer.....	17
5.7	Seismik tolkning.....	18
<b>6.</b>	<b>Ressourcekortlægning</b>	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>Referencer</b>	<b>22</b>

## **Bilag**

**A1:** Kortbilag – Sejlinjer

**A2:** Kortbilag – Bathymetri baseret på multibeam opmåling

**A3:** Kortbilag – Hældningsforhold

**A4:** Kortbilag – Side-scan sonar mosaik

**A5:** Kortbilag – Substrattypkort med ROV positioner

**A6:** Kortbilag – Kortlagt ressourcemægtighed

# 1. Introduktion

For at sikre forsyningssikkerheden af sand til kystfodringen har Kystdirektoratet (KDI) flere byggherretilladelser til råstofindvinding af sand på havet. WSP/GEUS har for KDI fået til opgave at udføre en marin geofysisk kortlægning efterfulgt af miljøundersøgelser i de eksisterende byggherreområder på strækningen mellem Nymindegab og Lodbjerg i Nordsøen. Områderne omfatter 578-AA Husby Klit, 562-AD Ferring, 562-PA Thyborøn, og 562-AE Thyborøn samt en 500 m omgivende påvirkningszone omkring områderne. Nærværende rapport omhandler ressourcekortlægning og kortlægning af havbundsoverflade af 562-PA Thyborøn og dennes 500 m omgivende påvirkningszone.

Der er foretaget fulddækkende geofysisk kortlægning med side scan sonar, multibeam og Innomar sedimentekkolod. Substrattypekortlægning er understøttet af ROV videodyk på udvalgte positioner. GEUS har stået for den geofysiske kortlægning, mens WSP har udført ROV verifikationer.

## 1.1 Formål

Formålet med de geofysiske undersøgelser er at foretage en detaljeret kortlægning af byggherreområdet med henblik på at afgrænse de resterende ressourceområder samt at beskrive og vurdere omfang og kvalitet af resterende ressourcer. Herudover skal kortlægningen danne baggrund for videre miljøundersøgelser og miljøvurdering af de biologiske interesser i efterforskningsområdet inkl. den omgivende 500 m zone.

Der udarbejdes følgende kortbilag:

- a) Kort over sejllinjer
- b) Kort over områdets bathymetri
- c) Kort over områdets hældninger
- d) Kort over side scan sonar data
- e) Kort over overfladesedimentets sammensætning
- f) Kort over spor af menneskelig aktivitet
- g) Kort over råstoffressourcens udbredelse og volumen

Alle resultater, positioner, sejllinjer, kort og tolkninger af indsamlede data afleveres til Miljøstyrelsen i form af råstof rapport med MapInfo GIS lag.



### **3. Tidligere undersøgelser**

Sandforekomsten blev oprindeligt identificeret på baggrund af den geologiske kortlægning af område 3.2 udført for Kystdirektoratet af GEO i 2010 og 2011. Kortlægningen omfattede sparker og pinger seismik samt side scan sonar og suppleret med i alt 44 boringer, hvoraf 35 boringer er beliggende indenfor det nuværende bygherreområde 562-PA.

Der blev foretaget VVM miljøundersøgelse af 562-PA området (ansøgningsområde 3-2) i 2012 (Orbicon, 2013). I redegørelsen indgår volumenberegning af sandmængder i selve indvindingsområdet, hvorimod GEO's oprindelige beregning (GEO og Orbicon, 2011) også inkluderer sandmængder i 500 m sikkerhedszonen.



## 4. Survey udførelse

Mobilisering af surveyskibet MV Annette Christina blev udført d. 16. juni 2020 i Hvide Sande havn. I den forbindelse blev der påsvejset stævnør til montering af kombineret side scan sonar/multibeam (Edgetech 6205) og rør til montering af Innomar transducer (Pinger) blev monteret på bagbords side i eksisterende beslag. GEUS' surveycontainer med optageudstyr og overvågningsmonitors blev monteret på agterdækket.

Survey af 562-PA Thyborøn foretoges i perioden 21-22 juni 2020. Forud for survey start blev der foretaget patchtest og kalibrering af Multibeam på vrage ved område 578-AA Husby Klit. Linjeafstanden i området var på 100 m og surveyhastigheden blev holdt på ca. 7 knob. Side scan sonar range var indstillet til 75 m, hvilket medfører et overlap på ca. 50 m mellem linjerne. Der blev dagligt udført SVP profilering (lydhastighedsmåling) af vandsøjlen.

Vejr og sø var under survey fint med bølgehøjde <0,5m under første halvdel af survey og bølgehøjde <1 m under den sidste halvdel. Under survey af linje 562PA\_07 skete der brud på det lodrette rør hvorpå Innomar transducere er monteret. Efter et par timers reparation forsattes survey, og linje 562PA\_07 blev sejlet på ny.

Datakvalitet var overvejende fin således, at der kan opnås fuld dækning for side scan sonar og multibeam data over surveyområdet. Datadækning for side scan sonar og Innomar sub-bottom profiler blev checket efter fuldførelse af området.

Følgende personer deltog i det akustiske survey:

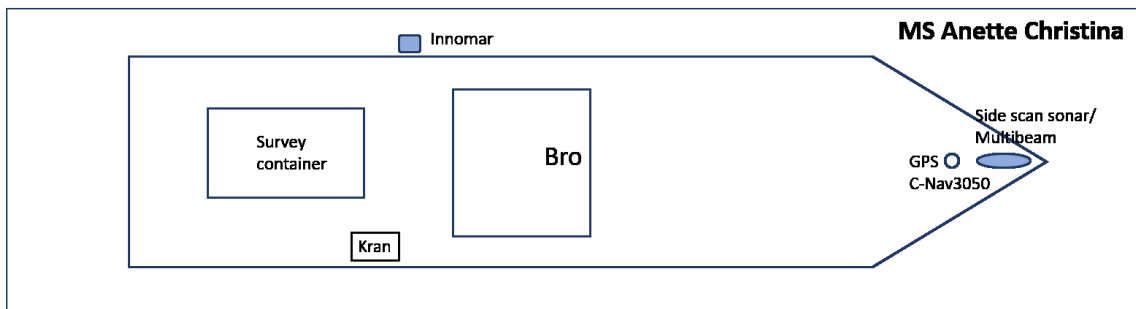
- Niels Nørgaard-Pedersen, GEUS (Geolog, seniorforsker og projektleder)
- Jørgen O. Leth, GEUS (Geolog, seniorrådgiver)
- Lars Georg Rödel, GEUS (Senior marintekniker)
- Sigurd B. Andersen, GEUS (Marintekniker)

### 4.1 Opmålingsskib

Surveyskibet *MS Anette Christina* chartret gennem FOGA Aps. blev benyttet til geofysisk opmåling (Figur 4-1). I Figur 4-2 ses skitse af udstyrsopsætning.



Figur 4-1. Surveyskibet MS Anette Christina



Figur 4-2. Surveyudstyr opsætning på MS Anette Chistina.

## 4.2 Udstyr og software

Den geofysiske opmåling inkluderede side-scan sonar, multibeam, og sedimentekkolod. I Tabel 4-1 ses oversigt over udstyrsspecifikationer.

Tabel 4-1. Oversigt over anvendt surveyudstyr.

Udstyr	Model	Specifikationer
GPS positionering	Applanix PosMv 5	
Integreret side scan sonar/ multi-beam	Edgetech 6205	230/550/1600kHz
Sedimentekkolod (pinger)	Innomar Medium	Primær frekvens 8 kHz

## **Positionering**

Til positionering blev der benyttet en Applanix PosMv 5 modtager. GPS/GNSS/L modtageren benytter NTRIP korrektioner, hvor med der opnås en horisontal nøjagtighed på 0.1m og en vertikal nøjagtighed bedre end 0.3m. Dybdemåling relativt til referencepunkt bliver dermed automatisk tidevandskorrigeret. I forbindelse med mobilisering bliver offset fra GPS-antennen til sonar-transduceren opmålt. Under survey bliver antennepositioner og korrigerede navigationsdata fordelt på datastrengen til softwaren for de individuelle optageinstrumenter. GPS højden beregnes på basis af geoid adskillelse (DKGE-OID02).

## **Bathymetri**

Vanddybder blev opmålt i forhold til DVR90 med Edgetech 6205 Multi phase Echosounder'en der var monteret under stævnen i en dybde af 3 meter under vandlinjen. Instrumentets 230 kHz frekvens benyttes til bathymetriopmålingen og position, højde, roll/pitch/heave kompenseres af en motion sensor forbundet til Applanix PosMv 5 modtageren. Kombinationen af de to instrumenter giver en absolut nøjagtighed på 0.3 m. RTK værdier nedtages kontinuerligt under survey. Kortvarige perioder hvor internetforbindelse mistes fører dog til manglende RTK værdier. Dataopsamling foregår i Edgetech software'n Discovery, og data-filer registreres i Edgetech JSF format. I forbindelse med opmålingen blev der foretaget patchtest af sonar'en på en markant bundform. Patchtest data blev senere benyttet til kalibrering af sonar og endelig processering af dybde data. JSF filerne blev processeret dagligt for at checke datakvalitet. Heave og SVP (lydhastighedsprofiler) blev importeret til SonarWiz projekt for at korrigere rådata. Datasættet blev rensed for 'outliers' og data blev begrænset til 140 grader interval for at ekskludere større unøjagtighed på ydre strålevifte. Det rensede datasæt blev eksporteret som Geotiff fil for at skabe et overbliksbillede og ligeledes som et ESRI grid, der kan viderebehandles med GIS software.

