

Rapportering af data vedrørende spekulative ressourcer

Kortlægning af råstofressourcer i de indre danske farvande 2018

Niels Nørgaard-Pedersen, Steen Lomholt, Nicky Hein Witt,
Anders Dahlin & Matthew Owen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
ENERGI-, FORSYNINGS- OG KLIMAMINISTERIET



GEUS

Rapportering af data vedrørende spekulative ressourcer

Kortlægning af råstofressourcer i de indre danske farvande 2018

Miljøstyrelsens råstofundersøgelser i 2018

Niels Nørgaard-Pedersen, Steen Lomholt, Nicky Hein Witt,
Anders Dahlin & Ole Bennike

Indhold

1.	Indledning	5
2.	Sammenfatning	6
3.	Formål	7
4.	Kortlægning og klassifikation af ressourceområder	8
5.	Område 502 – Aarhus Bugt	9
5.1	Områdebeskrivelse	9
5.2	Ny seismisk undersøgelse	9
5.3	Projektområde 502	10
5.4	Ressourceområde 502.038	10
5.5	Ressourceområde 502.039	12
5.6	Ressourceområde 502.049	13
5.7	Ressourceområde 502.050	15
5.8	Ressourceområde 502.051	15
6.	Område 504 – Samsø Øst	18
6.1	Områdebeskrivelse	18
6.2	Ny seismisk undersøgelse	18
6.3	Ressourceområde 504.007	19
7.	Område 506 – Samsø Nord	22
7.1	Områdebeskrivelse	22
7.2	Ny seismisk undersøgelse	22
7.3	506.033	22
7.4	506.036	23
7.5	506.043	26
7.6	506.045	26
7.7	506.047	28
7.8	506.052	28
7.9	506.053	31
7.10	506.081	32
8.	Område 510 – Smålandsfarvandet	33
8.1	Områdebeskrivelse	33
8.2	Ny seismisk undersøgelse	34
8.3	Ressourceområde 510.011	34
8.4	Ressourceområde 510.014	37
8.5	Ressourceområde 510.033	37
8.6	Ressourceområde 510.040	39
8.7	Ressourceområde 510.041	40
8.8	Ressourceområde 510.044	42
9.	Område 512 – Langelands Bælt	44

9.1	Områdebeskrivelse	44
9.2	Ny seismisk undersøgelse	44
9.3	Ressourceområde 512.009	45
9.4	Ressourceområde 512.012	45
10.	Område 518 – Grenå	46
10.1	Områdebeskrivelse	46
10.2	Ny seismisk undersøgelse	46
10.3	Ressource 518.004	47
10.4	Ressource 518.005	48
10.5	Ressource 518.006	50
10.6	Ressource 518.022 og 518.024	52
10.6.1	Ressource 518.022	53
10.7	Ressource 518.024	55
10.8	Ressource 518.025	57
10.9	Ressource 518.026 og -27	60
10.9.1	Ressource 518.026	60
10.9.2	Ressource 518.027	62
11.	Område 522 – Sejerø Bugt	65
11.1	Områdebeskrivelse	65
11.2	Ny seismisk undersøgelse	65
11.3	Ressourceområde 522.019	66
11.4	Ressourceområde 522.020	68
11.5	Ressourceområde 522.021	70
11.6	Ressourceområde 522.029	70
12.	Område 526 – Bornholm Øst	73
12.1	Områdebeskrivelse	73
12.2	Ny seismisk undersøgelse	73
12.3	Ressourceområde 526.009	74
12.4	Ressourceområde 526.015	76
13.	Område 526 – Bornholm Vest	79
13.1	Områdebeskrivelse	79
13.2	Ny seismisk undersøgelse	81
13.3	Ressourceområde 526.017, -018 og -020 (Rabekke Formation)	82
13.4	Ressourceområde 526.019, -021 og -022 (Bagå Formation)	82
13.5	Ressourceområde 526.023, 024, 025, 026, 029 og 031 (Hasle Formation)	84
13.6	Ressourceområde 526.027 og 526.032 (Rønne Formation)	84
13.7	Ressourceområde 526.033 og 526.034 (Bagå Formation)	85
13.8	Ressourceområde 526.035, -36, -37, -38 og -39 (senglaciale kanalaflejringer)	87
13.9	Ressourceområde 526.040 (senglacial ressource over præ-Kvartære ressourceområder 526.030, 526.033 og 526.034)	87
14.	Område 530 – Nordsjælland	91
14.1	Områdebeskrivelse	91

14.2	Ny seismisk undersøgelse	92
14.3	Ressourceområde 530.002	92
14.1	Ressourceområde 530.004	94
15.	Område 536 – Sjællands Rev	97
15.1	Områdebeskrivelse	97
15.2	Ny seismisk undersøgelse	97
15.3	Ressourceområde 536.006	97
15.4	Ressourceområde 536.010	99
15.5	Ressourceområde 536.018	101
16.	Område 542 – Lillebælt	104
16.1	Områdebeskrivelse	104
16.2	Ny seismisk undersøgelse	104
16.3	Ressourceområde 542.032	105
16.4	Ressourceområde 542.036A og B	105
16.5	Ressourceområde 542.039	107
16.6	Ressourceområde 542.058	109
16.7	Ressourceområde 542.059	111
16.8	Ressourceområde 542.083	112
17.	Område 544 – Storebælt	115
17.1	Områdebeskrivelse	115
17.2	Ny seismisk undersøgelse	115
17.3	Ressourceområde 544.022	116
17.4	Ressourceområde 544.025A og 544.025B	116
17.5	Ressourceområde 544.026A	121
17.6	Ressourceområde 544.027A	123
17.7	Ressourceområde 544.027B	124
17.8	Ressourceområde 544.027C	125
17.9	Ressourceområde 544.027D	126
17.10	Ressourceområde 544.027E	128
17.11	Ressourceområde 544.027F	129
17.12	Ressourceområde 544.027G	132
17.13	Ressourceområde 544.028	133
17.14	Ressourceområde 544.029	135
17.15	Ressourceområde 544.030A	137
18.	Område 546 – Store Middelgrund	139
18.1	Områdebeskrivelse	139
18.2	Ny seismisk undersøgelse	140
18.3	Ressourceområde 546.001	140
18.4	Ressourceområde 546.004 – 546.007	143
19.	Område 548 – Køge Bugt	149
19.1	Områdebeskrivelse	149
19.2	Ny seismisk undersøgelse	149

19.3	548.018.....	150
19.4	548.019.....	152
19.5	548.020	155
20.	Område 550 – Fyn Nord	157
20.1	Områdebeskrivelse	157
20.2	Ny seismisk undersøgelse	158
20.3	Ressourceområde 550.002	158
21.	Område 560 – Gedser	161
21.1	Områdebeskrivelse	161
21.2	Ny seismisk undersøgelse	161
21.3	Ressourceområde 560.003 (indbefatter tidligere ressource 560.002)	162
21.4	Ressourceområde 560.004	164
22.	Område 568 – Femern Bælt	166
22.1	Områdebeskrivelse	166
22.2	Ny seismisk undersøgelse	167
22.3	Ressourceområde 568.018.....	167
22.4	Ressourceområde 568.019.....	168
23.	Område 574 – Kattegat, Læsø Syd	170
23.1	Områdebeskrivelse	170
23.2	Ny seismisk undersøgelse	170
23.3	Ressourceområde 574.011.....	171
23.4	Ressourceområde 574.012	171
24.	Ressourceopgørelse	175
25.	Referencer og baggrundsmateriale	179

1. Indledning

Denne rapport omfatter afrapportering til Miljøstyrelsen (MST) af en seismisk dataindsamling foretaget i udvalgte spekulative råstofressourceområder i de indre danske farvande i 2018 og 2019.

Seismiske data indsamlet under miljøstyrelsens råstofkortlægning fra 2018 til primo 2019 i de indre danske farvande er sammenholdt med resultater af Miljøstyrelsens boringskampagner i 2016 og 2017 samt eksisterende seismiske data og boringer som GEUS har til rådighed i Marta råstofdatabase og i GEUS' arkiv. Resultaterne sammenholdes med den eksisterende viden om de geologiske forhold i relation til dannelse og forekomst af marine råstofressourcer. På grundlag af den samlede geofysiske og geologiske tolkning af ressourceområderne foretages der en vurdering af, hvorvidt der er ressourcer til stede i de områder, der er udpeget som spekulative ressourcer. Vi forsøger at kortlægge, klassificere og kvantificere de verificerede råstofressourcer, således at de endelige resultater af kortlægningen kan indføres i Marta råstofdatabase.

2. Sammenfatning

På baggrund af seismiske data og beskrivelser af borer har vi vurderet 104 områder, der tidligere var udpeget som spekulative råstof ressourcer. Områderne ligger i Kattegat, Bælthavet og ved Bornholm. Boringerne blev indsamlede i 2016 (29) og 2017 (150) og de seismiske data (1780 km) blev indsamlet i 2018 og 2019.

Resultatet af kortlægningen er at ti områder har skiftet status til påviste og 27 til sandsynlige. Vi anbefaler, at 27 områder opgives.

Påviste sand 0 og sand 1 ressourcer udgør samlet set 71,2 mio.m³, og påviste grus ressourcer udgør (en enkelt) udgør 3 mio. m³. Sandsynlige sand 0 og sand 1 ressourcer udgør samlet 419 mio. m³ og sandlige grus ressourcer udgør 28,45 mio. m³.

En samlet oversigt over resultaterne findes i tabellen sidst i rapporten.

3. Formål

I Marta råstofdatabase figurere der et større antal spekulative ressourcemeråder i de indre danske farvande, som i stor udstrækning blev kortlagt under Fredningsstyrelsens og Skov-og Naturstyrelsens systematiske kortlægning af danske farvandsområder i 1980'erne og 1990'erne. De pågældende ressourcemeråder er kendetegnet ved at være identificeret på grundlag af et stormasket seismisk sejllinjenet, og ved ofte at have meget få eller slet ingen boringsdata som verifikation.

For at få klarlagt hvilke af de spekulative ressourcemeråder der har reel ressourceværdi, blev der af Miljøstyrelsen i 2016 og 2017 iværksat boringskampagner i de spekulative ressourcemeråder. Målet var bl.a. at udpege hvilke områder, der har råstofpotentiale som kræver yderligere seismiske undersøgelser for bedre at kunne vurdere udbredelse, råstofmængde og kvalitet. I 2018 blev der ved samarbejde mellem Miljøstyrelsen og GEUS planlagt et specifikt seismisk undersøgelsesprogram af udvalgte ressourcemeråder, og seismisk dataindsamling af områderne ved Orbicon fandt sted fra slutningen af 2018 til begyndelsen af 2019. De seismiske data der omfattede Sparker, Innomar, Side-scan sonar og Multibeam dybde data blev overdraget til GEUS, hvis opgave det var, inden for rammerne af nærværende projekt, at foretage en ny kortlægning og vurdering af ressourcemeråderne.

4. Kortlægning og klassifikation af ressourceområder

Datagrundlaget for kortlægning af de specifikke undersøgelsesområder omkring de spekulative ressourcer består dels af nye seismiske digitale data fra sparker og Innomar udstyr, dels af arkiverede seismiske data der hovedsageligt består af analoge data optaget med sparker, boomer eller pinger udstyr. For at kunne integrere og tolke de arkiverede seismiske data sammen med ny digitale seismiske data, er der foretaget skanning og digitalisering af et større antal arkiv-seismiske profiler. Begge typer data foreligger således ideelt i sgy format, som kan indlæses i seismiske tolkningsprogrammer.

De geologisk forskellige ressourceområder kræver en forskellig tilgang i forhold til udvælgelse af de datasæt, der i sidste ende benyttes til tolkning af råstofressourcernes arealmæssige og volumenmæssige udstrækning. Lavere frekvente sparker data er typisk i stand til at gennemtrænge grovere aflejringer, glaciale moræneaflejringer og den overfladenære præ-Kvartære lagserie. Grundet ringning af havbundsreflektoren i sparker data, er det ikke muligt at erkende en eventuel lagdeling og formodet sedimenttype umiddelbart under havbunden. Derimod tillader de højere frekvente Innomar data aftegning af den detaljerede refleksionskarakter/lagdeling i finkornede til sandede overfladenære aflejringer, men Innomar data har til gengæld ringe til ingen penetration i grovere aflejringer og i den glaciale-præ-Kvartære lagserie. Ved at kombinere og udvælge de bedst egnede datasæt, kan basis og top af specifikke råstofressourcelegemer kortlægges i et seismisk tolkningsprogram, og mægtighedsfordelingen kan eksporteres til et GIS program. Der er foretaget gridning af ressource mægtighedsdata som basis for kortpræsentation af de enkelte nytolkede ressourceområder.

På baggrund af tolkede seismiske data og boringsdata er det for hvert ressourceområde vurderet om ressourceområdet kan bibeholdes (dog ofte i revurderet form), om det eventuelt kan integreres med nærliggende ressourceområder, eller om det helt skal sløjfes grundet for ringe mægtighed, udstrækning eller kvalitet. Ligeledes er der foretaget en vurdering og opdateret klassifikation af råstofstype, aflejringstype og resourcesikkerhed.

Vi har valgt at bibeholde ressourcenummeret for de ressourceforekomster, som til en vis grad er reviderede i udstrækning. Hvor det har kunnet påvises at nærliggende ressourceforekomster er sammenhængende, er det valgt at kombinere nummereringen (f.eks. ressourcenummer 546.004 og 546.005 forenet til ressourcenummer 546.004/5). I nogle tilfælde har ny-kortlagte ressourcer fået et nyt nummer, som ikke før er blevet anvendt inden for det pågældende farvandsområde.

I det følgende gennemgås kortlægningsresultaterne for de undersøgte ressourceområder fordelt på de enkelte farvandsområder.

5. Område 502 – Aarhus Bugt

5.1 Områdebeskrivelse

Aarhus Bugt området dækker projektområde 502. Heri er der undersøgt fem ressourceområder (502.038, -039, -049, -050, -051; Figur 5-1 og Figur 5-5). I Aarhus Bugt findes flere potentielle aflejringstyper. Der er tidligere kortlagt både senglaciale smeltevandsaflejring ved den Jyske østkyst og på Mejlflak, Holocæne recente marine aflejringer i den sydlige del af området. Desuden kan fossile findes i hovedparten af området. Den oprindelige kortlægning af området er baseret på regional kortlægning af området i 1979 og 1984.

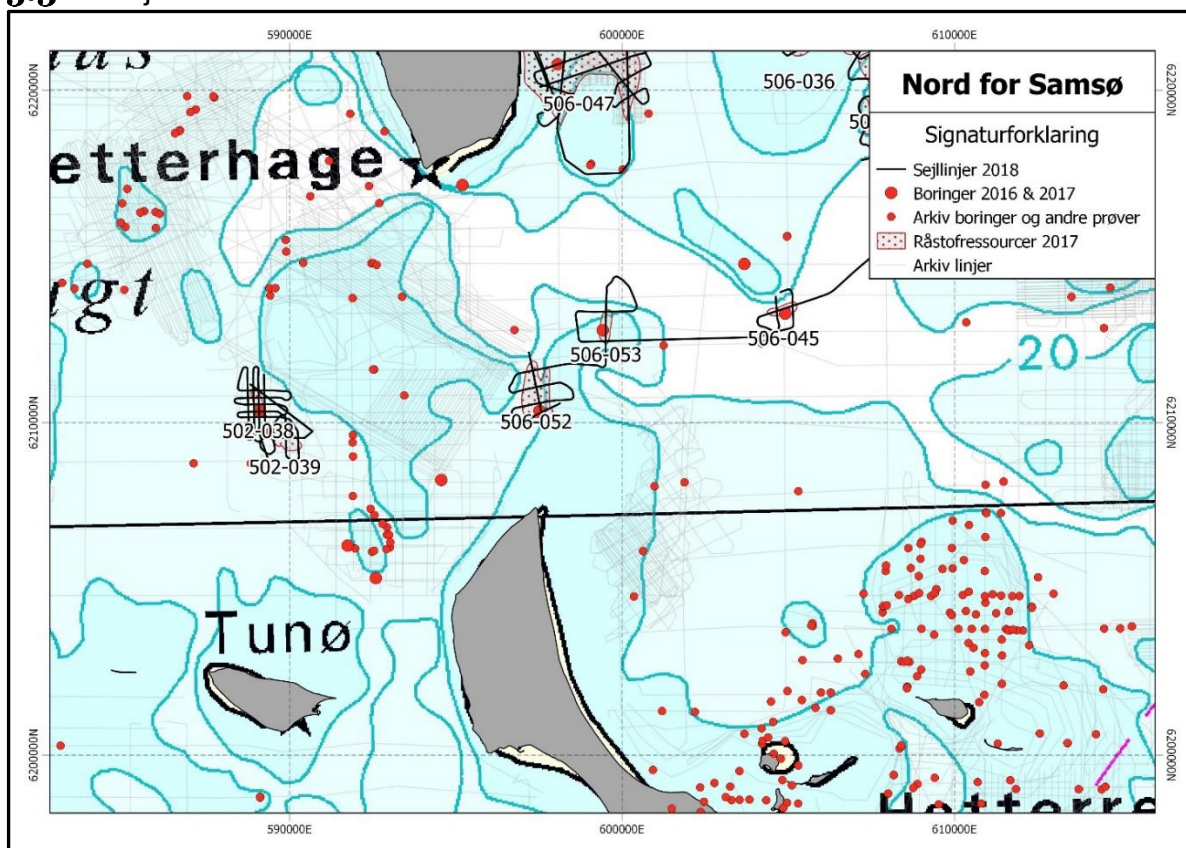
I 2017 blev der foretaget fem 6 m vibrationsboringer i projektområde 502 og syv boringer i den vestlige del af område 506. I boringerne er der fundet Holocæne aflejringer der overlejrer moræne. Herudover er der truffet flere finkornede senglaciale lag og enkelte tørvelag.

5.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 er der i Aarhus Bugt undersøgt fem spekulative råstofområder (502.038, -049, -050, -051). I hvert af områderne er der udført et sejllinjenet med en linjeafstand på 500 m, suppleret med enkelte tværlinjer.

Ved kortlægningen er der i områder, hvor ressourcerne befinder sig tæt ved overfladen, og hvor ressourcen har en begrænset tykkelse, benyttet Innomar data. I områder med ressourcer med en større mægtighed eller med grovere aflejringer er benyttet sparker data ved kortlægningen. I de lavvandede dele er datakvaliteten relativ dårligt, da støj fra havoverfladen skærmer for signalet fra havbunden. Området er generelt set præget af et druknet morænelandskab, som har dannet kildeområde for kystaflejringer. Imellem højtliggende moræner er der fordybninger, som ofte er udfyldt af tykke pakker af senglacialt ler og silt samt Holocænt dynd.

5.3 Projektområde 502



Figur 5-1. Oversigtskort med seismiske linjer fra 2018 i sort, borer i rød og råstofressourcer i prikket brun.

Nedenfor er der foretaget en nærmere beskrivelse af de fem ressourceområder.

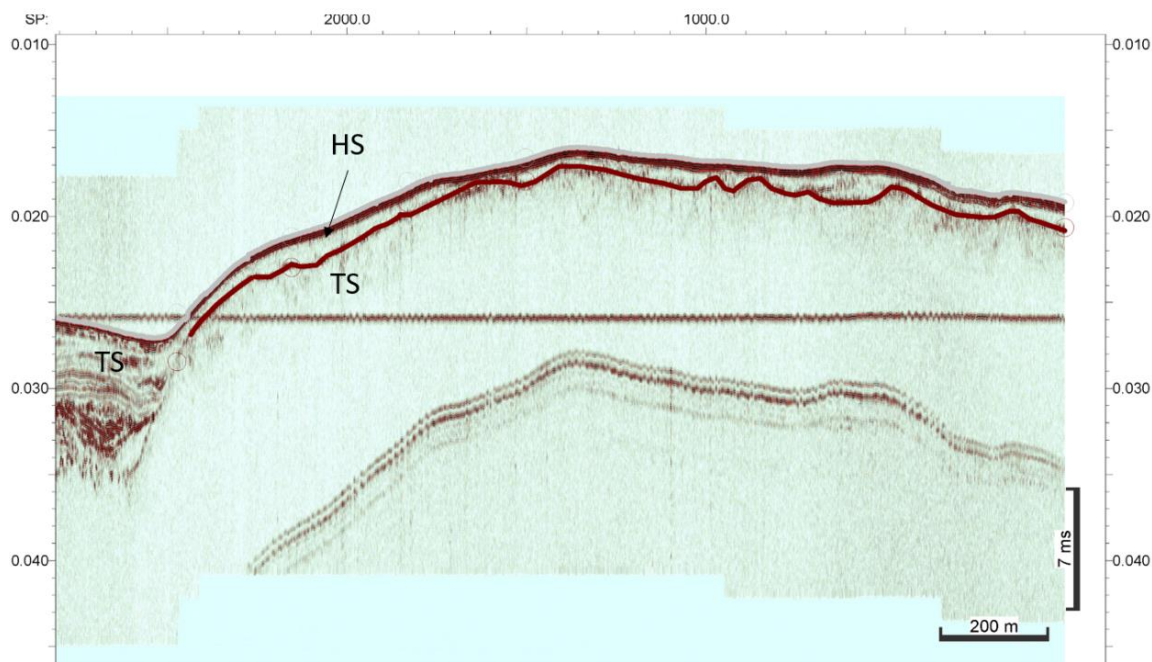
5.4 Ressourceområde 502.038

Ressourceområde 502.038 er oprindeligt kortlagt på basis af seismiske undersøgelser fra 1979. Det er efterfølgende undersøgt i 2017 ved en vibrationsboring og i 2018 ved et seismisk survey. Vibrationsboringen viser godt 2 m meget dårligt sorteret Holocænt sand, som er domineret af finsand, men som også indeholder en del grus (Figur 5-3).

561030.112, 502038-1; 56°01,798'N, 10°25,778'Ø; 20,0 m					
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY			
			MUD	SAND	GRAVEL
			clay silt vf f m c	vc gran pebb cobb boul	
HS	1			homogen stenet finsand meget dårligt sorteret med grus 5Y 2.5/2 sort	
	2			Mytilus sten ~ 6 cm sten ~ 12 cm	
TS?	3			finsand, utydeligt lagdelt 2.5Y 4/3 olivenbrun	
					HCl +

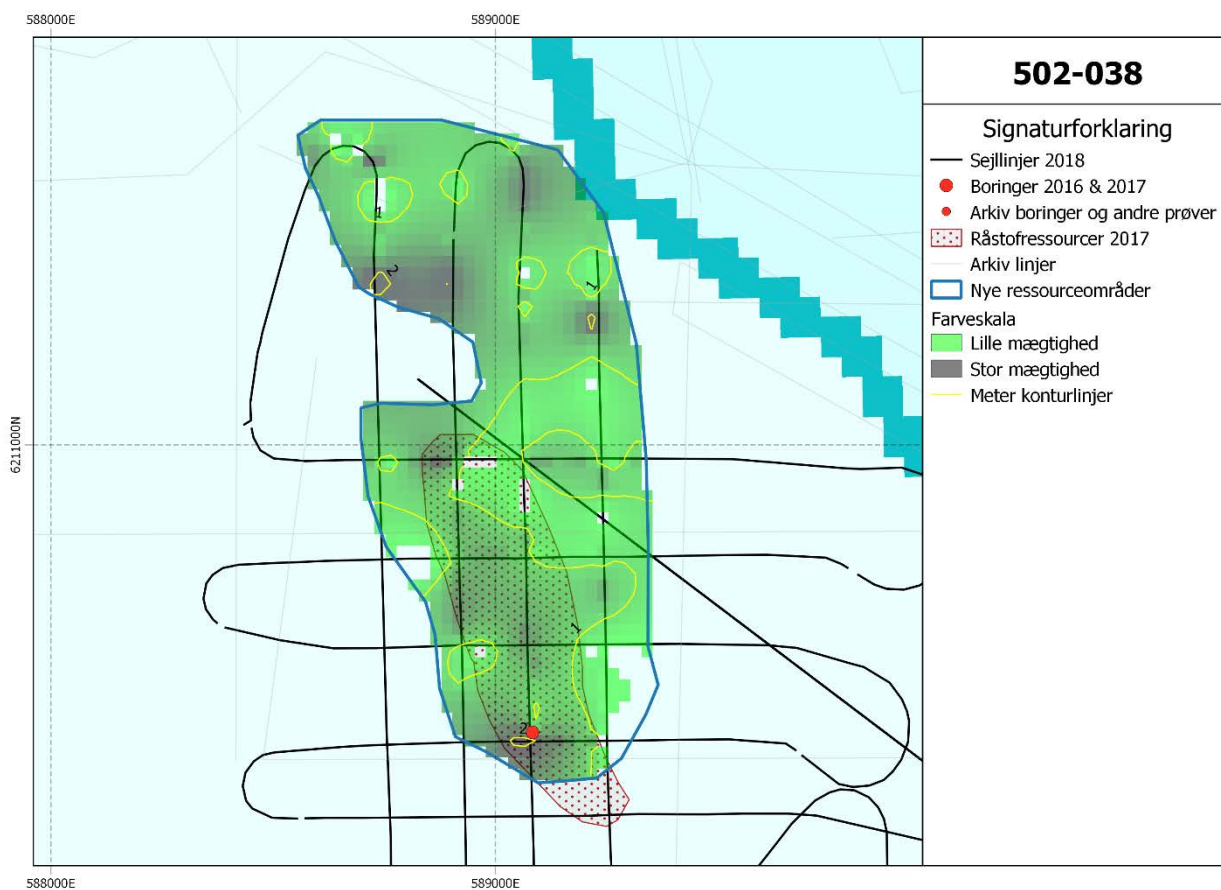
Figur 5-2. Sedimentologisk log for boring 502038-1.

Dette sandlag overlejrer et senglacialt finkornet sandlag, som ikke vurderes til at have kvalitet til at betragtes som en råstofressource. Dermed betragtes kun de øverste 2 m som en forekomst. Laget er omgivet af tykke dyndlag og findes derfor kun, hvor terrænet har været højt (Figur 5-3).



Figur 5-3. Seismisk profil med et Holocænt sandlag der overlejrer senglaciale aflejringer.

Ressourcen har en begrænset tykkelse som kun få steder overstiger 3 m. Der er foretaget en ny afgrænsning af ressourceområdet på basis af de seismiske data, og arealet er 0,7 km². Det samlede volumen af forekomsten er omkring 0,8 mio. m³.



Figur 5-4. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 502.038.

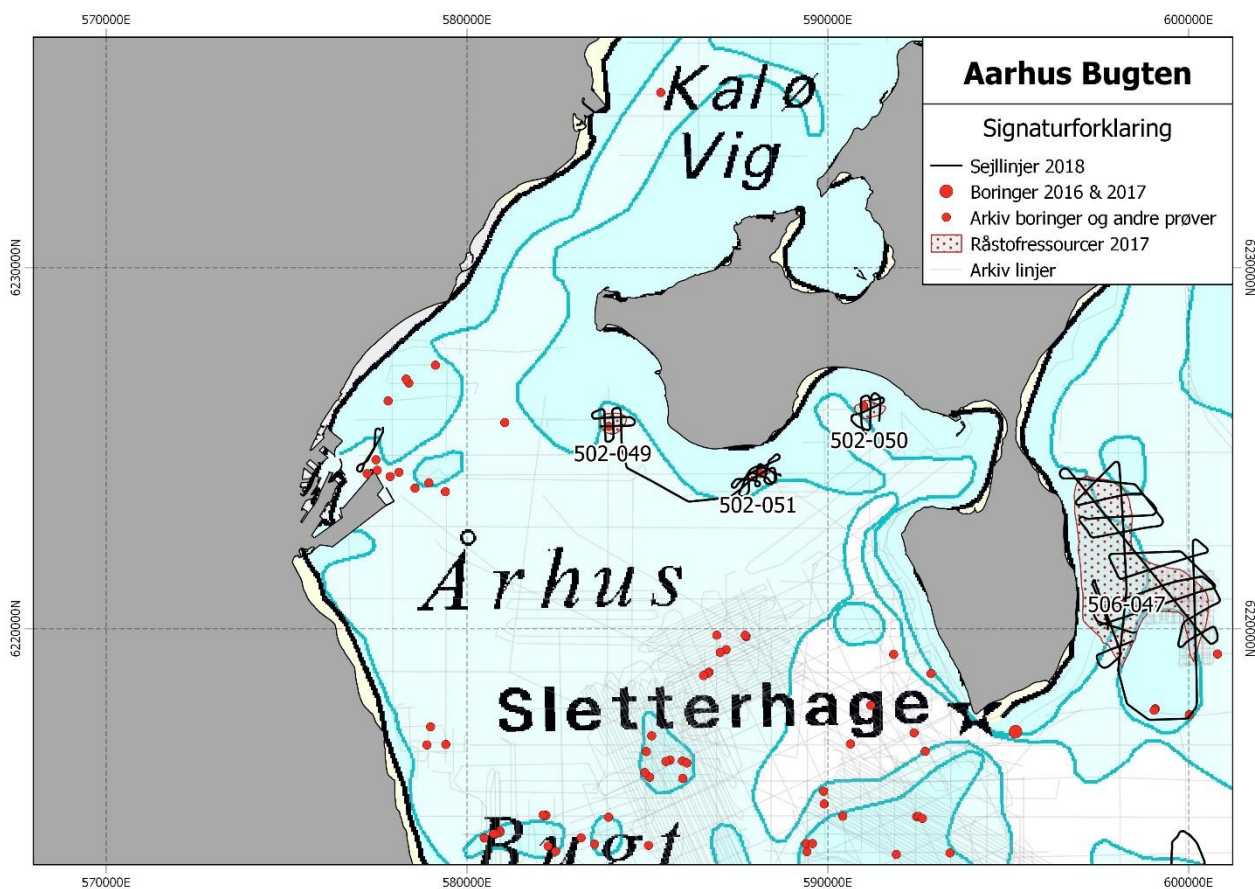
Ressourcen kan på baggrund af nærværende seismiske kortlægning og vibrationsboringen foretaget i 2017 opjusteres til en sandsynlig Sand 0 ressource og den tolkes som Holocænt saltvandssand aflejret som kystaflejringer.

5.5 Ressourceområde 502.039

Seismiske data for dette spekulative ressourceområde blev indsamlet i 2018. Der findes en enkelt vibrationsboring i arkivet; boringen ligger i udkanten af ressourceområdet. Boringen viser ca. 1 m sand der overlejrer moræneler. Kortlægningen er foretaget ud fra sparker data som gør det muligt at kortlægge moræneoverfladen. Moræneoverfladen er gennemgående tæt på havbunden i ressourceområdet, hvorfor denne ressource anbefales fjernet fra databasen.

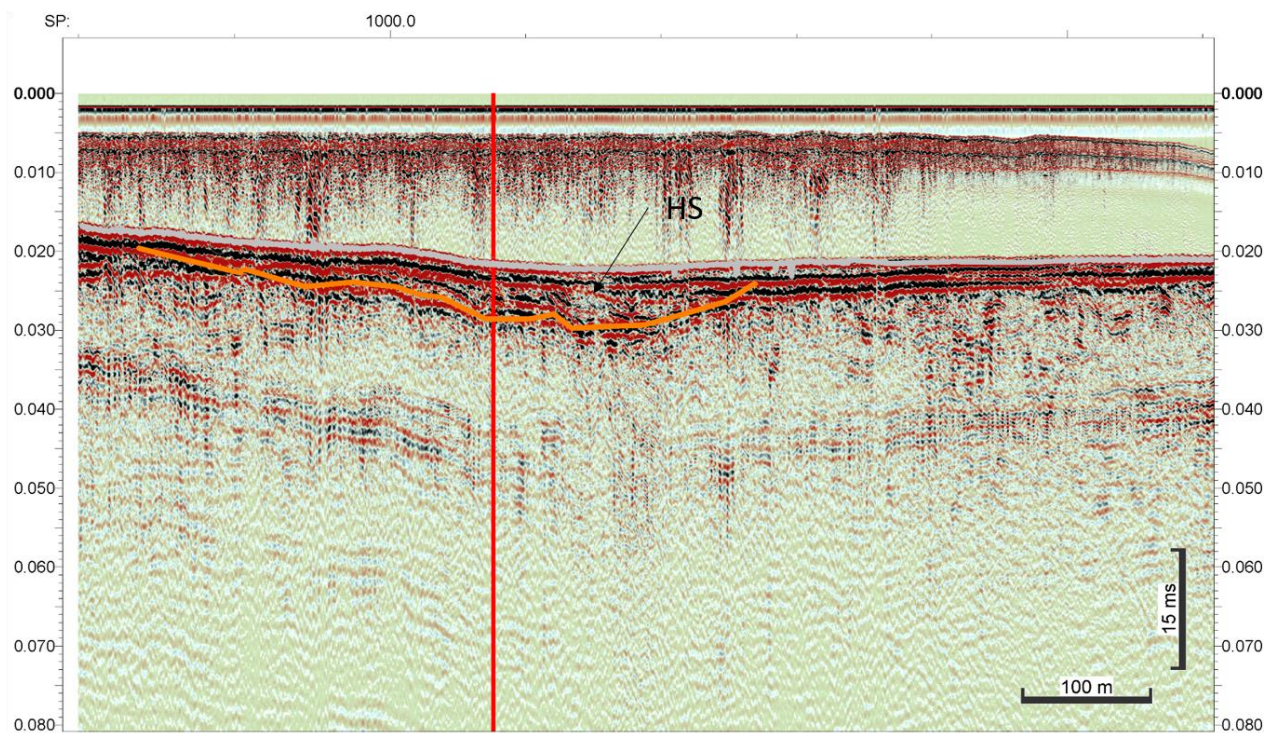
5.6

Ressourceområde 502.049



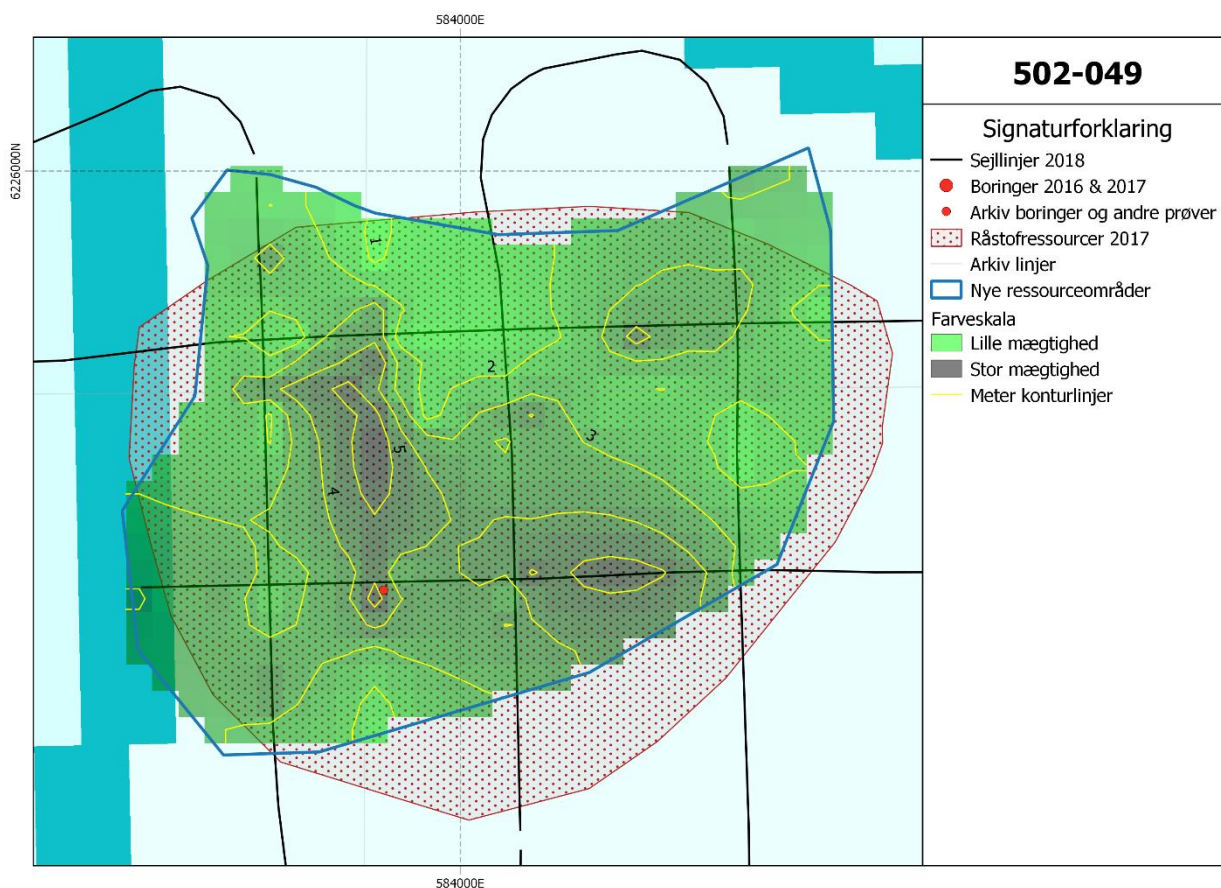
Figur 5-5. Oversigtskort over Aarhus Bugt med seismiske linjer fra 2018 i sort, borer i rød og råstofressourcer i prikket brun.

502.049 er kortlagt på basis af én vibrationsboring og seismiske data fra 1979. Boringen indikerer op til 7 m forholdsvis groft sand med lejlighedsvis lerlag. Disse lag hviler på en moræneoverflade. På de seismiske profiler kan disse strukturer erkendes som fordybninger i moræneoverfladen (Figur 5-6). Denne fordybning har en relativ lille udstrækning, men er alligevel kortlagt, da ressourcen kan være 5-7 m tyk.



Figur 5-6. Seismisk profil med et Holocænt sandlag. Under sandet findes sandsynligvis moræne.

Det anbefales at denne ressource opjusteres til en sandsynlig Sand 1 forekomst. De seismiske data og den ene boring vurderes som tilstrækkeligt grundlag til at dokumentere et ressourceområde af denne størrelse med en tydelig afgrænsning.



Figur 5-7. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 502.049.

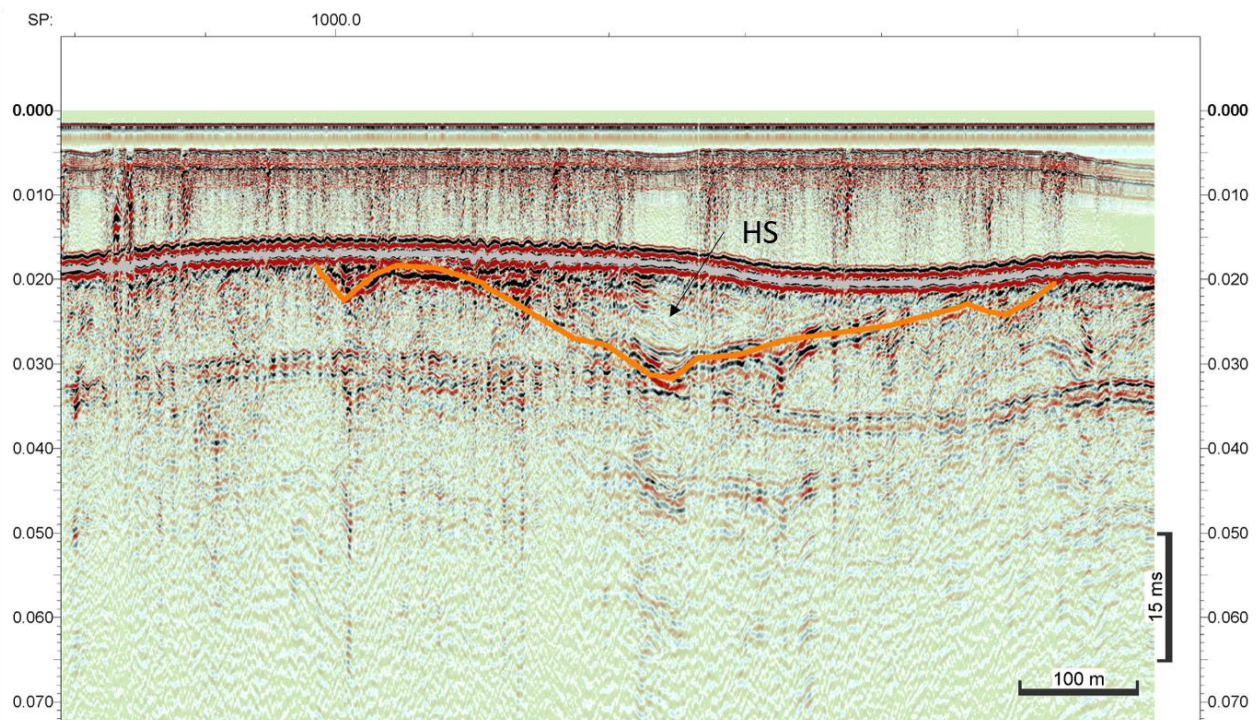
Ressourceområdet har et areal på ca. 0,3 km². Der er foretaget en volumen beregning, som resulterede i at ressourcen er på ca. 0,8 mio. m³.

5.7 Ressourceområde 502.050

502.050 er kortlagt på basis af en enkelt vibrationsboring og seismiske data fra 1979. Boringen indikerer op til 3 m sand. De sandede lag overlejrer moræne. Ressourceområdet grænser op til et tykt dyndlag, som i den sydlige del overlejrer forekomsten. Tilbage er kun et særdeles begrænset område med ringe råstofmæssig værdi, hvorfor ressourceområde 502.050 anbefales fjernet fra databasen.