## **Side scan sonar havbundsoverflade kortlægning**

EdgeTech 6205 side-scan sonar'en opererer med frekvenserne 230 og 550 kHz. Den optimale opløsning i sejlrretningen er på ca. 4.5 cm. Data blev optaget i Edgetech JSF format med Sonarwiz 7 software. Der blev benyttet en range på 75 m til hver side af skibet. Ved en sejllinje afstand på 100 m på dybder i intervallet 15-30 m betyder det, at der er ca. 50% overlap mellem sejllinjerne.

### Innomar højopløseligt sedimentekkolod

Der blev benyttet et Innomar SES-2000 Medium parametrisk subbottom profiler til kortlægning af de øvre 5-10 m af havbunden. Penetrationsdybden i finkornede bløde sedimenter kan være bedre end 50 m, men tilstedeværelse af hårde, stenede eller sandede lag vil typisk reducere penetrationen meget. Erfaringsmæssigt kan sandede lag med en tykkelse på op til 5-10 m typisk registreres. Den vertikale opløsning er op til ca. 5 cm afhængigt af den benyttede puls. Alle data bliver korrigeret for roll og heave med en motionsensor (SMC), som er placeret på skibet direkte over transduceren.

### 4.3 Dataprocessering og tolkning

De seismiske data er blevet processeret, tolket og bearbejdet til kort, og resultaterne er præsenteret i GIS-programmet MapInfo. Nedenstående Tabel 4-2 giver en oversigt over databearbejdning og tolknings dataformater, software og slutprodukter.

Tabel 4-2. Oversigt over datatyper og -formater.

Datatype	Dataformat	Data- og tolkeprogram	Slutprodukt
Positionering	ASCII tekst	NaviPac, Hypack, MapInfo	Sejllinjekort
Bathymetri	ASCII tekst	Edgetech Discovery, SonarWiz 7 MapInfo Vertical Mapper	Dybdekort, Hældningskort
Side scan	Jsf konverteret til geotiff	SonarWiz 7, Mapinfo	Havbunds sedimentkort, menneskelig aktivitet
Innomar	Optaget i Raw format. Konverteret til SEG Y med SesConvert64	Kingdom, Innomar, Mapinfo	Havbundssedimentkort og ressourcekort

## 5. Survey resultater

Survey data er blevet processeret, tolket og bearbejdet til førstegenerationskort. På baggrund af side scan sonar data er der udvalgt positioner til ROV videodyk og herudover er tidligere ROV positioner udvalgt til fornyet ROV dyk. Efter gennemførelse af ROV dyk i 2021 af WSP er analyseresultater inddraget i endelig udfærdigelse af tolkede substrattypekort. Der er udarbejdet kortbilag for sejllinjer, dybdeforhold, hældningsforhold, side scan sonar mosaik, substrattyper, spor efter menneskelig aktivitet og ressourcemægtighed.

I det følgende beskrives analyser og tolkning af data. Kortpræsentationer kan findes i bilagene til denne rapport.

### 5.1 Sejllinjer

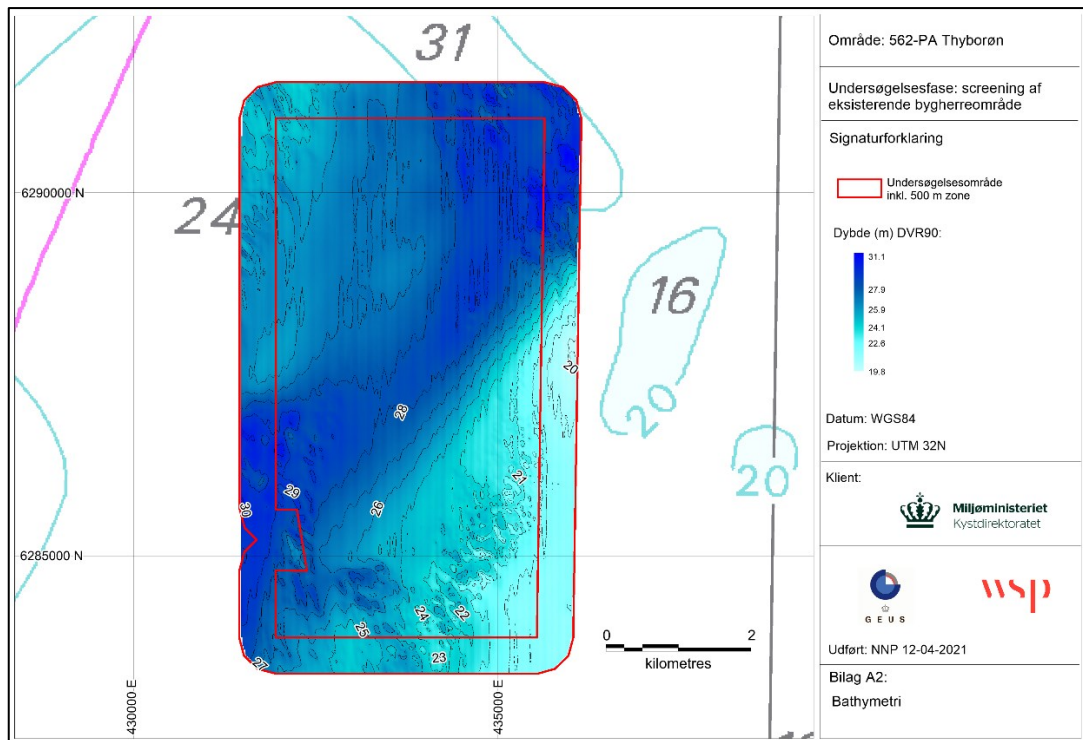
Der blev sejlet i alt 47 N-S gående linjer svarende til ca. 374 linjekm over 562PA området inkl. omgivende 500 m zone (bilag A1). Linjerne blev sejlet med en indbyrdes afstand på 100 m. Sydlige del af linje 6 blev gentaget, efter at det var konstateret at side scan sonar data ikke var blevet optaget på denne del. Linjerne er nummereret 562PA\_xx fra vest (562AE\_01) til øst (562AE\_47).

### 5.2 Bathymetri

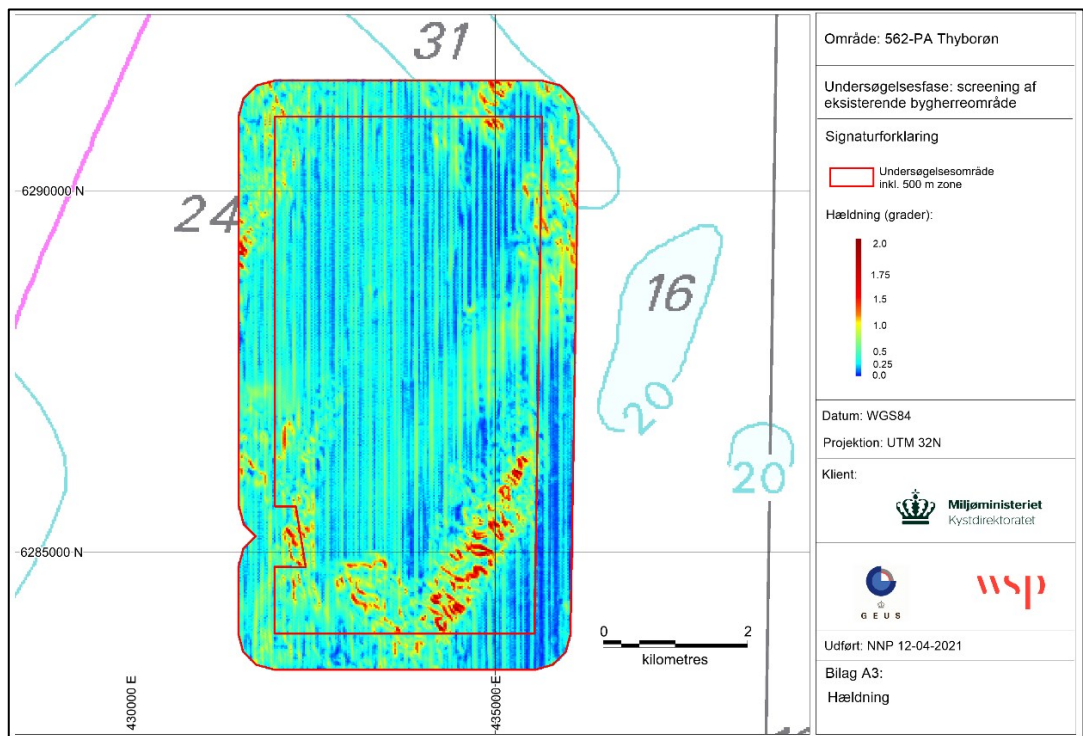
De processerede data fra multibeamopmålingen er eksporteret som højopløselig xyz gridfil og data er regriddede i Vertical Mapper og plottet med dybdefarvekode og 1 m konturlinjer i forhold til DVR90 (Figur 5-1, Bilag A2). Herudover er der på baggrund af dybdedata beregnet hældningsforhold i grader, og data er ligeledes eksporteret som gridfil, regriddet i Vertical Mapper, og plottet med farvekode (Figur 5-2, Bilag A3).

Dybdedata viser at dybden i området varierer fra ca. 19 m til ca. 27 m. Der er overordnet set god overensstemmelse med søkortets 20 m konturlinje. Dybdekortet viser at de laveste dybder på 19-20 m findes i den sydvestlige del af området. De største dybder på ca. 26-27 m findes i den centrale og den nordvestlige del af området. Plot af hældningsdata viser at hældningen ikke overstiger ca. 4 grader i området. Partier med de største hældninger findes generelt på lineare til let krummede ryglignende strukturer i de mere lavvandede dele af

området. Sammenligning med dybde data og side scan sonar mosaik underbygger, at de største hældninger er relateret til sandbundformer.