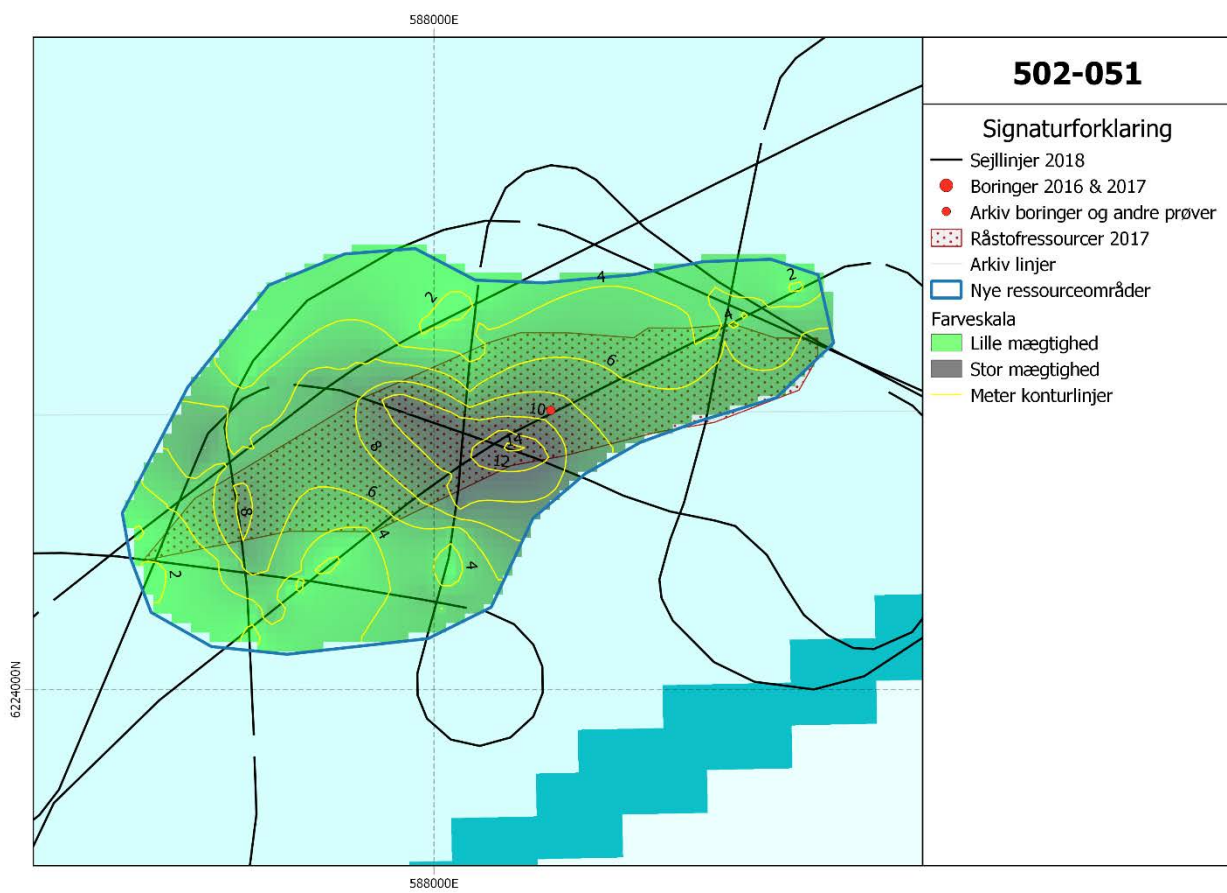
5.8 Ressourceområde 502.051

502.051 er kortlagt på basis af en enkelt vibrationsboring og seismiske data fra 1979. Boringen indikerer op til 7 m sand og 2 m med grusede aflejringer. Disse lag overlejrer gytje og tørvelag i 9,5 meters dybde. Ressourceområdet ligger på kanten af et tykt lag dynd, som i den østlige del overlejrer forekomsten. I den vestlige del befinder forekomsten sig i overfladen. De nærværende geofysiske undersøgelser bekræfter tilstedeværelsen af en forekomst (Figur 5-8), og der er udarbejdet ny afgrænsning af ressourceområde 502.051. Da forekomsten findes på forholdsvis lavt vand, er den vestlige del ikke kortlagt i større detalje, hvorfor den vestlige afgrænsning er usikker.



Figur 5-8. Seismisk profil med Holocæn marint sand. Under sandet findes sandsynligvis moræne.

Det anbefales at denne ressource opjusteres til en sandsynlig Sand 1 forekomst. De seismiske data og boringen vurderes som tilstrækkeligt grundlag til at dokumentere et ressourceområde af denne karakter.



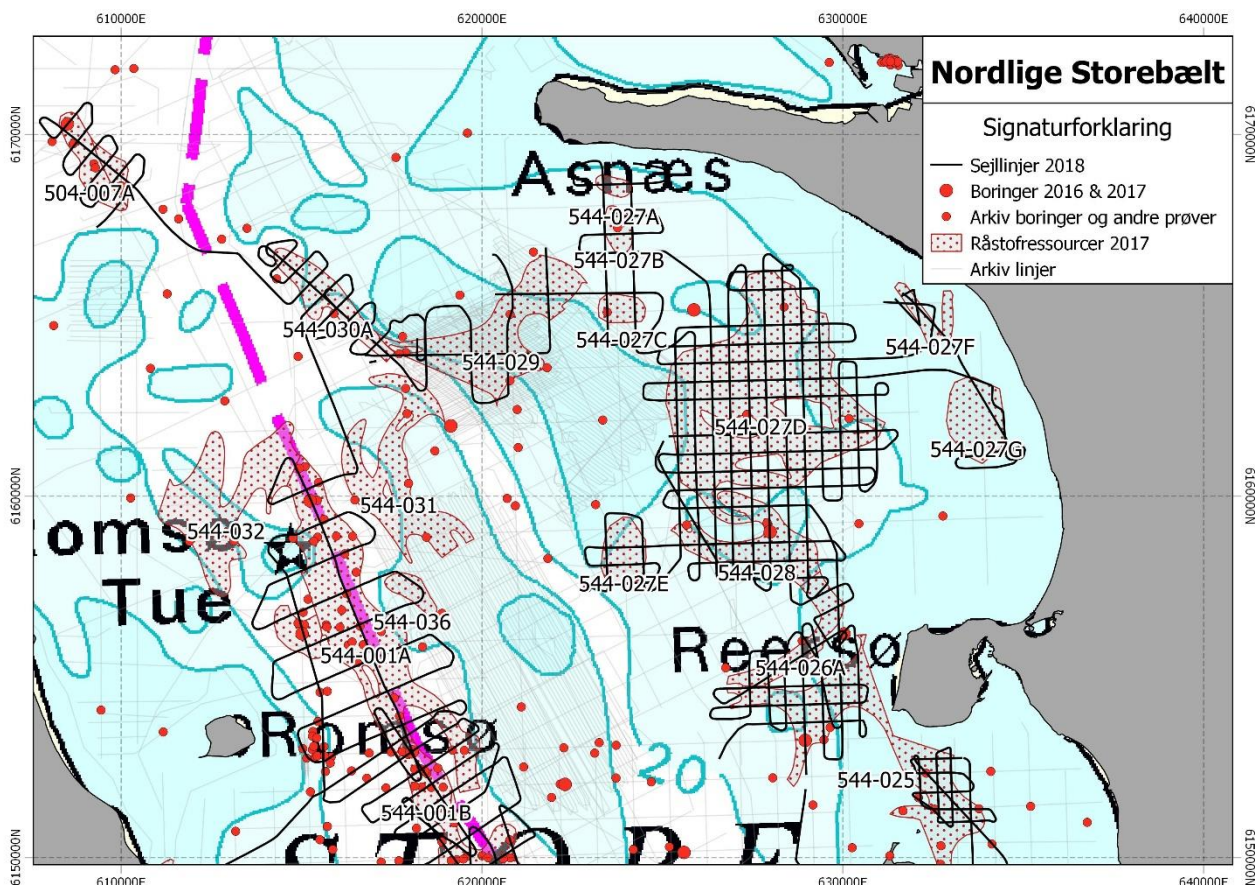
Figur 5-9. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 502.051.

Ressourceområdet har et areal på ca. 0,2 km² og et volumen på ca. 0,8 mio. m³.

6. Område 504 – Samsø Øst

6.1 Områdebeskrivelse

I projektområde 504 findes to spekulative ressourcer, enhed 504.007A og 504.007B, som ses i det nordvestligste Storebælt (Figur 6-1). Forekomstene er beskrevet som erosionsrester af en senglacial dalfyldning, beliggende som en uregelmæssig terrasse på Storebælt kanalens side. Forekomstene har et varierende dække af sandet dynd og tørv. Endvidere ser området ud til at være præget af isens bevægelser, idet flere lag er foldede.



Figur 6-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i den nordlige del af Storebælt.

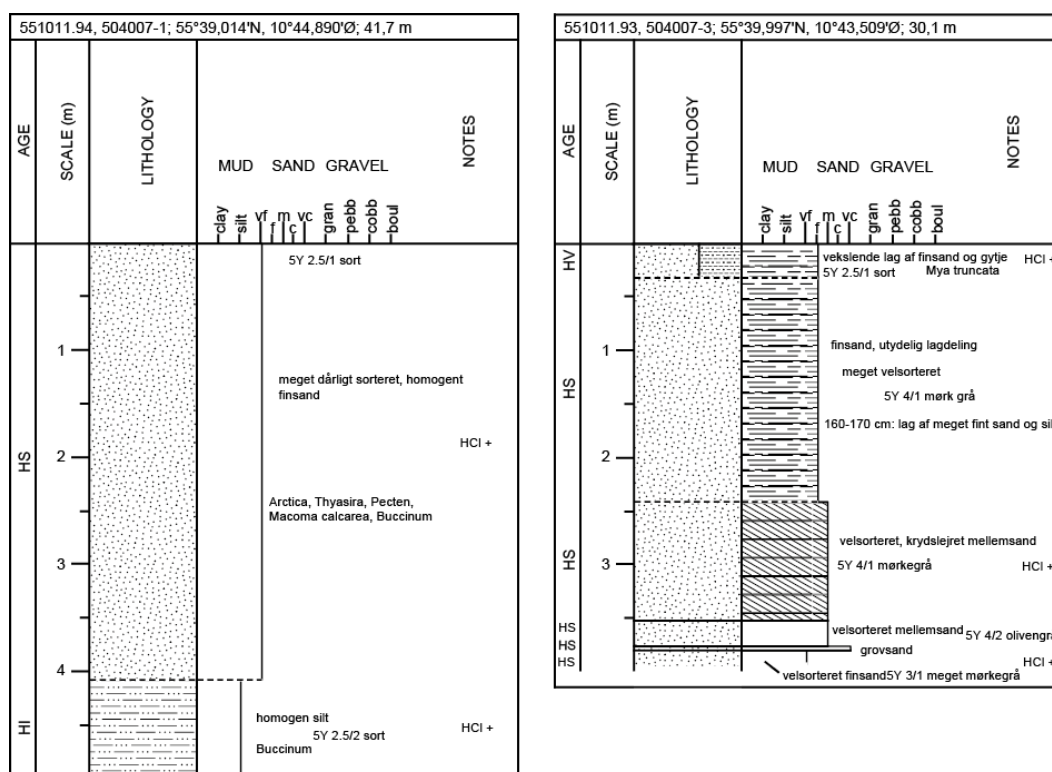
6.2 Ny seismisk undersøgelse

Den nye seismiske undersøgelse i projektområdet dækker over syv nye linjer, der i alt svarer til ca. 15,6 km linjer. I tolkningen er inddraget sparker og Innomar profiler fra den nye indsamling samt to arkivlinjer fra MARTA indsamlet i 1979 med pinger og boomer. I området findes dertil fem borer. To borer er udført i 2017 i forbindelse med GEUS' rapportering (mst3 rapport), de andre borer er en gravity boring, en sugeboring og en vibrationsboring.

I det følgende beskrives resultaterne af den ny seismiske kortlægning kombineret med eksisterende data.

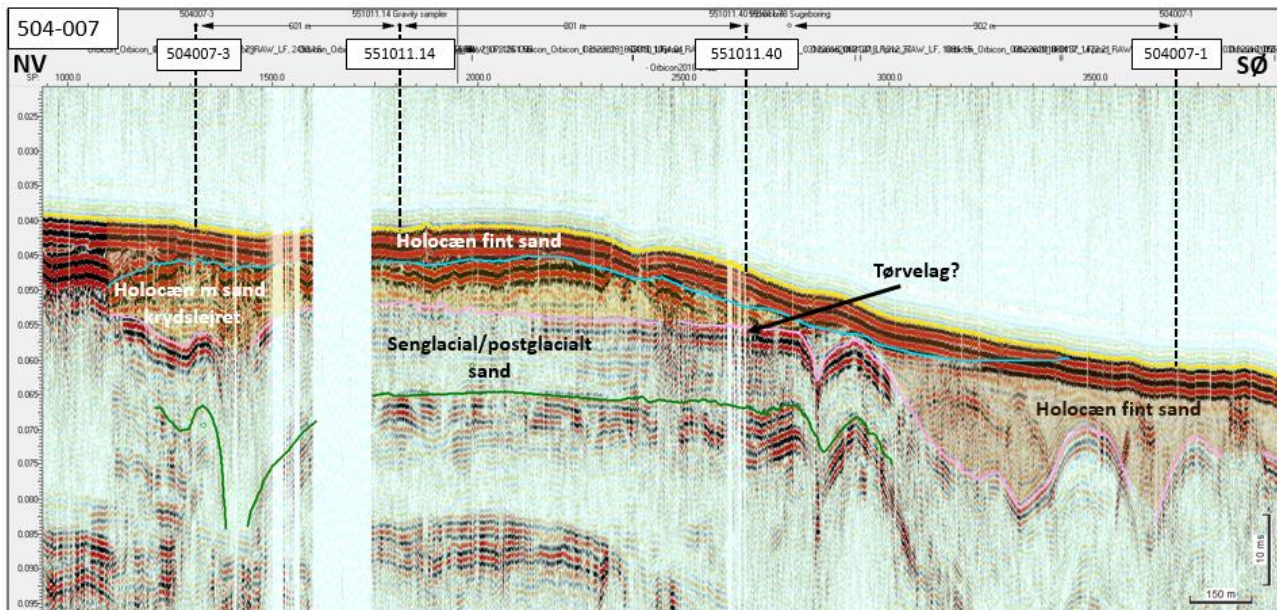
6.3 Ressourceområde 504.007

Forekomst 504.007A er klassificeret som en sandsynlig Holocæn marin Sand 1 mens 504.007B er klassificeret som en spekulativ marin fyldsandsenhed efter borerapport i 2017. Forekomsterne er dækket af ca. 10 km af de syv ny-indsamlede seismiske linjer. På baggrund af den nye seismiske kortlægning og de eksisterende boringer i forekomst A og B foreslås det at de to forekomster igen samles i et område 504-007. Ud over de to boringer fra rapporten i 2017, 504007-1 og 504007-3 som begge viser et 3-4 m tykt Holocænt primært fint sandlag (Figur 6-2), viser boring 551011.40 næsten 10 m fin- og mellemkornet sand med et tyndt tørvelag i ca. 2 meters dybde. I sandlaget findes også nogle planterester. Boring 551011.14 viser ligeledes 1,5 m fint sand med noget gytje og planterester.



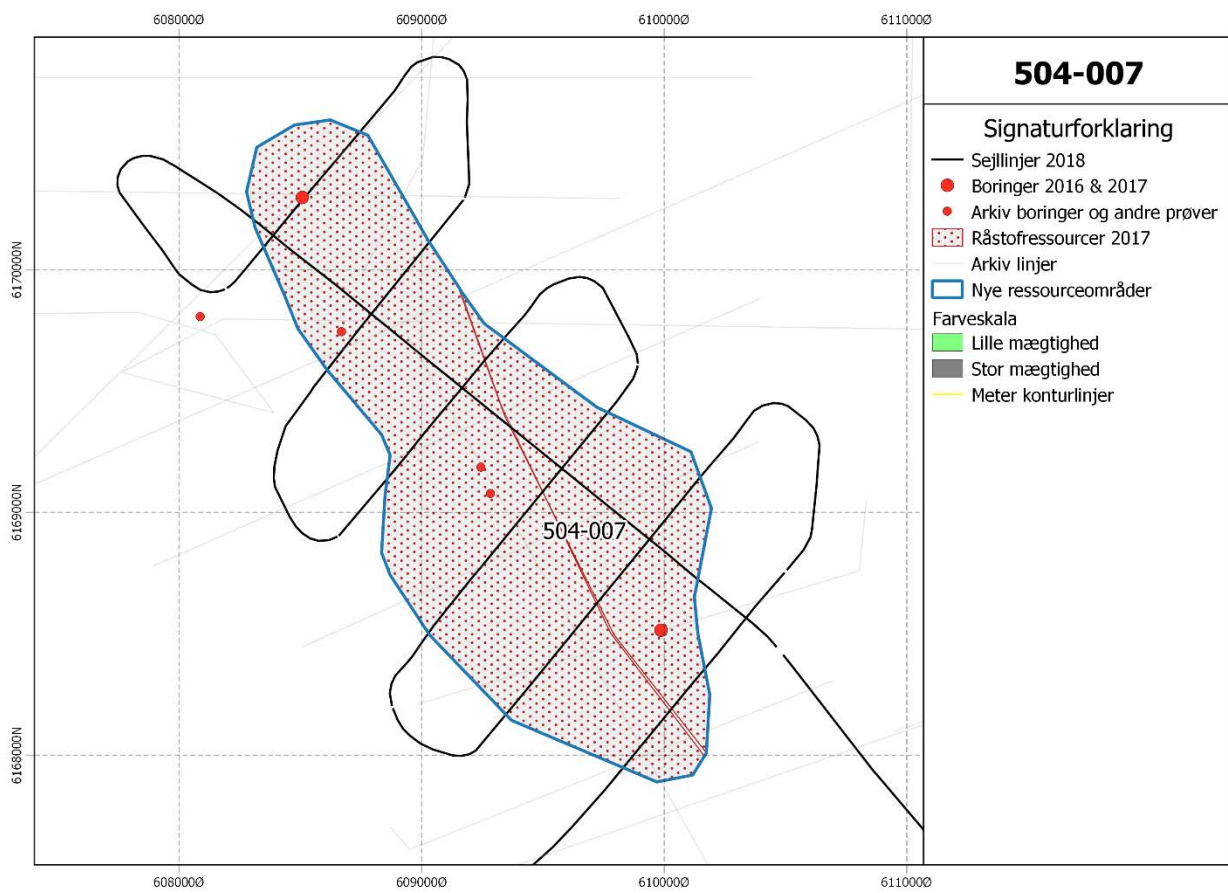
Figur 6-2. Sedimentologiske logs for boringer i 504.007.

Det fremgår af den nye kortlægning, at ressourceforekomsten er af en relativ kompleks karakter med en varierende Holocæn sand-enhed. På de seismiske data (Figur 5-1) ses et øvre lag med en kraftig amplitude og lagdeling, dette lag tynder ud mod syd og findes derfor ikke i den sydligste boring 504007-1. Mod nord findes øverst lagdelt og nederst krydslejret sand, mod syd er sand-enheden mere homogen og dårligt sorteret. Som det ses på profilet, findes en formodet senglacial ressourceenhed også i området. Denne enhed ser også ud til at være påvirket af isens bevægelser, idet der kan observeres foldninger i den sydøstlige del af området. Sandsynligvis har den nordlige del af forekomsten, der ligger højere været mindre præget af omlejring og har derfor fået en fin lagdeling. Grundet den ringe kvalitet af de indsamlede sparker data er det ikke muligt at se en klar bund i den dybereliggende senglaciale pakke, hvorfor en volumenopgørelse ikke kan foretages heraf. Ydermere er denne del af forekomsten dybt begravet og kun repræsenteret i en enkelt boring, hvilket betyder at kvaliteten ikke kan bestemmes med sikkerhed. Der ses en tydelig lagdeling i den senglaciale pakke, og der er påvist sand i den dybeste dele af boringen.



Figur 6-3. Sparker profil gennem ressourceområde 504-007 som er et komplekst område, der har været præget af afsmeltning af op til flere isskjalde. Mod nord i området findes skiftende lag af sand og dynd, hvorfor der ses høje amplituder her. Mod syd består ressourcen i højere grad af homogent sand, hvorfor amplituden ikke varierer så meget.

På baggrund af den nye kortlægning beholdes det nuværende ressourceområdes areal på 2,5 km². Der foreslås en sammenkædning af ressourcen til en enkelt sandsynlig Holocæn sandet ressource af kvalitet Sand 1, samt en spekulativ dybere senglacial sandenhed. Grundet den relativt dårlige kvalitet af de seismiske data og den begrænsede kortlægning af ressourcen er det usikkert om forekomsten er større. På baggrund af borerne og kortlægning anslås det, at forekomsten er 1,5-4 m tyk med en gennemsnitlig tykkelse på ca. 3 m. En volumenopgørelse for ressourcen giver dermed et råstofpotentiale på 7,5 mio. m³. Det vil kræve en boring gennem den fulde senglaciale enhed for at opklassificere denne, samt en bedre kortlægning (kvalitet og udbredelse) for at kunne opklassificere den Holocæne forekomst til påvist. Ressourceområdets udstrækning beholdes som før men de to områder 504.007A og 504.007B slås sammen til et område 504.007 (Figur 6-4).



Figur 6-4. Ressourcekort med de kortlagte nye afgrænsninger af ressourceområde 504.007.

7. Område 506 – Samsø Nord

7.1 Områdebeskrivelse

Samsø Nord-området dækker den vestlige del af projektområde 506. Her er undersøgt otte ressourceområder (506.033, -036, -043, -045, -048, -052, -053, -081; Figur 5-1 og Figur 5-5). I Samsø Nord området findes flere potentielle aflejringstyper. Der er tidligere kortlagt både senglaciale smeltevandsaflejringer ved den Jyske østkyst og på Mejlflak, Holocæne recente marine aflejringer i den sydlige del af området, og fossile kystaflejringer kan findes i hovedparten af området. Den oprindelige kortlægning af området er baseret på regional kortlægning af området i 1979 og 1984.

I 2017 blev der foretaget syv vibrationsboringer i den vestlige del af 506. Overordnet findes der i borerne Holocæne aflejringer der overlejrer moræne. Derudover er der truffet enkelte finkornede senglaciale lag og enkelte tørvelag af tidlig Holocæn alder.

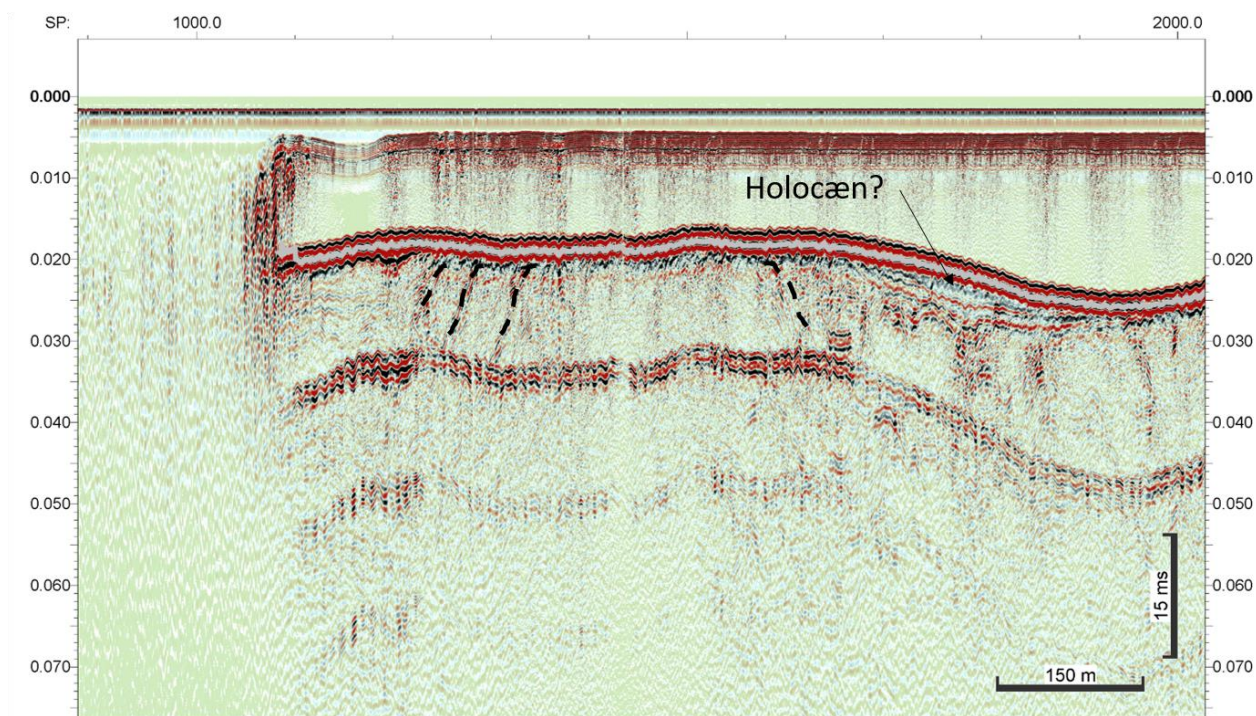
7.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 er der i området nord for Samsø undersøgt otte ressourceområder (506.033, -036, -043, -045, -047, -052, -053, -081) i individuelle sejllinjenet med en linjeafstand på 500 m, suppleret med enkelte tværlinjer.

I kortlægningen er der i nogle områder, hvor ressourcerne befinder sig tæt ved overfladen, og hvor ressourcen har en begrænset tykkelse, benyttet Innomar data. I andre områder er der benyttet sparker data – det drejer sig om områder hvor ressourcerne har en større mægtighed eller hvor der forekommer grovere aflejringer. I de lavvandede dele er datakvaliteten relativt dårligt, da støj fra havoverfladen skærmer for signalet fra havbunden. Området er overordnet set præget af et tidligere morænelandskab, som har dannet kildeområde for kystaflejringer. Imellem højtliggende moræne findes fordybninger, der som regel er udfyldte med tykke pakker af senglacialt ler og silt samt Holocænt dynd.

7.3 506.033

Ressourceområde 506.033 er tidligere kortlagt som en grus ressource. Der kan på basis af de seismiske data indsamlet i 2018 identificeres hældende lag som overlejres af Holocæne sedimenter (Figur 7-1). Der er ikke foretaget vibrationsboringer i dette ressourceområde, hvorfor en nærmere beskrivelse af materialet ikke kan foretages. Da ressourcen tidligere er kortlagt som en grus ressource, og da området generelt er præget af grove aflejringer, så fastholdes denne klassifikation. Det samme er tilfældet med sikkerhedsvurderingen, som fastholdes som spekulativ.



Figur 7-1. Seismisk profil med Holocæn sand og ældre hældende lag der tolkes som en odde dannelse.

De hældende lag repræsenterer muligvis en odde dannelse. Datakvaliteten i dette område besværliggør en reel tolkning af ressourceområdet, og derfor fastholdes den oprindelige udstrækning af ressourcen.

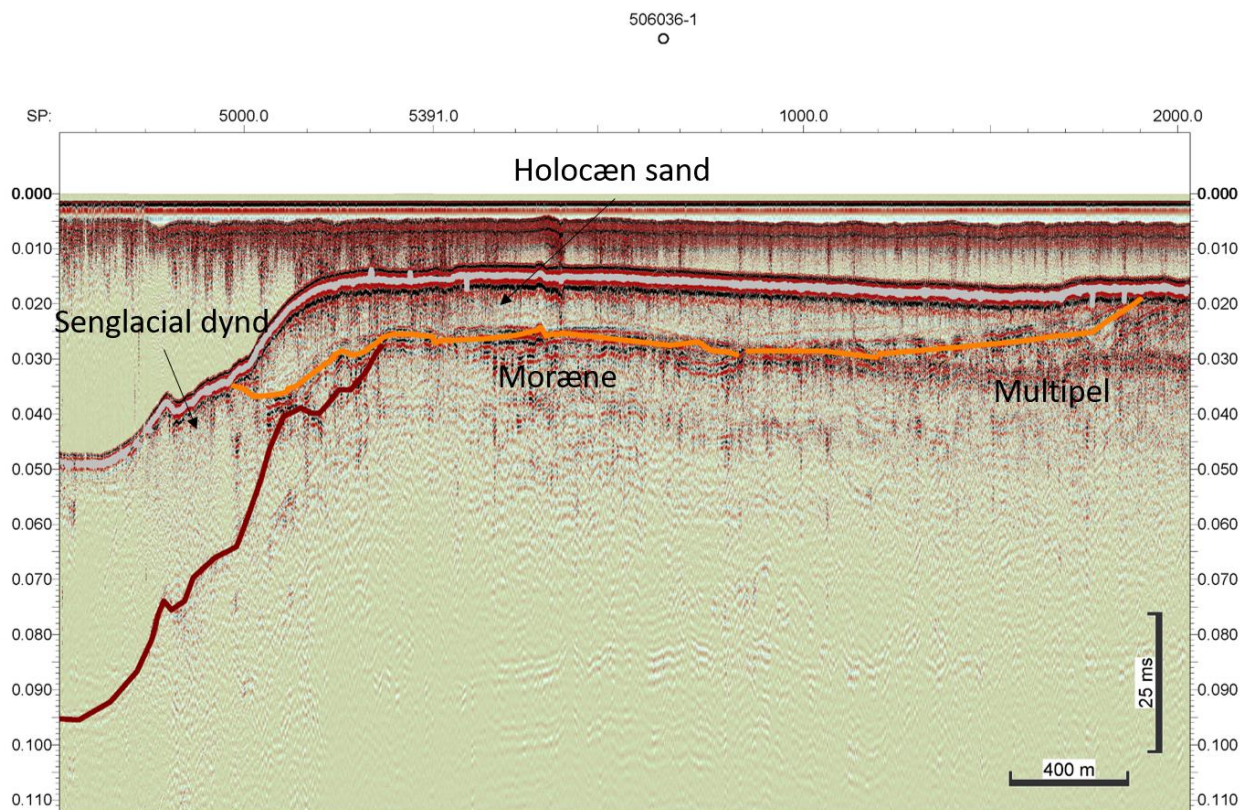
7.4 506.036

En vibrationsboring foretaget i 2017 indikerer, sammen med ældre borer, en forholdsvis tyk lagpakke med mellemkornet Holocænt sand (Figur 7-2). Denne klassifikation stemmer overens med den tidligere kortlægning. Det var ikke muligt at kortlægge bunden af ressourcen ud fra Innomar data, hvorfor der er benyttet sparker data. På basis af den geofysiske kortlægning (Figur 7-3) er der foretaget en ny afgrænsning af ressourceområdet, som dels bygger på den nye kortlægning og dels den gamle kortlægning i lavvandede områder, hvor

der ikke kunne sejles i nærværende projekt. Ressourcen er kortlagt på basis af to vibrationsboringer og ca. 2 km seismiske data.

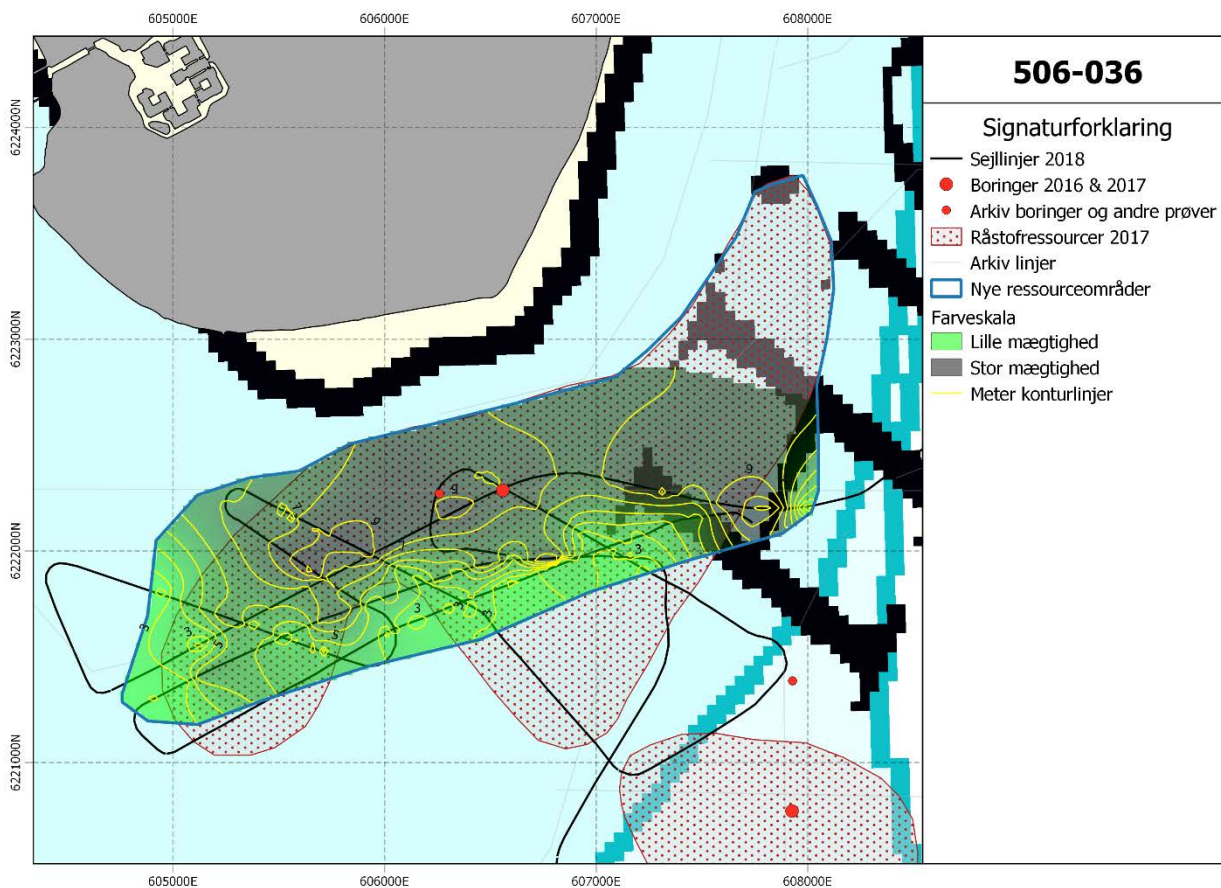
561027.6, 506036-1; 56°08,025'N, 10°42,869'Ø; 9,1 m						
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY				NOTES
			MUD	SAND	GRAVEL	
			clay silt vf f c	m vc gran pebb cobb boul		
HS	1 2			homogen mellemsand 5Y 5/1 grå Cardium, Spisula		HCl+

Figur 7-2. Sedimentologisk log for boring 506036-1.



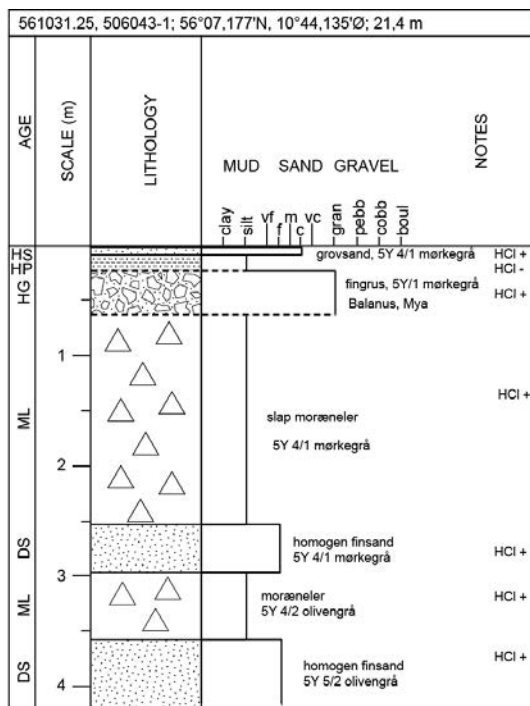
Figur 7-3. Seismisk profil med Holocænt sand. Under sandet findes moræne og senglaciale enheder.

Arealet af den nye afgrænsning er opgjort til 3,6 km². Ressourcen har stedvis mægtigheder op til 15 m. Da forekomsten ikke gennemtrænges af borer, er kvaliteten af ressourcen i bunden forholdsvis ukendt. På basis af ovennævnte anbefales denne ressource at skifte klassifikation til sandsynlig Holocæn fossil marin kystaflejring med kvalitet Sand 1.



Figur 7-4. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 506.036.

7.5 506.043



Figur 7-5. Sedimentologisk log for boring 506043-1.

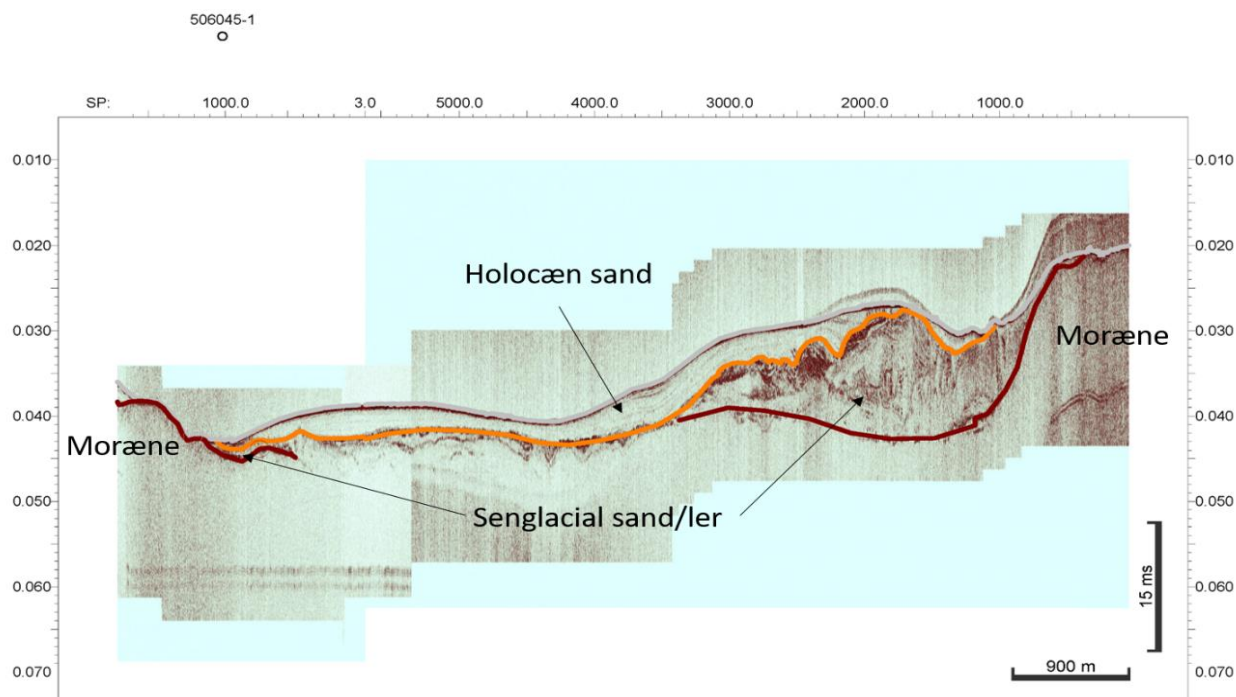
Størstedelen af ressourceområde 506.043 kan på grundlag af seismiske data og en vibrationsboring fra 2017, erkendes som en moræneforhøjning (Figur 7-5). Ressourceområdet anbefales fjernet fra råstofdatabase.

7.6 506.045

Ressourcen er kortlagt på basis af seismiske data fra 1979 og en boring fra 2017. I boringen findes finkornet Holocænt sand, gruset mellem- og grovkornet senglacialt sand og nederst moræneler. På de seismiske profiler kan især det øverste Holocæne sandlag erkendes, også udenfor det tidligere kortlagte område (Figur 7-7). De Holocæne sedimenter er til dels aflejret på senglaciale sandede til lerede sedimenter og de er adskilt af en erosiv grænse. Moræneoverfladen kan kortlægges hvor den nærmer sig havbunden.

561031.27, 506045-1; 56°03,198'N, 10°41,058'Ø; 30,4 m												
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL									NOTES
			clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul	
HP								gytje, 5Y 4/2 olivengrå				HCl -
HS	1							meget dårlig sorteret finsand 73 cm: stenlag 10 cm tykt 5Y 4/1 mørkegrå Mytilus, Arctica, Ostrea				HCl +
TS	2							gruset mellem og grov sand 2.5Y 4/3 olivenbrun				HCl +
ML	3							moræneler 5Y 4/1 mørkegrå				HCl +
DS								homogen mellem og grovsand 5Y 5/1 grå				HCl +
ML	4							moræneler 5Y 4/1 mørkegrå				HCl +

Figur 7-6. Sedimentologisk log for boring 506045-1.



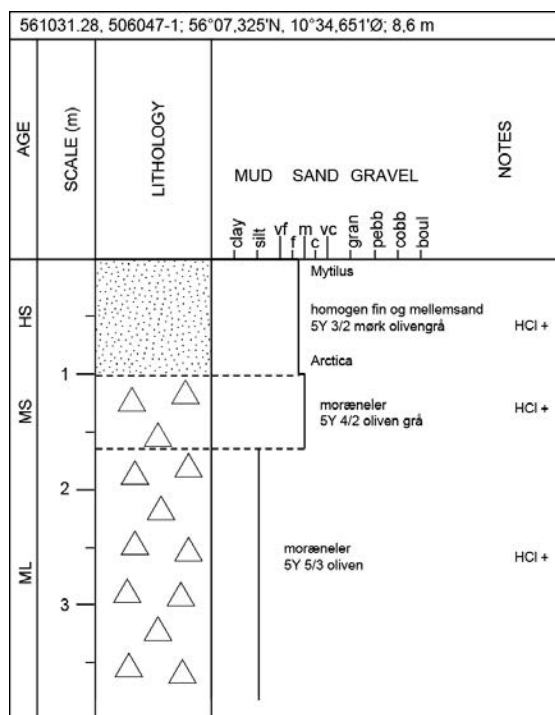
Figur 7-7. Seismisk profil med Holocænt sand. Under sandet findes moræne og senglaciale enheder.

Det finkornede Holocæne sandlag kan også genfindes i borer i den nordlige del af området, og her findes ligeledes finkornede senglaciale lag. På basis af de foreliggende data kan ressourceområdet ikke udvides, da

der kun findes en enkelt seismisk linje, hvorpå ressourcen kan følges. Vi anbefaler, at den oprindelige klassifikation som en spekulativ Holocæn Sand 1 forekomst opretholdes.

7.7 506.047

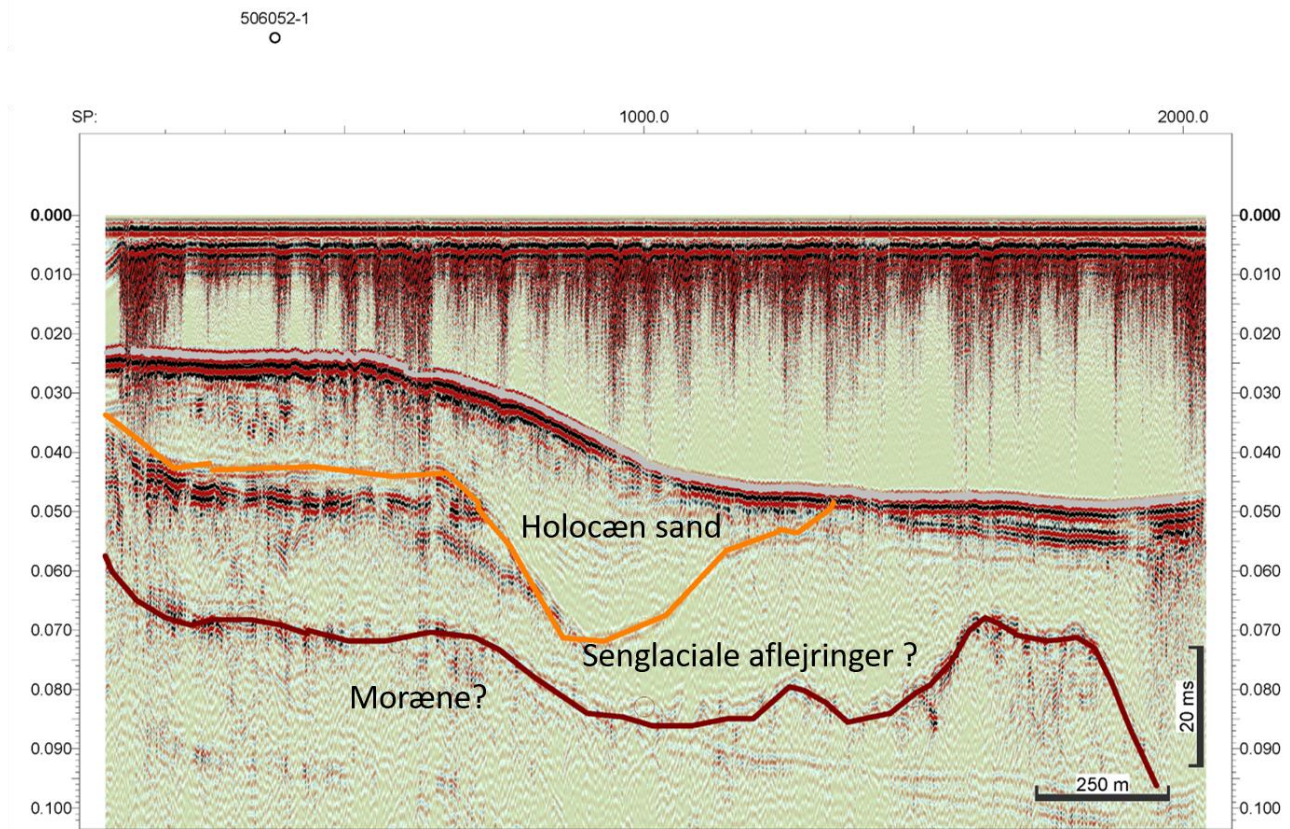
Ressourceområde 506.047 er tidligere kortlagt som marine fossile kystaflejringer. Denne klassifikation er foretaget på baggrund af seismiske data fra 1979. Disse undersøgelser er i nærværende projekt suppleret med yderligere geofysiske data, og en vibrationsboring fra 2017. Boringen viser ca. 1 m fin- til mellemkornet Holocænt sand der overlejrer moræne som er gennemgående i undersøgelsesområdet (Figur 7-8). Mod øst hvor havdybden stiger findes et bassin med formodede finkornede sedimenter. Denne del af ressourcen, som ellers har langt den største mængde er dermed ikke råstofmæssig interessant. Tilbage er den sandede del som overlejrer morænen. Tykkelsen af denne enhed overstiger på basis af de geofysiske data generelt ikke 2 m. Når den begrænsede tykkelse og det forholdsvise finkornede materiale sammenholdes, betragtes denne ressource ikke længere som interessant i råstofmæssig sammenhæng. Derfor anbefales dette ressourceområde fjernet fra databasen.



Figur 7-8. Sedimentologisk log for boring 506047-1.

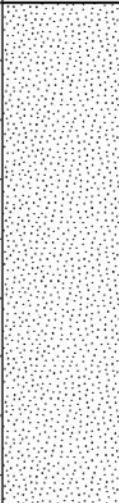
7.8 506.052

Ressourceområde 506.052 er ligeledes tidligere kortlagt som marine fossile kystaflejringer. Denne klassifikation er foretaget på baggrund af seismiske data fra 1979. Disse undersøgelser er i nærværende projekt suppleret med yderligere geofysiske data og en vibrationsboring i 2017. Boringen viser over 4 m fin til grovkornet Holocænt sand (Figur 7-10).

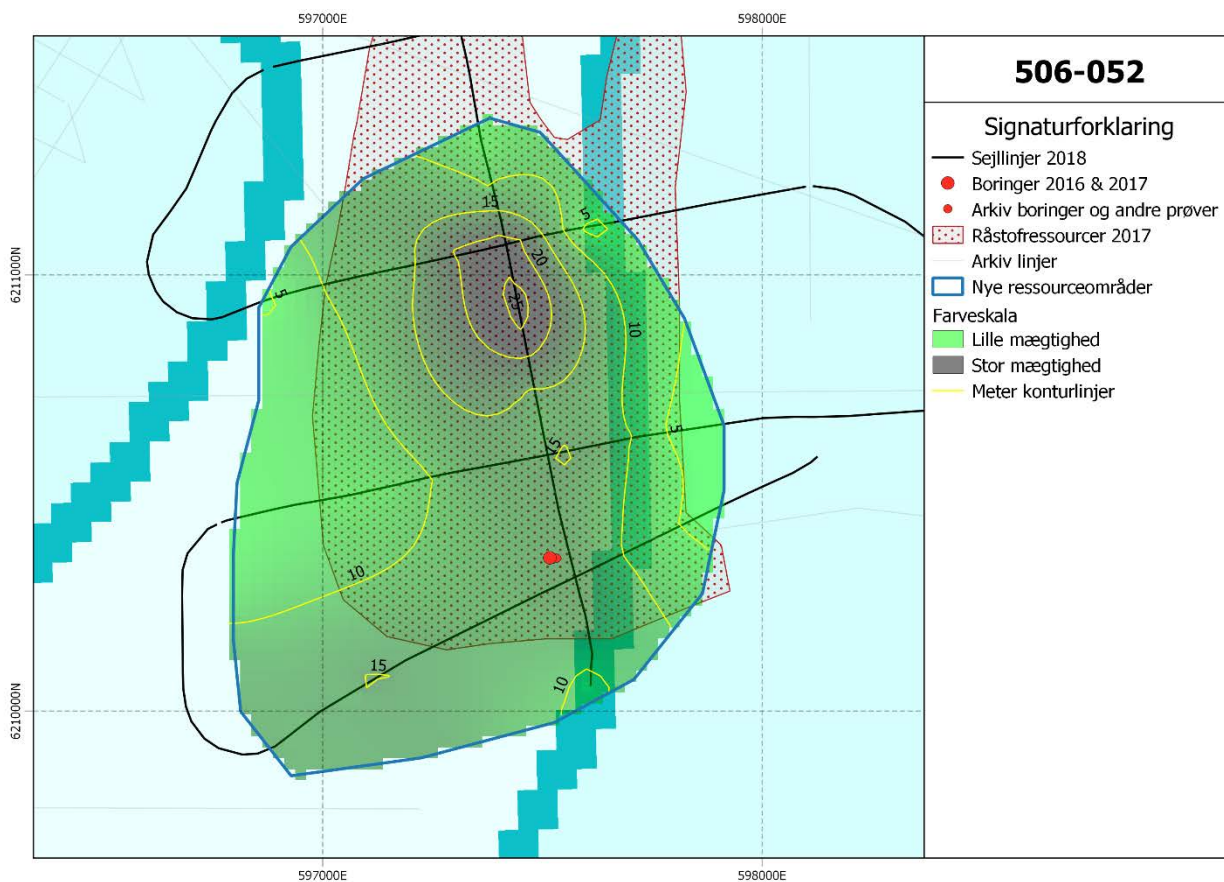


Figur 7-9. Seismisk profil med Holocænt sand. Under sandet findes moræne og senglaciale enheder.

Ressourceområdet kan på de geofysiske data erkendes som flakudbygninger (Figur 7-9). Ressourcen er potentielt op til 30 m tyk og tynder væsentligt ud mod sydvest og nord, hvor den også forventes at være mere finkornet.

561031.3, 506052-1; 56°01,707'N, 10°33,903'Ø; 17,4 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL										NOTES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			clay	silt	vf	f	m	vc	gran	pebb	cobb	boul																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
HS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</

Figur 7-10. Sedimentologisk log for boring 506052-1.

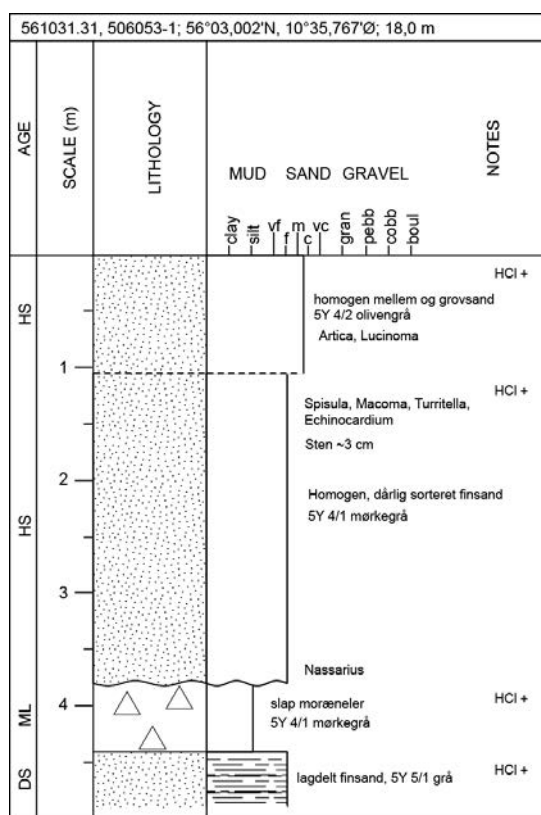


Figur 7-11. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområdet.

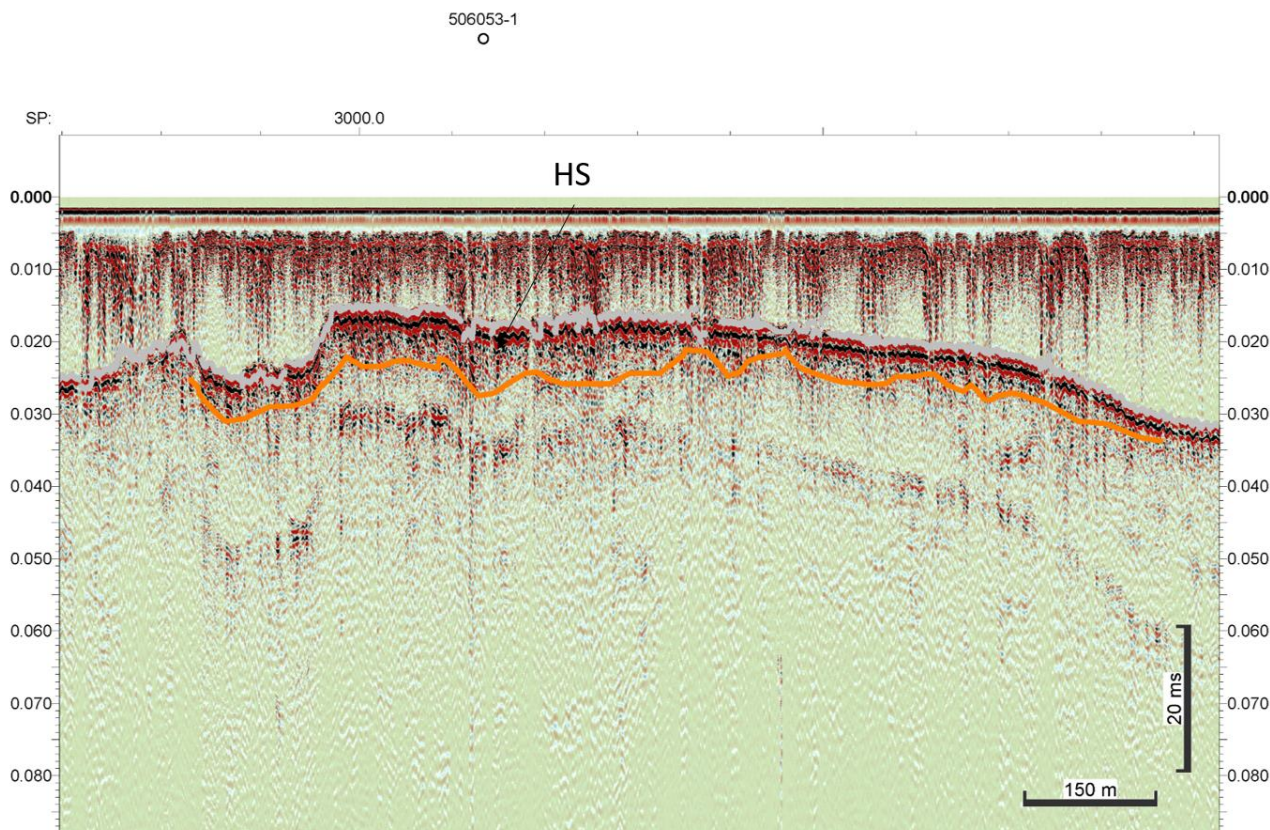
På basis af den nye kortlægning og vibrationsboringen fra 2017 vurderes denne ressource som en sandsynlig Sand 1 forekomst. Der er foretaget en ny afgrænsning af ressourceområdet, og arealet heraf er opgjort til 1,2 km². Det totale volumen af forekomsten er udregnet til 13,3 mio. m³.

7.9 506.053

Ressourceområde 506.053 er kortlagt ved seismiske data fra 1979. Den blev undersøgt i 2017 ved én vibrationsboring og i 2018 ved 3 seismiske linjer. Datagrundlaget er dermed forholdsvis begrænset. Vibrationsboringen viser ca. 4 m fin- til mellemkornet sand der overlejrer en slap moræne (Figur 7-12). Den øverste meter består af homogent mellemkornet sand mens de nedre sandlag er dårligt sorteret finsand. På de seismiske data er ressourcen kortlagt som en enhed med kaotiske reflektorer (Figur 7-13). Tykkelsen af laget overstiger tilsyneladende ikke de 4 m som findes i boringen.



Figur 7-12. Sedimentologisk log for boring 506053-1.



Figur 7-13. Seismisk profil med et Holocænt sandlag sandsynligvis overlejrende moræne enheder.

Der er foretaget en ny afgrænsning af ressourceområdet med et areal på 0,5 km².

Denne fossile kystaflejring vurderes som værende spekulativ, da én boring og tre seismiske linjer ikke vurderes tilstrækkelig til med sikkerhed er at kortlægge den ressource. Den lave kvalitet af de seismiske data (både In-nomar og sparker data) bidrager ligeledes med en øget usikkerhed omkring udstrækningen af ressourceområdet. Kvaliteten af materialet i vibrationsboringen klassificeres som Sand 1.

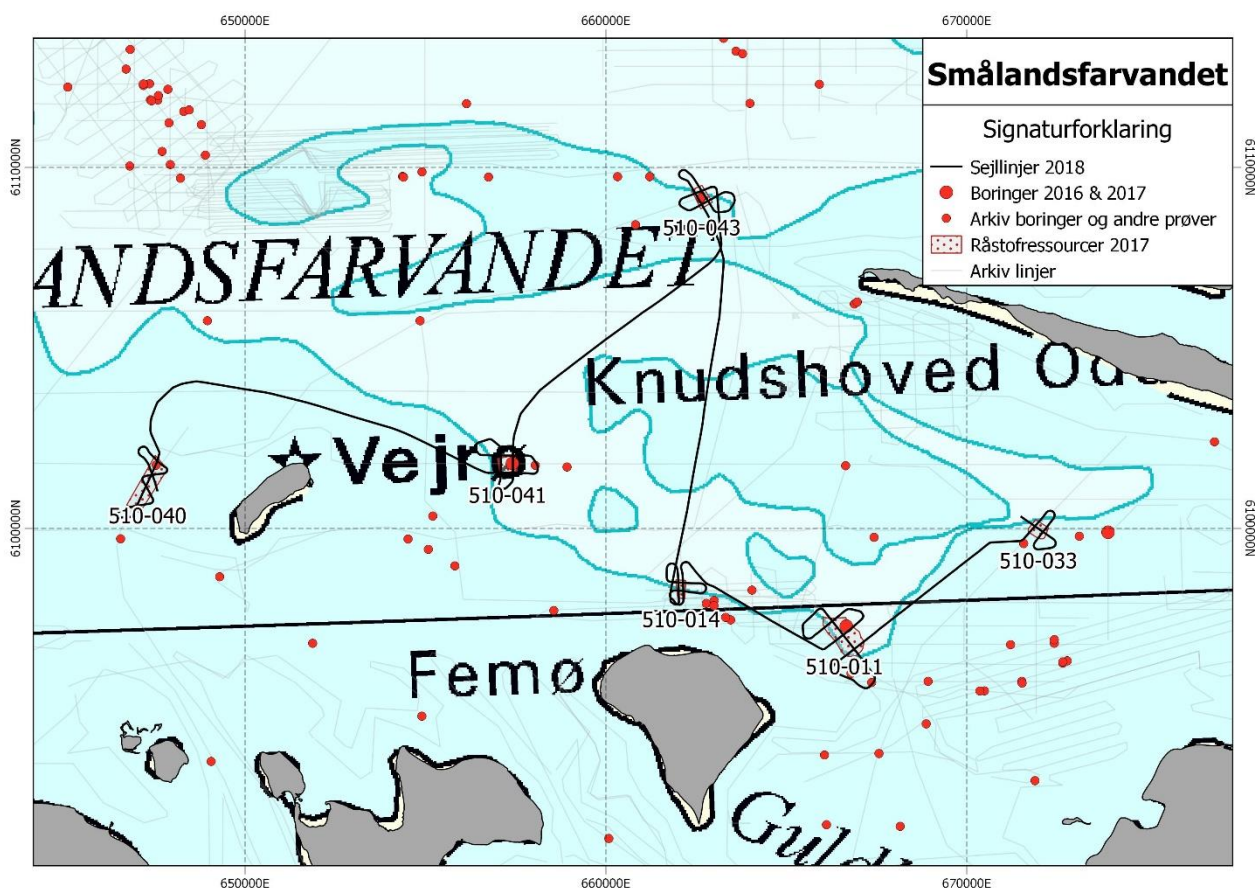
7.10 506.081

Ressourceområde 506.053 er kortlagt ved seismiske data fra 1982. Den blev undersøgt i 2017 ved én vibrationsboring og i 2018 ved 8 seismiske linjer. Vibrationsboringen viser 3 m finsand og lagdelt fin og mellemkornet sand. Nederst findes et tyndt lag grus som tolkes til at være en erosionsrest fra den underliggende moræne. Boringen er foretaget på det dybeste sted i ressourcen. Den seismiske kortlægning viser, at udstrækningen af denne fordybning i moræne overfladen er særdeles begrænset. Denne begrænsede udstrækning og den forholdsvis ringe kvalitet af materialet betyder, at dette ressourceområde anbefales fjernet fra databasen.

8. Område 510 – Smålandsfarvandet

8.1 Områdebeskrivelse

I område 510 Smålandsfarvandet er 6 relativt små ressourceområder blevet undersøgt (510.011, -014, -033, -040, -041, -044). Områderne er oprindeligt blevet klassificeret som enten Holocæne marine kystaflejringer eller ferskvandsaflejringer (Holocæne/senglaciale) der udfylder lavninger og render. Vanddybden er ca. 8-15 m, og der er udbredt forekomst af Holocæn gytje/dynd i render mellem højereliggende morænepartier som stedvis er eksponeret på havbunden. Den oprindelige kortlægning er baseret på den regionale kortlægning af området i 1989, der omfatter seismiske undersøgelser og prøvetagninger. Områdets kortlægningsgrad og ressourceforekomster er desuden beskrevet i GEUS rapport 2013/77. Der er udlagt tre fællesområder: Karrebæksminde (510-EA), Knudshoved (510-AA) og Femø (510-DA).



Figur 8-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Smålandsfarvandet.

I 2017 blev der foretaget vibrationsboringer i ressourceforekomsterne 510.011, 510.041, og 510.030 (sidstnævnte beliggende tæt på 510.033). Boringerne viser sandede enheder af ?senglaciel til tidlig Holocæn alder i den nedre del, overlejret af Holocæn marin gytje af 2-3 m mægtighed. De nedre sandede enheder indeholder ikke marine skaller og kan enten repræsentere tidligt Holocæne ferskvandsdannelser (FS), eller senglaciale smeltevandssedimenter (TS).

8.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den ny råstofundersøgelse i 2018 er hver af de relativt små forekomster dækket med et begrænset net med 2-3 tværgående linjer med en afstand på ca. 300-500 m. Herudover er der foretaget dataopsamling på forbindelseslinjer af ca. 5-10 km længde mellem de enkelte ressourceområder.

Sparker og Innomar data blev gennemgået for alle delområder. En markant reflektor markerer grænsen mellem lagdelte Holocæne enheder (ses i Innomar data) og underliggende glaciale enheder med stedvis forekomst af formodede senglaciale sandede enheder (ses ofte kun i sparker data) eller lagdelte, formodentlig lerede eller siltede issø-dannelser (ses bedst i Innomar data).

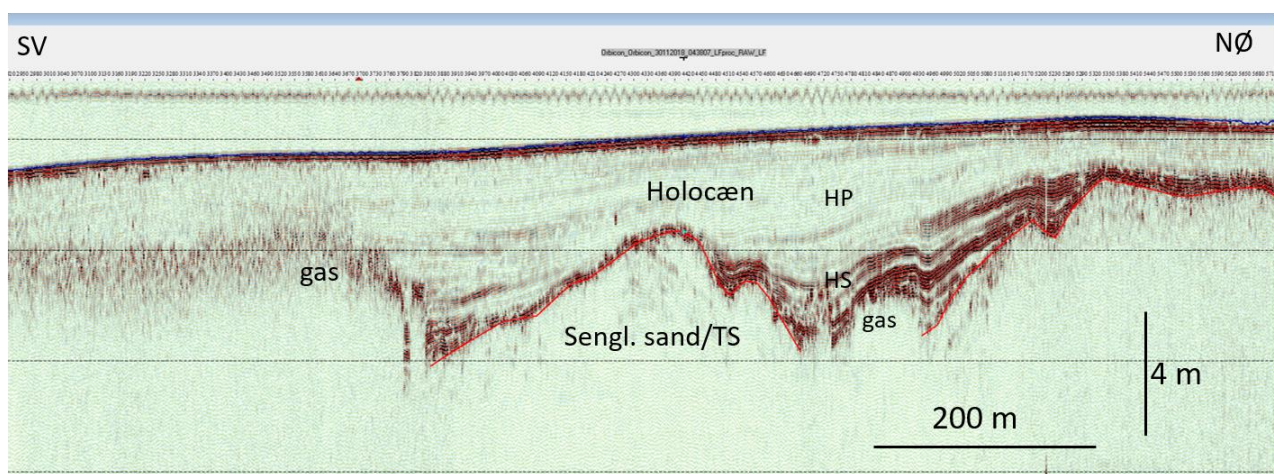
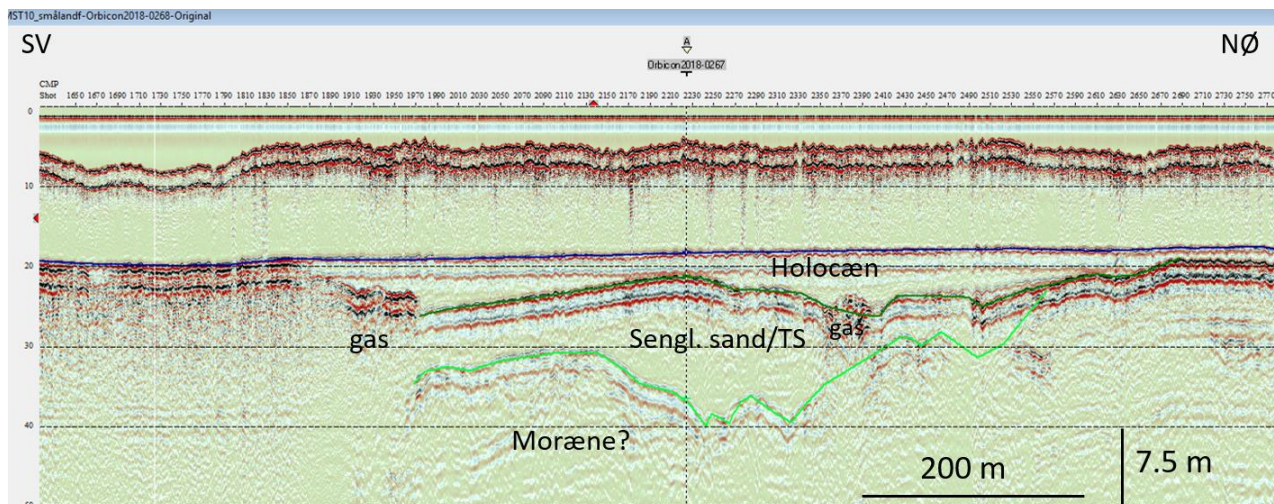
Generelt viser de højobløselige Innomar data sammenholdt med de begrænsede boringsdata, at Holocæn marint gytje/dynd af flere meters mægtighed dækker mindre forekomster af formodet marint sand og ferskvands-sand. Overgangen fra ferskvandsand til marint sand er typisk ikke udviklet som en markant seismisk reflektor. Ligeledes er overgangen til marint dynd meget lidt markant. Forekomst af gas er udbredt i udfyldte render med større mægtighed af dynd, hvilket i nogle tilfælde begrænser mulighederne for detaljeret kortlægning af ressourcer.

I det følgende beskrives resultaterne af den ny seismiske kortlægning kombineret med eksisterende data.

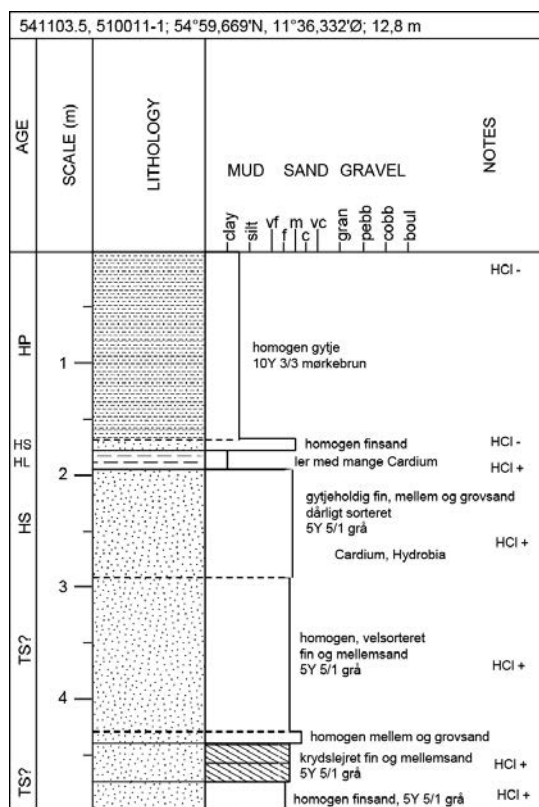
8.3 Ressourceområde 510.011

Ressourcen består af senglacialt sand forekommende i bunden af en rendestruktur, der er mere eller mindre udfyldt med Holocænt dynd med en mægtighed på op til 7 m. Gas forhindrer detaljeret kortlægning af udbredelse og mægtighed, men indenfor en begrænset del af survey området kan undergrænsen af den senglaciale enhed (formodet glacial moræne) ses på sparker data. Overgrænsen af den senglaciale enhed er klart defineret af en markant reflektor i både Innomar og sparker data (svarende til den Holocæne transgressionsflade). Der er 2017 udført en boring 510011-1 (541103.5 på arkivlinje 510-011-053, Figur 8-3). Boringen viser 2 m formodet senglacialt fin-mellemkornet sand overlejret af 1 m gytjeholdigt finsand (HS) og øverst ca. 2 m homogen gytje (HP).

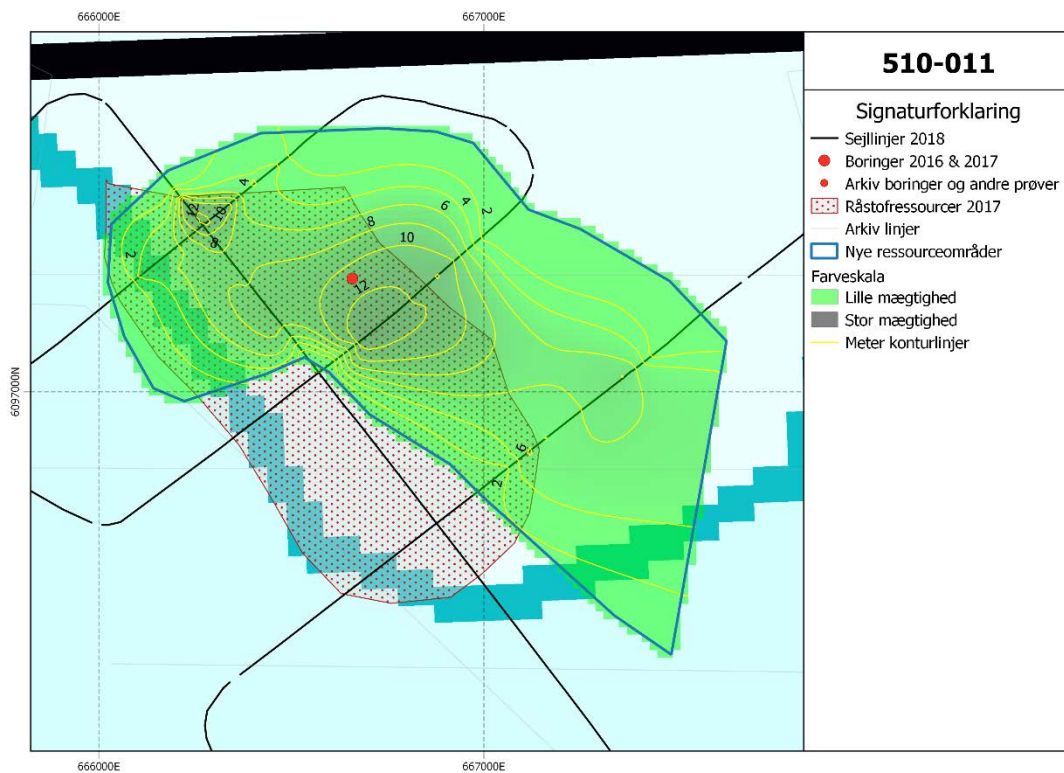
Den senglaciale ressource er kortlagt over et område på 1,1 km² og kun defineret hvor gas er fraværende. Mægtigheden varierer mellem 5 og 14 m, og volumenet er anslået til ca. 4,9 mio. m³. Overjordstykkelsen er 3-7 m. På baggrund af den ny kortlægning og boring klassificeres ressourcen som en spekulativ forekomst af senglacialt ferskvandssand (TS).



Figur 8-2. Linje 268 sparker (øverst) og Innomar profil (nederst) fra ressourceområde 510.011. Ressourceforekomsten består af senglacialt ferskvandssand. Undergrænsen af den senglaciale ressourceenhed er markeret med en lys grøn streg på sparker profilet. Overjord består af Holocæn marin gytje.



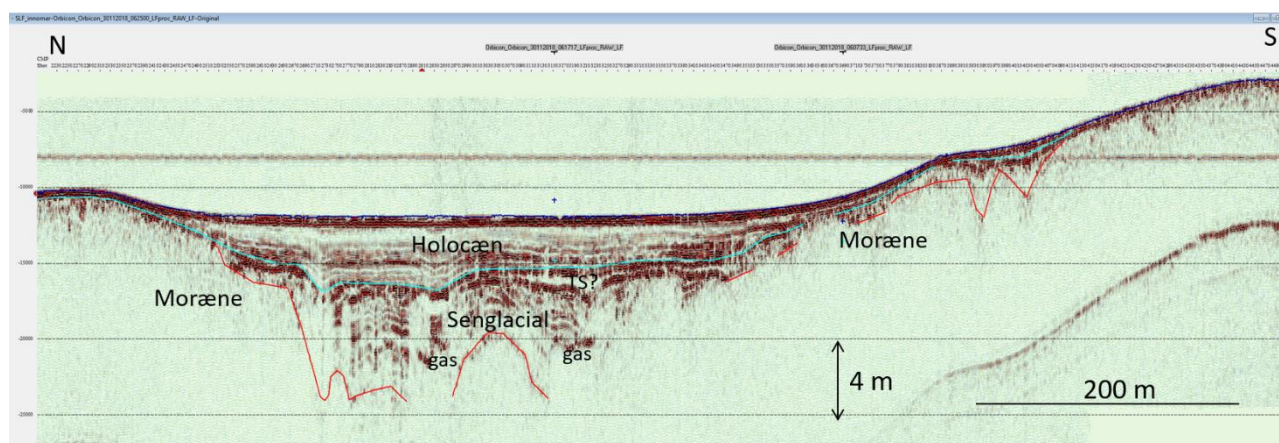
Figur 8-3. Sedimentologisk log for boring 510011-1.



Figur 8-4. Kortlagt ressourceforekomst 510.011 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

8.4 Ressourceområde 510.014

Område 510.014 består af formodet senglaciale aflejringer i en rendestruktur. De senglaciale aflejringer er overlejret af op til 4 m tyk Holocæn marin gytje. Innomar data viser, at de senglaciale aflejringer er fint lagdelte, de består formodentligt af ler og silt aflejret i en issø. Enkelte steder ses umiddelbart under den markante Holocæne transgressionsgrænse en tynd massivt udseende enhed, som muligvis kan repræsentere en sandet senglacial top-enhed. Enheden er dog af begrænset udstrækning og med ringe mægtighed (<1 m). På baggrund af de ny seismiske data vurderes det at forekomsten ikke har nogen ressourceværdi.

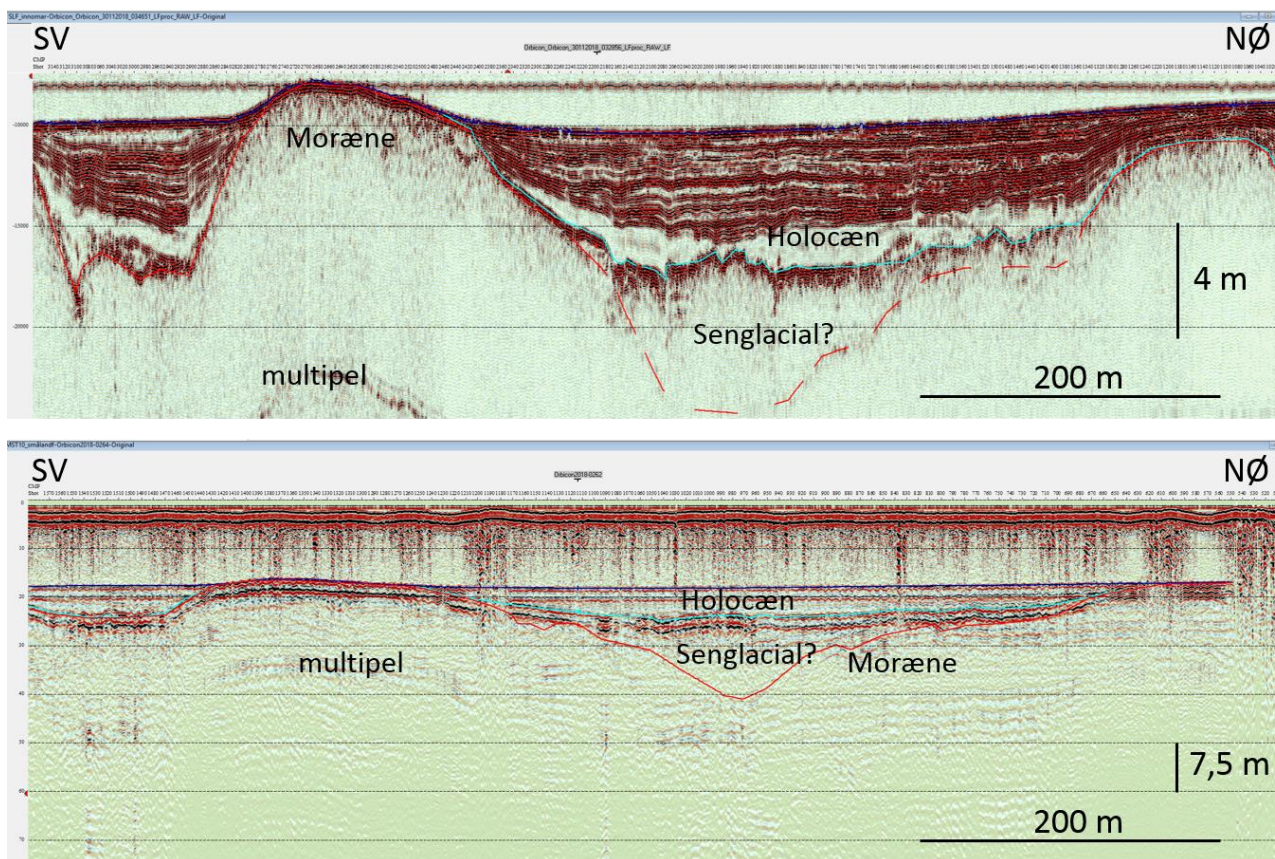


Figur 8-5. Innomar profil 30112018_062500 fra ressourceområde 510.014. Profilet viser et tværsnit gennem en rende med fint lagdelte formodede senglaciale aflejringer overlejret af Holocæn marin gytje.

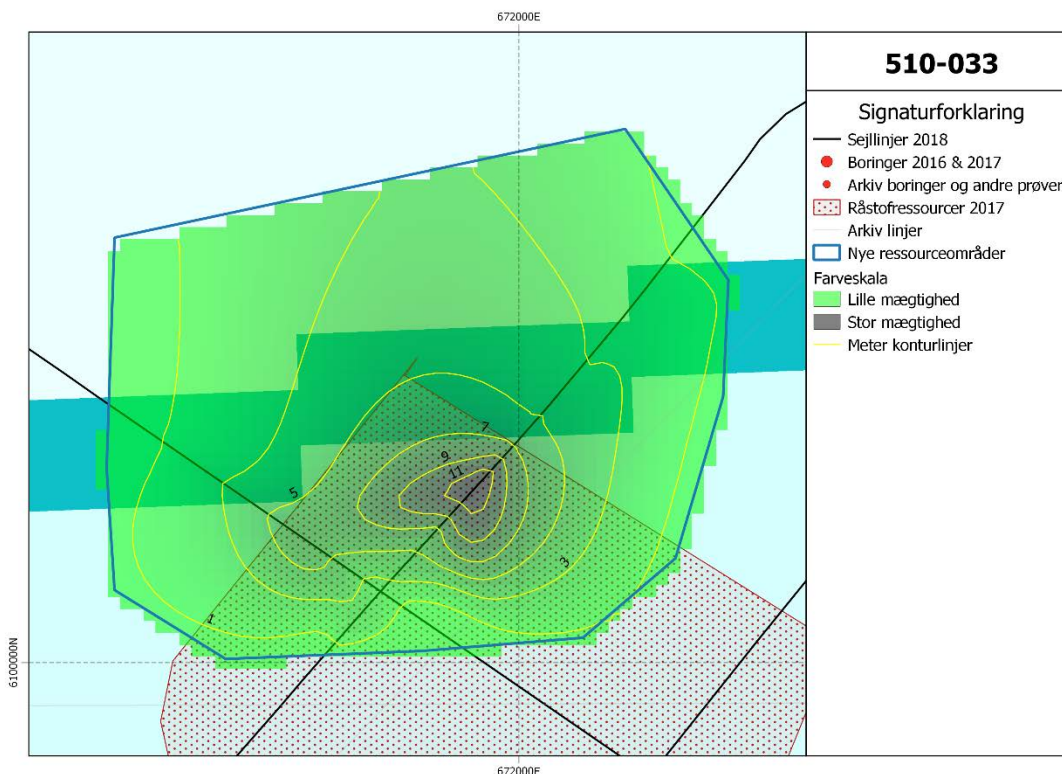
8.5 Ressourceområde 510.033

Området består af mere eller mindre udfyldte render mellem morænetoppe. Der er ikke foretaget borer i forekomsten. Hovedparten af fyldet består af formodet Holocæne lagdelte gytjeaflejringer. Det nedre 1-2 m underafsnit af de Holocæne aflejringer er mere massiv og karakteriseret af en mere diffus lagdeling. Under en markant reflektor der formodes at repræsentere basis af Holocæn, ses i de dybere dele af rendesystemerne en diffus enhed på op til 5-10 m tykkelse, som muligvis repræsenterer senglaciale sandede aflejringer. Kvaliteten af sparker data er varierende og noget støjpræget og den formodede senglaciale enhed kan kun observeres på et mindre afsnit af de seismiske linjer.