Figur 5-1. Dybdeforhold (m, DVR 90) baseret på multibeam opmåling (Kortbilag A2).



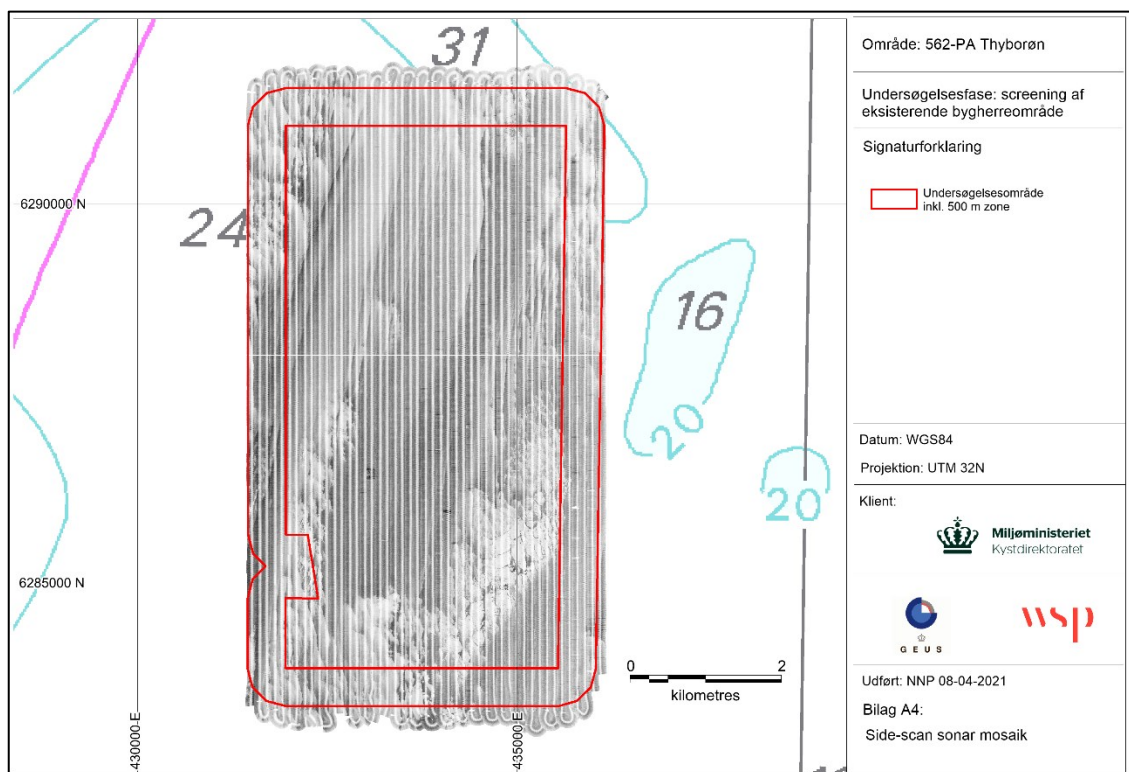
Figur 5-2. Hældningsforhold (grader) baseret på multibeam opmåling (Kortbilag A3).

### 5.3 Side scan mosaik

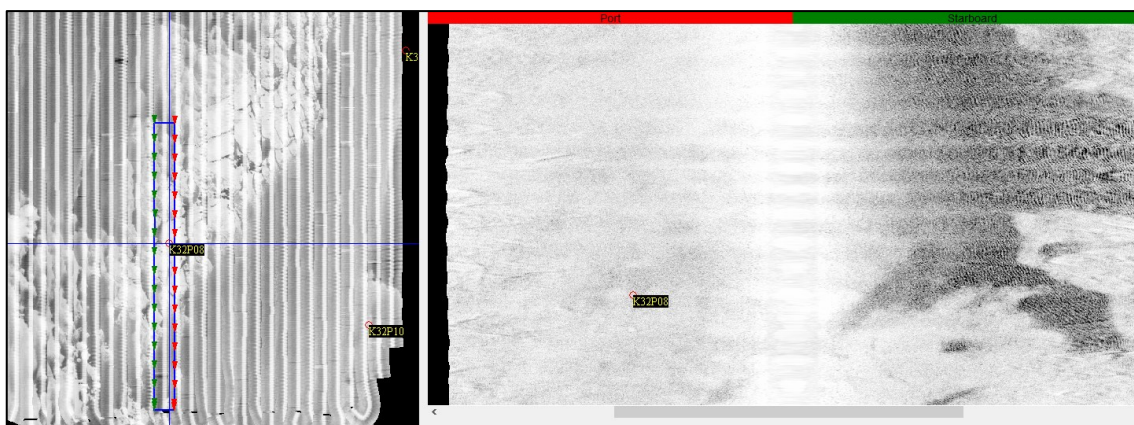
Der er genereret højopløselige geotiff filer (tiles) af de processerede side-scan sonar data og tiles er plottet i Mapinfo (Figur 5-3, Bilag A4).

Side-scan mosaikken viser dominerende lysegrå områder repræsenterende lavere reflektiv sandbund uden markante større bundformer. Herudover ses i den sydlige og den nordvestlige del af området let spættede lyse områder med markante bundformer dannende irregulære rygge orienteret NV-SØ. I nogle af trugene mellem bundformerne ses mørkere partier, som formodentligt repræsenterer en mere grovsandet -gruset bundtype (Figur 5-4). I 500 m zonens indhak i den vestlige del af området ses stedvist partier med tætliggende større sten.

Der kan ikke umiddelbart observeres spor efter menneskelig aktivitet, såsom trawlspor eller slæbesugningsspor. Dog ses irregulære partier og fordybninger i de lyse områder med bundformer, som muligvis kan skyldes spor efter indvindingsaktivitet, som er blevet udvisket og modificeret af vandrede bundformer.



Figur 5-3. Side-scan sonar mosaik (kortbilag A4).



Figur 5-4. Side-scan sonar billede fra ROV position KD562PA08 domineret af sandet dynamisk type 1b havbund (lys) med mellemliggende mere grovsandede partier (mørk).

## 5.4 ROV verifikationsdyk

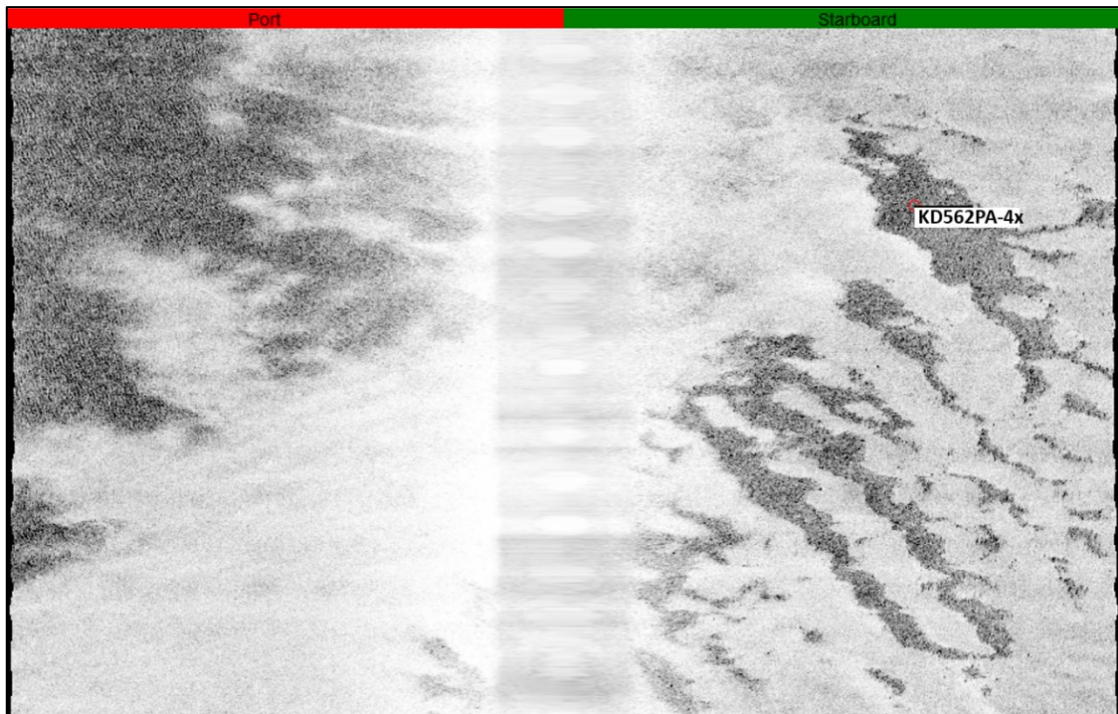
Der er af WSP foretaget ROV verifikationsdyk fordelt på 11 positioner, der tidligere har været foretaget dyk på i august 2011, samt 9 ny udvalgte positioner (med suffix -x) for yderligere verifikation af side-scan sonar tolkning (Tabel 5-1). ROV dykkene påviser at undersøgelsesområdet er domineret af en ret grovkornet fast sandbund med bølgeribber. Desuden forekommer partier med mere finkornet sand. Som påvist ved den tidligere VVM-undersøgelse af området, forekommer områder med større sten (substrattype 3 og 4) næsten udelukkende i 500 m zonen i den sydvestlige del af undersøgelsesområdet (Figur 5-5). På en enkelt ROV station (KD562PA-8x) er der observeret forekomst af silt eller ler med et meget tyndt sandgrusdække (substrattype 1b/ muligvis 1c).

Tabel 5-1. Oversigt over generel substratbeskrivelse og -klassifikation på ROV punkter.