Kortlægning på baggrund af sparker data indikerer at den senglaciale forekomst kun kan observeres på to krydsende linjer, og at den kun kan kortlægges indenfor et mindre areal på ca. 0,15 km². Forekomsten er desuden dækket af Holocænt dynd af en mægtighed på 5-6 m. På baggrund af kortlægningsresultatet anbefales det umiddelbart, at den spekulative ressource sløjfes.



Figur 8-6. Innomar og sparker profil 2018-0264 fra ressourceområde 510.033. Den spekulative ressource består af formodet senglacialt ferskvandssand dækket af Holocæn overjord.

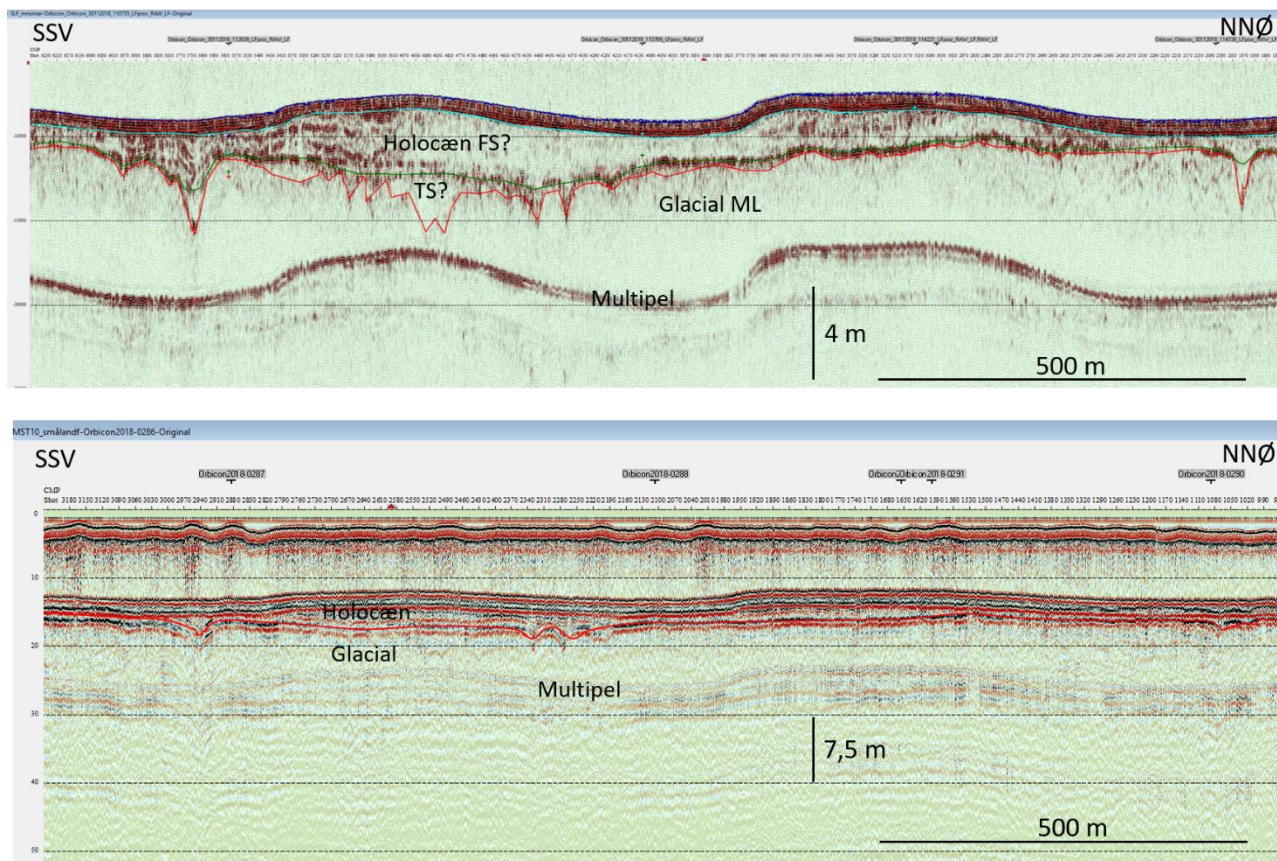


Figur 8-7. Kortlagt ressourceforekomst 510.033 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

8.6 Ressourceområde 510.040

Forekomsten er oprindeligt beskrevet som en spekulativ forekomst af senglacial oprindelse. Der er ikke foretaget boring. De ny seismiske data viser ikke nogen erkendbar potentiel senglacial enhed. Innommar data tyder på at Holocæne aflejringer over det meste af det undersøgte område direkte overlapper glaciale (?moræne-) aflejringer. Enkelte steder ses en irregulær strukturløs enhed på 1-2 m tykkelse mellem de glaciale og de Holocæne aflejringer. Der kan muligvis være tale om sandede senglaciale aflejringer eller alternativt slap moræne. De Holocæne aflejringer fremtræder med en uregelmæssig lagdeling, og en bølgede morfologi. Overfladen fremtræder flere steder synligt erosiv i forhold til lagdelingen i den underliggende Holocæne enhed, som muligvis repræsenterer tidligt Holocæne ferskvandsaflejringer.

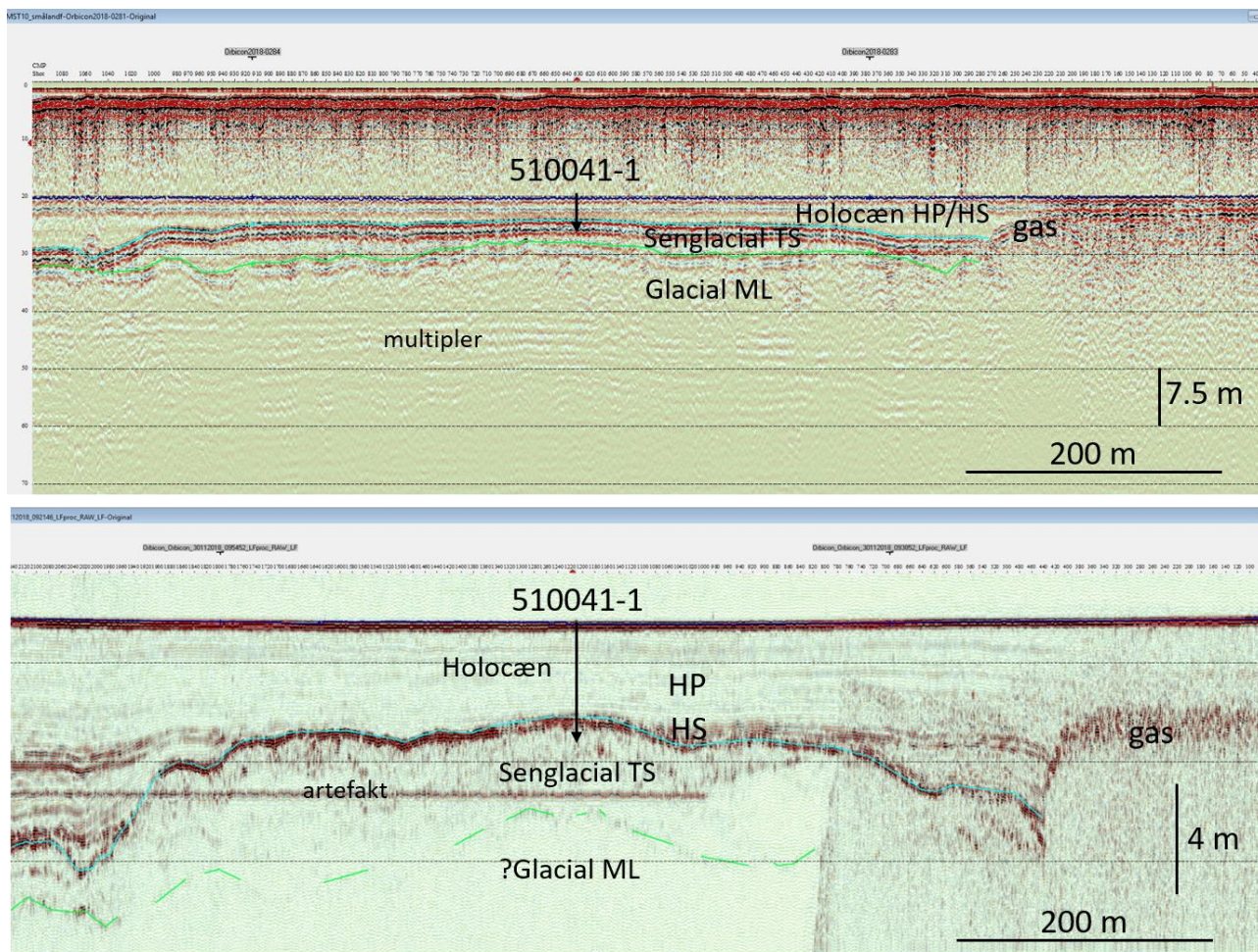
På basis af de ny seismiske undersøgelser vurderes det, at der ikke findes ressourcer af værdi i undersøgelsesområdet.



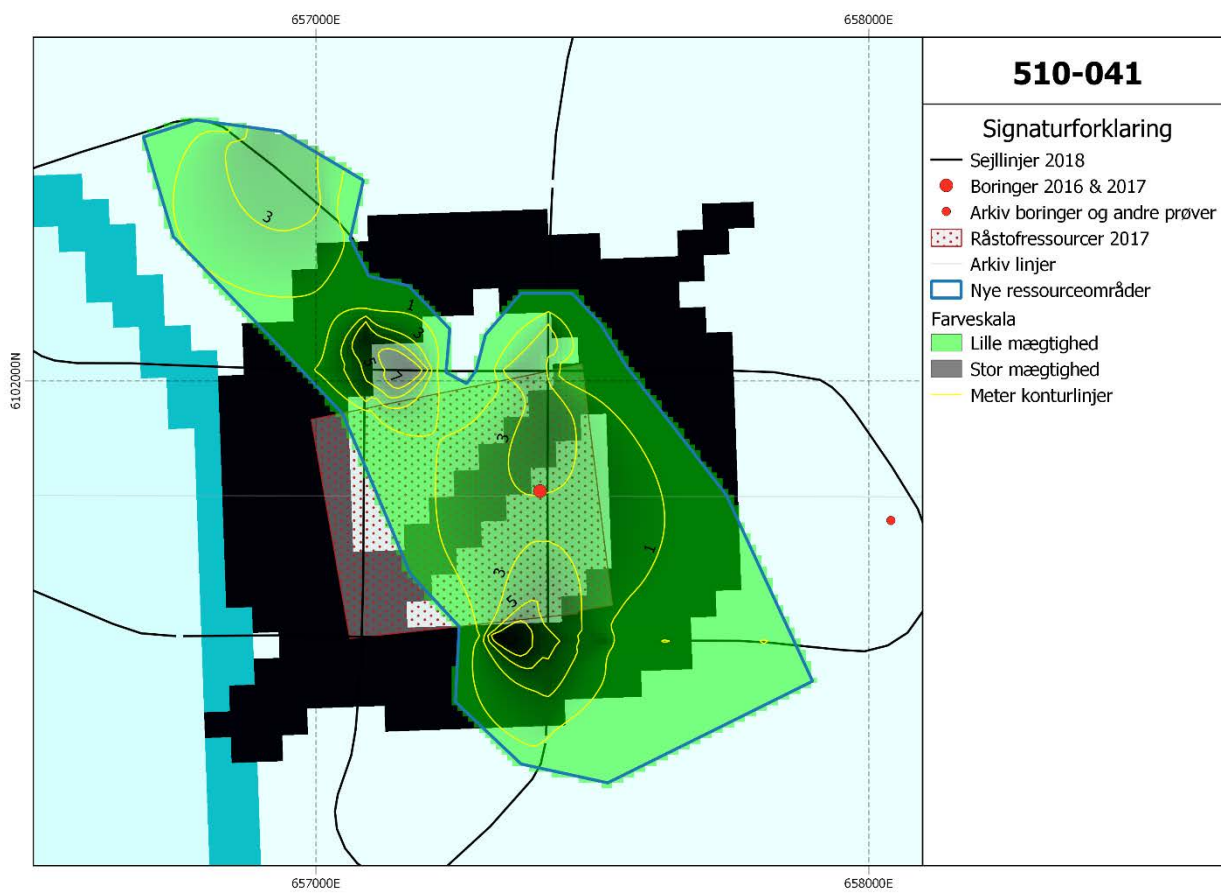
Figur 8-8. Innomar profil (øverst) og sparker profil (nederst) af linje 2018-0287 fra ressourceområde 510.040. Muligt senglacialt sand forekommer kun sporadisk.

8.7 Ressourceområde 510.041

Området består af udfyldte rendestrukturer med senglaciale aflejringer overlejret af Holocæn marin gytje. Der er udbredt gas i dele af området, hvilket begrænser kortlægningen af specifikke enheder. Boring 510041-1 (551130.37) påviser forekomst af >2 m mellem- til grovkornet senglacialt sand overlejret af en tynd sandet Holocæn marin enhed og 2,5 m homogen marin gytje. Innomar og sparker data viser, at den senglaciale enhed er op til 5-6 m tyk og at den i større dele af området overlejres af marin gytje med en mægtighed på 5-8 m. Udbredelsen af den senglaciale sandede ressourceenhed er kortlagt til 0,58 km² og ressourceforekomsten har et anslået volumen på ca. 1,3 mio. m³. På baggrund af den ny kortlægning og boring klassificeres ressourcen som en sandsynlig forekomst af senglacialt ferskvandssand (TS).



Figur 8-9. Sparker profil (øverst) og Innomar profil (nederst) af linje 2018-0281 fra ressourceområde 510.041. Ressourceforekomsten består af senglaciale sandede aflejringer (TS) overlejret af Holocænt sand (HS) og marin gytje (HP) eftervist ved boring 510041-1 centralt i profilet.

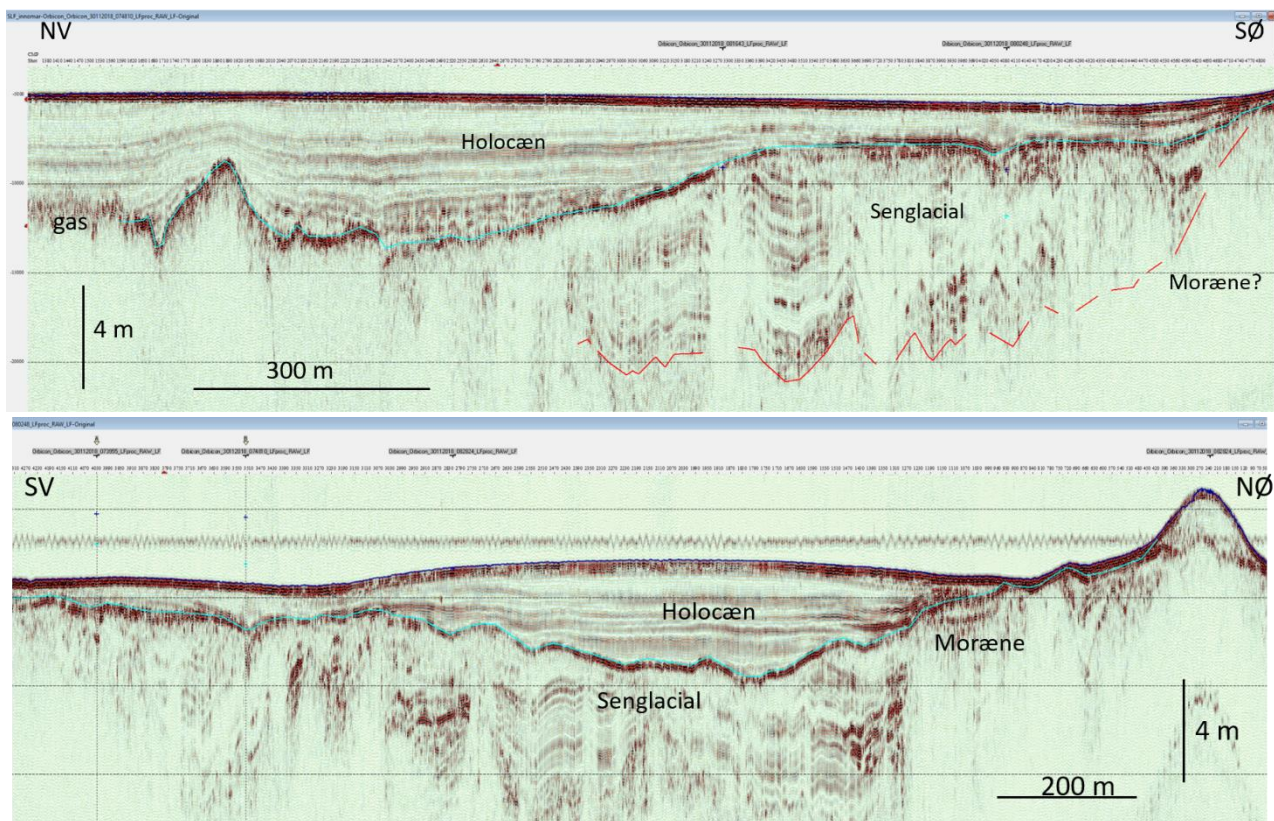


Figur 8-10. Kortlagt ressourceforekomst 510.041 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

8.8 Ressourceområde 510.044

Område 510.044 består af en udfyldt rendestruktur. Under en op til 6 m tyk fint lagdelt Holocæn enhed ses stedvis op til 8 m tykke fint lagdelte formodet senglaciale finkornede aflejringer (?issø dannelser). Der er ikke foretaget boring i enheden. I dele af området ses at de yngre Holocæne aflejringer danner en positiv morfologi. Der er muligvis tale om mere sandet dynd.

På baggrund af de ny seismiske data vurderes det, at forekomsten ikke har nogen ressourceværdi.



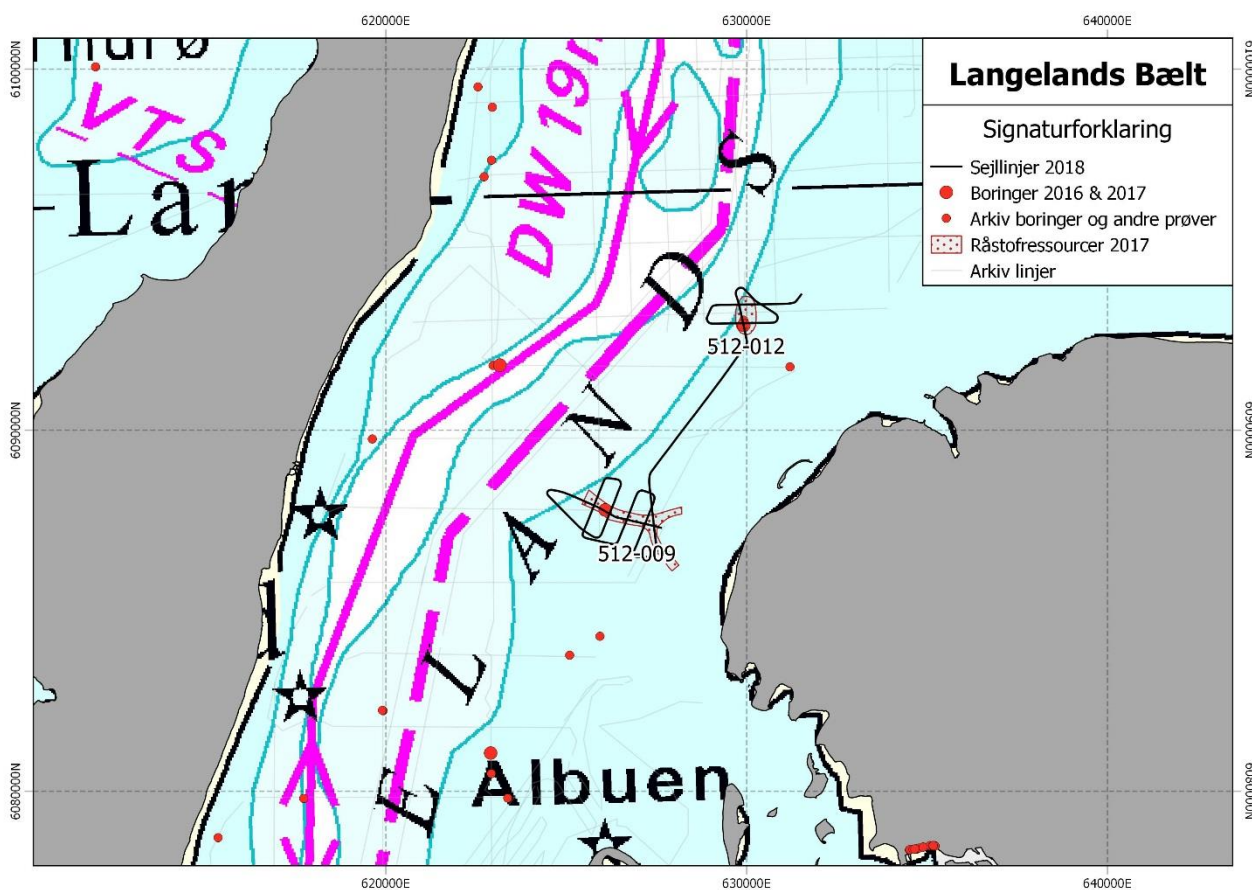
Figur 8-11. Innomar profil 30112018-074810 (øverst) og -080248 (nederst) fra ressourceområde 510.044. Formodede senglaciale finkornede lagdelte aflejringer er overlejret af Holocæne sedimenter.

9. Område 512 – Langelands Bælt

9.1 Områdebeskrivelse

Langelands Bælt er domineret af morænebund med stedvis forekomst af et tyndt dække af Holocæne sandede aflejringer, som i visse dele er præget af større dynamiske bundformer.

To spekulative ressourcemeråder 512.009 og 512.012 bestående af Holocæne sandede kystaflejringer der ligger på 10-15 m vanddybde vest for Lolland er blevet undersøgt. I 2017 blev der foretaget en vibrationsboring i hver af forekomsterne. Generelt viser boringerne et meget tyndt dække af Holocænt marint sand og grus, som enten erosivt overligger Holocæn marin gytje og ferskvandgytje, eller også direkte overligger tyndere enheder af marin/senglaciel fingrus på toppen af glacial moræne (øverste slap moræne). Umiddelbart bekræfter boringerne ikke de spekulative forekomster.



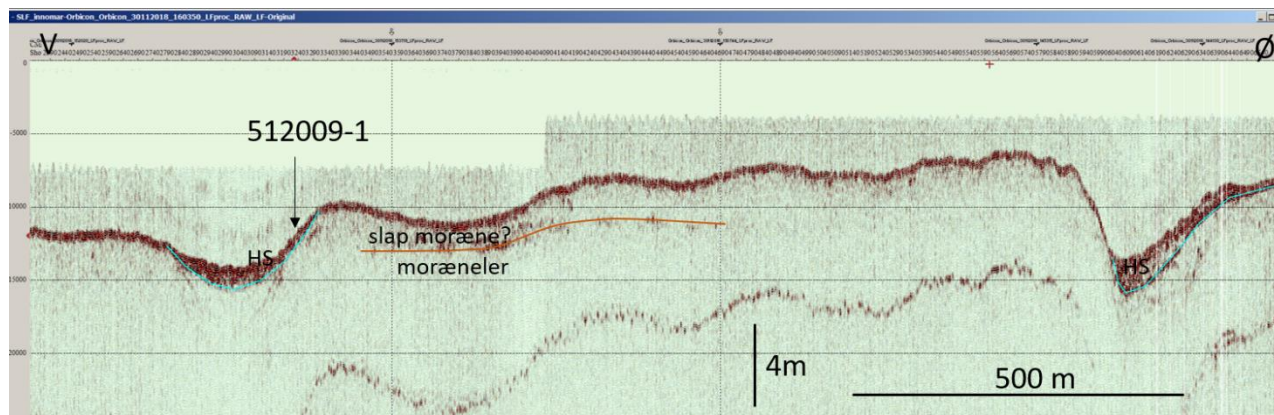
Figur 9-1. Oversigtskort over sejllinjer, boringer og undersøgte spekulative ressourcer i Langelandsbælt.

9.2 Ny seismisk undersøgelse

I 2018 blev der foretaget seismiske surveys over begge områder med en linjeafstand på ca. 500 m.

9.3 Ressourceområde 512.009

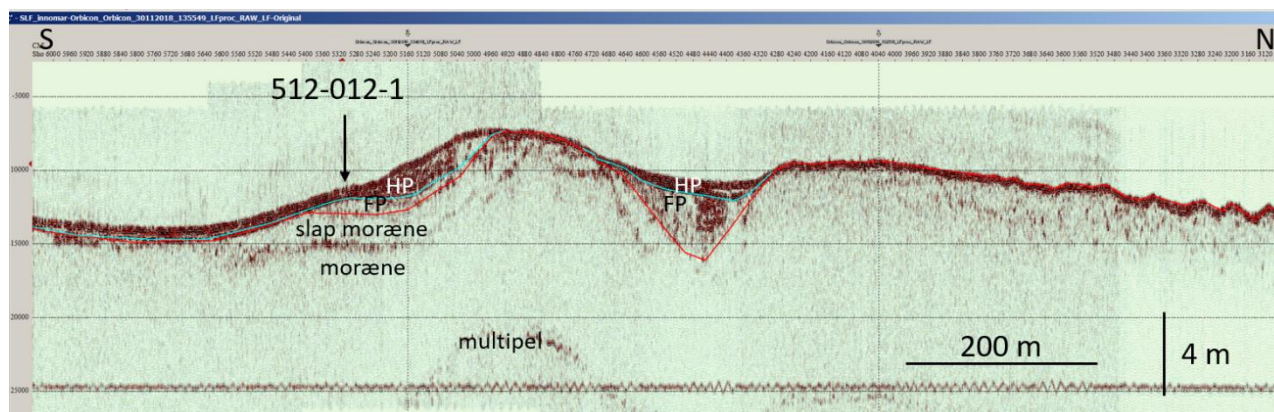
Innomar data bekræfter, at der enten kun er et meget tyndt dække (<1 m) eller helt fravær af Holocæn sand over moræne/slap moræne i området. Det Holocæne dæklag er begrænset til rendelignende strukturer med en bredde på 100-200 m. På baggrund af undersøgelserne anbefales det at sløjfe den spekulative forekomst.



Figur 9-2. Innomar profil gennem ressourceområde 512.009. Slap moræne/moræneler ligger helt op til havbunden over det meste af området.

9.4 Ressourceområde 512.012

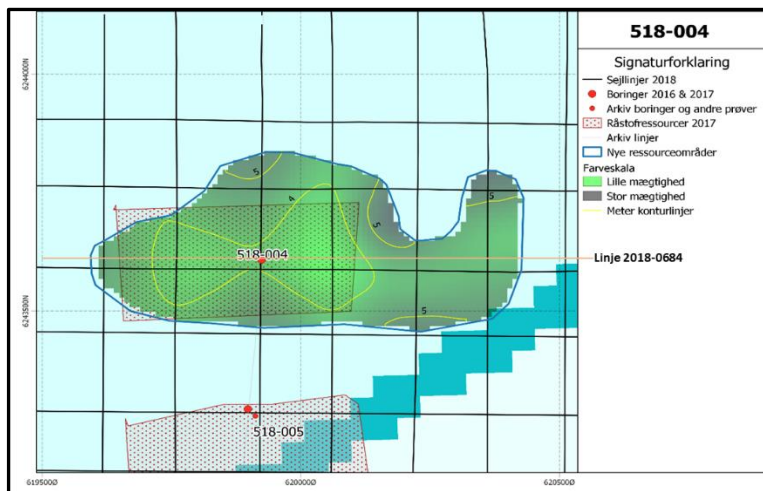
Innomar data bekræfter at der enten kun er et meget tyndt dække (<1 m) eller helt fravær af Holocæn sand over Holocæn gytje (marin og ferskvand) og moræne/slap moræne i området. De Holocæne lag forekommer dels i render og dels på flanker af højereliggende glacialt landskab. På baggrund af undersøgelserne anbefales det at sløjfe den spekulative forekomst.



Figur 9-3. Innomar profil gennem ressourceområde 512.012. Slap moræne/moræneler ligger helt op til havbunden i det meste af området.

10.3 Ressource 518.004

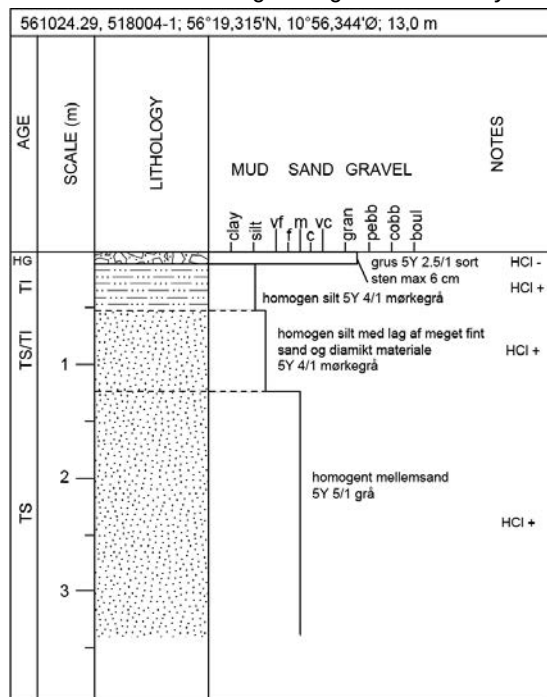
I den sidste del af istiden er der dannet et system af øst-vestgående smeltevandskanaler og tunneldale, der har dannet render/fordybninger der er eroderet ned i den underliggende moræne i området ud for Grenå. Disse render er udfyldt med senglacialt sand og grus eller ler/silt afhængig af, hvor kraftige strømmene har været i det enkelte område.



Figur 10-2. Kortlagt ressourceforekomst 518.004 med mægtighedsfordeling (konturlinjer).

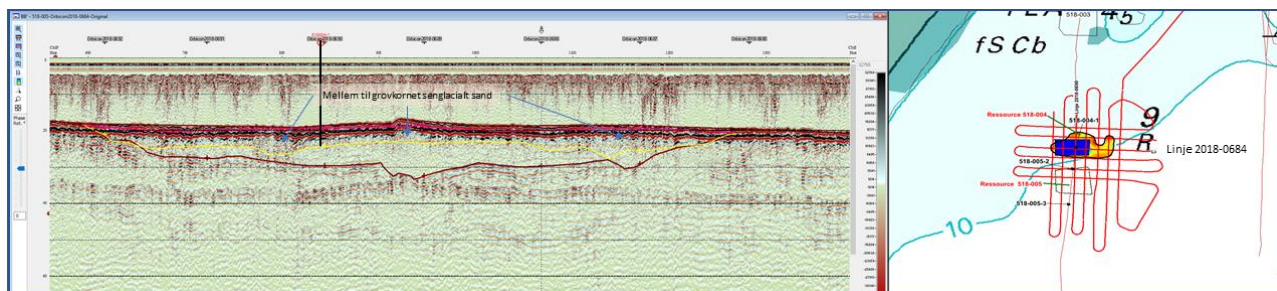
Resource 518.004 er aflejret i en sådan rende, hvor der nederst er grovere materialer (senglacialt sand) og øverst senglacialt ler/silt, som til sammen udfylder det system af render og fordybninger, der udgør ressourcen i området (Figur 10-2).

Ressourcen er dokumenteret ved boring 518004-1 fra 2017 (Figur 10-3). Boringen er placeret midt i forekomsten og der er i boringen påvist ca. 2,5 m mellemkornet senglacialt sand, som overlejres af ca. 1 m senglacialt ferskvands finsand og silt og øverst af et tyndt lag Holocænt grus og sten.



Figur 10-3. Sedimentologisk log for boring 518004-1.

På baggrund af de nye indsamlede seismiske, er der udført en ny kortlægning af ressourcerne i forekomsten (Figur 10-2).



Figur 10-4. Seismisk linje 2018-0684 gennem ressource 518.004.

Inden for det kortlagte område er tykkelsen af ressourcen 3-5 m. Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 4 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 0,9 mio. m³.

Sandressourcen ligger på vanddybder på omkring 9 m og ressourcen har en arealmæssig udbredelse på over 0,25 km².

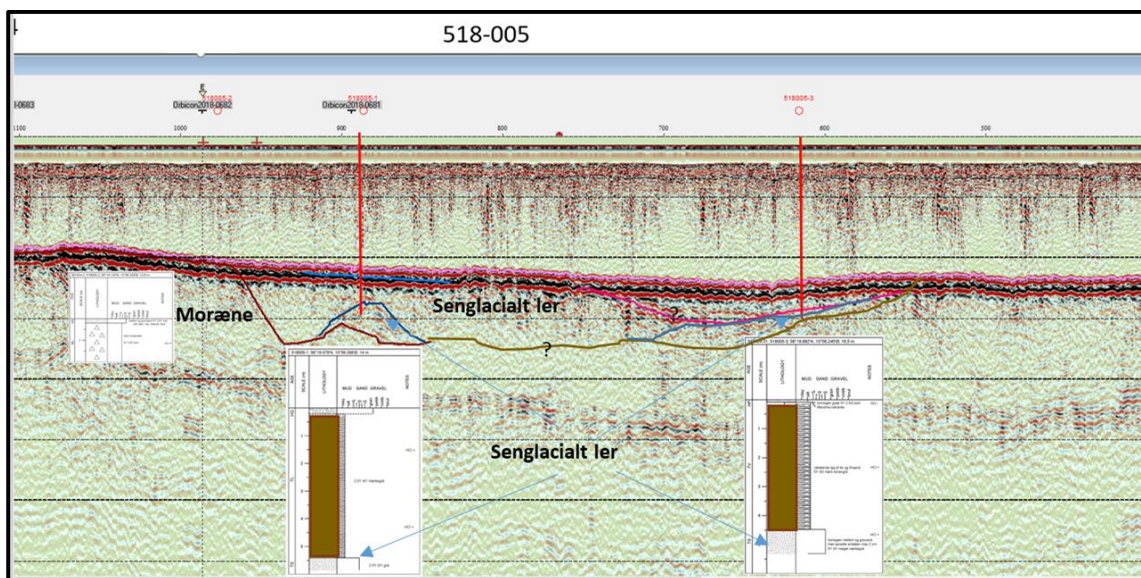
Der kan være overjord på ca. 1 m i området som påvist i boringen. Det har ikke været muligt at kortlægge tykkelsen heraf på de højopløselige Innomar data, hvorfor det forventes at tykkelsen heraf er mellem 0 og 1 m. Råstofressourcerne i boringen beskrives som mellemkornet sand og forekomsten er derfor klassificeret som Sand 1.

Da ressourcen er afgrænset ud fra et tæt net med en sejllinje afstand på 0,2 x 0,2 km og dokumenteret ved boring, er den klassificeret som en påvist ressource.

10.4 Ressource 518.005

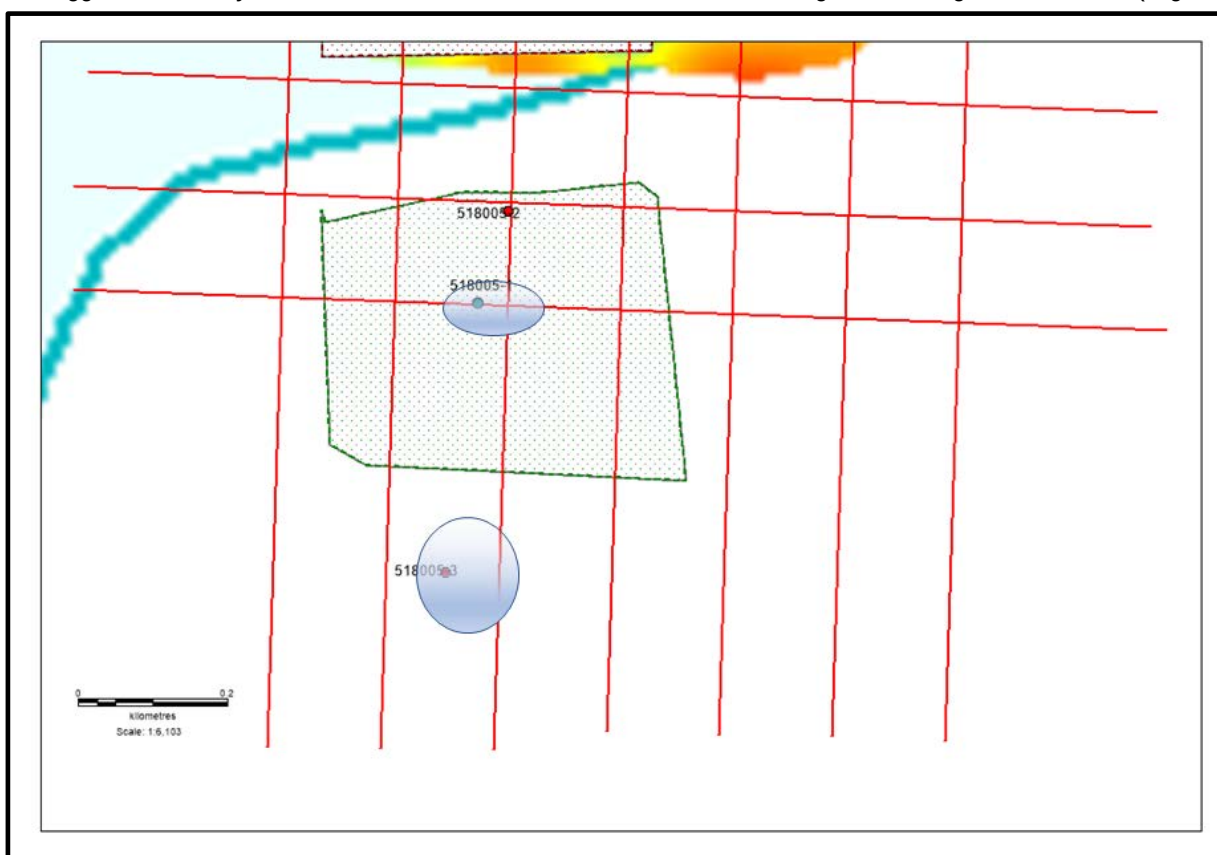
Ressource 518.005 er ligesom 518.004 aflejret i et øst-vestgående system af render/fordybninger der er eroderet ned i den underliggende moræne. Disse er udfyldt med senglacialt sand og grus eller ler/silt afhængig af vor kraftig strømforholdene har været i det pågældende område.

Ressourcen er dokumenteret ved tre borer: 518005-1 fra 2016 og 518002 samt 518003 fra 2017. Boringerne er placeret i den nordlige, centrale og sydlige del af området. Boringerne -1 og -3 viser tilstedeværelse af en sandressource af mellem til grovkornet senglacialt sand dybest i boringerne, der overlejres af senglacialt ler med et mindre indhold af finsand (Figur 10-5).



Figur 10-5. Seismisk profil gennem ressource 518.005 og to litologiske logs.

På baggrund af de nye indsamlede seismiske, er der udført en tolkning af de mulige forekomster (Figur 10-6).



Figur 10-6. Oversigtskort over ressource 518.005 med angivelse af sejllinjer.

Enheden kan træffes omkring kote –20 m. Tolkningen af ressourcen viser, at det er senglacialt smeltevands-sand aflejret i kanalformede strukturer, i et formodet øst–vest orienteret netværk. Tolkningen af de nye seismiske data viser, at de mulige råstofressourcer kun har en meget begrænset udbredelse med at areal på hhv.

0,01 og 0,02 km² og de mulige ressourcer ligger begravet under havbunden under op til 5 m finkornet ler og silt uden råstofmæssigt potentiale på vanddybder omkring 15 m.

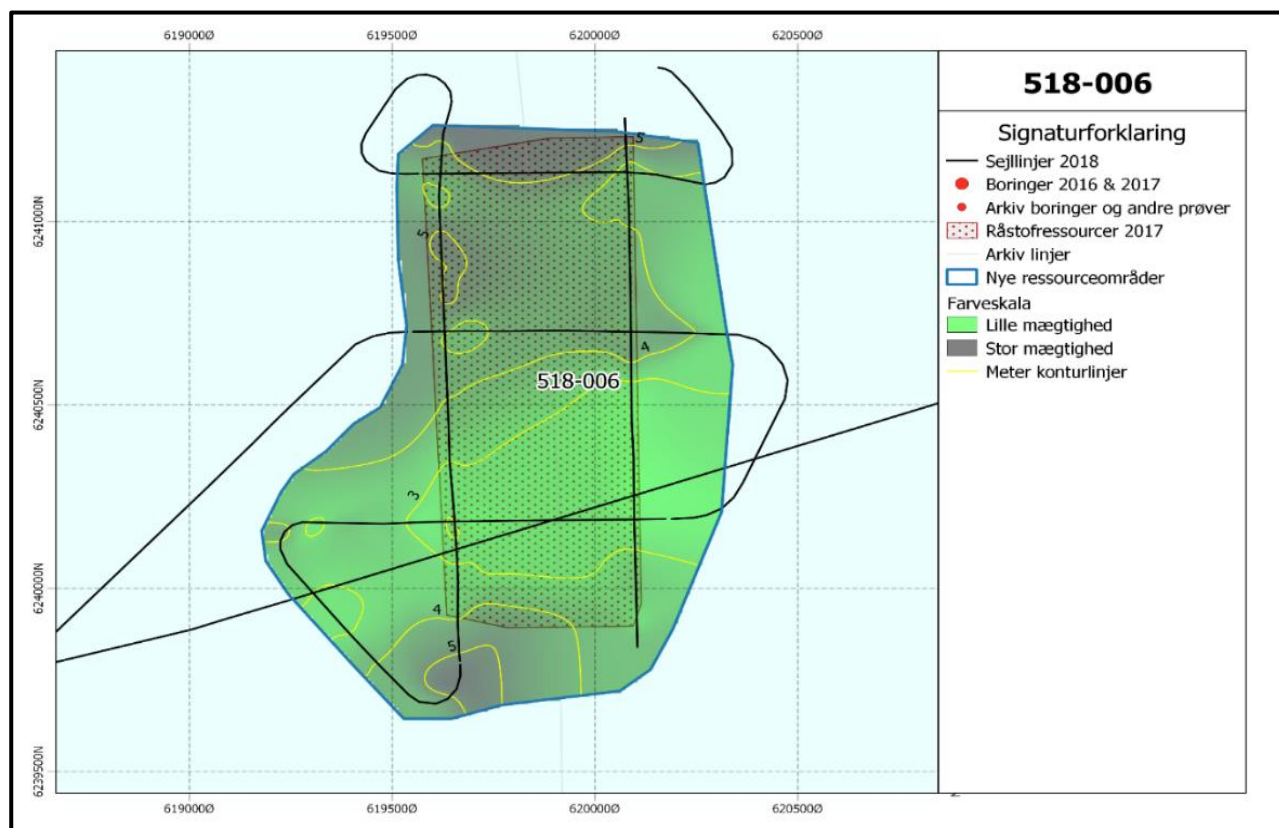
Vi konkluderer, at ressourcen kun har et minimalt råstof potentiale og derfor anbefales, at den udgår af resourceopgørelserne.

10.5 Ressource 518.006

Ressource 518.006 er ligesom 518.004 aflejret i et øst-vestgående system af render/fordybninger der er eroderet ned i den underliggende moræne. Disse er udfyldt med senglacialt sand og grus eller ler/silt afhængig af hvor kraftig strømforholdene har været i det pågældende område.

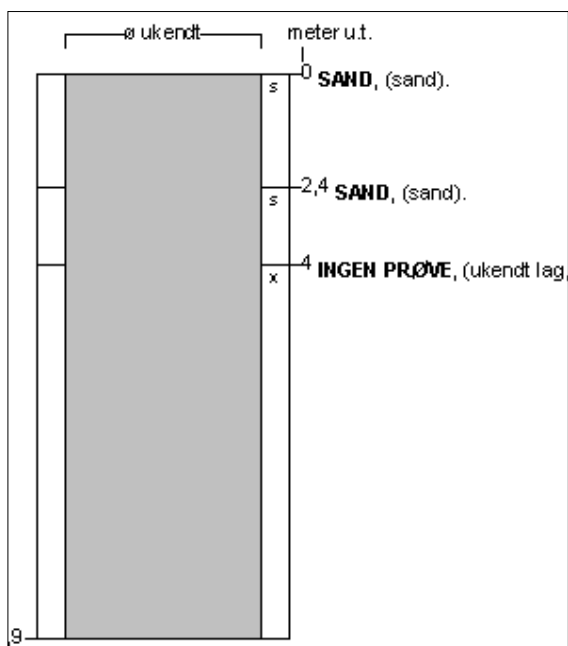
Ressource 518.004 er aflejret i en sådan rende, hvor der nederst er grovere materialer (senglacialt sand) og øverst senglacial ler/silt som til sammen udfylder det system af render og fordybninger, der udgør ressourcen i området.

På baggrund af de nye indsamlede seismiske data er der udført en ny tolkning af forekomsten (Figur 10-7). Det ses af tolkningen at ressourcen har en større udstrækning end det umiddelbart er vist ved kortlægningen idet ressourcen har tykkelser på 3 til 4 m ved områdefrænsningen.



Figur 10-7. Kort over ressource 518.006.

Forekomsten i Ressource 518.006 ligger på vanddybder mellem 14 og 19 m og den har en arealmæssig udbredelse på 1,4 km² (Figur 10.7). Ressourcen er dokumenteret ved boring 561024.6, hvor der er påtruffet 4 m finkornet sand (Figur 10-8).



Figur 10-8. Litologisk log for boring 561024.6.

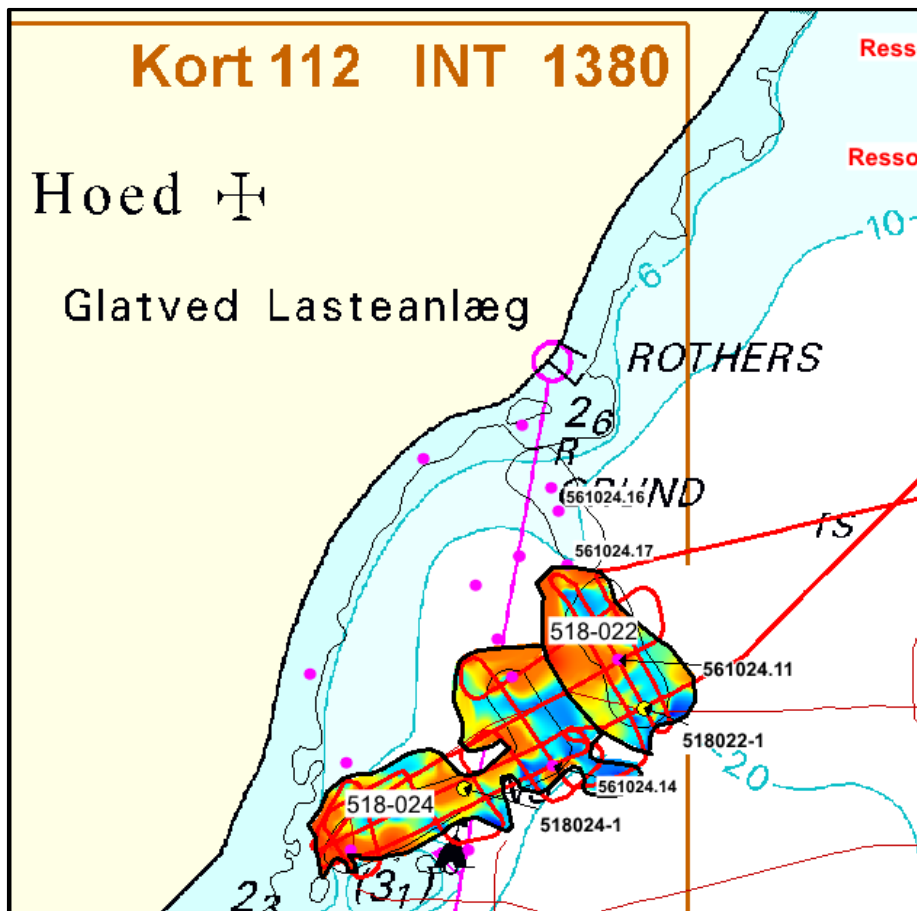
Inden for det kortlagte område har ressourcen en tykkelse på mellem 3 og 5 m. Hvis der regnes med en tykkelse på 4 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 5,6 mio. m³. Da råstofressourcerne i boringen beskrives som finsand er forekomsten klassificeret som Sand 0.

Der er ikke kortlagt overjord i området baseret på den seismiske tolkning. Det var ikke muligt at kortlægge tykkelsen af overjorden ud fra de højopløselige Innomar data, men det forventes at tykkelsen er under 1 m.

Da ressourcen er afgrænset på basis af et net med en sejllinje afstand på 0,5 x 0,5 km og dokumenteret ved blot en boring, er den klassificeret som en sandsynlig ressource. De ressourcemæssige forhold er ikke afklaret ved de nuværende undersøgelser.

Da der er mulighed for, at ressourcensammensætningen kan forandre sig inden for området, anbefales det at der udføres yderligere en boring i området og at ressourcens ydre afgrænsninger afklares ved indsamling af nye seismiske data.

10.6 Ressource 518.022 og 518.024

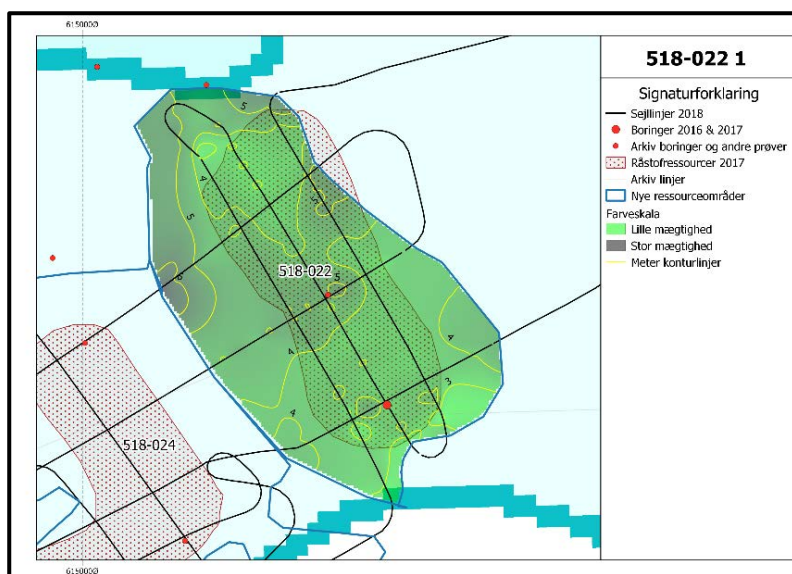


Figur 10-9. Oversigtskort over ressource 518.022 og 518.024.

Ressourcerne ligger sydøst for Glatved på østsiden af Djursland (Figur 10-9). I 1980 er der udført en boring i den sydlige del af forekomsten; boringen viser tilstedeværelse af op til 8 m sand, som overlejrer en mere fin-kornet enhed (561024.11). Denne boring blev i 2016 blevet suppleret med yderligere to borer, 518022-1 og 518024-1, som bekræfter tilstedeværelsen af råstofressourcer i de to områder.

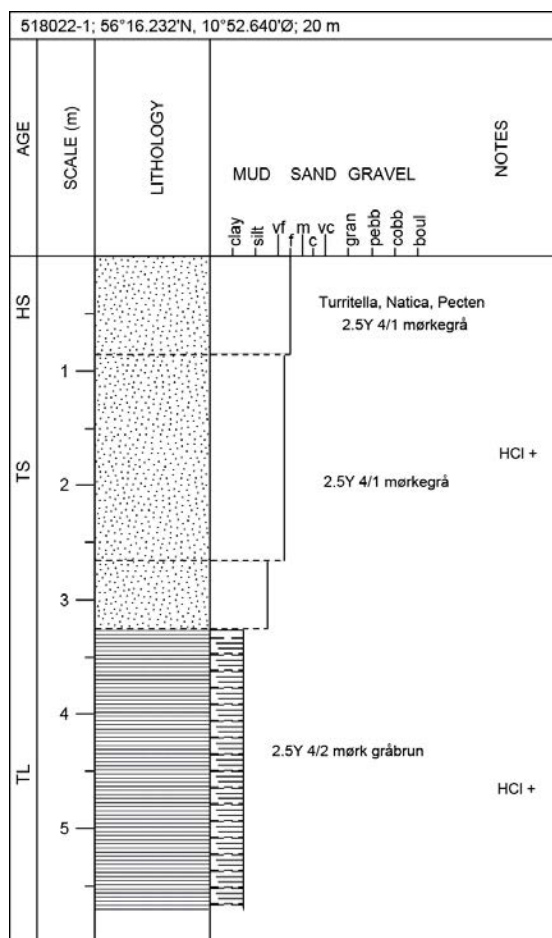
I forbindelse med den seismiske kortlægning samt resultater fra borerne, er der kortlagt to råstofressourcer i området, dels en øvre Holocæn marin sandforekomst og dels en nedre senglacial sandforekomst.

10.6.1 Ressource 518.022



Figur 10-10. Ressource 518.022 Holocæne marin sandforekomst.

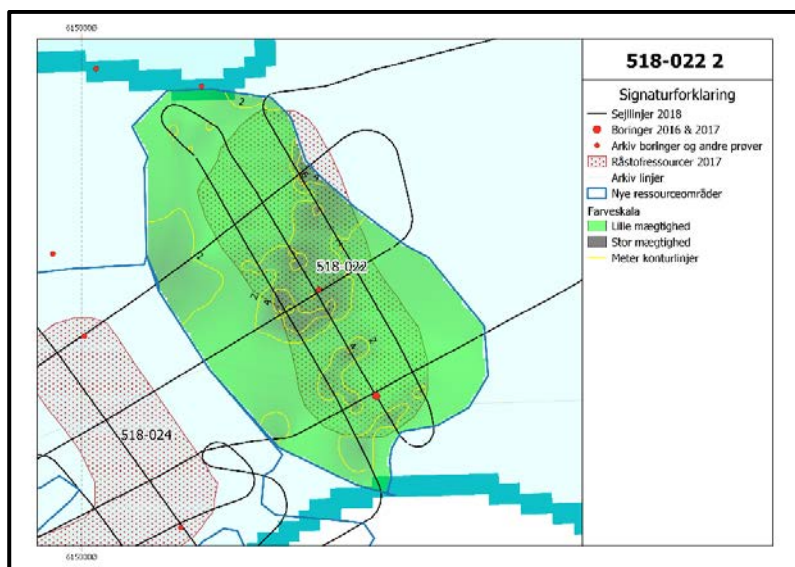
Ressourcen er dokumenteret ved boring 518022-1. Boringen er placeret centralt i forekomsten (Figur 10-10). Der er øverst i boringen påtruffet et 1 m tykt finkornet Holocæn marint sandlag, der overlejrer et ca. 2,2 m senglacialt finkornet sandlag, som igen overlejrer senglacialt ler (Figur 10-11).



Figur 10-11. Sedimentologisk log for boring 518022-1.

Den Holocæne finkornede sandressource ligger på vanddybder imellem 10 og 20 m. Den har en arealmæssig udbredelse på 1,5 km². Der er ikke kortlagt overjord i området. Inden for det kortlagte område er tykkelserne af forekomsten 1-5 m (Figur 10.11). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 3,5 m, kan den samlede tilstedeværende ressourcemængde opgøres til 5,3 mio. m³.

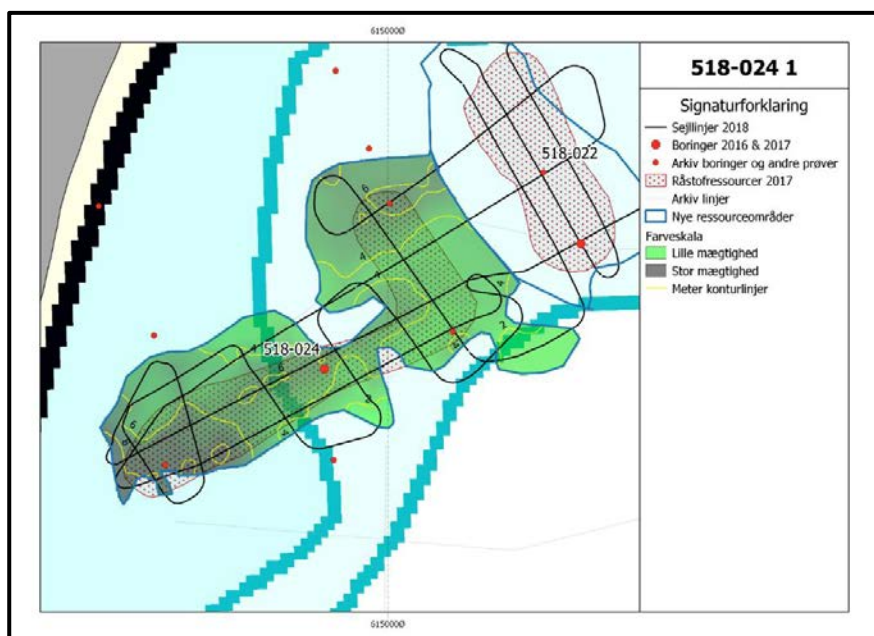
Den senglaciale finkornede sandressource har en arealmæssig udbredelse på 1,5 km². Den øvre marine sandenhed udgør overjorden i området i forhold til det senglaciale sand. Inden for det kortlagte område er tykkelserne af forekomsten 2-4 m (Figur 10-12). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 3 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 4,5 mio. m³.



Figur 10-12. Ressource 518.022 senglacial sandforekomst.

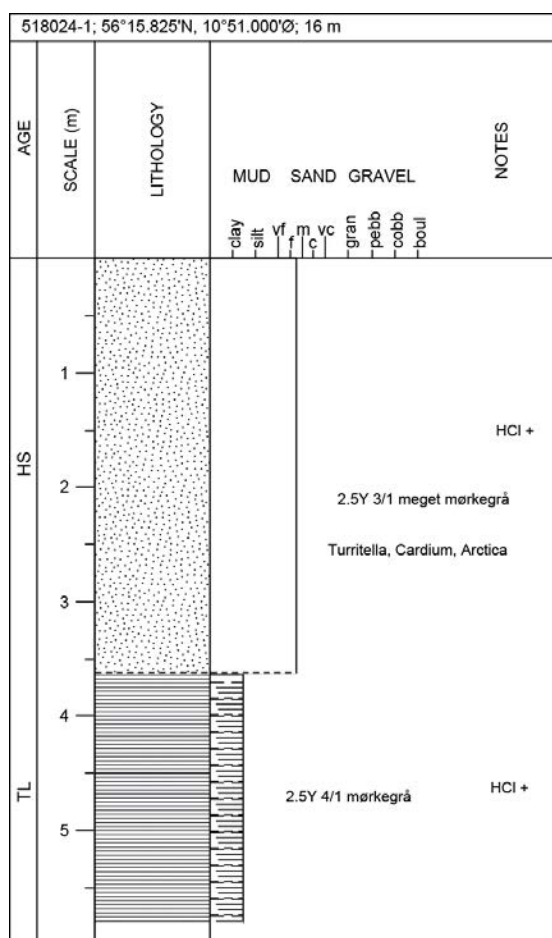
Råstofressourcerne i boringen beskrives som finkornet sand der bliver mere finkornet med dybden. På baggrund heraf klassificeres forekomsterne som Sand 0. Da ressourcerne er afgrænset ud fra et tæt net med en sejllinje afstand på 0,4 x 0,2 km og de begge er dokumenteret ved boring, er de klassificeret som en påvist ressource. Kvaliteten af det Holocæne sand varierer inden for området, og det er muligt at træffe dette inden for område 518.022, hvilket vil kunne opgradere kvaliteten til Sand 1.

10.7 Ressource 518.024



Figur 10-13. Ressource 518.024 Holocæn marin sandforekomst.

Ressourcen er dokumenteret ved boring 518024-1. Boringen er placeret i den sydlige del af forekomsten (Figur 10.12). Der er øverst i boringen truffet 3,5 m mellemkornet Holocæn marint sand, som overlejrer 2 m senglacialt ler (Figur 10-13).



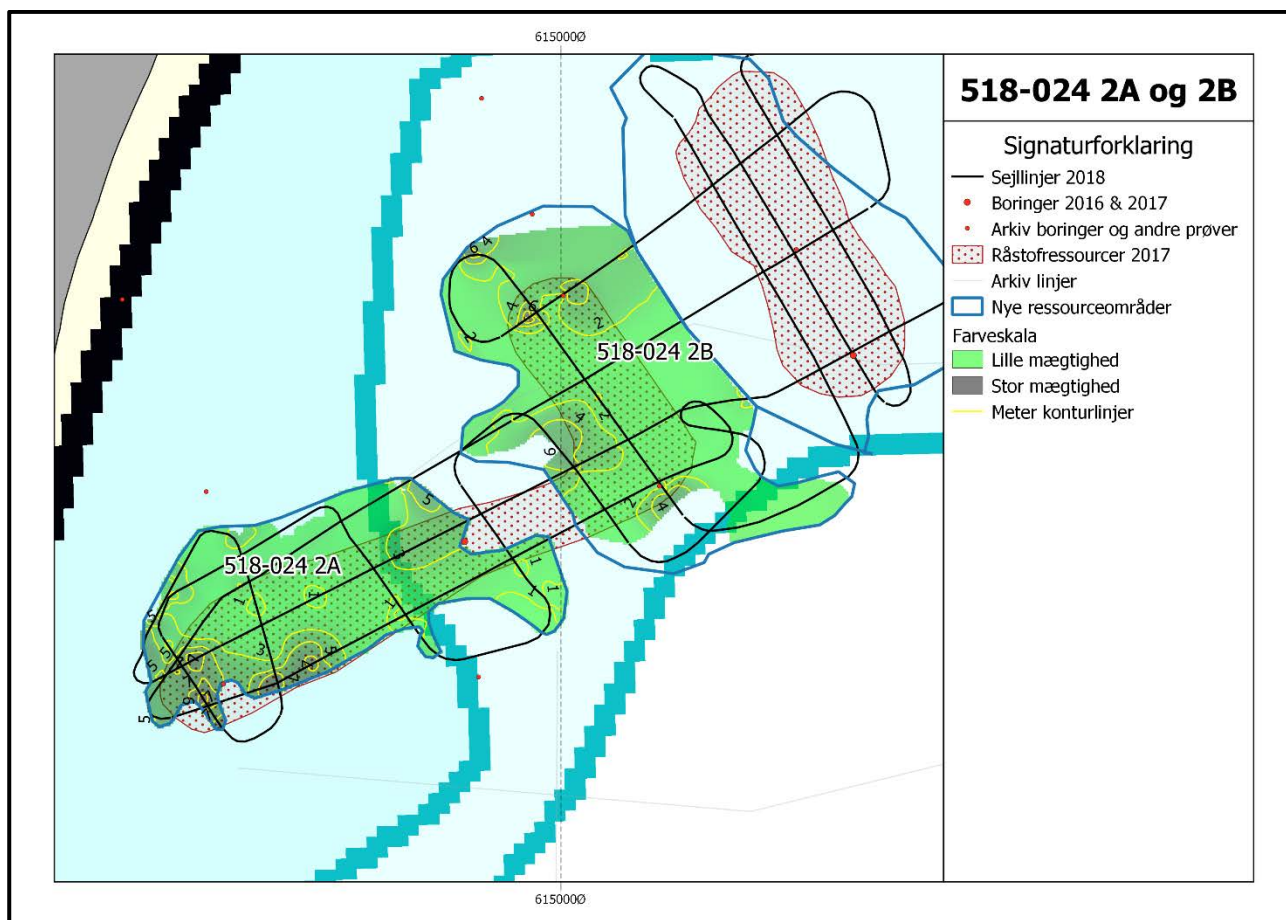
Figur 10.13. Sedimentologisk log for boring 518024-1

Den mellemkornede Holocæne marine sandforekomst ligger på vanddybder imellem 10 og 20 m. Forekomsten har en udbredelse på 2,7 km². Der er ikke kortlagt overjord i området. Inden for det kortlagte område er tykkelsen af forekomsten mellem 1 og 9 m (Figur 10.9). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 3 m, kan den samlede ressource opgøres til 8,1 mio. m³.

Den sen glaciale finkornede sandressource er opdelt i to delområder 518.024 A og B. Den marine sandforekomst udgør overjorden i området i forhold til det sen glaciale sand.

Område A har en udbredelse på 1 km². Inden for det kortlagte område er tykkelserne af forekomsten 1-5 m (Figur 10-14). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 2,5 m, kan den tilstedeværende mængde i ressource opgøres til 2.5 mio. m³.

Område B har en arealmæssig udbredelse på 1,5 km². Inden for det kortlagte område er tykkelsen af forekomsten 1-8 m (Figur 10-14). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 2,5 m, kan den tilstedeværende mængde i ressource opgøres til 3,7 mio. m³.



Figur 10-14. Ressource 518.024 senglaciale sandforekomster.

Den Holocæne marine råstofressource er i boring 518024-1 beskrevet som mellemkornet sand, der har samme sammensætning i hele boringen. På baggrund heraf klassificeres forekomsterne som Sand 1. Da ressourcen er afgrænset ud fra et tæt net med en sejllinje afstand på 0,5 x 0,2 km og den er dokumenteret ved en boring, er den klassificeret som en påvist ressource.

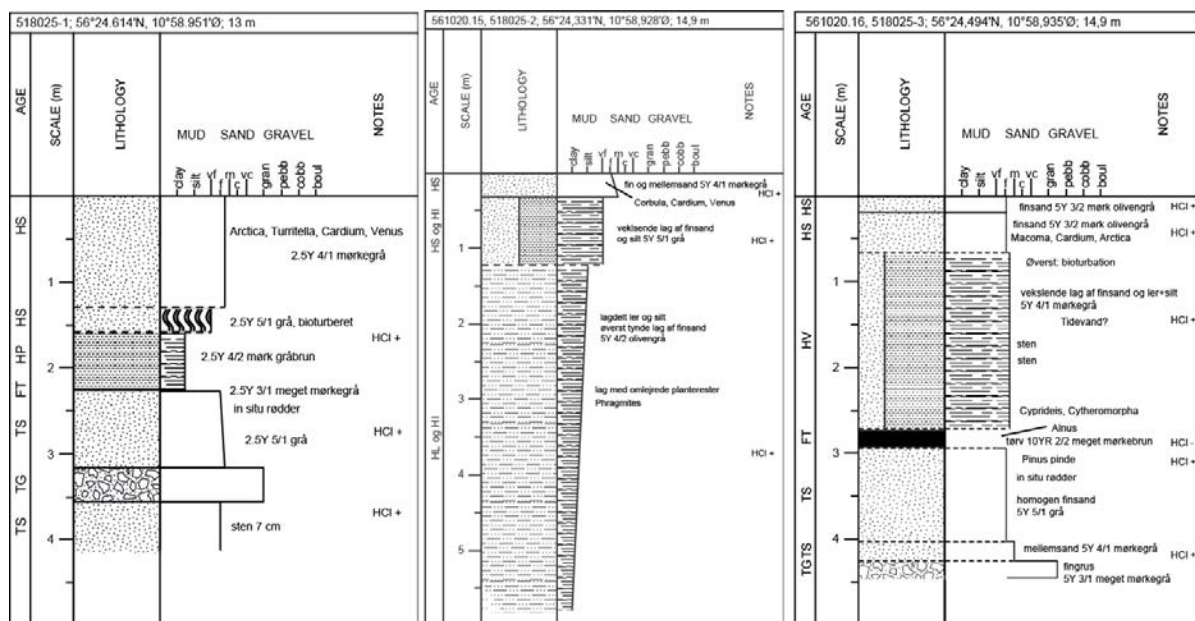
De senglaciale forekomster er i boring 518022-1 beskrevet som finkornet sand, der bliver mere finkornet med dybden. Der findes ikke tilsvarende informationer i område 518.024 og vi foreslår at klassificere de senglaciale forekomster i 518.024A og -B som Sand 0.

Da ressourcerne er afgrænset ud fra et tæt net med en sejllinje afstand på 0,5 x 0,2 km og de er dokumenteret ved en boring, er de klassificeret som en påvist ressource.

10.8 Ressource 518.025

Råstofferne i ressource 518.025 er aflejret i en tidligere kanal/rende, der strækker sig i en øst-vestlig retning, og som nederst indeholder senglaciale sedimenter, som er dækket af Holocæne dyndede lag og øverst marint sand.

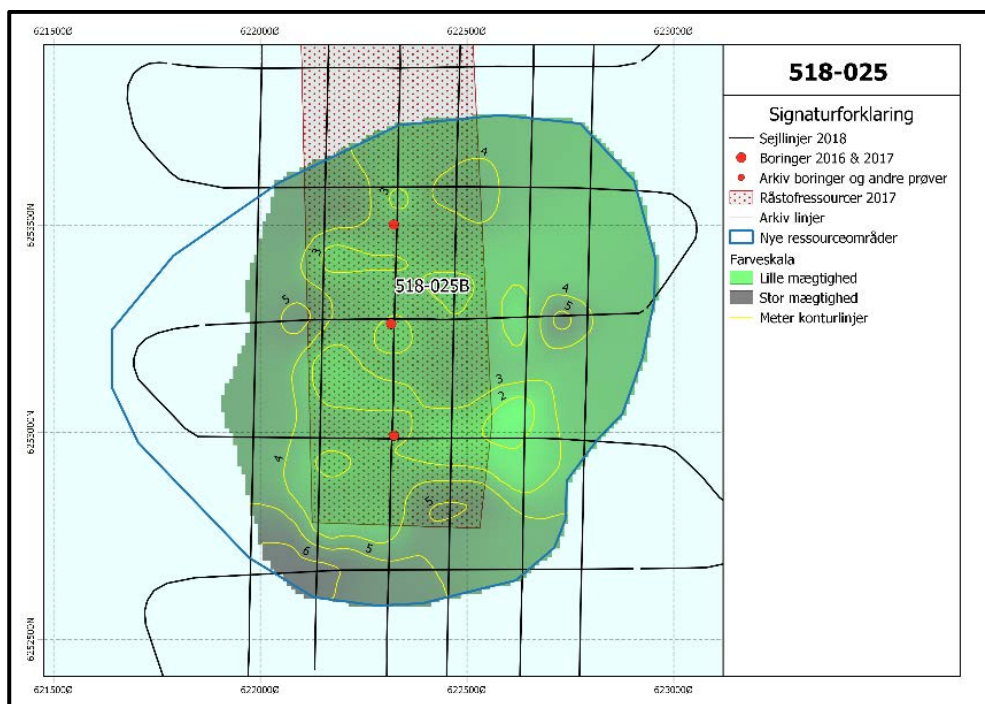
Ressourcerne er dokumenteret ved tre boringer: 218025-1 der er udført i 2016, og 218025-2 samt 218025-3 der er udført i 2017. Nederst er der fundet senglacialt groft sand med lag af grus med en mægtighed på ca. 2 m, og øverst er der Holocæne aflejringer. De Holocæne sedimenter består dels af dynd med en mægtighed på 2 til 5 m og øverst marint sand der er mellem 0,3 og 1,3 m tykt. De senglaciale grovsandede og grusede sedimenter og det Holocæne sand udgør mulige ressourcer i området (Figur 10-15).



Figur 10-15. Sedimentologiske logs for borerne 518025-1, 518025-2 og 518025-3.

Det Holocæne marine sand har en meget lille mægtighed, som det ikke har været muligt at kortlægge på de nye seismiske data. Vi har derfor kun kortlagt den senglaciale sandede grusede råstofenhed.

Inden for det kortlagte område er tykkelsen af forekomsten 2 til 5 m (Figur 10-16). Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 3 m, kan den tilstedeværende mængde opgøres til 3 mio. m³. Den senglaciale groft sand og grus ressource ligger på vanddybder på 11-15 m og den har en arealmæssig udbredelse på over 1 km². Der kan være overjord på op til 5 m i området. Langs randen af ressourcen kun marint sand mens der i de centrale områder er mellem 2,4 m organisk rigt ler og silt. Inden for det kortlagte område er tykkelserne af forekomsten 2-5 m. Den arealmæssig udbredelse af råstofenheden er ca. 1 km². Hvis der regnes med en gennemsnitlig tykkelse på 3 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 3 mio. m³. Dert er formodentlig ikke muligt at indvinde råstofressourcen i områder hvor de organisk rige Holocæne finkornede sedimenter har en tykkelse på over 1 m.

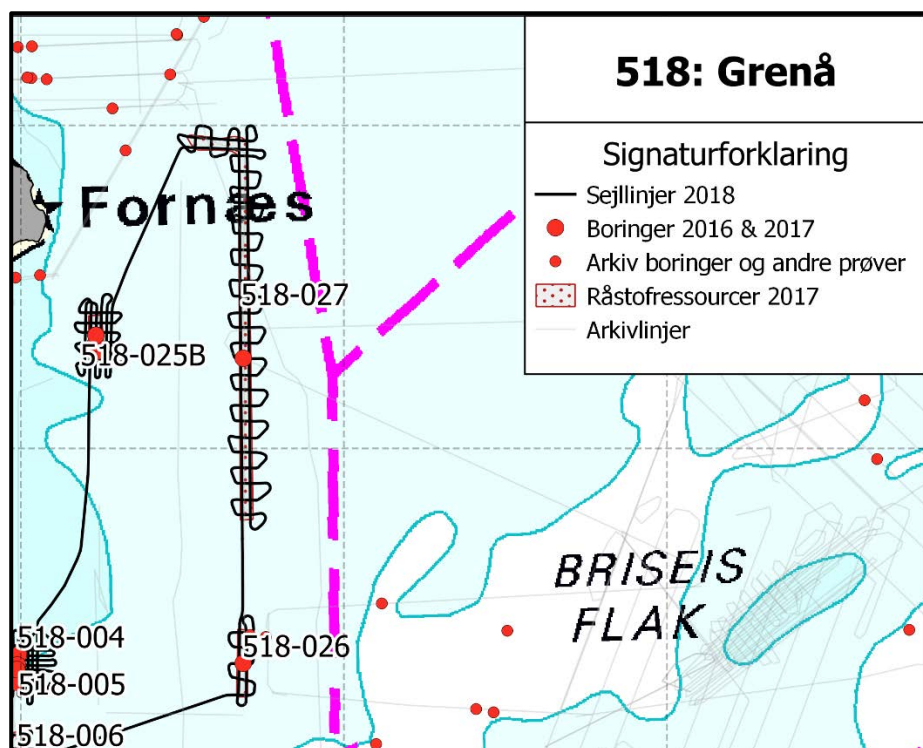


Figur 10-16. Ressource 518.025 senglacialt groft sand og grus.

De senglaciale forekomster er i borerne beskrevet som mellem til grovkornet sand og grus. Gruslagene udgør omkring 20 % i borerne. På baggrund heraf klassificeres forekomsterne som Grus 2. Da ressourcerne er afgrænset ud fra et tæt net med en sejllinje afstand på 0,2 x 0,2 km og de er dokumenteret ved borer, er de klassificeret som en påvist ressource.

På baggrund af de begrænsede muligheder for, at der vil kunne indvindes ressourcer i området, anbefales det at ressourcer ikke indgår i ressourcepopgørelserne.

10.9 Ressource 518.026 og -27



Figur 10-17. Råstofkortlægning i område 518.026 og 27.

Råstofkortlægningen er opdelt i en delkortlægning for område 518.026 mod syd og 518.027 mod nord (Figur 10-17).

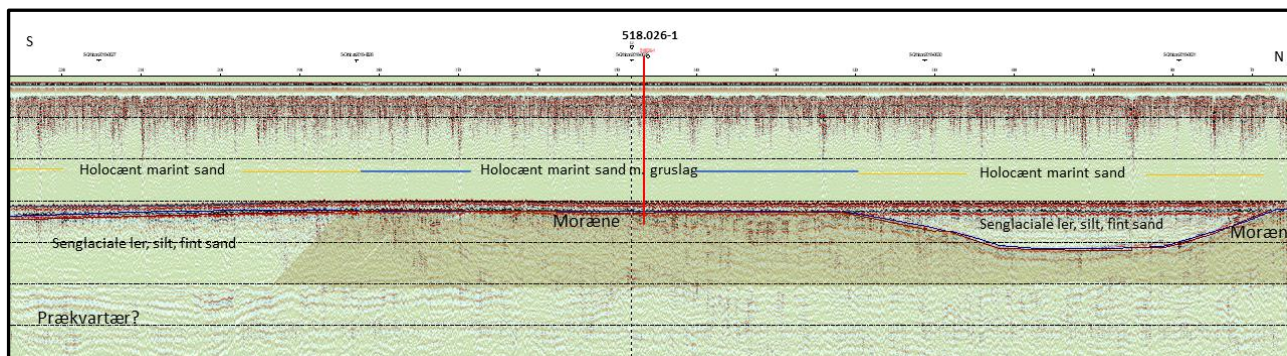
Råstofferne i ressourcerne 518.026 og -027 er aflejret i en tidligere kanal/render, strækker sig en øst-vestlig retning, der nederst er udfyldt med senglaciale materialer som efterfølgende er dækket af Holocæne dyndede aflejringer og øverst Holocæen marint sand. Kortlægningsområderne er langstrakt i nord-syd retningen og det er kun den nordligste del af område 518.027 som dækker en øst-vestlig retning. Ressourcerne er dokumenteret ved 2 boringer 218.026-1 og 218.027-1, der begge er udførte i 2016 (Figur 10.18 og 20). Boring 218.026-1 er boret uden for de begravede dale og gennemborer 1m marint grus og groft sand og går herefter i moræneler. Boring 518-027-1 er boret på i et område med begravede dale og gennemborer 1 m mellemkornet Holocæen marint sand og herefter 5 m senglaciale ler.

Baseret på disse resultater fra boringerne er det antaget, at der i området er begravede dale i området er fyldt ud med senglaciale ler med mellemkornet marint sand på toppen, mens der i områder hvor moræneler ligger højt kan findes groft grus og mellem- til grovkornet sand.

Der er foretaget en samlet kortlægning af de Holocæne marine råstoffer i begge områder.

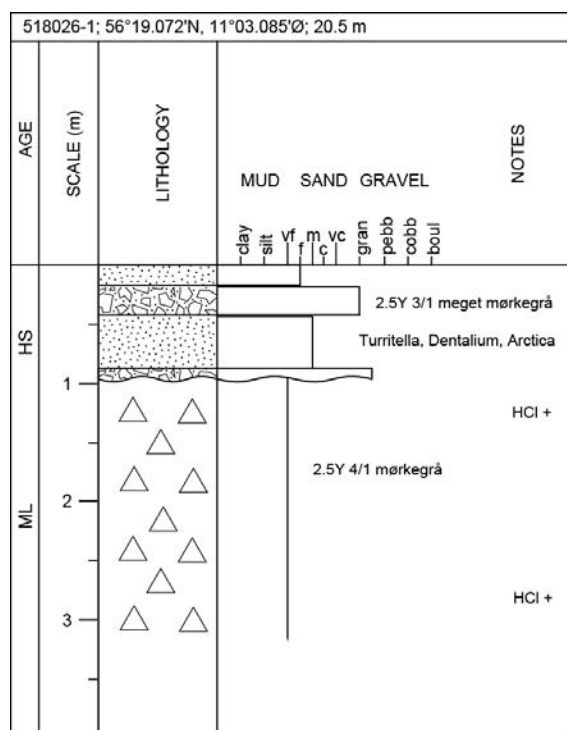
10.9.1 Ressource 518.026

Ressource 518.026 er groft sand og grus aflejret over moræner. I områder hvor der er begravede dale, antages det at de marine aflejringer består af mellemkornet sand. Fordelingen af moræneområder og begravede dale er, baseret på de seismiske data, ligelig i området (Figur 10-18).



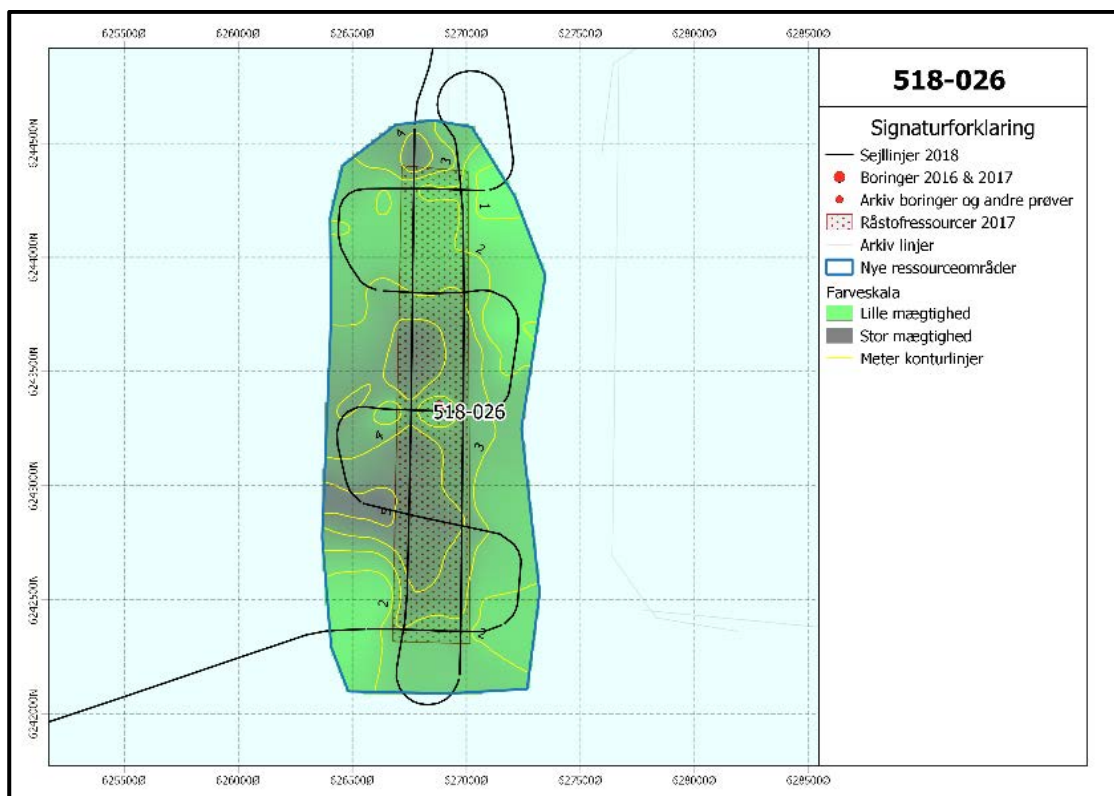
Figur 10-18. Ressource 526.026: seismisk profil.