Punkt	Substratbeskrivelse	Primært substrat	Sekondært substrat
KD562PA1x	Fin til mellemkornet sand, markante bølgeribber ingen tegn på sten hverken på eller under sandoverfladen	1b	0
KD562PA2x	Sandbund med blødtoppede ribber, spredte enkelte sten med bundfauna på, småsten under sandet	1b	0
KD562PA3x	Sandbund med ribber, flere mindre sten, god sigtbarhed, spredte mellemstore sten	Type 3 (lokalt 4)	0
KD562PA4x	sandbund med spredte store sten, relativt finkornet sand med marint sne tilstede, mellemstore ribber,	Type 2-3	0
KD562PA5x	almindelig sandbund, marint sne, små bølgeribber	1b	0



<b>KD562PA6x</b>	grov til gruset sandbund, flad uden synlige bølgeribber, enkelte småsten, mørkt farvet, spor efter in-fauna aktivitet, mellem-groft sand, enkelte huller	Type 1b-2	0
<b>KD562PA7x</b>	grovkornet sandbund uden bølgeribber, huller hist og her, marint sne, groft sand blandet med lidt silt, mørk farve, grov sandbund med silt blandet i	1b	0
<b>KD562PA8x</b>	en smule grus, bølgeribber, silt mudder, måske ler, sand, ligner grus ovenpå ler, fint marine sne, god sigtbarhed,	1b (1c)	0
<b>KD562PA9x</b>	Sandbanker, revle af finkornet sand,	1b	0
<b>KD562PA01</b>	grov sandbund med tendens til grus nogle steder, bløde bølgeribber, marint sne	1b	0
<b>KD562PA02</b>	Type 4: mellemkornet sandbund med store sten, relativt tydelige bølgeribber, kraftigt torv observeret liggende på bunden, store sten liggende på bunden, god sigtbarhed,	Type 4	Type 1
<b>KD562PA03</b>	ret finkornet sandbund med fine bølgeribber, der veksles i farve baseret på de forskellige konstørrelser, kornstørrelse foreslår silt i bunden, marint sne.	1b	0
<b>KD562PA04</b>	små markante bølgeribber, mellemkornet til groft sand, muslingeskaller, en smule marint sne, en smule grus	1b	0
<b>KD562PA05</b>	Mellem til grovkornet sandbund, mellemkornet grus, markante små bølgeribber	1b	0
<b>KD562PA06</b>	grovkornet sandbund, flad med udviskede bølgeribber, skalfragmenter, enkelte småsten	1b	0
<b>KD562PA07</b>	fin-mellem kornet sandbund, med kraftige bølgeribber, dårlig sigte, relativt fint sand på toppen med grovere sand ved dalene af bølgeribberne. En tendens til grus. Hele spektret af kornstørrelser. Marint sne er til stede.	1b	0
<b>KD562PA08</b>	fint-groft sand, svage bølgeribber, kraftige bølgeribber,	1b	0
<b>KD562PA09</b>	et rev, måske 90 % store sten, lokalt sand omkring revet, bredere passager af sand, god sigtbarhed, i udkanten er der småskaller, sandbund, lokalt stenrev,	Type 4	0
<b>KD562PA10</b>	Mellem-grovkornet sand, markante bølgeribber, marint sne, små muslingeskaller,	1b	0
<b>KD562PA11</b>	Almindelig grovkornet sandbund med grus og ribber, forskellige sandfragmenter	1b	0

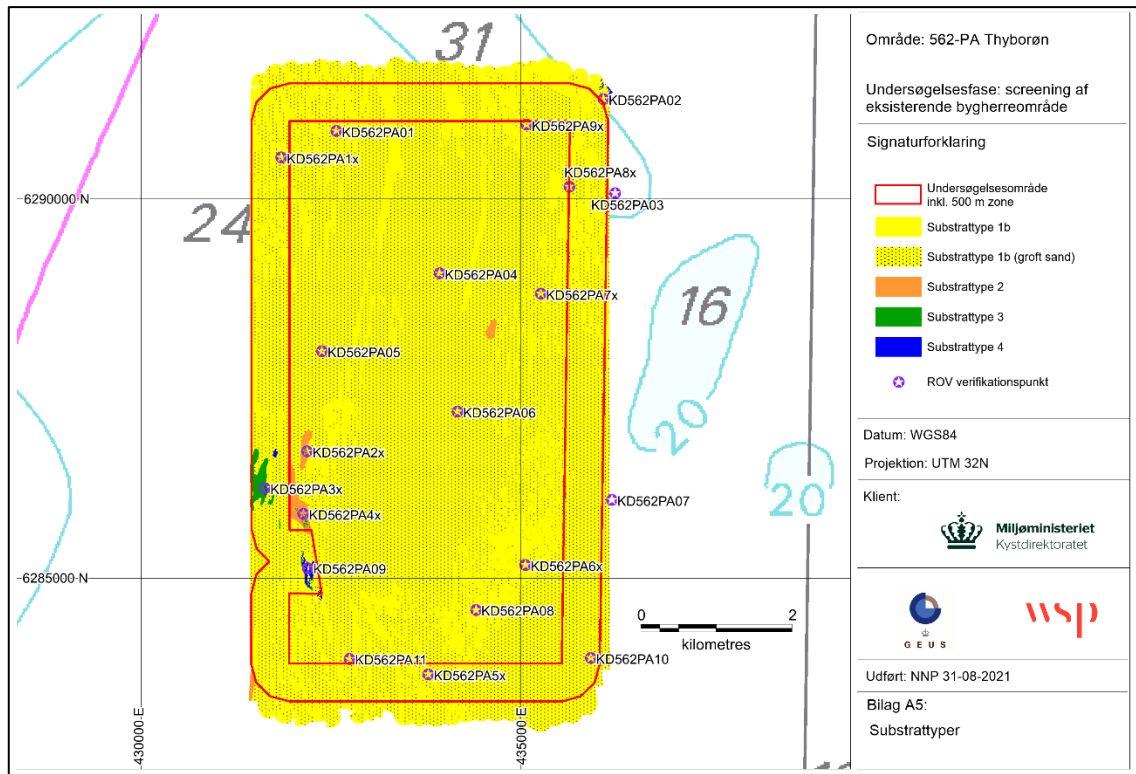


Figur 5-5. Side scan sonar billede fra ROV station KD562PA-4x med partier af substrattype 2 og 3 (mørk) eksponeret i trugene mellem sandede bundformer.

## 5.5 Substrattypekortlægning

Der er foretaget substrattypekortlægning baseret på tolkning af side scan sonar mosaik, gennemgang af hver enkelt side-scan linje, samt observationer fra ROV dyk.

Undersøgelsesområdet er helt domineret substrattype 1b (dynamisk præget fast sandbund) bestående dels af en grovsandet type og en mere finkornet type (Figur 5-6). Mindre områder med substrattype 2, gruset og småstenet havbund med enkelte sten større end 10 cm, findes i den vestligste centrale del af indvindingsområdet. I dette område ses også enkelte meget små partier af substrattype 3, med forekomst af større sten med en dækningsgrad op til ca. 25%. I 500 m zonen i den vestlige del af området ses ligeledes lidt større partier af substrattype 3. I indhakkert i 500 m zonen i den vestlige del ses ligeledes et lidt større parti af substrattype 4, stenrev. Områderne med forekomst af større sten er kendt fra tidligere substrattypekortlægning af område (Orbicon, 2013).



Figur 5-6. Substrattype fordeling (kortbilag A5).

## 5.6 Eksisterende boreriger

Der eksisterer 44 vibrationsboringer til max. 6 m dybde fra GEO's undersøgelser af området i 2010-2011. 35 af borerigerne ligger indenfor bygherreområdet. Generelt viser borerigerne at marine sandede aflejringer med en mægtighed på op til 6 m eller mere overlejrer glaciale-senglaciale lerede-siltede aflejringer. I dele af området ligger de glaciale-senglaciale aflejringer helt op til havbunden. I den nordøstligste del af området er de glaciale-senglaciale aflejringer typisk sandede, men af finkornet karakter, således at de ikke kan anses for at have ressourcepotentiale (Figur 5-7). Beskrivelser og kornstørrelsesanalyser af de marine sande aflejringer underbygger en todeling af den marine lagserie (GEO og Orbicon, 2011). Den nedre enhed består af fint-mellemkornet sand (d50 typisk <0,2) som stedvist er siltet og ofte indeholder organisk-holdige lerklumper. Den øvre sandenhed består af mellemkornet sand som oftest er svag gruset (d50 typisk 0,3-0,5). Borningsdata underbygger dermed, at det kun er den øvre sandenhed, som kan betragtes som en ressource til kystfodring af kysten ved Thyborøn.