Forekomsten i ressource 518.026 ligger på vanddybder omkring 20 m. Den har en arealmæssig udbredelse på 2,1 km² (Figur 10-20). Ressourcen er dokumenteret ved boring 218026-1 (Figur 10-19).



Figur 10-19. Sedimentologisk log for boring 518026-1.

Inden for det kortlagte område har ressourcen en tykkelse på mellem 2 og 4 m. Hvis der regnes med en tykkelse på 3 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 6,3 mio. m³. Da ressourcen er afgrænset ud fra et net med en sejllinje afstand på ca. 0,4 x 0,4 km og dokumenteret ved boring, er den klassificeret som en sandsynlig ressource, idet der stadig er usikkerheder omkring sammensætningen og fordelingen af ressourcen. Hvis ovenstående fordeling på 50 % til hver af de to ressourcer ligges til grund for en klassifikation, vil der være to ressourcer i området på hhv. 3,15 mio. m³ Sand 1 og 3,15 mio. m³ Grus 1.



Figur 10-20. Ressource 518.026 Holocæn marint sand og grus.

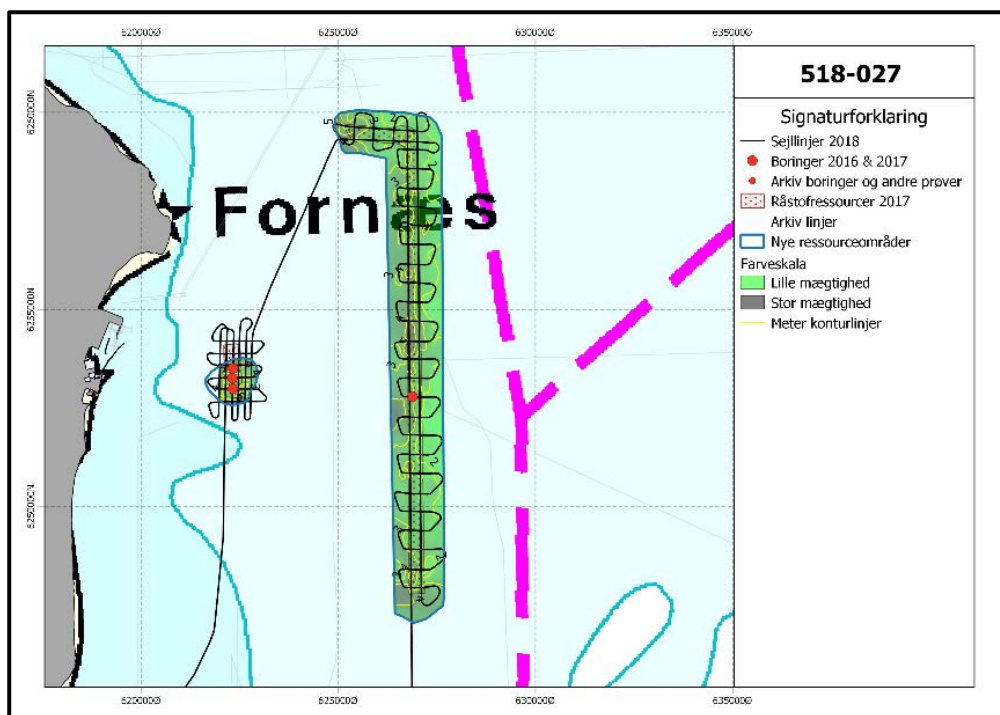
På baggrund af de nye indsamlede seismiske, er der udført en ny tolkning af forekomsten (Figur 10-20). Det ses af tolkningen, at ressourcen har en større udstrækning end det umiddelbart er vist ved kortlægningen idet ressourcen har tykkelser på 3 til 5 m ved områdefrænsningen. Det betyder at den samlede ressource er væsentlig større end den, der er kortlagt på det nuværende grundlag. Der er derfor behov for, at der indsamles nye data til afklaringen af udbredelsen af ressourcen. Der er ligeledes behov for flere boringer til afklaring af råstofindholdet i ressourcen

Da den nuværende ressource er afgrænset ud fra et net med en sejllinje afstand på 0,4 x 0,4 km og dokumenteret ved en boring, er den klassificeret som en sandsynlig ressource.

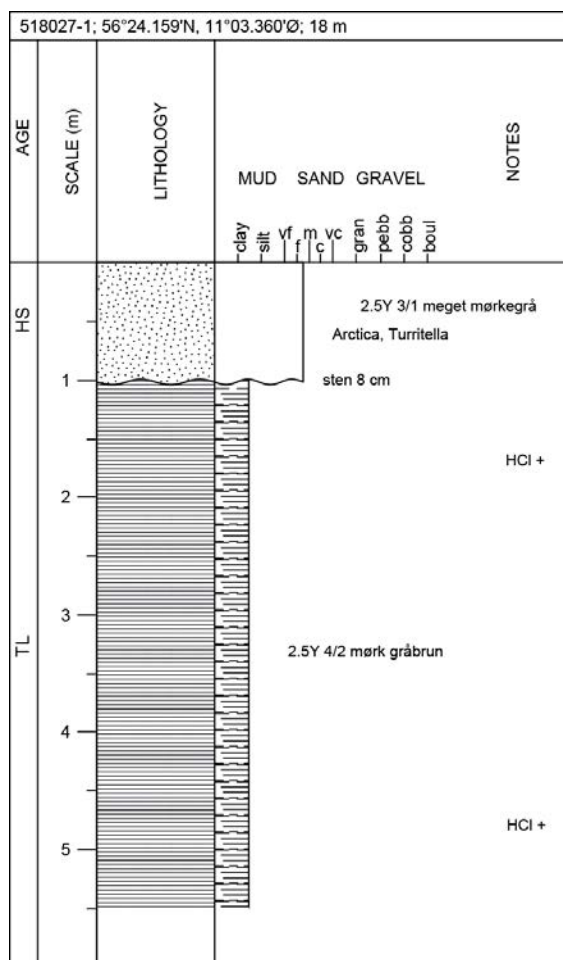
10.9.2 Ressource 518.027

Ressource 518.027 er Holocæn mellemkornet sand i områder med begravede dale og Holocæn groft sand og grus aflejret over moræner. I områder hvor der er begravede dale antages det at de marine aflejringer består af mellemkornet sand. Fordelingen af moræner og begravede dale i dette område er hhv. ca. 25% og 75%, baseret på en vurdering ud fra de seismiske data.

På baggrund af de nye indsamlede seismiske, er der udført en ny tolkning af forekomsten (Figur 10-21). Det ses af tolkningen at ressourcen har en større udstrækning end det umiddelbart er vist ved kortlægningen idet ressourcen har tykkelser på 2 til 3 m ved områdefrænsningen.



Figur 10-21. Ressource 518.027 består af Holocænt marint sand og grus.



Figur 10-22. Sedimentologisk log for boring 518027-1.

Ressourcen er dokumenteret ved boring 218027-1 (Figur 10-22). Inden for det kortlagte område har ressourcen en tykkelse på mellem 2 og 5 m. Hvis der regnes med en tykkelse på 3 m, kan den samlede tilstedeværende mængde i ressourcen opgøres til 55,8 mio. m³.

Forekomsterne i Ressource 518.027 ligger på vanddybder omkring mellem 15 og 20 m. Den har en arealmæssig udbredelse på 18,6 km² (Figur 10-21).

Hvis ovenstående fordeling på 75 % mellemkornet sand og 25 % groft sand og grus af det samlede ressourceområde 518.027 vil der være to ressourcer i området på hhv. 42 mio. m³ Sand 1 og 14 mio. m³ Grus 1.

Da ressourcen er afgrænset ud fra et net med en sejllinje afstand på ca. 0,4 x 0,4 km og dokumenteret ved boring, er den klassificeret som en sandsynlig ressource, da der er usikkerhed omkring sammensætningen af ressourcen.

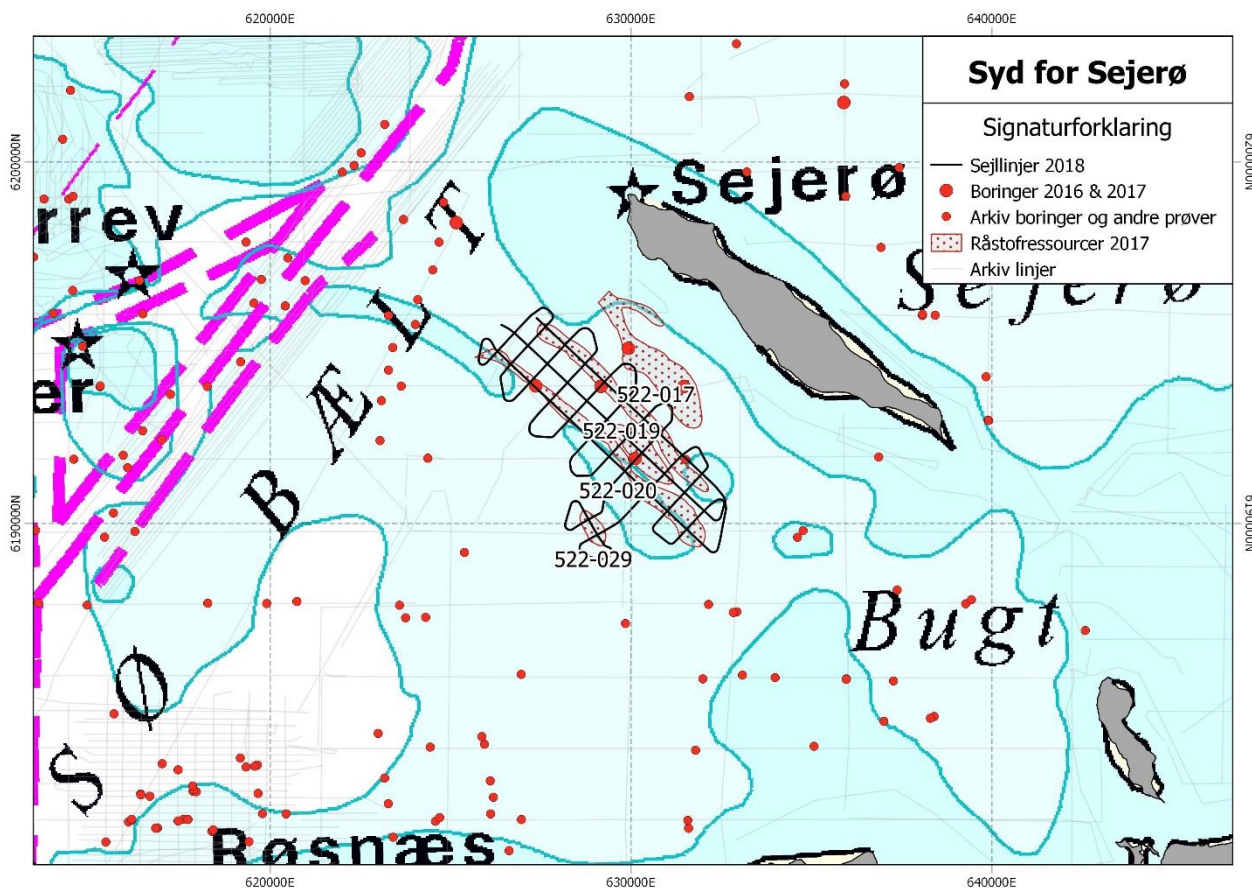
Kortlægningen viser, at ressourceforekomsten må antages at have en større udbredelse end det langstrakte område som sejllinjenettet dækker. Ressourcen har en meget stor, aflang form og for at afklare ressourcens udbredelse og sammensætning er der behov for at der udføres yderligere boringer og seismik.

Det anbefales derfor, at der udføres flere boringer inden for råstofforekomsten og at der efterfølgende gennemføres en indsamling af seismiske data i et større område for at afgrænse det samlede ressourceområde.

11. Område 522 – Sejerø Bugt

11.1 Områdebeskrivelse

I projektområde 522 findes fire spekulative råstofressourcer som blev undersøgt i denne gennemgang af resourcepotential for de spekulative forekomster. Fra tidligere kortlægninger er råstofforekomsterne i Sejerø Bugt beskrevet som værende akkumulationsflak eller gamle strandvoldssystemer. De fire ressourceområder ses nedenfor (Figur 11-1).



Figur 11-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer syd for Sejerø.

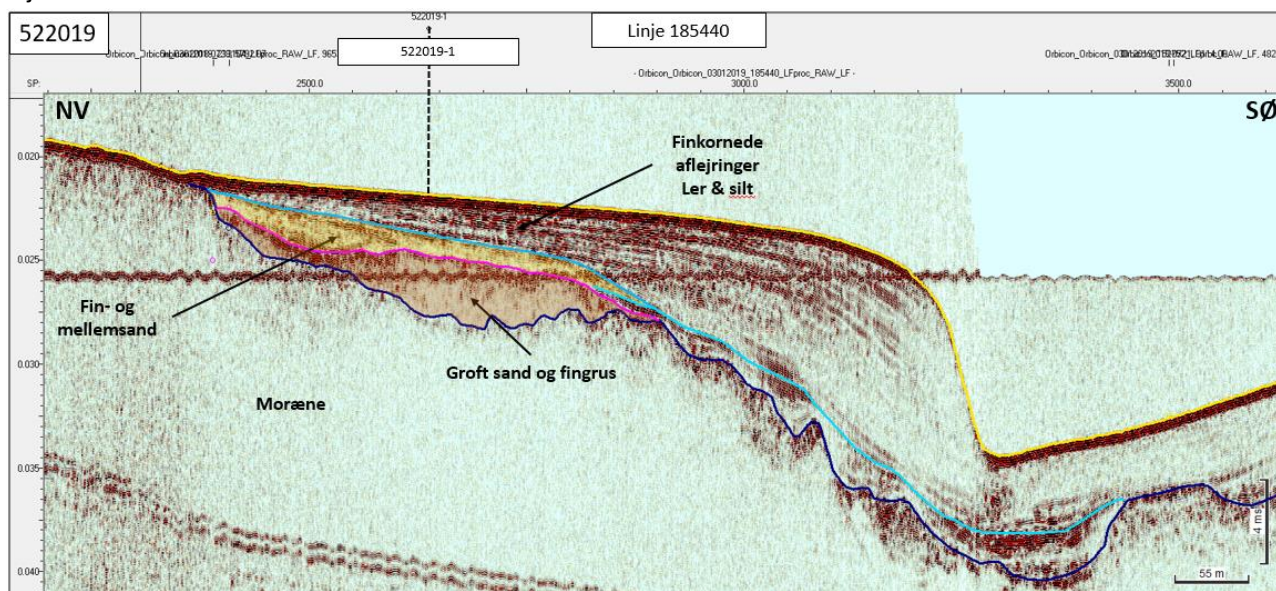
11.2 Ny seismisk undersøgelse

Der er indsamlet 18 nye seismiske sparker og Innomar linjer i område 522. De nye linjer suppleret med de borer der blev foretaget i området i forbindelse med rapporten fra 2017 og beløber sig på i alt 68 km ny seismik. Af de indsamlede seismiske data, er Innomar data af en udmærket kvalitet og har en god opløsning i det mest overfladenære lag. Sparker dataene er desværre af en relativt dårlig kvalitet, da den direkte puls er meget kraftig og dermed overskygger lagskiftene i denne forekomst så markant, at det ikke var muligt med sikkerhed at afgrænse det formodede senglaciale sandlag i denne forekomst. Dette gør at ressourcerne er svære at tolke og sammenligne ved brug af begge metoder. Det bevirker, at der er en nogen usikkerhed omkring udbredelsen og tykkelsen af ressourceforekomsterne i området.

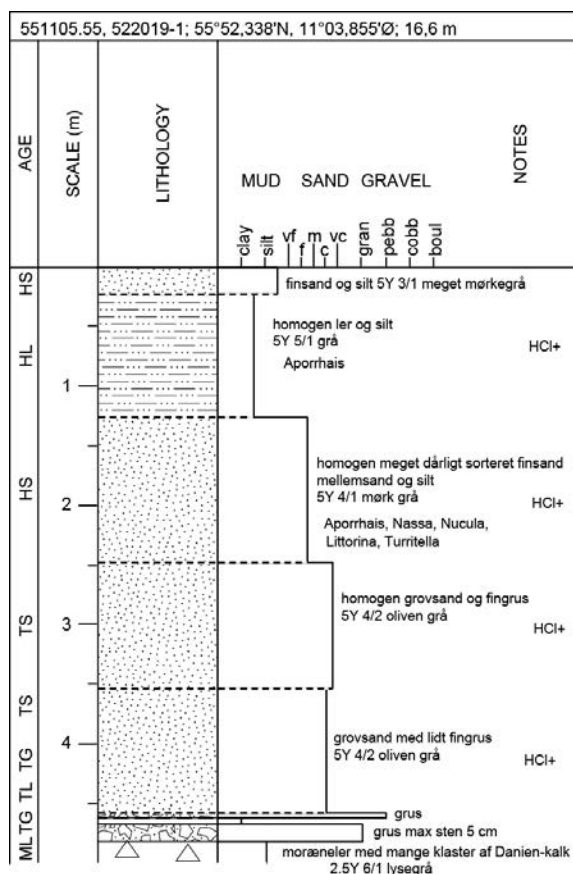
I det følgende beskrives resultaterne af den ny seismiske kortlægning kombineret med eksisterende data.

11.3 Ressourceområde 522.019

Ressourceområde 522.019 ligger på en sydvest-vendt flanke af en rendestruktur syd for Sejerø (Figur 11-1), vanddybden er på ca. 16-17 m. Ti af de ny-indsamlede seismiske linjer i Sejerø Bugt dækker forekomsten, svarende til 11,6 km ny seismik. Dertil er i tolkningen inddraget en arkivboring og en råstofboring som blev udført i 2017 (boring 522019-1; Figur 11-3). Området er ved tidligere kortlægning beskrevet som et op til 4 m tykt akkumulationsflak. Flakket er dannet på et tidspunkt, hvor vanddybden var lavere end i dag. I forbindelse med den senere stigende vandstand er området blevet dækket af ler. På baggrund af tidligere kortlægning er forekomsten karakteriseret som en spekulativ marin, Holocæn flakdannelse med en Grus 2 forekomst. Boring 522019-1 bekræftede tilstedeværelsen af en råstofressource, og viser at den består af en Holocæn finsandet enhed, der overlejrer en mere grovkornet senglacial sand- og grus forekomst. De senglaciale aflejringer overlejrer moræneler.



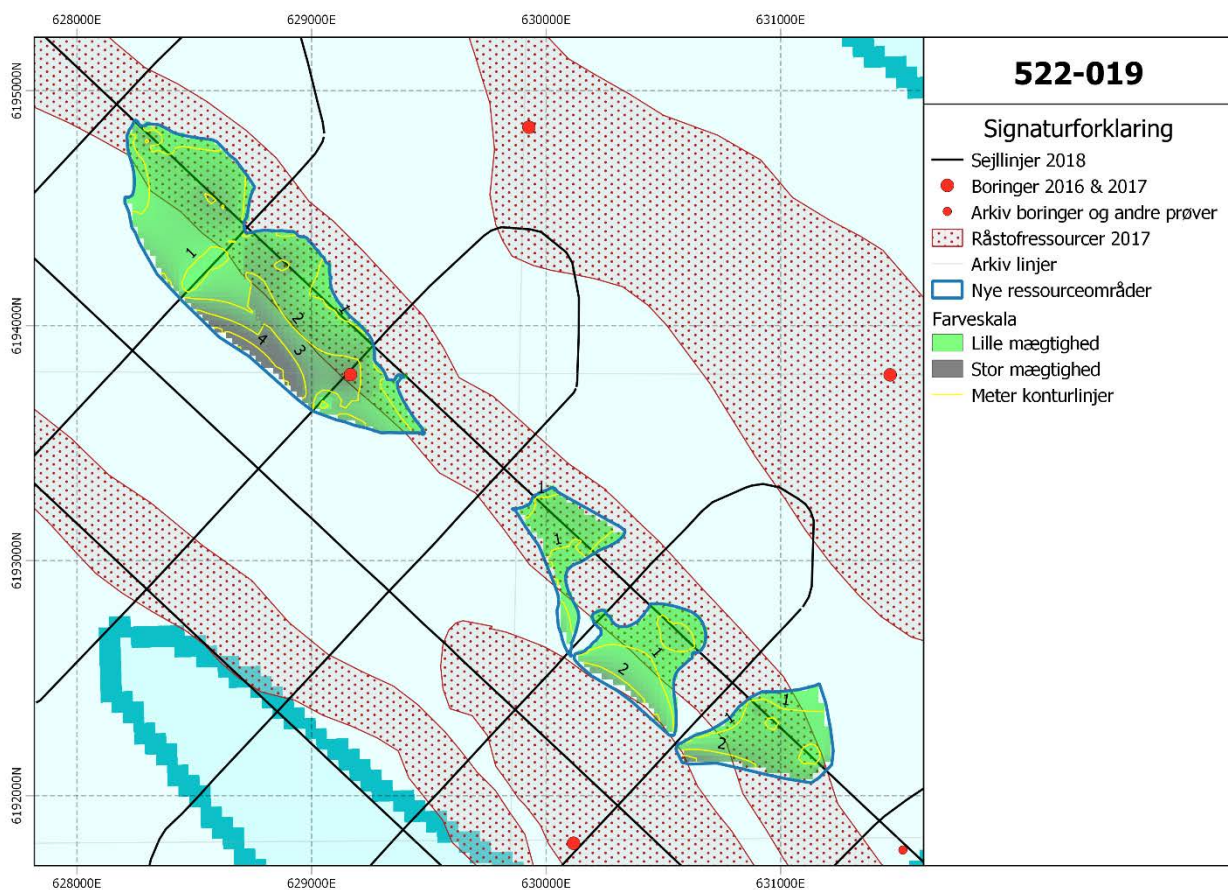
Figur 11-2. Innomar profil på tværs af ressourceområde 522.019. Profilet viser forekomstens placering på kanten af flanken af rendestrukturen mod SØ. Ressourcen består af fin- og mellemkornet Holocænt sand (gul) og en underliggende senglacial enhed der består af groft sand og fingrus (brun). Over ressourcen er der 1-2 m overjord af finkornet materiale.



Figur 11-3. Sedimentologisk log for boring 522019-1.

På grundlag af de nye data kan udbredelsen af råstofressourcen kortlægges mere detaljeret end før og desuden er det muligt at definere to forskellige sandlegemer på det seismiske profil (Figur 11-2). Kortlægningen viser, at det øverste, finkornede sandlag har en stærkt begrænset udbredelse og opnår en maksimal tykkelse på ca. 1,5 m. Det dybere, mere grovkornede, sand- og gruslag er mere udbredt og opnår tykkelser på omkring 2 m. Udbredelsen af råstofressourcen er mindre end tidligere anslået.

Arealet af den ny-kortlagte ressourceforekomst er på 1,25 km². Et tykkelseskort for begge sandlegemer angiver en gennemsnitlig tykkelse på ca. 1,7 m og en maksimal tykkelse på ca. 4 m. En volumenopgørelse af den mulige råstofressource viser, at der kan være ca. 1,7 mio. m³ Sand 1. Forekomsten har ressource-potentiale i den centrale og sydlige del af området som det ses af Figur 11-4 nedenfor. Ressourcen klassificeres som sandsynlig idet det vil kræve mindst en boring mere i den sydlige del af området for at bestemme udbredelsen af det øvre og nedre sandlag her.

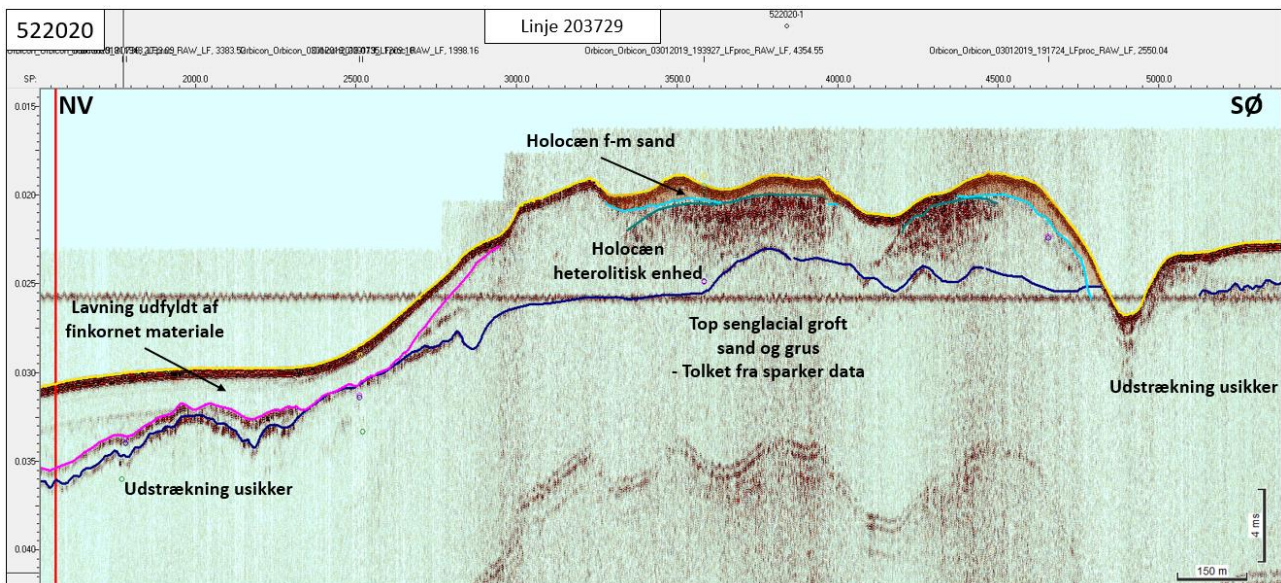


Figur 11-4. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområdet.

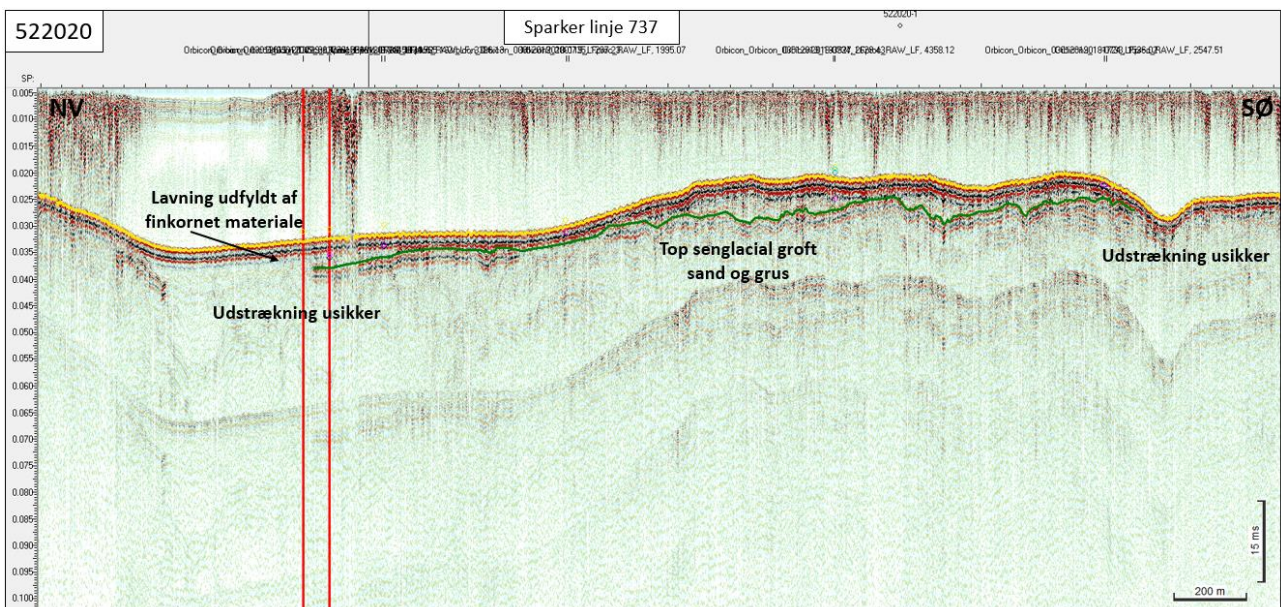
11.4 Ressourceområde 522.020

Ressourceområde 522.020 ligger på en nordøst-vendt flanke af en rendestruktur syd for Sejerø (Figur 11-1), vanddybden er ca. 16-17 m. Tolv af de ny-indsamlede seismiske linjer i Sejerø Bugt dækker forekomsten, svarende til 13,1 km ny seismik. På baggrund af tidligere kortlægninger og boring 522020-1 (Figur 11-7), der blev udført i 2017 tolkedes ressourcen som værende af en kompleks karakter, med et senglacialt og et Holocænt sandlegeme adskilte af finkornede Holocæne aflejringer. Boringen indikerer at ressourcen er domineret af Sand 1.

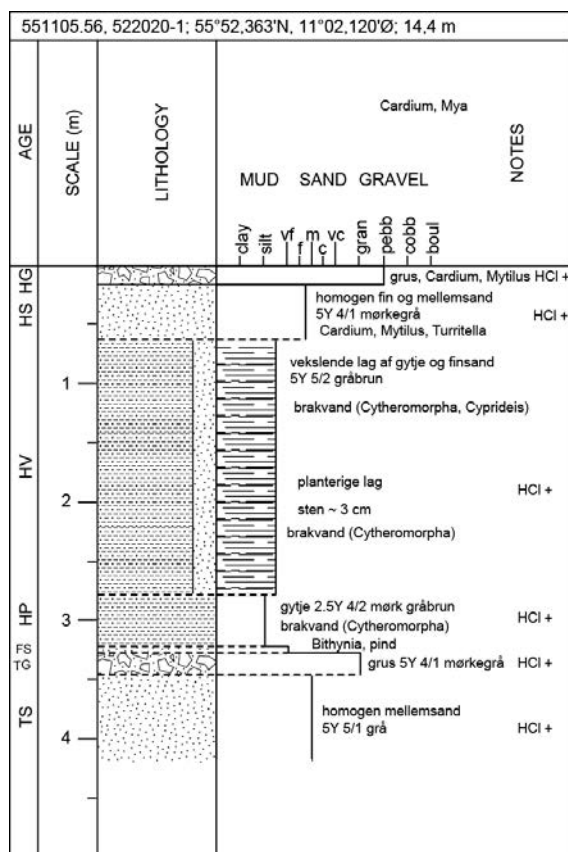
Den nye kortlægning viser, at det Holocæne sandlegeme i toppen af boringen har en udstrækning på omkring 0,2 km² med en gennemsnitlig tykkelse på 1 m (Figur 11-5). Den heterolitiske enhed der adskiller de to sandenheder, bevirker desværre i området at Innomar dataene har en dårlig gennemtrængning og det er derfor svært at kortlægge udbredelsen. Sparker dataene er ikke af høj nok opløsning til at kunne se det Holocæne sandlegeme. Innomar dataene har hen over området heller ikke en dyb nok gennemtrængning til at kunne se den dybereliggende sandenhed over det hele. Den ses bedst på sparker data som den grønne horisont på Figur 11-6. Da det ikke er muligt at tyde det nederste sandlegemes bund, er det dog ikke muligt at anslå udbredelsen med sikkerhed, derfor beholdes det nuværende areal.



Figur 11-5. Innomar profil gennem ressourceområde 522.020. Ressourceforekomsten har en kompleks karakter med et tyndt Holocænt sandlag på toppen, en mellemlejrende finkornet heterolitisk enhed og en underlejrende senglacial grov-sandet enhed.



Figur 11-6. Sparker profil gennem ressourceområde 522.020. Sparker profilet viser toppen af det senglaciale lag, men sparkeren mister meget styrke nedefter. Dette gør det svært at tolke bunden og udbredelsen af legemet. Endvidere ses det af denne og forrige figur at bundtopografien er meget dynamisk, hvilket gør det svært at tolke lagene på langs i området.



Figur 11-7. Sedimentologisk log for boring 522020-1.

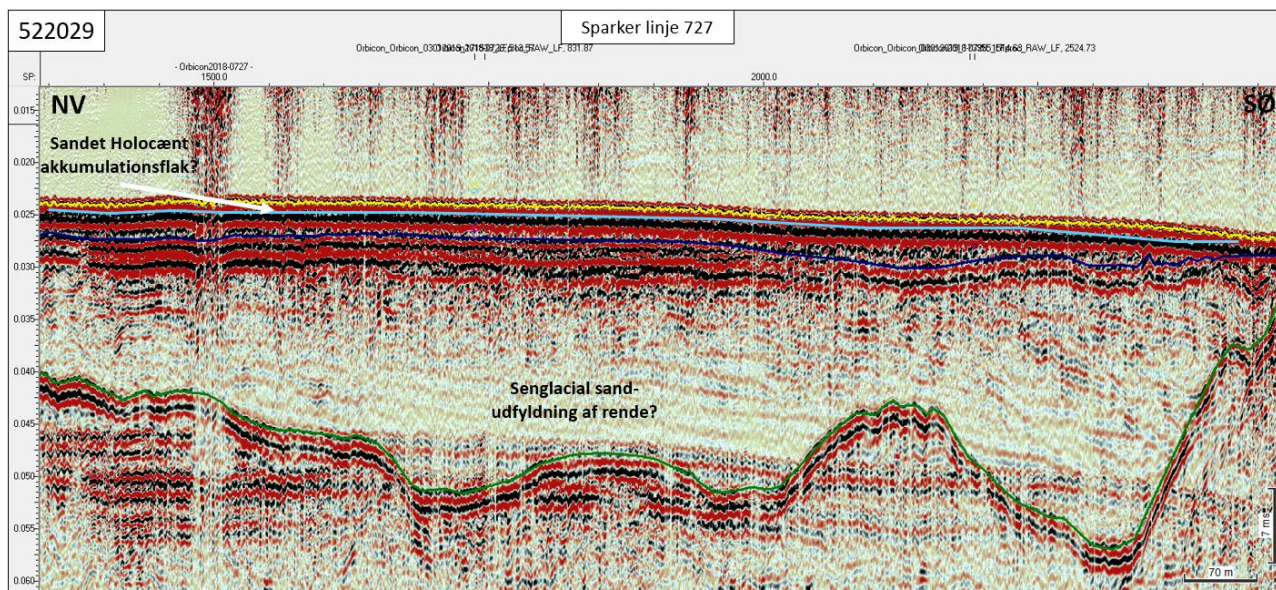
På baggrund af den nye kortlægning kategoriseres forekomsten fortsat som spekulativ. Det anbefales at der udføres 2-4 boringer yderligere for at bestemme det dybereliggende sandlegemes udbredelse. Ressourceområdets udstrækning beholdes som før (Figur 11-1).

11.5 Ressourceområde 522.021

Ressourceområde 522.021 ligger sydøst for Sejerø, mellem område 522.019 og 522.020 (Figur 11-1). Vanddybden er dybere i dette område – ca. 25 m. Fire ny-indsamlede seismik linjer dækker forekomsten, svarende til 3,8 km. På baggrund af den tidligere kortlægning hvortil boring 522021-1 blev udført har vi konkluderet at ressourcen ikke har nogen reel værdi. Den seismiske kortlægning i nærværende undersøgelse bekræfter denne konklusion da forekomsten tydeligvis er dækket af et tykt finkornet/dyndet overjord. Forekomsten opgives dermed.

11.6 Ressourceområde 522.029

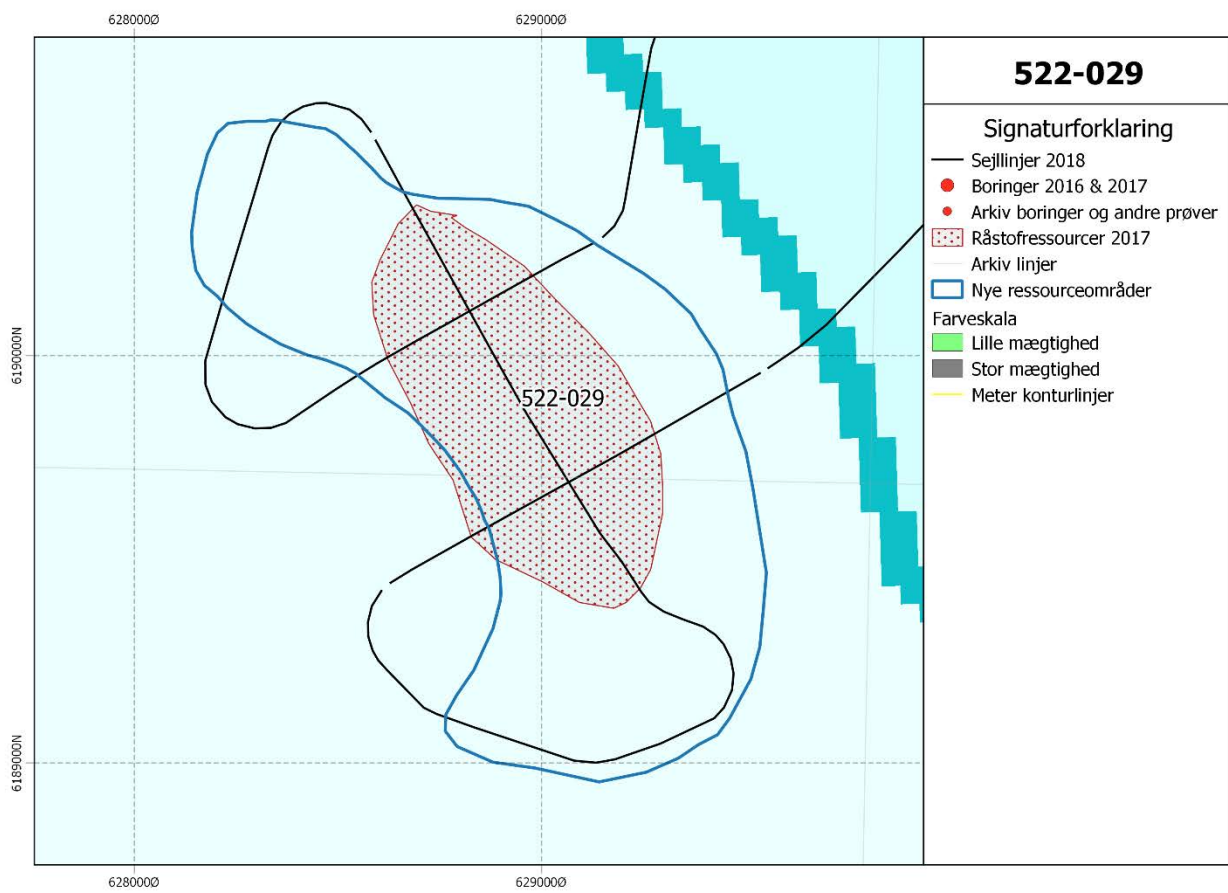
Ressourceområde 522.029 ligger sydøst for område 522.020 og de andre områder (Figur 11-1). Vanddybden her er på ca. 15 m. Der er indsamlet tre nye seismik linjer over forekomsten, svarende til 5,9 km. Området er ikke beskrevet i forbindelse med kortlægning eller rapportering siden havbundundersøgelserne i Sejerø Bugt for Skov- og Naturstyrelsen i 1989. Der er ingen boringer i området der bekræfter ressourcen, men den er beskrevet som et mindre akkumulationsflak på vest-kanten af en stor udfyldt lavning.



Figur 11-8. Sparker profil gennem ressourceområde 522.029. Det akkumulationsflak som før var den formodede Holocæne sandede ressource er meget tyndt i området. Der observeres en mulig senglacial sandudfyldning af en rende i området. Denne spekulative ressource er dog ikke bekræftet i nogen boring.

Den nye kortlægning afslører et muligt Holocænt akkumulationsflak som tidligere beskrevet. Det Holocæne flak er dog formentlig tyndt, og uden nogen boring er det ikke muligt at beskrive kvaliteten af ressourcen bedre, hvorfor det anbefales at der udføres en boring i fremtiden. Kortlægningen afslørede via sparker dataene en dybereliggende mulig senglacial udfyldning af en kanal/rende (Figur 11-8). Det er muligt at den indeholder senglacialt sand muligvis med kvalitet Sand 0, men der er også en risiko for at renden er fyldt op med mere finkornede senglaciale sedimenter.

Som resultat af den nye kortlægning bibeholdes området og klassificeres som spekulativt, idet det kræver mindst en boring der trænger ned til det dybereliggende mulige senglaciale sandlag for at bestemme om der virkelig findes en reel ressource i området. Ressourcen kvalificeres som kvalitet Sand 0. Arealet af området ændres på baggrund af den nye kortlægning til et større område på ca. 1,3 km², grundet den spekulative underliggende senglaciale del af ressourcen (Figur 11-9). Med de nuværende datas kvalitet er det ikke muligt at kortlægge bunden i hele området af ressourcen og derfor heller ikke muligt at lave en præcis volumenopgørelse, men det anslås at der kan være op til 3,25 mio. m³.



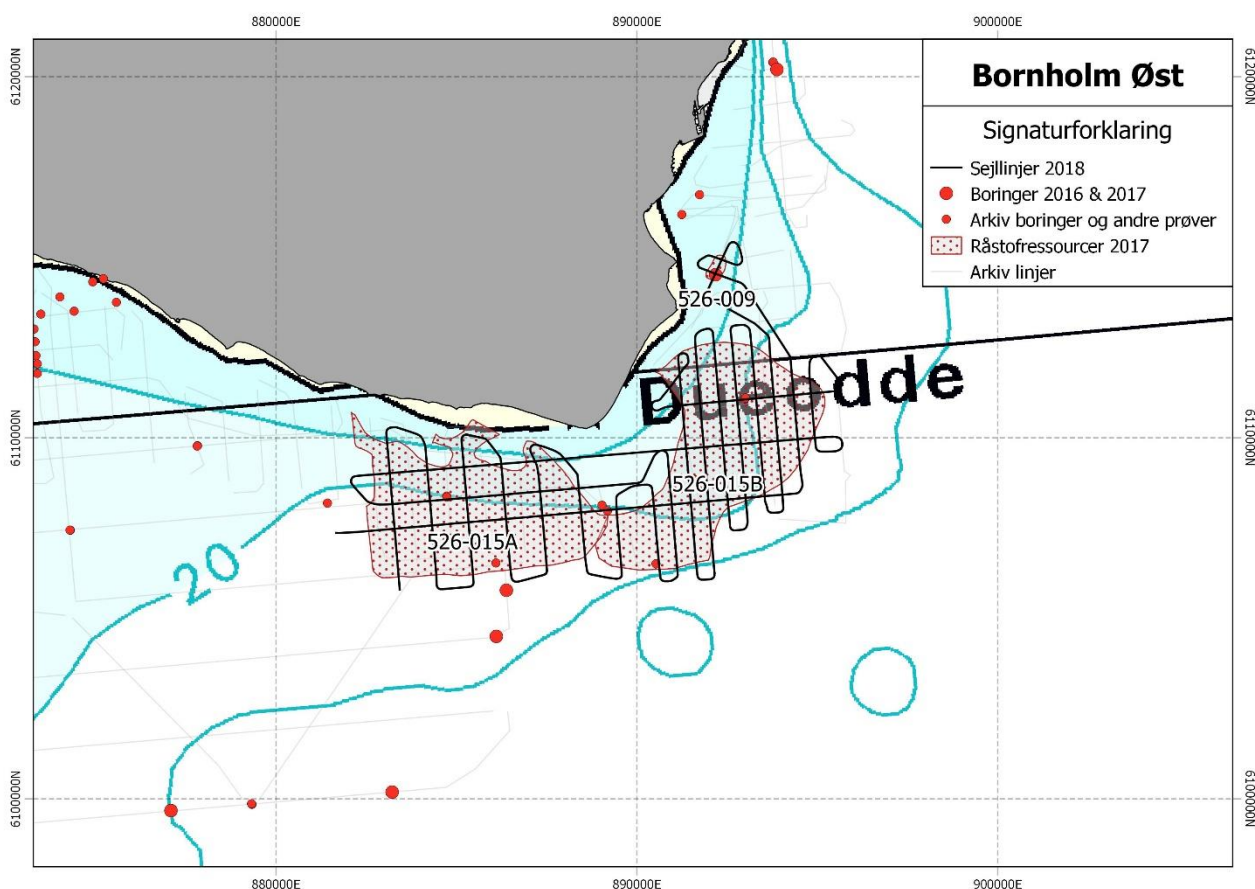
Figur 11-9. Ressourcekort med de kortlagte nye afgrænsninger af ressourceområde 522.029.

12. Område 526 – Bornholm Øst

12.1 Områdebeskrivelse

I den østlige del af projektområde 526 er to ressourceområder (526.009 og 526.015) blevet undersøgt. Ressourceområderne er oprindeligt blevet klassificeret som Holocæne marine kystaflejringer og marine recente dynamiske aflejringer. Vanddybden varierer mellem 10 og 35 m. Den oprindelige kortlægning er baseret på den regionale kortlægning af området udført i 1983, som omfattede seismiske undersøgelser, overfladeprøve og flere vibrationsboringer.

I 2017 blev der foretaget vibrationsboringer i begge ressourceområder. Generelt viser boringerne flere sandenheder af Holocænt marint sand. Kystudbygningerne syd for Dueodde (526.015) kan erkendes som store sandforekomster af forholdsvis lav kvalitet, idet forekomsten har et stort organisk indhold.



Figur 12-1. Oversigtskort over området sydøst for Bornholm med seismiske linjer fra 2018, boringer og råstofressourcer.

12.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse er der over område 526.015 sejlet med 1 km linjeafstand, da der er taget højde for eksisterende data, med supplerende tværlinjer. Over område 526.009 er der grundet den mindre størrelse sejlet tre linjer med 500 meters afstand.

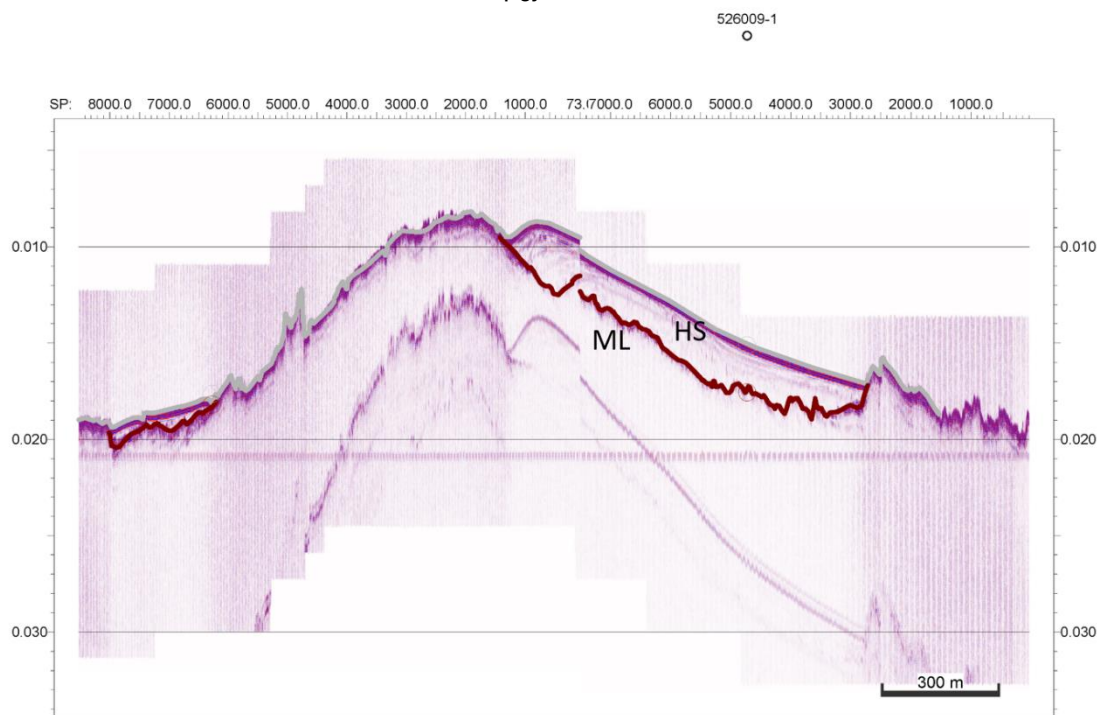
Efter gennemgangen af sparker og Innomar data blev de tykke sandforekomster syd for Dueodde kortlagt ved hjælp af sparker dataene, da kun disse data kunne gennemtrænge sedimentpakken. I nogle dele af ressourceområdet blev kortlægningen besværliggjort af gasholdige lag, der absorberede det akustiske signal, og som dermed forhindrede identifikationen af bunden af ressourcen. Ved ressourceområde 526.009 blev Innomar data benyttet, da disse i dette område kunne gennemtrænge hele sedimentpakken.

De nye seismiske data sammenholdt med boringsdata viser generelt Holocæne sandaflejringer overlejrende præ-Kvartære og glaciæle lag. I denne del af farvandet omkring Bornholm er det kun de øverste Holocæne seismiske enheder, der kan kortlægges som ressource forekomster. Det gælder især de kystudbygninger syd for Dueodde, hvor langt den største mængde materiale er akkumuleret. Forekomsterne i denne del farvandet omkring Bornholm er finkornede og har desuden et højt indhold af organisk materiale, hvilket tilsammen betyder, at sedimentet ikke har en særlig høj værdi i råstofmæssige sammenhænge. Den oprindelige kortlægning af 526.015 er modificeret og ressourceområdet er desuden løftet til en sandsynlig ressource, da den geografiske udstrækning nu er veldefineret. Det er desuden en markant struktur, der kan erkendes på samtlige seismiske linjer i området, hvorfor de forholdsvis få vibrationsboringer i området vurderes at beskrive aflejringerne tilstrækkeligt i hele området.

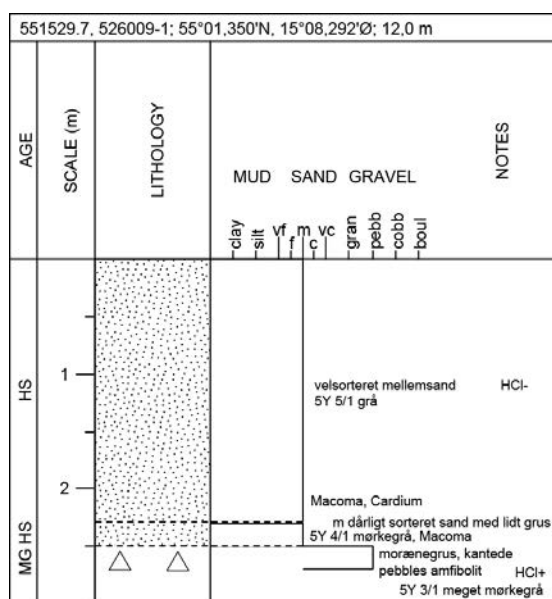
12.3 Ressourceområde 526.009

Ressource 526.009 er et mindre ressourceområde ud for Snogebæk syd for Nexø. Ressourcen er oprindeligt klassificeret som marine dynamiske Holocæne sandaflejringer med kvalitetsbetegnelsen Sand 0 og kan findes i en vanddybde på 7-15 m, og har mægtigheder på op til 2,5 m. Det oprindelige volumen er opgjort til 0,6 mio. kubikmeter.

Den nye seismiske kortlægning viser, at denne Holocæne sandenhed er aflejret i en fordybning omgivet af højere liggende hårde bjergarter, som sandsynligvis består af præ-Kvartære lag (Figur 12-2). Fordybninger består i bunden sandsynligvis af moræneaflejringer jf. boring 526009-1 (Figur 12-3). Desuden strækker forekomsten sig længere mod sydvest end tidligere kortlagt, og dermed er det estimerede areal opjusteret til 0,5 km². Det samme er tilfældet for volumen, som er opgjort til 0,7 mio. m³.

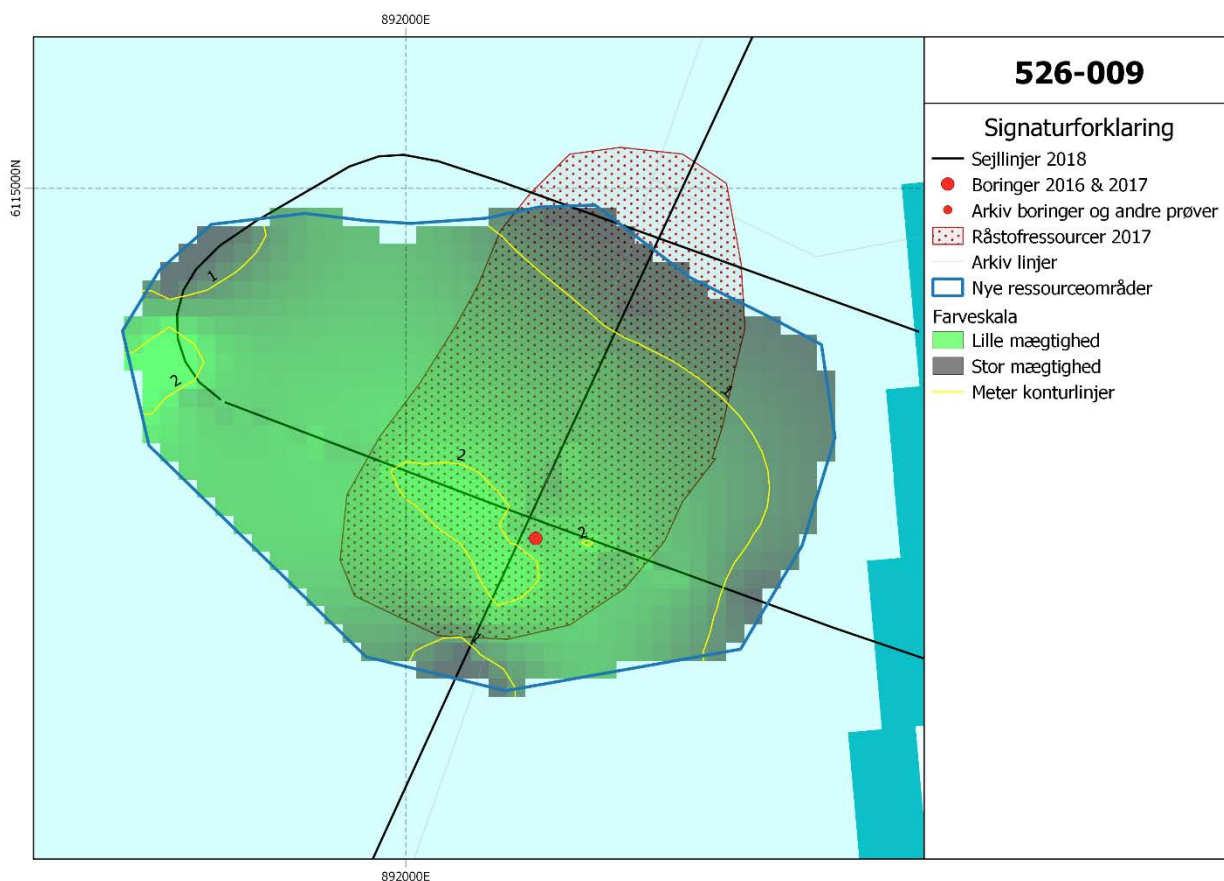


Figur 12-2 Seismisk profil med et Holocænt sandlag overlejrende moræne. Derudover ses de præ-Kvartære lag i overfladen.



Figur 12-3. Sedimentologisk log for boring 526009-1.

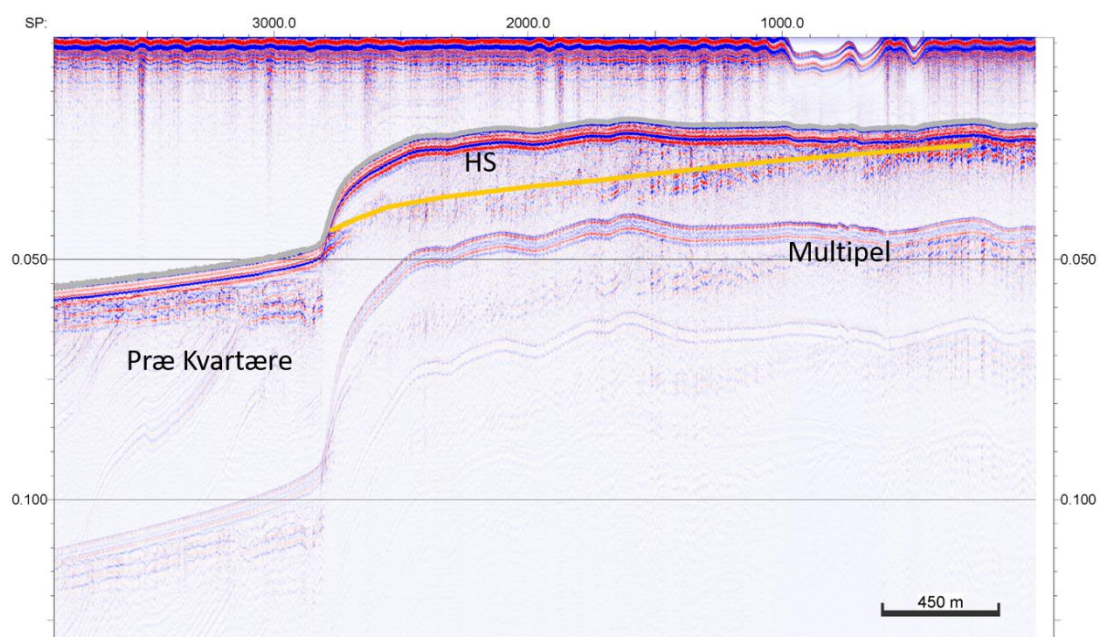
De parallelle til subparallelle interne reflektorer antyder, at forekomsten er aflejret under den Holocæne transgression. Ressourceområde 526.009 kan dermed på basis af boring 526-009-1 og de nye seismiske data klassificeres som en sandsynlig Sand 0 forekomst af marine fossile kystaflejringer.



Figur 12-4. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 526.009.

12.4 Ressourceområde 526.015

Ressourcen blev i 2017 splittet i en "A" og en "B" del på basis af to vibrationsboringer. Ressourcerne er tidligere kortlagt som Holocæne marine kystdannelser på ca. 20 meters vanddybde. På basis af den seismiske kortlægning kan A og B kombineres til et sammenhængende ressourceområde. De to ressourcer kan på basis af de nye seismiske data ikke adskilles, da de har samme seismiske karakteristik, og i boringer genfindes de samme sedimenter i hele ressourceområdet.

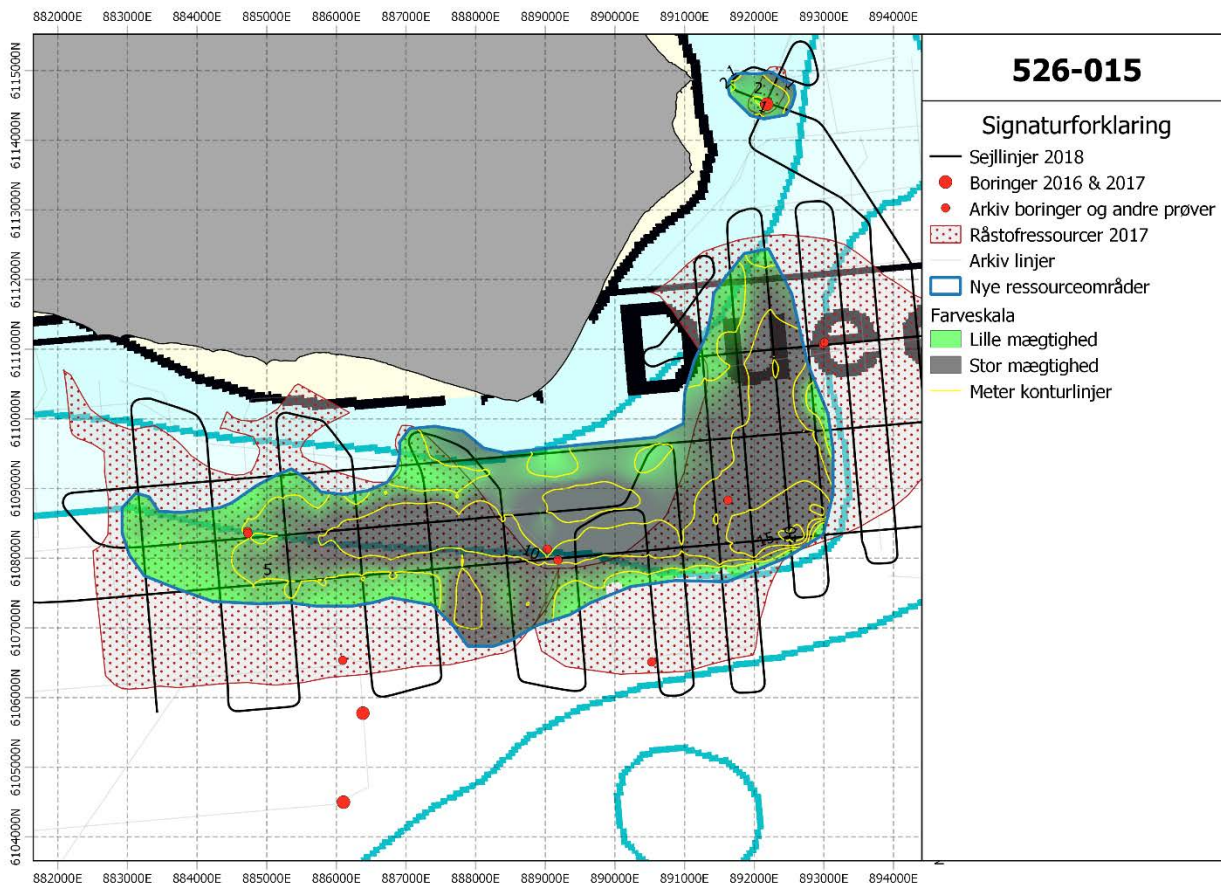


Figur 12-5. Seismisk profil med et Holoecent sandlag med ukendt underlag. Præ-Kvartære lag ses til venstre.

541501.17, 526015-1; 54°56,922'N, 15°02,172'Ø; 42,1 m													
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL										NOTES
			clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul		
HP	1											HCl -	
												sandet lagdelt gyttje 5Y 4/3 oliven	
												Nereis	
FS	2											HCl -	
												lagdelt finsand 5Y 5/1 grå	
												Pinus, Ranunculus sceleratus	
												● Betula: 10935 cal. BP	
TL	3											HCl +	
												lagdelt ler 7.5YR 4/2 brun, rødbrun	
												Baltiske Issø	
TI												HCl +	
												lagdelt silt brunlig	
TL	4											HCl +	
												lagdelt ler 7.5YR 4/2 brun, rødbrun	
												Baltiske Issø	
	5											utydelig lagdelt	

Figur 12-6. Sedimentologisk log for boring 526015-1.

Der er udført en ny afgrænsning af ressourceområdet. Der er kortlagt tykkelser på op til 25 m. Ressourceområdet fremstår som kystudbygninger med lag der hælder fra et højtliggende område mod et område med større vanddybde. Systemet er fortrinsvis udbygget mod syd og øst. Ressourcen består antageligvis af mellem- til finkornet sand i de kystnære dele, med mere siltede sedimenter længere fra kysten.



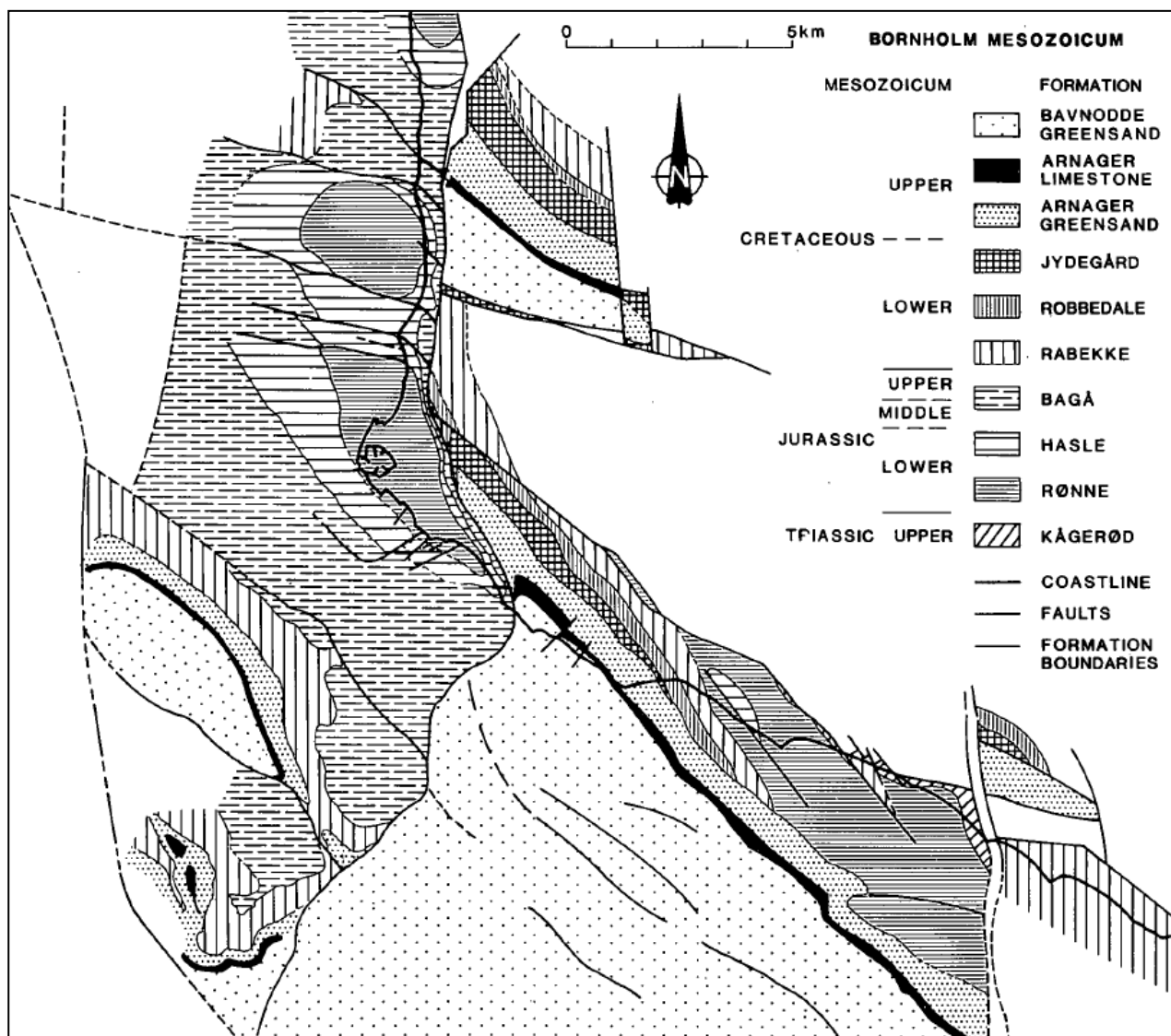
Figur 12-7 Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 526.015.

Med udgangspunkt i de nye seismiske data og nyere boringsdata kan ressourceområde 526.015 klassificeres som en sandsynlig Sand 0 forekomst af marine fossile kystdannelser. Ressourceområdet strækker sig over et areal på 23 km², og der er udregnet et volumen på ressourceområdet på 191 mio. m³. Kvaliteten i bunden af sedimentpakken er behæftet med en vis usikkerhed, da borerne i området ikke trænger igennem til disse dybder.

13. Område 526 – Bornholm Vest

13.1 Områdebeskrivelse

I det kystnære område vest for Bornholm findes en serie Mesozoiske formationer fra Jura- og Kridttiden bevaret i forkastningsbetingede blokke som en del af Rønne Graben strukturen (Jensen & Hamann 1989). De Mesozoiske aflejringer som bl.a. indeholder kvartssandsressourcer er delvist blottede på havbunden i området, men på dybder over 25-30 m findes et dække af Kvartære aflejringer, hvoraf senglaciale til Holocæne aflejringer udgør potentielle råstofressourcer. Herudover findes enkelte senglaciale grovere aflejringer bevaret i rendesystemer.



Figur 13-1. Kort over Mesozoiske formationer afgrænset af forkastningsbetingede blokke i undersøgelsesområdet vest for Bornholm (Jensen & Hamann 1989).

Den præ-Kvartære lagfølge hælder generelt knap 6-10° mod sydvest, og tæt på de reverse forkastninger ses komplicerede foldningsmønstre, der stedvis har karakter af dobbeltfoldning. De ressourceførende sandlag findes mellem enheder domineret af lerlag, heterolitiske aflejringer og kullag og dette, sammenholdt med de

komplerede strukturer, bevirker at det kræver en meget detaljeret kortlægning for at udpege specifikke ressource delområder inden for de enkelte formationer.

I 1980'erne blev der udført en række detaljerede undersøgelser af ressourcepotentialer i området, som er dækket af et forholdsvis tætliggende sejlilinjet med en indbyrdes afstand på 400-500 m. De seismiske undersøgelser blev udført med boomer og pinger, og sidescan data blev benyttet til at følge eksponerede laggrænser i området mellem sejlilinjerne. Herudover blev der udført et større antal borer og prøvesugninger til kvalitetsanalyser af forekomsterne. Der blev kortlagt spekulative sandressourcer i en mere eller mindre konform lagserie omfattende (fra ældst til yngst): Rønne Formationen (nedre Jura), Hasle Formationen (nedre Jura), Bagå Formationen (mellem-øvre Jura) og Rabekke Formationen (øverste (Jura-nedre Kridt)). De enkelte ressourceforekomster er dels afgrænset af formationsgrænser og forkastningsbetingede grænser, og dels af begrænsningen i at kortlægge dem i områder med større vanddybde, hvor det overliggende Kvartære dæklag tiltager i mægtighed.

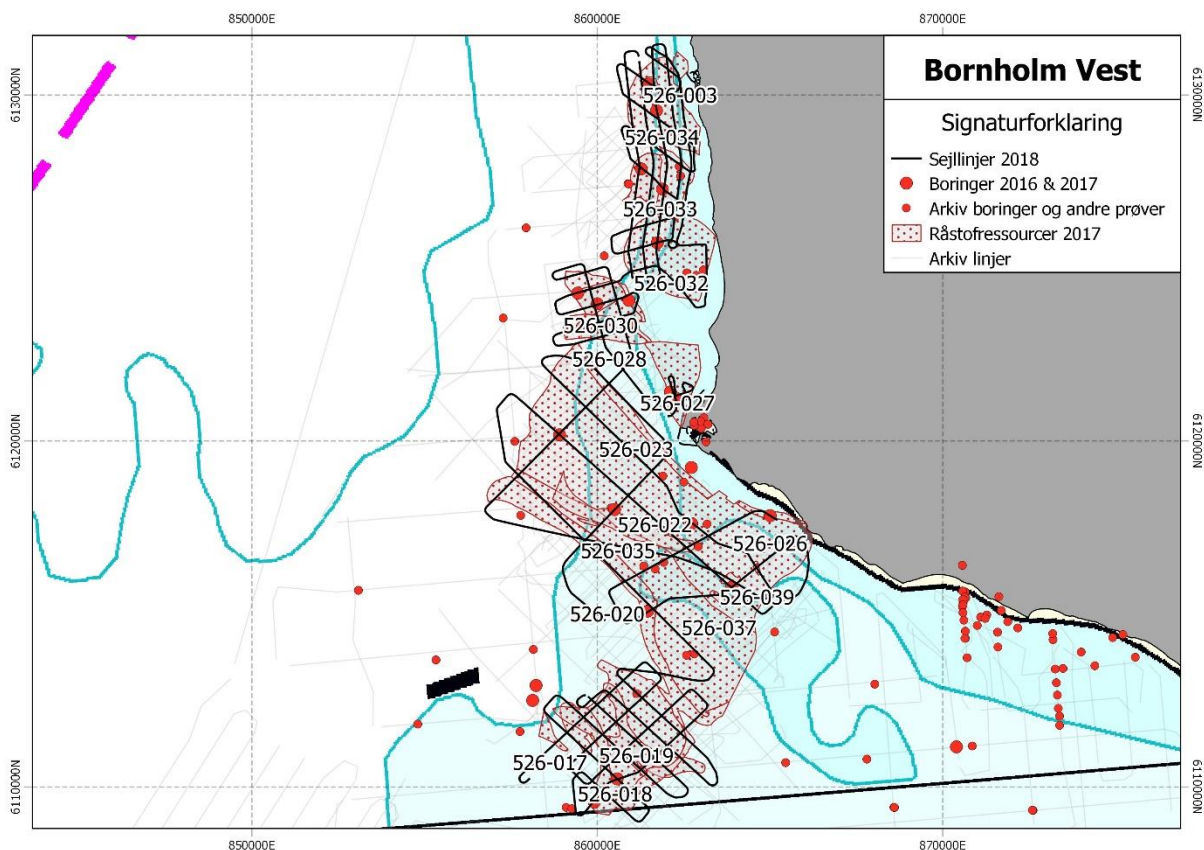
De tidligere undersøgelser påviste, at de kommercielt mest lovende kvartssandsforekomster var koncentreret i den mellem-øvre jurassiske Bagå Formation og muligvis i nederste del af den øvre jurassiske-nedre kretassiske Rabekke Formation. Der har i en længere årrække fundet indvinding af kvartssand sted i fællesområderne 526-CA og 526-FA, repræsenterende områder der indgår i Bagå Formationen.

Rønne Formationen er den ældste enhed i området og findes ved Rønne Havn og tæt på kysten nord for Rønne. Formationen består af sandbænke indlejret mellem ler, cementeret ler-jernsten og heterolitiske lag og har en mægtighed på op til 350-480 m. Herover findes den op til 180 m tykke Hasle Formation, som formodes at bestå af mere finkornet muskovitholdigt sand og cementerede ler-jernstensbænke afsat i et lavmarint til deltaisk miljø.

Bagå Formationen er den mest udbredte formation i undersøgelsesområdet. Den består af vekslende lag af kvartssand, ler, heterolitiske lag og kullag afsat i et deltasystem. De ressourcemæssigt mest interessante mellem-grovkornede sandaflejringer formodes at repræsentere fluviatile aflejringer. Formationen har en estimeret tykkelse på >450 m, hvoraf den øvre del formodes at have en større andel af tykkere sandede aflejringer. Rabekke Formation som ligger konformt over Bagå Formationen består generelt af mere finkornet kvartssand, kaolinitisk ler og kulbænke afsat i et marginalt marint til delta-lakustrint miljø. Det er kun de nedre ca. 50 m af Rabekke Formationen, der har potentiel ressourceværdi, idet den overliggende del af formationen er præget af markante kaolinitbænke.

De præ-Kvartære lag ligger blottet tæt på havbunden over en større del af undersøgelsesområdet. I den dybere liggende vestlige og sydvestlige del findes et tykkere dække af Kvartære aflejringer bestående af moræner, senglacialt ler og sand samt marint finkornet sand. Herudover findes i de andre dele af området stedvis indfyldte kanalstrukturer med senglaciale grusede aflejringer.

På baggrund af arkivseismiske data blev der i 2017 foretaget et begrænset antal borer i de præ-Kvartære og Kvartære spekulative ressourcer. Generelt er det kun få af borerne, der har påtruffet de overfladenære præ-Kvartære lag, og i de tilfælde hvor det er lykkedes at ramme lagene, er der ofte kun tale om < 1 m kernelængde (boring 526020-1, 526022-1). Dette kan bl.a. skyldes, at der er truffet hærtnede lag, som f.eks. lerjernsten. Borerne er placeret på baggrund af ældre seismiske data med en vis navigationsusikkerhed, og dette medfører usikkerhed i forhold til en nøjagtig placering i et profil med hældende lag af forskellig hårdhed og ressourcepotentialer. Borerne har umiddelbart større værdi i forhold til at vurdere de senglaciale og Holocæne potentielle ressourcer, som er blevet verificeret i borerne 526028-1, 526030-3, 526030-4 og 526033-1 fra den vestlige dybere del af undersøgelsesområdet. Ligeledes er formodede senglaciale kanalaflejringer truffet i borerne 526035-1, 526038-1 og 526022-2. Herudover er der i enkelte af borerne fundet moræner/slap moræner (526018-1, 526031-1, 526036-1 og 526036-2).



Figur 13-2. Oversigtskort over sejlinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer vest for Bornholms vestkyst.

13.2 Ny seismisk undersøgelse

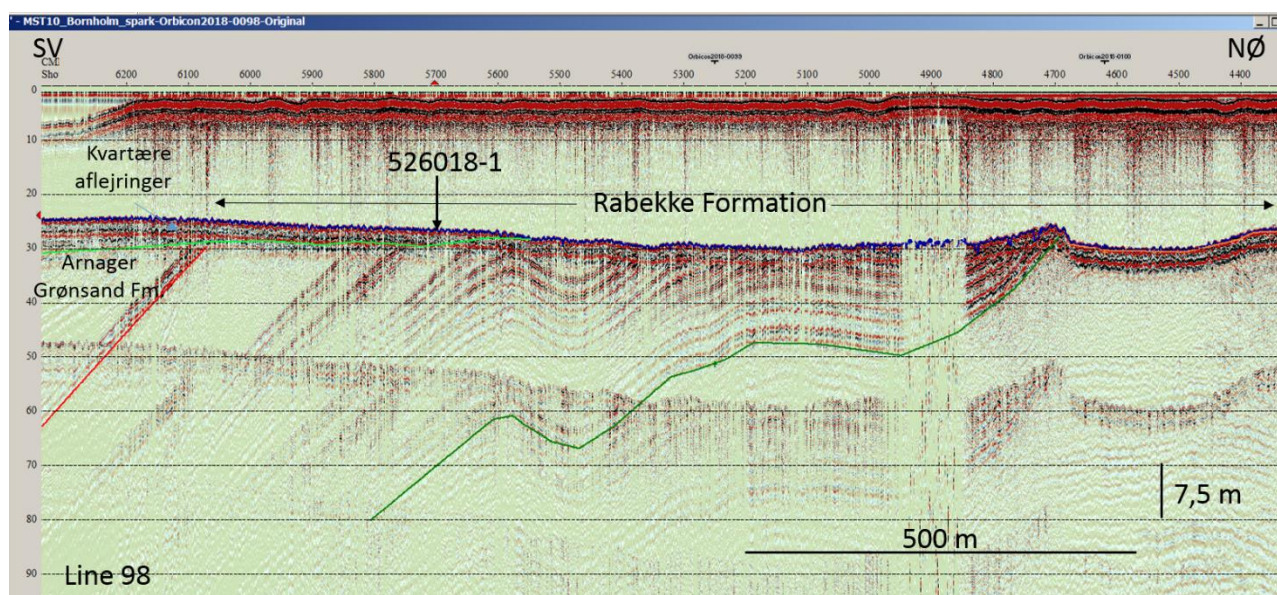
De nye seismiske undersøgelser foretaget i 2018 med sparker og Innomar er karakteriseret ved en varierende linjeafstand (400 m til 1500 m) over de forskellige ressourceområder vest for Bornholm. Ligeledes dækkes alle områder ikke fuldstændigt. Sparker data er af moderat kvalitet, med det er muligt at erkende markante hældende lag i den præ-Kvartære lagserie, samt at identificere præ-Kvartæroverfladen, hvor denne er dækket af Kvartære aflejringer. Innomar data har typisk ingen eller megen ringe gennemtrængning i den præ-Kvartære lagserie og i de glaciale aflejringer. Derimod kan undergrænsen af overfladenære sandede og grusede senglaciale til Holocæne aflejringer typisk identificeres på Innomar profilerne.

Da de oprindelige detailundersøgelser er foretaget med en mindre afstand mellem linjerne (ca. 400 m) end det nye datasæt, er der på baggrund af de nye data ikke umiddelbart grundlag for at ændre afgørende ved den angivne udstrækning af de præ-Kvartære enheder. Dog har det været muligt at kortlægge nye Kvartære ressourcer i den vestlige del af undersøgelsesområdet.

I det følgende gennemgås ressourceområderne i forhold til, om der er kommet nye data som ændrer på deres eksisterende klassificering. Tætliggende områder med samme stratigrafiske tilhørsforhold beskrives om muligt sammen.

13.3 Ressourceområde 526.017, -018 og -020 (Rabekke Formation)

Ressourceområderne omfatter den nedre del af Rabekke formationen og ligger i den sydlige del af undersøgelsesområdet, hvor foldestrukturer nær reverse forkastningszoner præger forekomsternes interne lagdeling. Område 526.017 har et tyndt dække af Kvartære aflejringer med Holocænt sand øverst (ressourceområde 526.002). Område 526.018 er delvist dækket af et formodet senglacialt kanalsystem (ressourceområde 526.036). Der foretaget en boring 526020-1 som viste 0,2 m hærtnet finsand og silt. De ny undersøgelser har ikke ført til revision af ressourcernes udstrækning eller klassifikation som spekulative forekomster. Baseret på den seismiske signatur har den mindre tydeligt lagdelte nedre del af formationen formodentligt det største potentiale for kvartssand. Det vil kræve et større antal borer for at kunne redefinere afgrænsning og kvalitet af forekomsterne.



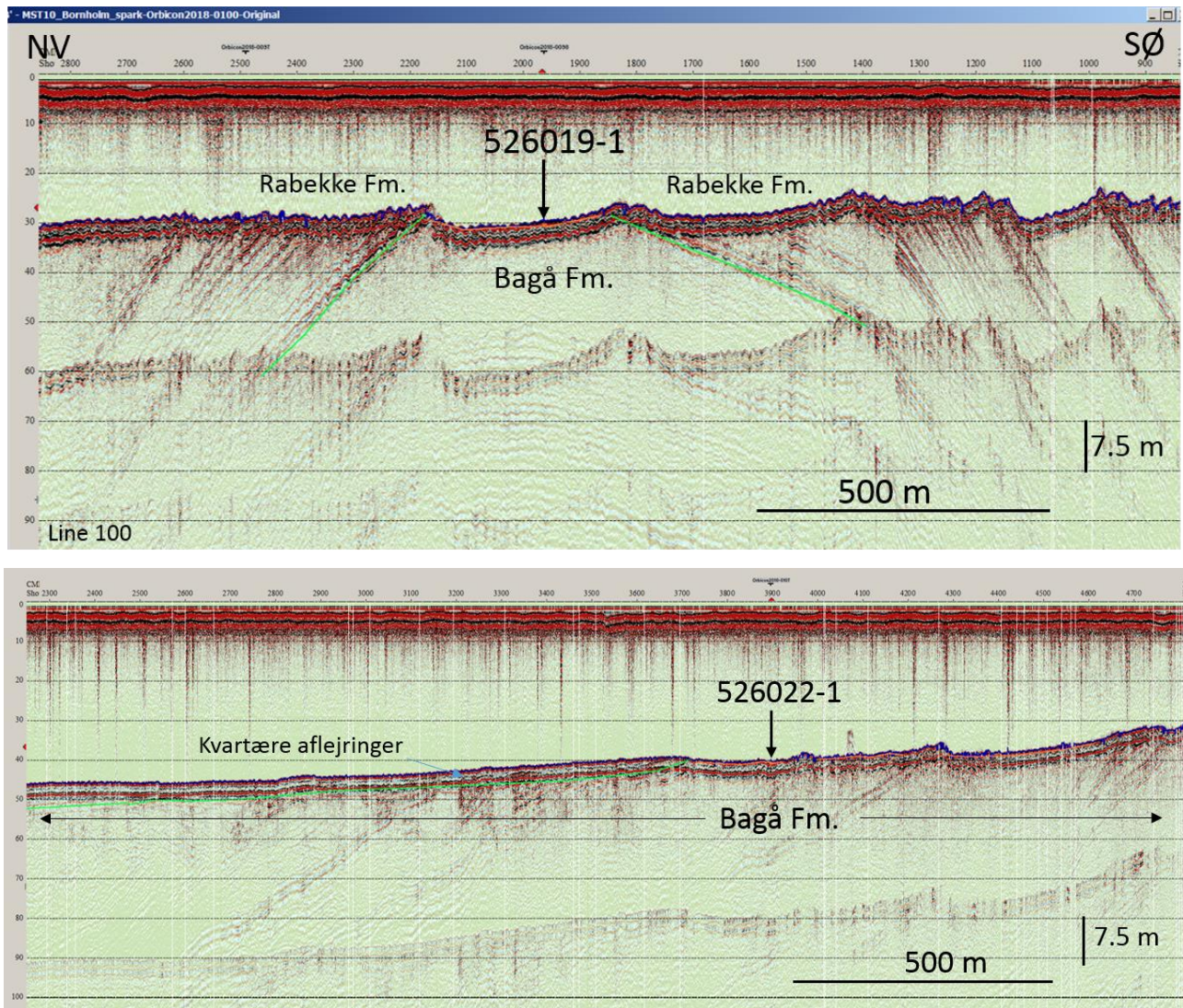
Figur 13-3. Sparker profil der fra højre mod venstre viser overgang (mørk grøn streg) fra nedre Rabekke Formation med svage reflektorer (mere sandet) til øvre Rabekke Formation med karakteristiske kraftige reflektorer, repræsenterende vekslende lerbænke og sandbænke.