Boring: VC-3-2-10		Koordinater (m): E: 435,006 N: 6,289,987 Net & Datum: UTM32 - EUREF89													
Prøve	Udtag	Kote (m): -29.2		Notes:	Kornstørrelse										
		Laggrænse (m)	Geologi		Finsand %	Mellemsand %	Grovsand %	Middel (mm)	> 2 mm (%)						
Boremetode	Nr. og type	Dybde (m)	Nr. og type	Dybde	Dybde	Kote	Signatur	Beskrivelse af lag og detaljer	Miljø	Alder	Finsand %	Mellemsand %	Grovsand %	Middel (mm)	> 2 mm (%)
Vibrocore	1-V	0			0.4	-29.6		SAND, mellem - groft, sorteret, svagt gruset, kalkfrit, gulbrunt 0.00 - 0.05 gab	Ma	Pg	9	61	25	0.396	3
	2-V	1						SAND, mellem, sorteret, kalkfrit, m. svovlensholdige partier, m. trækulstykker, m. skalfragmenter, gulbrunt - gråt 0.40 - 0.60 mellem - groft sand m. enk. planterester gråbrunt 1.30 - 1.45 groft sand	Ma	Pg	28	62	9	0.285	1
	3-V	2			1.7	-30.9		1.60 - 1.67 gab	Ma	Pg	53	43	1	0.188	1
	4-V	3						SAND, fint - mellem, sorteret, svagt gruset, svagt kalkholdigt, m. enk. lerpletter, m. enk. forkullede planterester, m. enk. skalfragmenter, mørk gråt 2.07 2 mm lerlamina 2.60 - 2.62 gab			56	27	3	0.163	1
	5-V	4						3.10 herfra svagt leret, nedefter leret 3.40 - 3.45 groft gruset sand m. skaller							
	6-V	5				4.1	-33.3		SAND, fint, sorteret, kalkholdigt, m. enk. forkullede plantedele, gråt	Sm	Gc	70	19	1	0.114
					4.6	-33.8		4.53 3 mm mellem sandlaminae	Sm	Gc					
								SAND, fint - mellem, velsortet, m. enk. gruskorn, svagt kalkholdigt, m. enk. forkullede planterester, lys brungråt 4.60 - 4.65 gab 5.25 svagt gruset 5.55 - 5.60 gab			46	52	1	0.206	0

Figur 5-7. Boringsbeskrivelse af VC-3-2-10 fra den nordøstlige del af bygherreområdet. Kun den øvre 1.7 m mellem-grovsandede enhed må på denne position anses for at have ressourceværdi. Herunder observeres en nedre marin finkornet sandenhed (1.7-4.1 m) og en ligeledes finkornete smeltevandssandenhed (4.1-5.6 m).

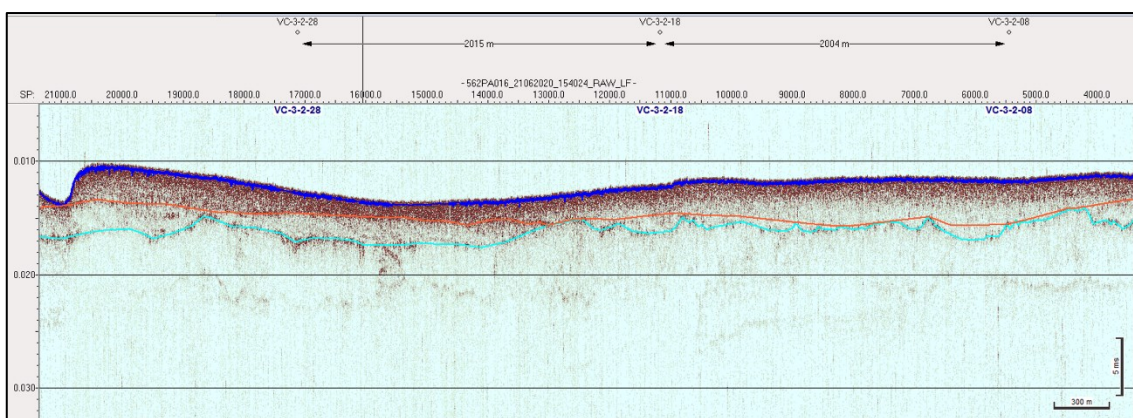
## 5.7 Seismik tolkning

Ved tolkning af de seismiske data er boringer fra området benyttet til at understøtte tolkningen af de højopløselige innomar data. Boringsprofilerne viser at den marine sandede enhed typisk indeholder to kornstørrelsesmæssigt forskellige enheder. Den nedre enhed består af fint-mellemkornet sand (d50 typisk <0,2) som stedvist er siltet og indeholder organisk-holdige lerklumper. Den øvre sandenhed består af mellemkornet (stedvist groft) sand som oftest er svagt gruset (d50 typisk 0,3-0,5). Boringsdata underbygger dermed, at det kun er den øvre sandenhed, som kan betragtes som ressourceforekomst til kystfodring af kysten ved Thyborøn.

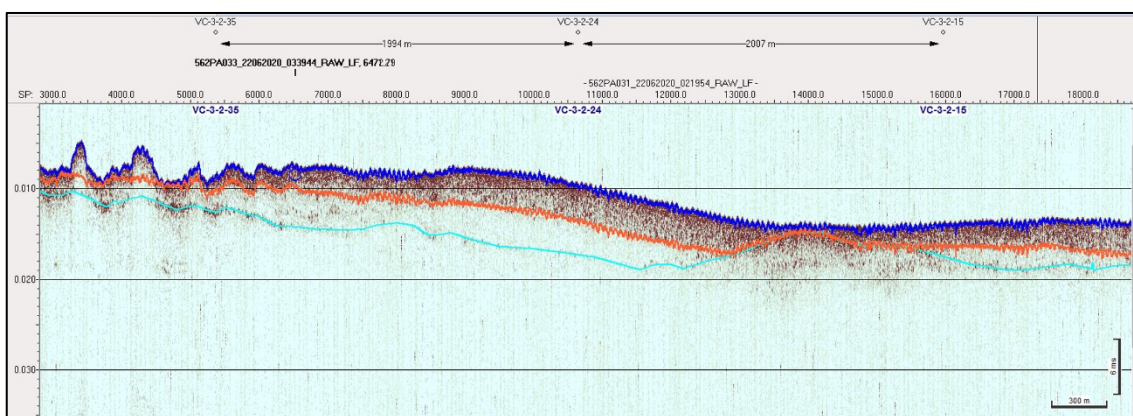
På Innomar data fremtræder den øvre mere grovkornede enhed som mere højrefleksiv end den nedre mere finkornede enhed, og det er dermed muligt at adskille de to enheder

seismisk. Det kan i visse dele af undersøgelsesområdet observeres at den øvre enhed direkte overligger ældre senglaciale-glaciale aflejringer (oftest ler), og at den nedre finkornede sandenhed ikke påtræffes.

Basis af den mobile sandenhed beskrevet i afsnit 3 er tolket på Innomar subbottom profiler data, med 100 m mellem sejllinjerne. Horisonten har kunnet traces over næsten hele området, på nær i den sydligste del hvor det mobile sand er fraværende. Herudover er havbundsreflektoren blevet digitaliseret, således at mægtighedsvariation af ressourceenheden har kunnet bestemmes langs sejllinjer. Se eksempler på tolkede Innomar profiler i Figur 5-8 og Figur 5-9.



Figur 5-8. Eksempel på tolket Innomar profil af linje 562PA\_16 gennem den vestlige del af bygherreområdet. Basis af holocænt mobilt sand (ressource) er markeret med orange. Basis af holocæne marine aflejringer er markeret med lys blå streg. Profilet går igennem boringspositionerne VC-3-2-08, VC-3-2-18, og VC-3-2-28.

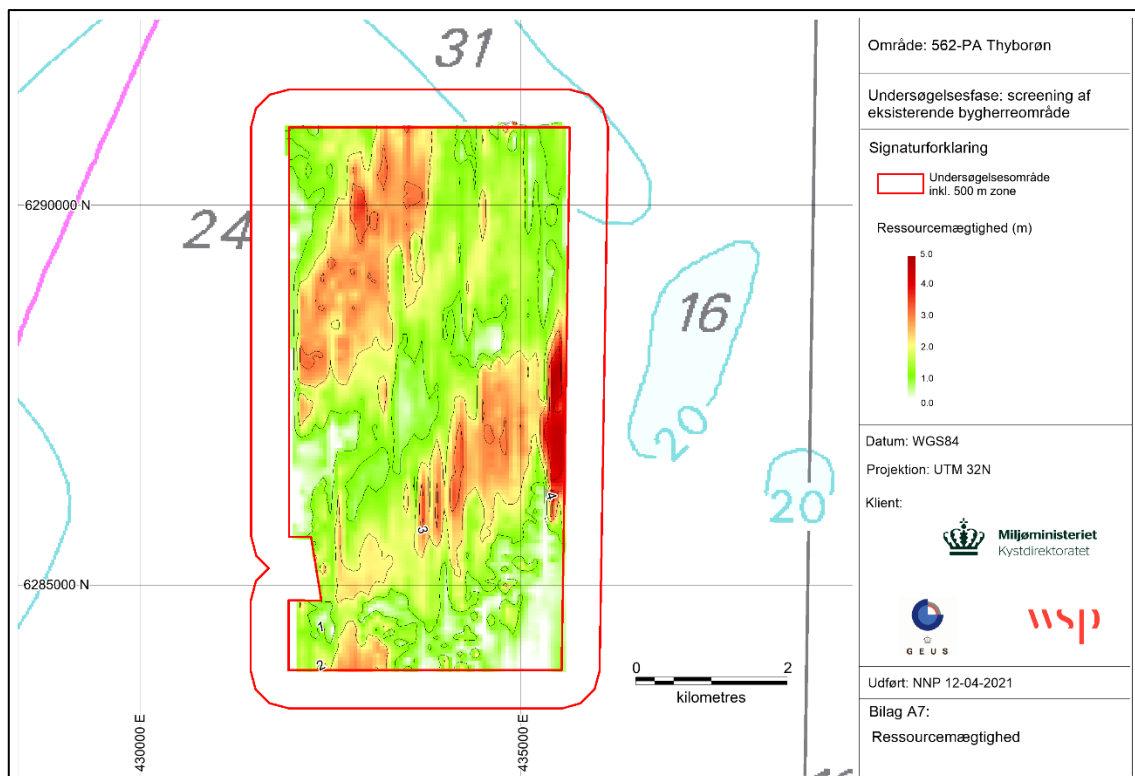


Figur 5-9. Eksempel på tolket Innomar profil af linje 562PA\_31 gennem den centrale del af bygherreområdet. Basis af holocænt mobilt sand (ressource) er markeret med orange. Basis af holocæne marine aflejringer er markeret med lys blå streg. Profilet går igennem boringspositionerne VC-3-2-15, VC-3-2-24, og VC-3-2-35.

## 6. Ressourcekortlægning

På baggrund af detaljeret seismisk kortlægning af Innomar sediment-ekkoloddata inden for indvindingsområdet er der kortlagt en sandressourceenhed, svarende til enheden mellem havbund og basis af mobilt holocænt sand. Enheden må generelt antages at udgøre restressourcen i området.

Den kortlagte sandressource har en varierende mægtighed på op til ca. 4,5 m (Figur 6-1). De største mægtigheder ses i to hovedstrøg i henholdsvis den nordvestlige del og i den centrale østlige del af området. Disse partier er generelt kendetegnet ved at være mere højtliggende havbund. Dele af området har en ressourcemægtighed på mindre end 1 m med stedvist tæt på fravær af ressourcesand. Dette gælder det sydøstlige hjørne samt partier i den centrale og vestlige del.



Figur 6-1. Kortlagt mægtighed af sandressource (kortbilag A7).

Der er foretaget en volumetrisk opgørelse af den kortlagte restressource som vist i Tabel 6-1. Der er kortlagt en restressource på ca. 44 mio. m<sup>3</sup> mellem- til grovkornet sand. Hvis et 0.5 m tykt bundlag af ressourcen skal efterlades, reduceres ressourcemængden til ca. 32 mio m<sup>3</sup>.

Sedimentet under ressourceenheden udgøres i lang overvejende grad af ældre holocænt finkornet sand med sporadisk indslag af ler og organisk materiale. Hvis ressourceenheden skulle blive fjernet ved indvinding helt ned til ressourcebasis, må det antages at overfladesubstratet vil blive mere finsandet.

*Tabel 6-1. Opgørelse af restressource.*

<b>Bygherreområde</b>	<b>Restressource (mio m<sup>3</sup>)</b>	<b>Restressource hvis 0,5 m efterlades (mio m<sup>3</sup>)</b>
<b>562-PA Thyborøn</b>	<b>44.1</b>	<b>32.4</b>

## 7. Referencer

GEUS, 1999: Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning af kystzonen mellem Lodbjerg og Nymindegab Udført for Kystinspektoratet i 1998 og 1999. GEUS Rapport 1999, nr. 75.

Leth, J.O., Larsen, B., Anthony, D., 2004. Sediment distribution and transport in the shallow coastal waters along the west coast of Denmark., Geol. Survey of Denmark and Greenland Bulletin 4, 41-44.

Anthony, D. & Leth, J.O. 2002: Large-scale bedforms, sediment distribution and sand mobility in the eastern North Sea off the Danish west coast. Marine Geology 182, 247–263.

Orbicon 2013 for Kystdirektoratet: Miljøredegørelse for indvinding af sand til kystfodring – Indvindingsområde 562-AE, Thyborøn.

GEO og Orbicon (2010). Nordsøen – Efterforskning og kortlægning af sandressourcer. Fase 1A. GEO projekt nr. 33776.

GEO og Orbicon (2011). Nordsøen – Efterforskning og kortlægning af sandressourcer. Fase 1B – detailområde 3-2. GEO projekt nr. 33776.

GEO (2013). Nordsøen – Efterforskning og kortlægning af sandressourcer. Fase 1B – detailområde 3-2. GEO projekt nr. 33776. Rettelsestillæg til rapport 2, 3 og 4.



## **Kortbilag**

**A1:** Kortbilag – Sejlinjer

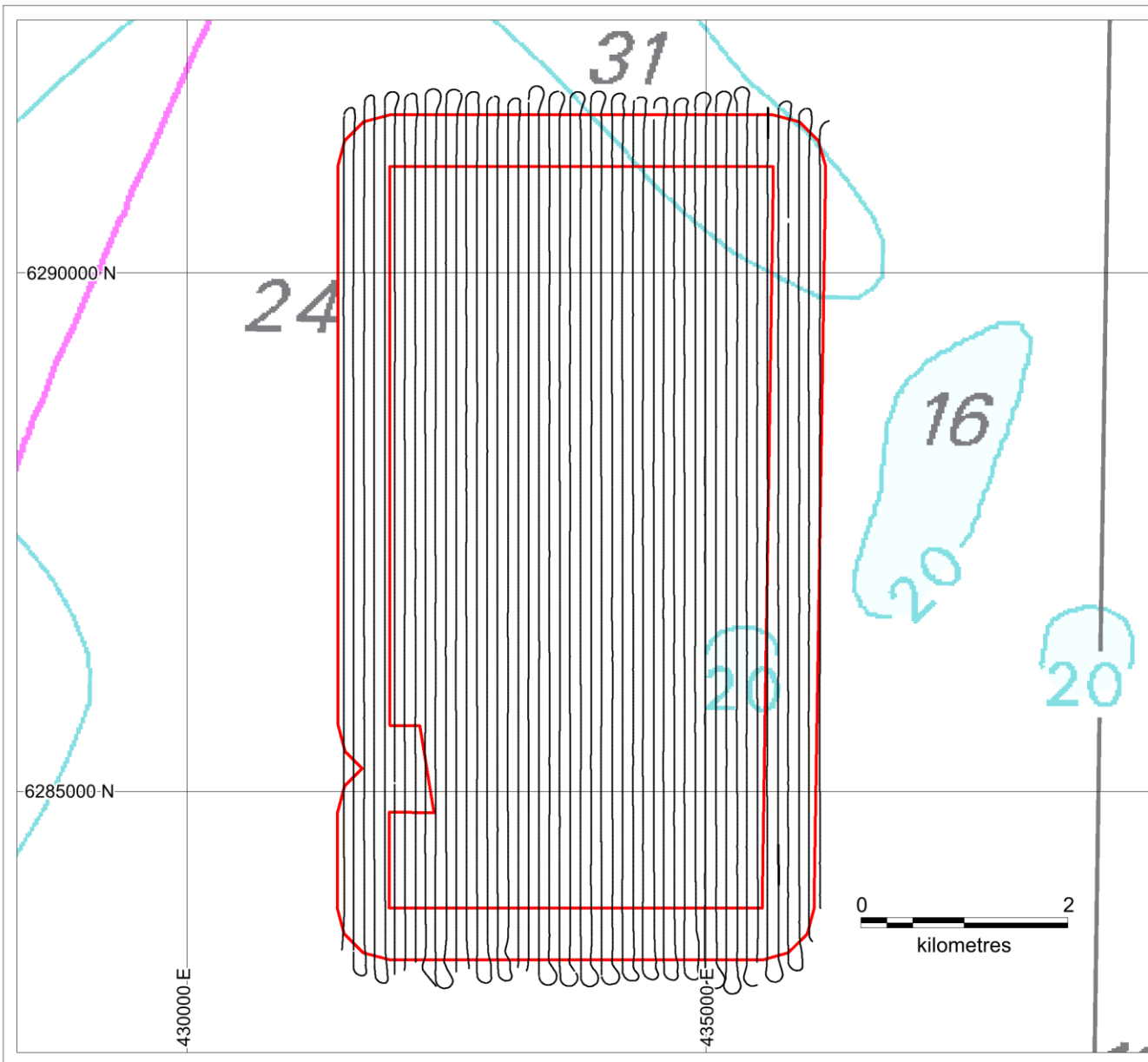
**A2:** Kortbilag – Bathymetri baseret på multibeam opmåling

**A3:** Kortbilag – Hældningsforhold

**A4:** Kortbilag – Side-scan sonar mosaik

**A5:** Kortbilag – Substrattypekort med ROV positioner


**A6:** Kortbilag – Kortlagt ressourcemægtighed




Område: 562-PA Thyborøn

Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

Signaturforklaring

 Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone

 Sejllinje

Datum: WGS84

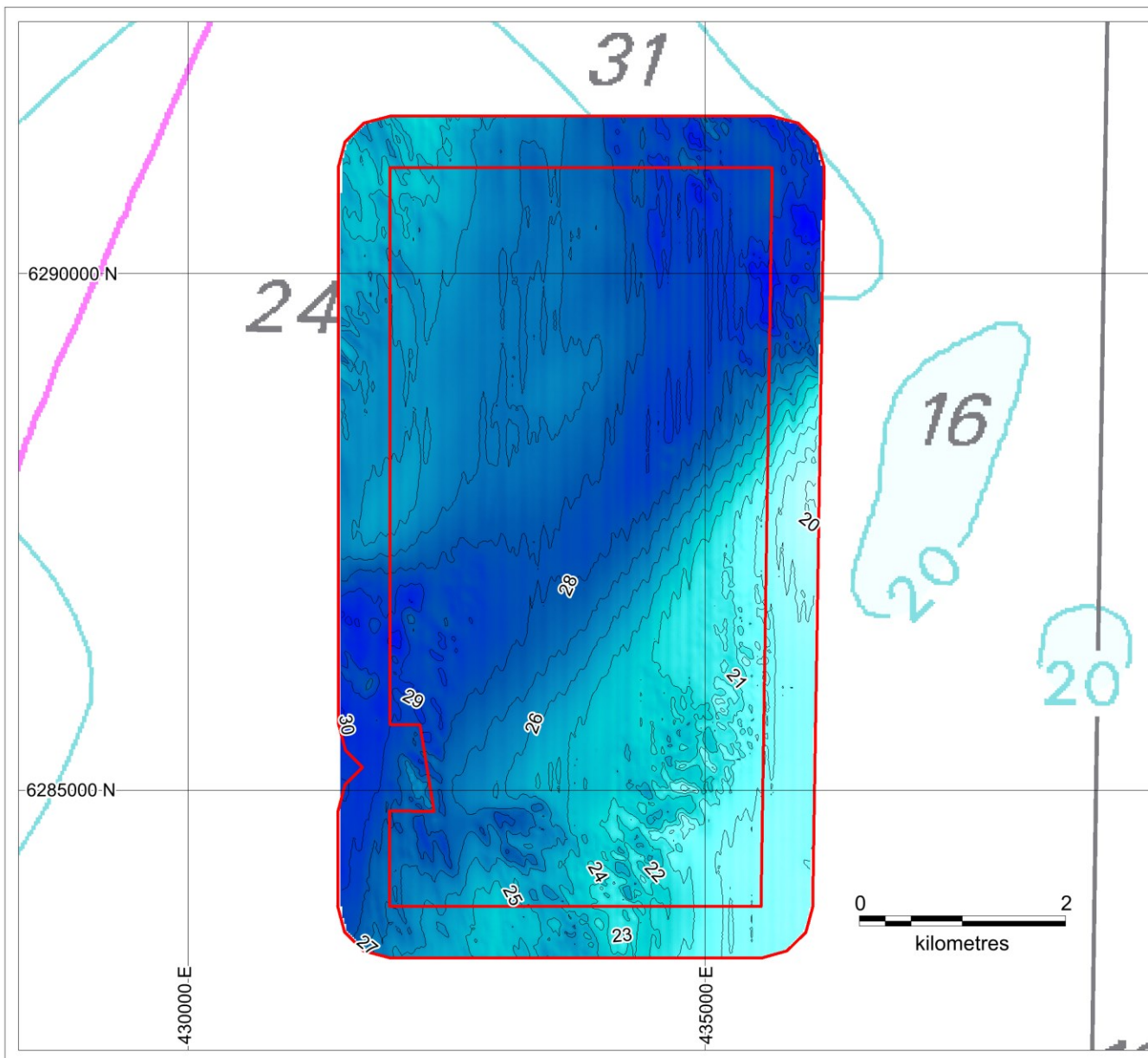
Projektion: UTM 32N

Klient:



Udført: NNP 08-04-2021

Bilag A1:  
Sejllinjer




Område: 562-PA Thyborøn

---


Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

---

Signaturforklaring

 Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone

Dybde (m) DVR90:





---

Datum: WGS84


Projektion: UTM 32N

---

Klient:




---

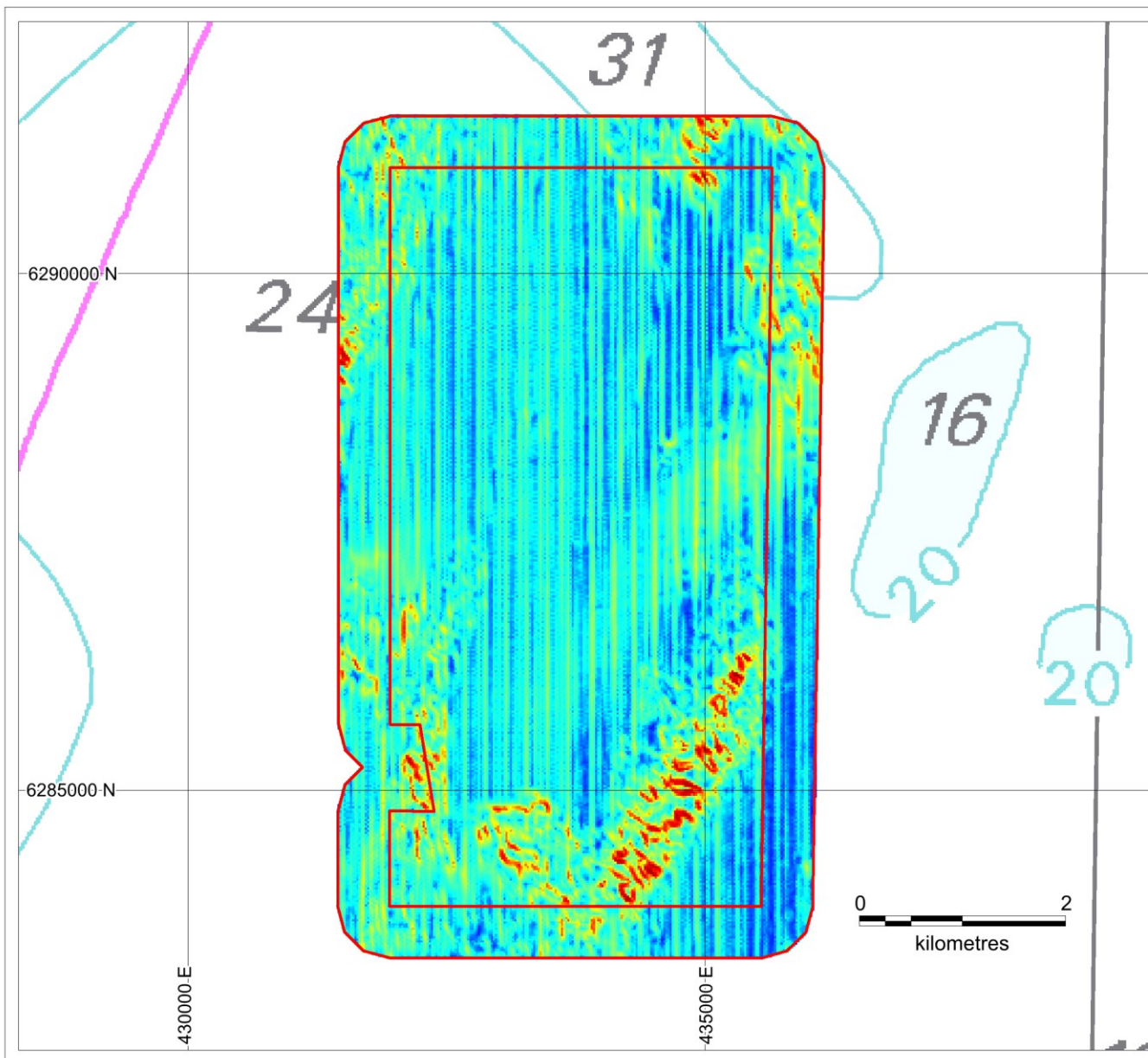



---

Udført: NNP 12-04-2021

---


Bilag A2:  
Bathymetri



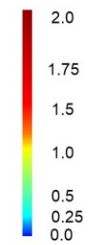
Område: 562-PA Thyborøn

Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

Signaturforklaring

 Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone

Hældning (grader):



Datum: WGS84

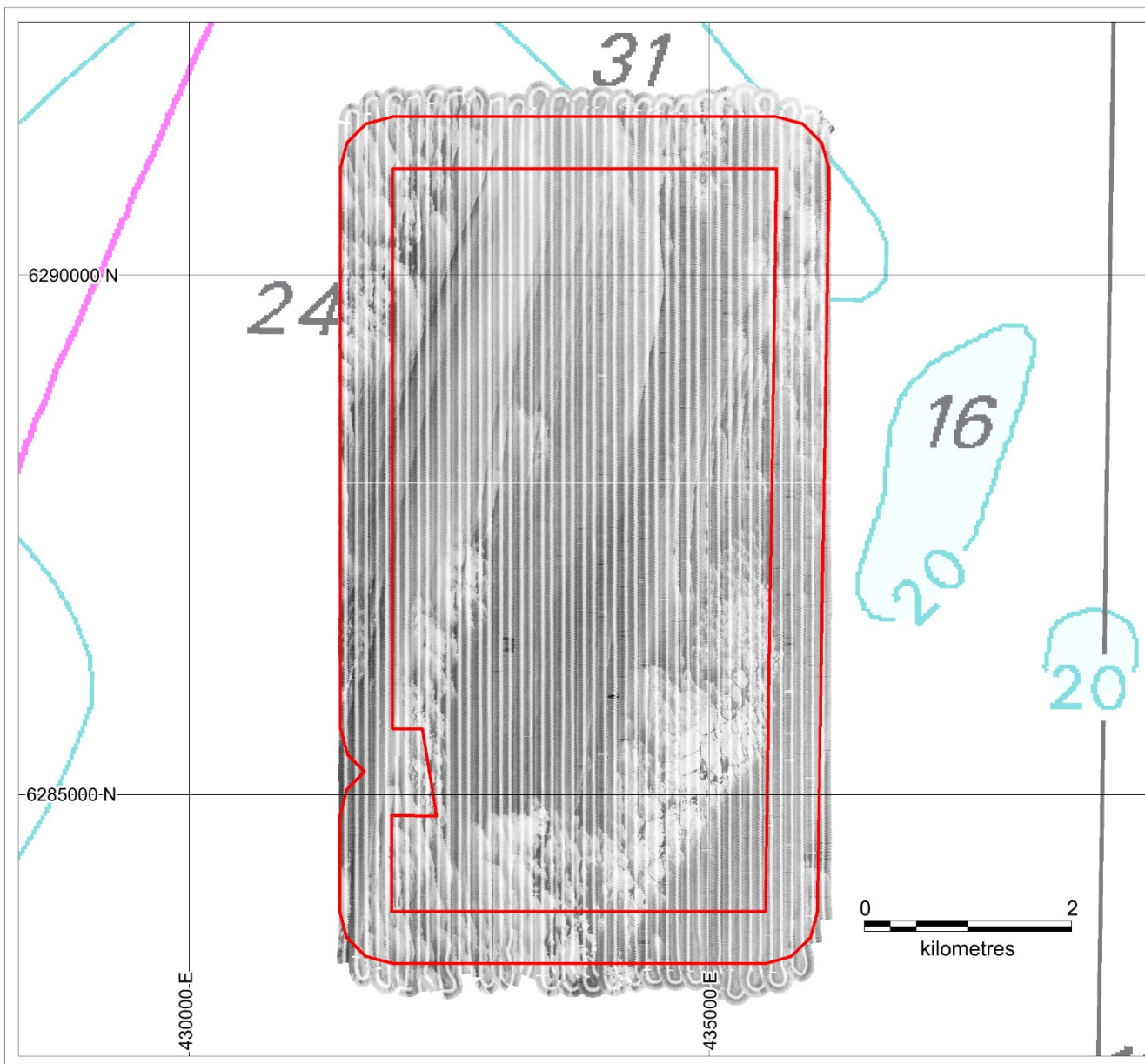
Projektion: UTM 32N

Klient:



Udført: NNP 12-04-2021


Bilag A3:  
Hældning



Område: 562-PA Thyborøn

Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

Signaturforklaring

 Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone

Datum: WGS84

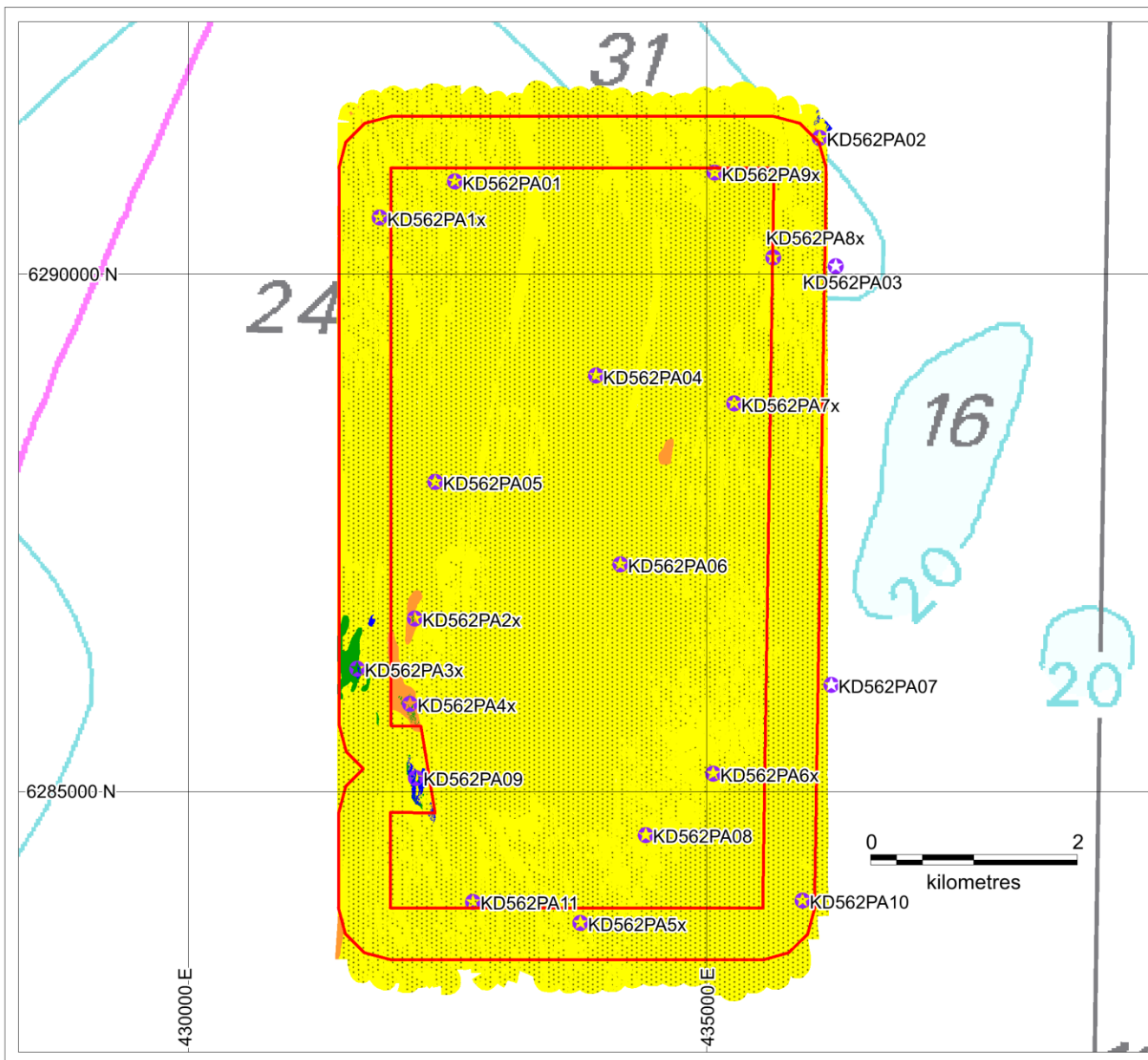
Projektion: UTM 32N

Klient:



Udført: NNP 08-04-2021








Bilag A4:  
Side-scan sonar mosaik



Område: 562-PA Thyborøn

Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

Signaturforklaring

-  Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone
-  Substrattype 1b
-  Substrattype 1b (groft sand)
-  Substrattype 2
-  Substrattype 3
-  Substrattype 4
-  ROV verifikationspunkt

Datum: WGS84

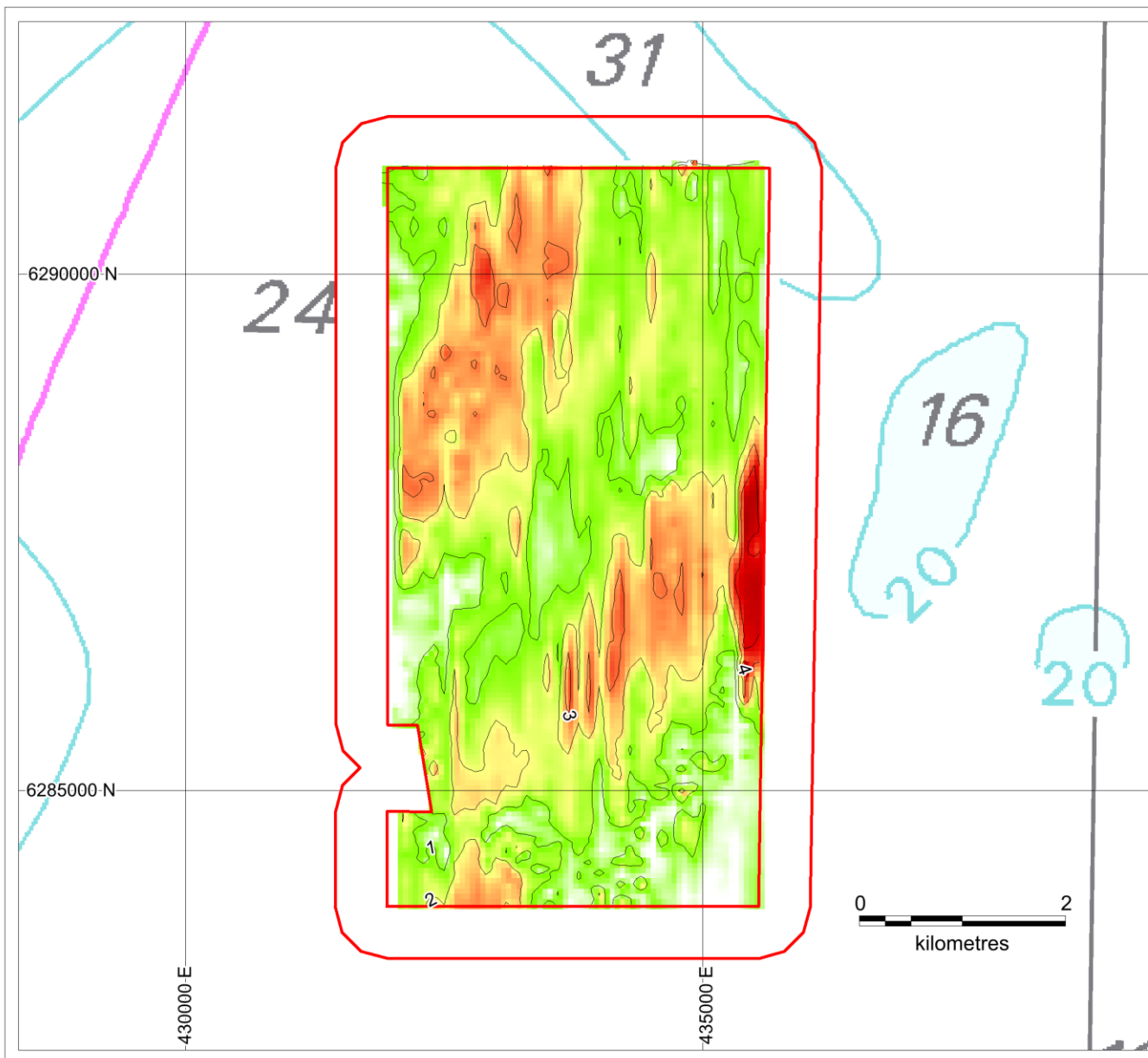
Projektion: UTM 32N

Klient:



Udført: NNP 31-08-2021


Bilag A5:  
Substrattyper



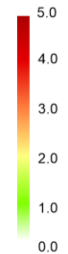
Område: 562-PA Thyborøn

Undersøgelsesfase: screening af eksisterende bygherreområde

Signaturforklaring

 Undersøgelsesområde inkl. 500 m zone

Ressourcemægtighed (m)



Datum: WGS84

Projektion: UTM 32N

Klient:



Udført: NNP 12-04-2021

Bilag A7:  
Ressourcemægtighed