13.4 Ressourceområde 526.019, -021 og -022 (Bagå Formation)

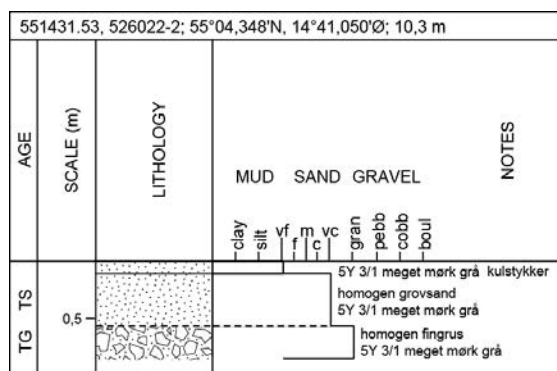
Ressourceområderne omfatter Bagå Formationens største eksponerede områder sydvest for Rønne, hvor de indgår i tre forkastningsblokke afgrænset af forkastningszoner. Områderne 526.019 og 526.021, der grænser op til den overliggende Rabekke Formation, omfatter formodentligt den mellemste til øvre del af Bagå Formationen. Område 526.022 længst mod nord, der grænser ned til Hasle formationen, den nedre til mellemste del af Bagå Formationen. Områderne er gennemskåret af to formodet senglaciale kanalsystemer (ressourceområderne 526.036 og 526.035) hvis udbredelse er blevet bekræftet af de ny seismiske undersøgelser. Mod nordvest på en dybde af ca. 25-30 m afgrænses forekomsterne af Kvartære aflejringer, karakteriseret ved en stigende mægtighed i vestlig retning.

Der findes et større antal arkivboringer og resultater af prøvesugninger fra Bagå Formationen. De nye borer foretaget i 2017 (fx boring 526022-1; Figur 13-5) bidrager ikke med væsentlig ny information. Større dele af formationen er præget af vekslende lerlag, sandlag, kullag og heterolitiske lag. Enheder præget af tykkere sandlag er ressourcemæssigt de mest interessante. Bagå Formationens kvartssand indvindes i fællesområde 526-CA (ressourceområde 526.022) og 526-DA (ressourceområde 526.021). Der er tale om fin-grovkornet sand med et kvarts-indhold på ca. 97-99%.

Baseret på den seismiske signatur har mindre tydeligt lagdelte dele af formationen formodentligt det største potentiale for kvartssand. Det vil kræve et større antal borer for at kunne redefinere afgrænsning og kvalitet af forekomsterne.



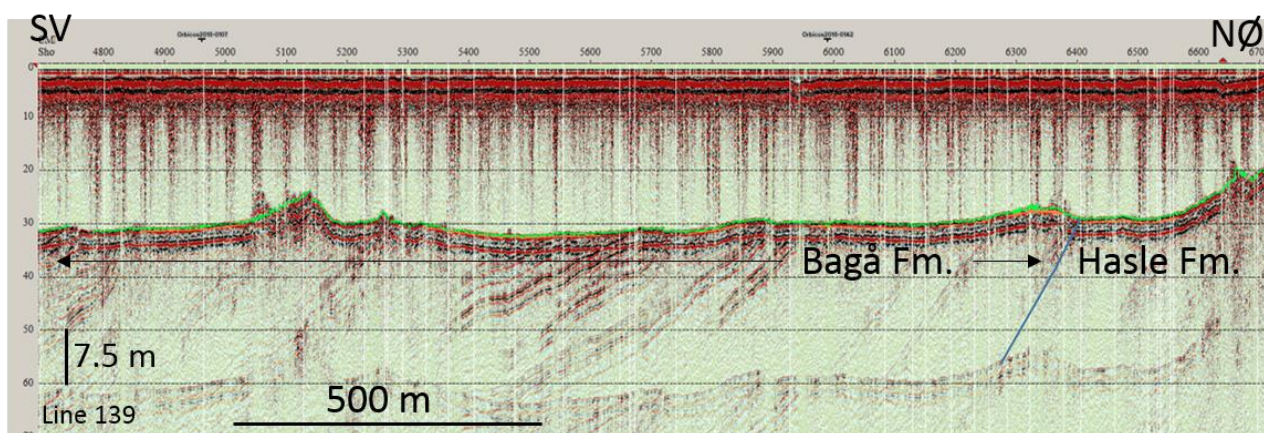
Figur 13-4. Sparker profil af antyklinal foldstruktur (øverst) i Rabekke og Bagå Formationerne omkring boring 526019-1. Nederst ses sparker profil med hældende lag i Bagå Formationen, som i profilets venstre side er overlejret af flere meter tykke Kvartære aflejringer. Boring 526022-1 viser vekslende lag af sand, silt og kul (Bagå Formationen) overlejret af få dm Holocænt marint sand.



Figur 13-5. Sedimentologisk log for boring 526022-1.

13.5 Ressourceområde 526.023, 024, 025, 026, 029 og 031 (Hasle Formation)

Hasle Formationens aflejringer findes som et få hundrede meter tykt lag umiddelbart nordøst for Bagå Formation ressourceområderne 526.022, 526.028 og 526.030. To forsøg i 2017 på at samle materiale fra formationen slog fejl; det lykkedes ikke at opbore materiale. Ifølge tidligere undersøgelser består aflejringerne af finkornet muskovitholdigt sand og cementerede ler-jernstensbænke. Umiddelbart vurderes aflejringerne ikke til at have væsentligt ressourcepotentiale. De ny undersøgelser har ikke bidraget med yderligere oplysninger, og ressourceområderne bibeholdes som spekulative.



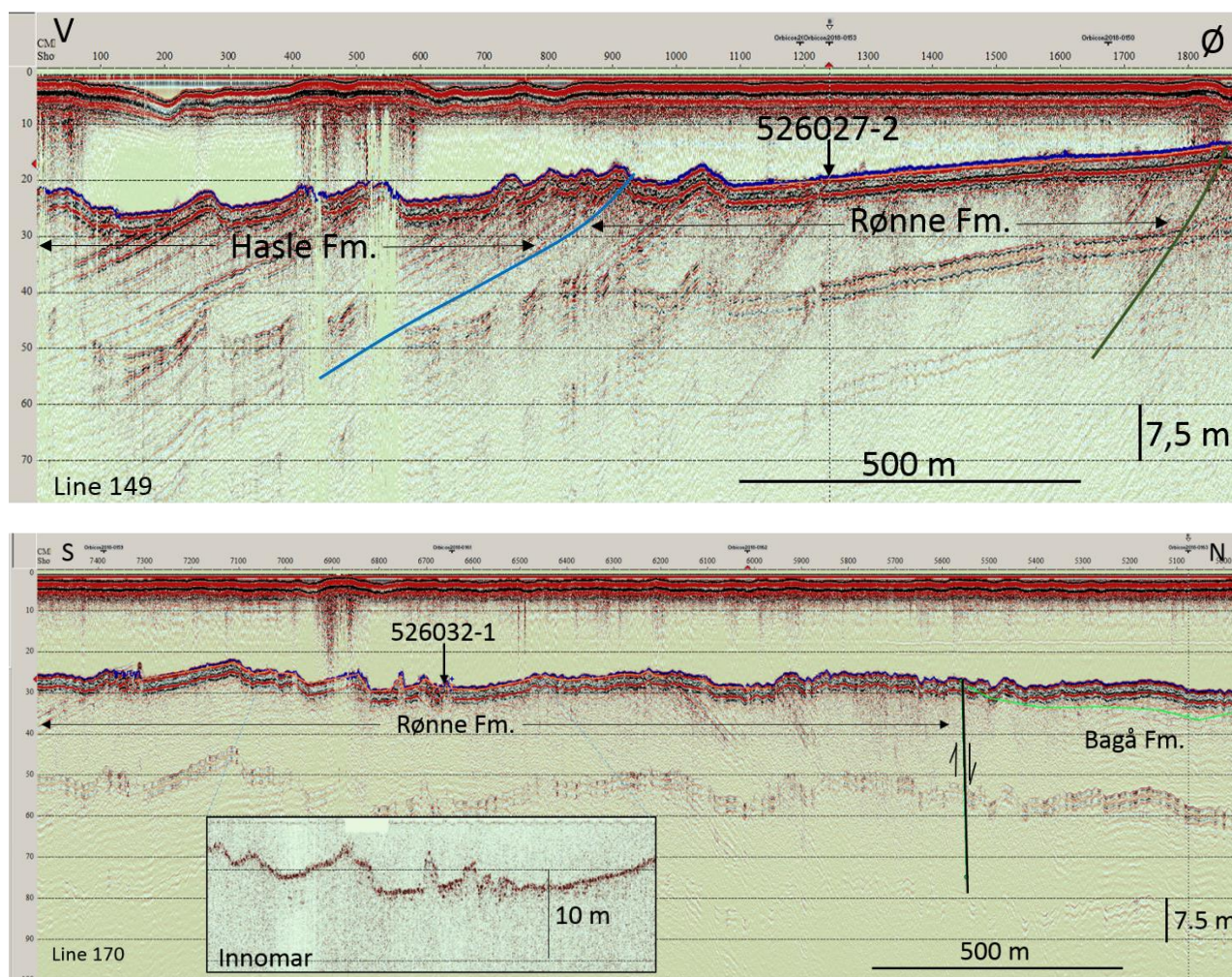
Figur 13-6. Sparker profil med hældende lagdeling og overgang fra Hasle Formationen (til højre) til Bagå Formationen (til venstre).

13.6 Ressourceområde 526.027 og 526.032 (Rønne Formation)

To præ-Kvartære ressourceområder 526.027 og 526.032 i den nedre jurassiske Rønne Formation findes tæt på kysten nord for Rønne Havn. Formationen består af sandbænke indlejret mellem ler, cementeret ler-jernsten og heterolitiske lag og har en mægtighed på 350-480 m. To borer foretaget i 2017 i ressource 526.027 gav kun overfladenære (<0,5 m) sandede til grusede yngre aflejringer med lerjernstenskongreter og forkulde vedstykker, som formodes at være residualaflejringer fra den underliggende Rønne Formation.

De ny seismiske linjer dækker kun en mindre del af ressourceområde 526.027, og viser diffuse vestværtshældende parallelle reflektorer med enkelte mere distinkte reflektorer. Den vestlige del af område 526.032 er dækket af de ny seismiske linjer og viser ligeledes diffuse reflektorer der danner en antiktinalstruktur med Ø-V foldakse og tilgrænsende forkastningszoner.

De ny data har ikke bidraget med information der kan ændre på klassifikationen af ressourceområderne.



Figur 13-7. Øverst ses i sparker profil linje 149 overgang fra Rønne Formationen til Hasle Formationen. Nederst ses i sparker profil linje 170 en forkastningsbetinget grænse mellem Bagå Formationen (til højre) og Rønne Formationen (til venstre). Innomar profiludsnit bekræfter, at der på dette sted ikke er noget Kvartært dække over de præ-Kvartære lag.

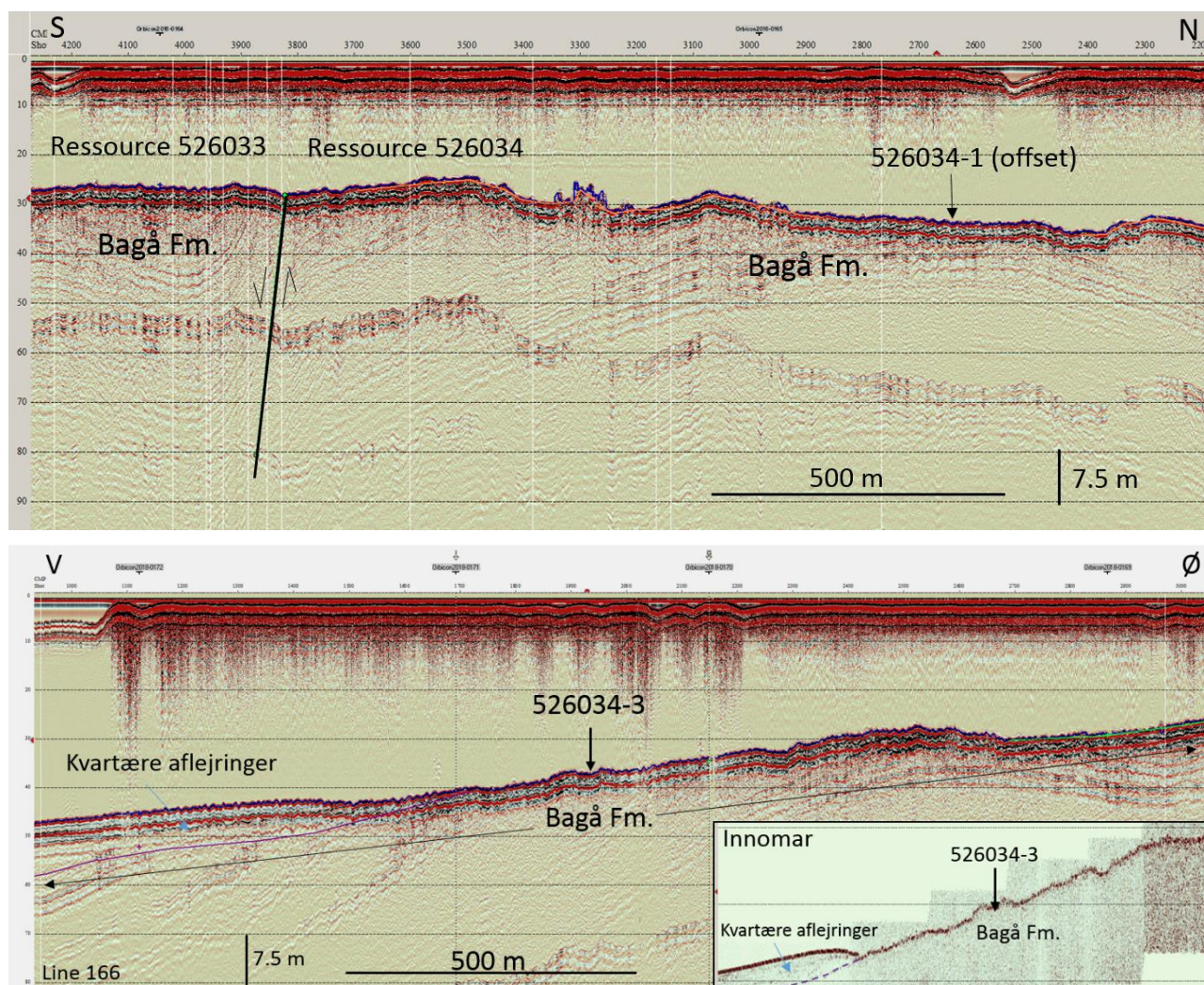
13.7 Ressourceområde 526.033 og 526.034 (Bagå Formation)

To præ-Kvartære ressourceområder 526.033 og 526.034 i den mellem til øvre jurassiske Bagå Formation adskilt af en forkastningszone, findes tæt på kysten umiddelbart vest og sydvest for Hasle. Formationen består af sandbænke indlejret mellem lerbænke, heterolitiske lag og kullag.

To boreriger foretaget i 2017 i ressource 526.033 i den vestlige og den sydlige del nåede ikke igennem det Kvartære dække og viste senglaciale sandede til grusede aflejringer over moræneler/slap moræne. Nye seismiske data viser dog, at de præ-Kvartære lag er blottede på havbunden i den østlige del af ressourceområdet.

Boring 526034-4 foretaget i ressource 526.034 viste tykke bænke med mellem- og grovkornet sand uden skaller. Aflejringerne blev vurderet til sandsynligvis at være af senglacial alder. De ny seismiske data (og arkivdata) viser dog intet senglacial dække på borigspositionen. Derimod ses Bagå Formation aflejringer at gå helt op til havbunden, dannende en antyklinalstruktur med tydelig bænkning. På det foreliggende grundlag vurderes boringen til at repræsentere Bagå Formationens sandlag. En kornstørrelsesanalyse viser en forholdsvis grovkornet sandenhed med 10 % finkornet sand, 68 % mellemkornet sand og 18 % groft sand og med en gennemsnitskornstørrelse på 0,38 mm. Boring 526034-1 fik kun godt 10 cm overfladesediment med grovsand, fingrus og kulstykker. Boringen ses på de ny seismiske data at have ramt markant reflektive lag, muligvis med en vis cementeringsgrad, der har forhindret boring.

De nye data har ikke bidraget med informationer der kan ændre afgørende på klassifikationen af de præ-Kvartære ressourceområder. Det er med den retolkede boring bekræftet, at der stedvist forefindes forholdsvis grovkornede og løst præ-Kvartært sand, som må formodes at have et højt kvartsindhold. Mod vest afgrænses de præ-Kvartære ressourcer af moræneenheder med overlejrende senglacialt sand og grus. Sidstnævnte beskrives i det følgende som ressourceforekomster.

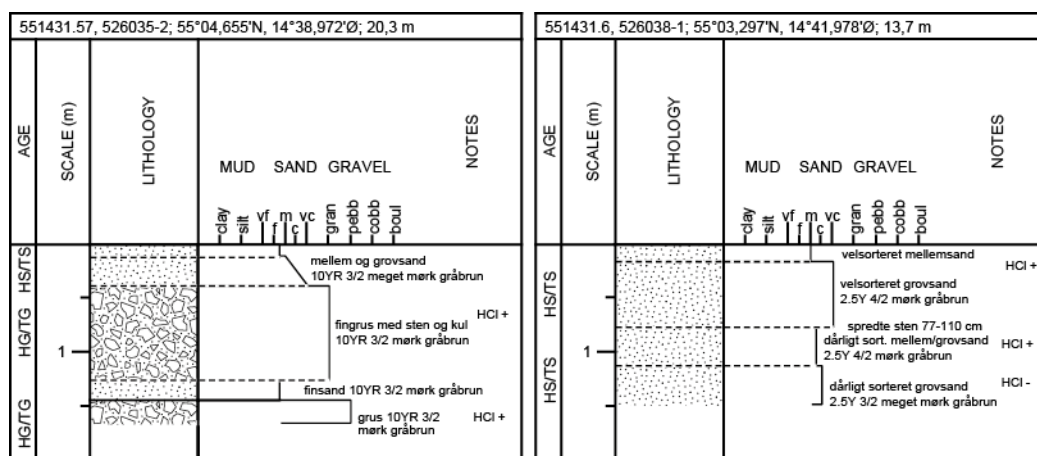


Figur 13-8. Øverst ses en forkastningsbetinget grænse mellem Bagå Formation ressourceområderne 526.033 og 526.034. Nederst ses et Ø-V orienteret profil gennem Bagå Formation ressourceområde 526.034. Den vestlige dybere del er dækket af Kvartære aflejringer. Den tilsvarende overgang ses på Innomar profiludsnittet.

13.8 Ressourceområde 526.035, -36, -37, -38 og -39 (senglaciale kanalaflejringer)

Over mindre dele af Bagå Formationen ressourceområder 526.021 og 526.022 findes områder med relativt grovkornede senglaciale kanalaflejringer, som muligvis før den marine transgression og erosion har udgjort et sammenhængende netværk. I den største af forekomsterne 526.035 blev der i 2017 foretaget en boring som påviste >1,7 m senglacialt fingrus og grovsand (boring 526035-1; Figur 13-9). I 526038-1 blev der påvist >1,5 m senglaciale mellem- og grovkornet sand (Figur 13-9).

De nye seismiske undersøgelser har bekræftet udstrækningen af de eksisterende senglaciale ressourceforekomster. Grundet det begrænsede antal sejllinjer over forekomsterne, og det faktum at basis af forekomsterne for det meste kun kan observeres på sparker linjer af begrænset opløsning, er der ikke foretaget retolkning af ressourcernes udstrækning og mægtighed.



Figur 13-9. Sedimentologiske logs for boring 526035-1 og boring 526038-1.

13.9 Ressourceområde 526.040 (senglacial ressource over præ-Kvartære ressourceområder 526.030, 526.033 og 526.034)

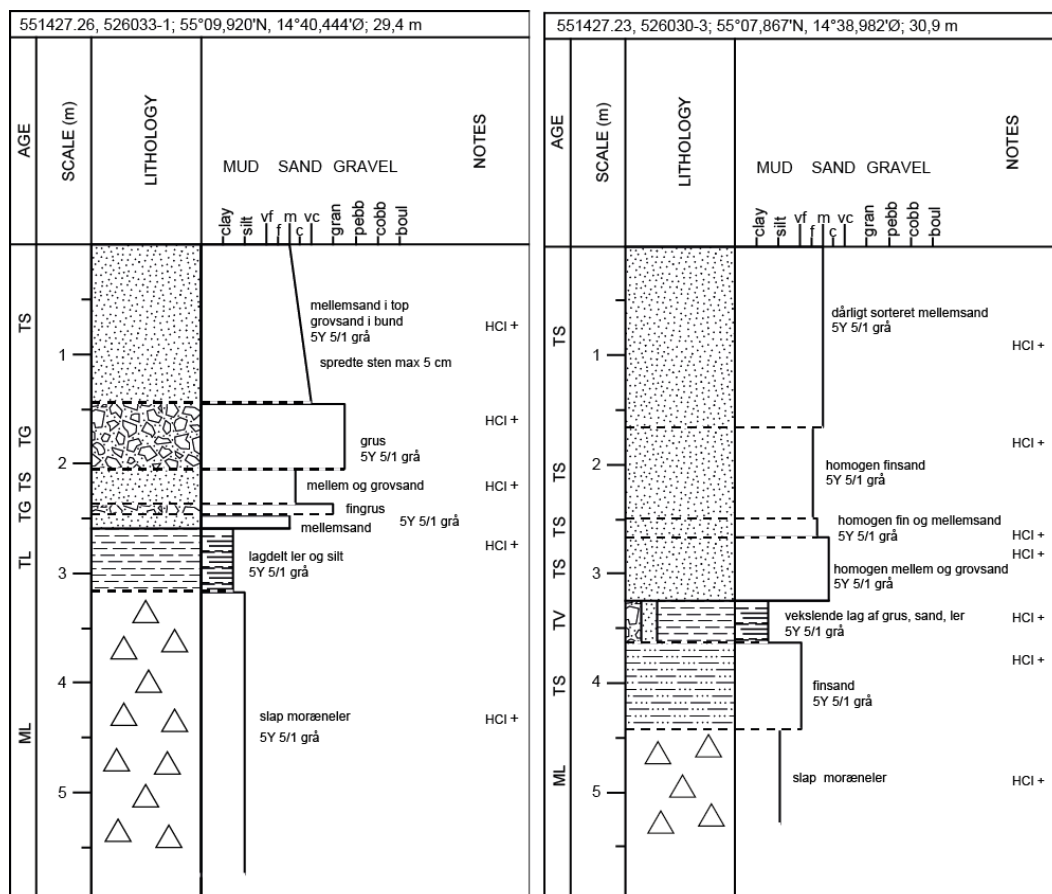
Flere borer foretaget i 2017 på vanddybder omkring 25-30 m udfor kysten mellem Rønne og Hasle påviste sandede og grusede senglaciale aflejringer overlejrende senglacialt ler, moræneler og den præ-Kvartære lagserie (fx boring 526033-1, 526033-3 og 526028-1; Figur 13-10).

På de nye seismiske sparker data kan grænsen mellem den Kvartære lagserie og den hældende og foldede præ-Kvartære lagserie ses som en tydelig vinkeldiskordans. Mægtigheden af den Kvartære lagserie stiger i vestlig retning mod større vanddybde. Innomar data der har mindre penetration men større vertikal opløsning viser basis af de lagdelte senglaciale aflejringer overlejrende moræneler eller senglacialt ler. Det er ligeledes muligt på baggrund af Innomar data at afgrænse zonen, hvor den præ-Kvartære lagserie bliver dækket af Kvartære aflejringer med større nøjagtighed.

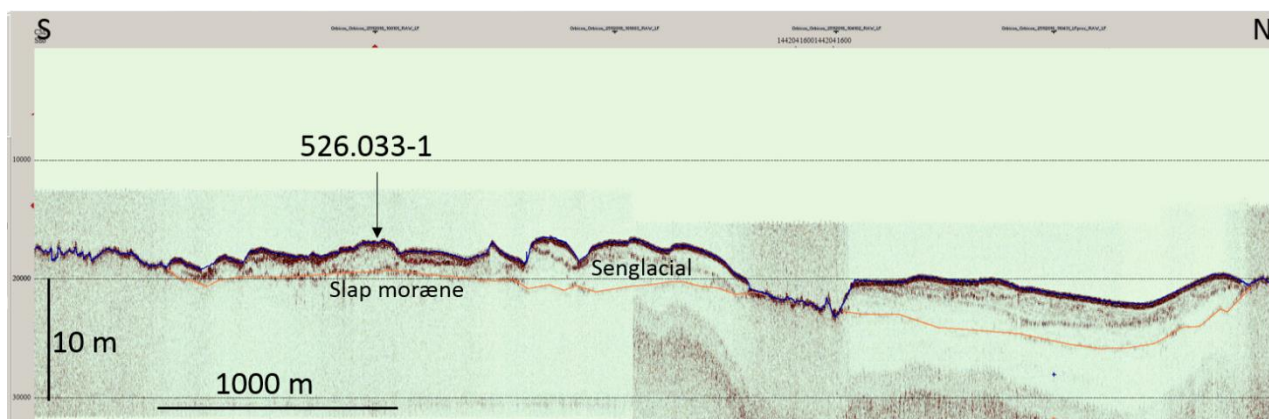
På baggrund af boringsdata sammenholdt med Innomar data er der foretaget kortlægning af den senglaciale sandede og grusede lagserie. Enkelte borer indikerer stedvis forekomst af sandede Holocæne toplag. Disse har dog ikke kunnet adskilles og kortlægges separat fra de dominerende senglaciale underliggende aflejringer, og de Holocæne aflejringer er inkluderet i en samlet ressource. Ressourcen er tildelt ressourcenummer 526.040 og betegnes med geokode TS. Råstofkvaliteten sat til Sand 1. Der er foretaget kornstørrelsesanalyse af en prøve fra den øverste del af boring 526033-1. Analysen viser 17, 59, 16 og 5 procent i fraktionerne: fin-,

mellem- og grovkornet sand samt grus, med en gennemsnitlig kornstørrelse på 0,33 mm. Kornstørrelsesanalyse af en prøve fra boring 526030-3 gav 77 % finsand, 17 % mellemsand og 4 % groft sand. Ressourcen er moderat sorteret og har en gennemsnitskornstørrelse på 0,15 mm.

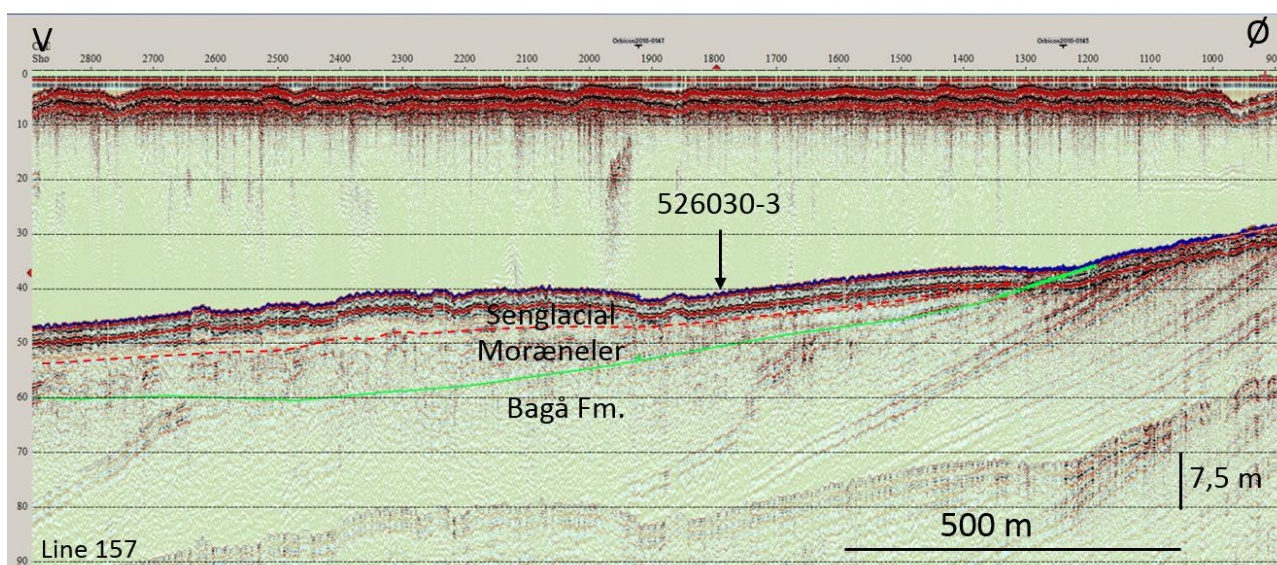
Mægtigheden af ressource 526.040 varierer en del og ressourcen fortsætter et stykke mod vest ud over det område, hvor der er seismisk linjedækning. Ressourcen opnår en maksimal mægtighed på ca. 8 m nordvest for Rønne. Nord herfor er mægtigheden kun ca. 2-4 m. Ressourcen klassificeres som spekulativ grundet det begrænsede antal verifikationsboringer og usikkerheden omkring ressourcens afgrænsning mod større dybde.



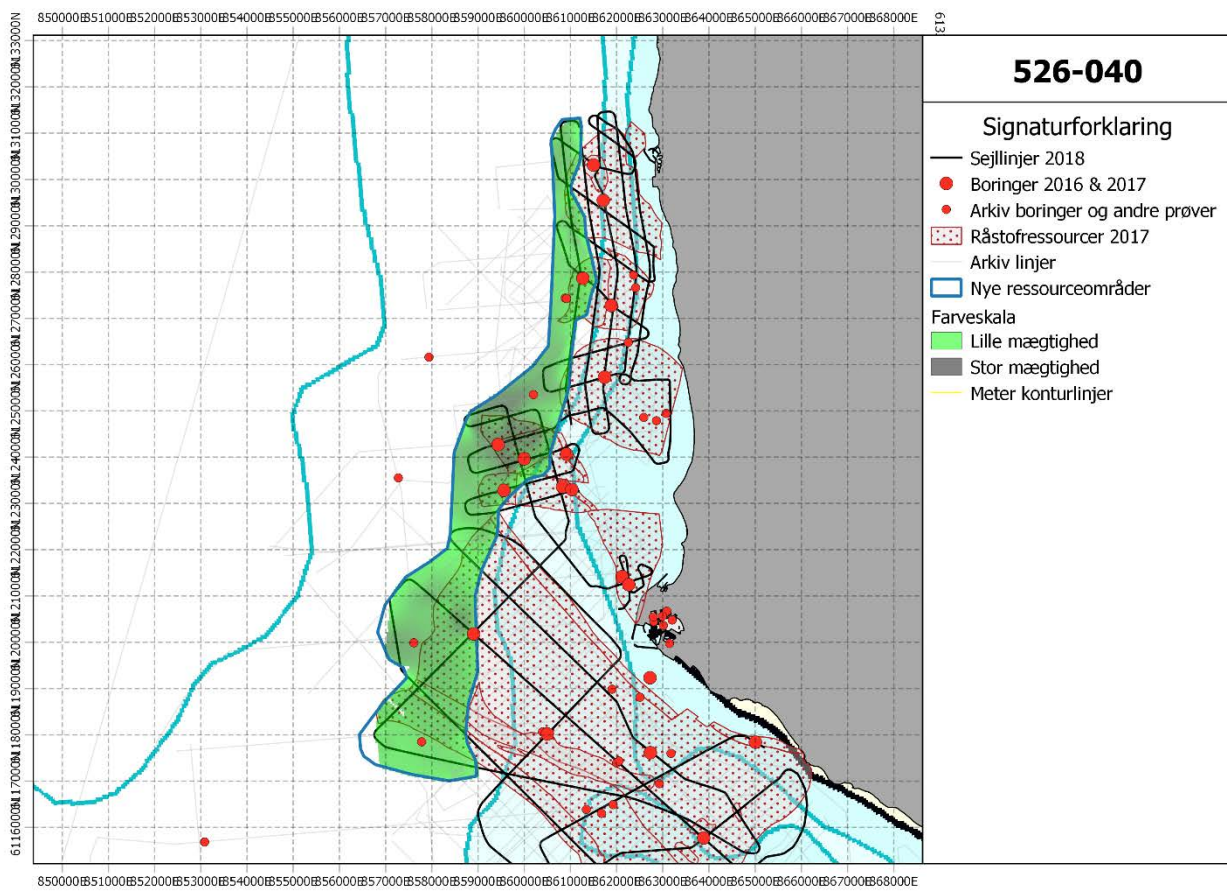
Figur 13-10. Sedimentologiske logs for boringerne 526033-1 og 526030-3.



Figur 13-11. Innomar-profil ved boringsposition 526033-1. Profilet viser grænsen mellem slap moræne og overliggende sandede til grusede senglaciale aflejringer (ressource 526.040) uden noget væsentligt dække af Holocæne sedimenter.



Figur 13-12. Sparker profil gennem ressource 526.040 (senglacial enhed), moræneler og Bagå Formationen med lag der hælder mod vest (umiddelbart vest for ressourceområde 526.030). Boring 526030-3 bekræfter karakteren af den senglaciale enhed.

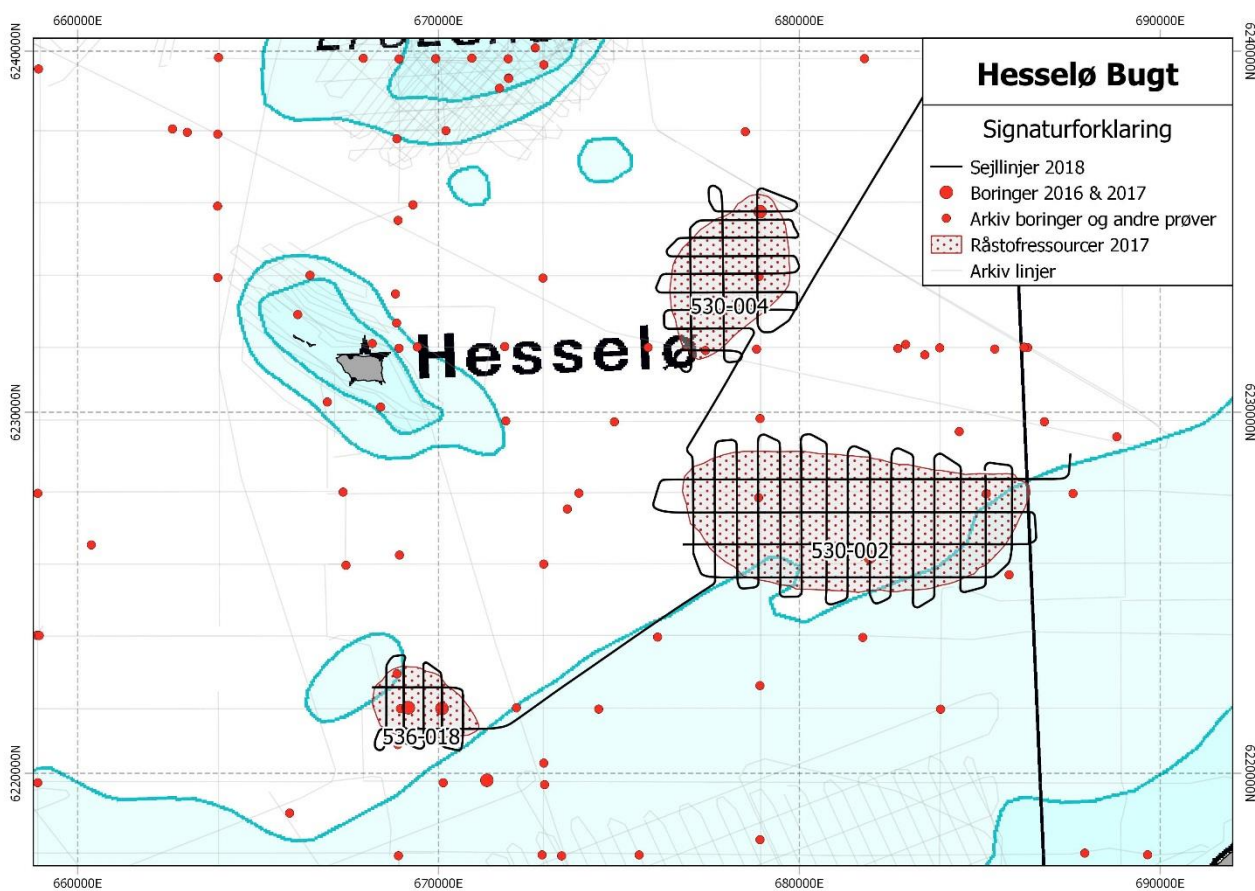


Figur 13-13. Kortlagt ressourceforekomst 526.040 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

14. Område 530 – Nordsjælland

14.1 Områdebeskrivelse

Der er i projektområde 530 undersøgt to spekulative ressourceforekomster (Figur 14-1). Forekomsterne formodes at repræsentere tidligt Holocæne marine sandbanker, dannet i forbindelse med Littorina transgressionen. Efter at havet nåede sit maksimale niveau, er det kun de allerøverste mobile dele af forekomsterne, der har deltaget i den materialeomsætning der foregår på 20 m vand i Kattegat, mens de resterende dele af ressourcerne er stagnerede. Der er i 2016 foretaget to borer i området i forbindelse med Miljøstyrelsens undersøgelser af spekulative ressourcer.

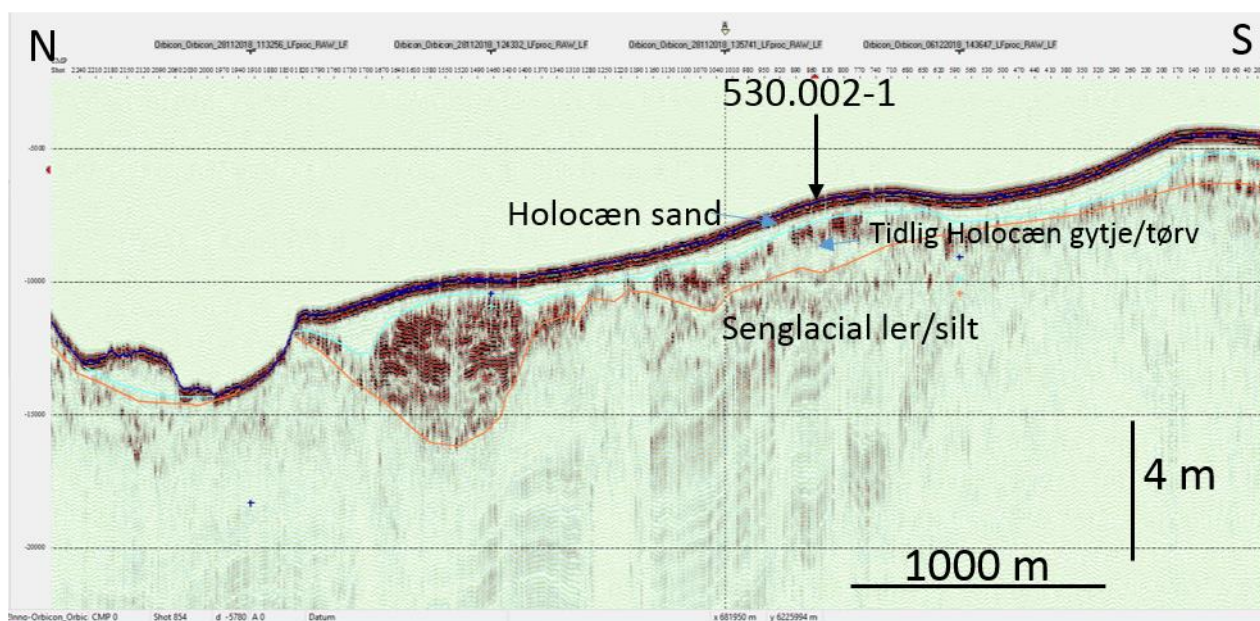


Figur 14-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i området øst og syd for Hesselø.

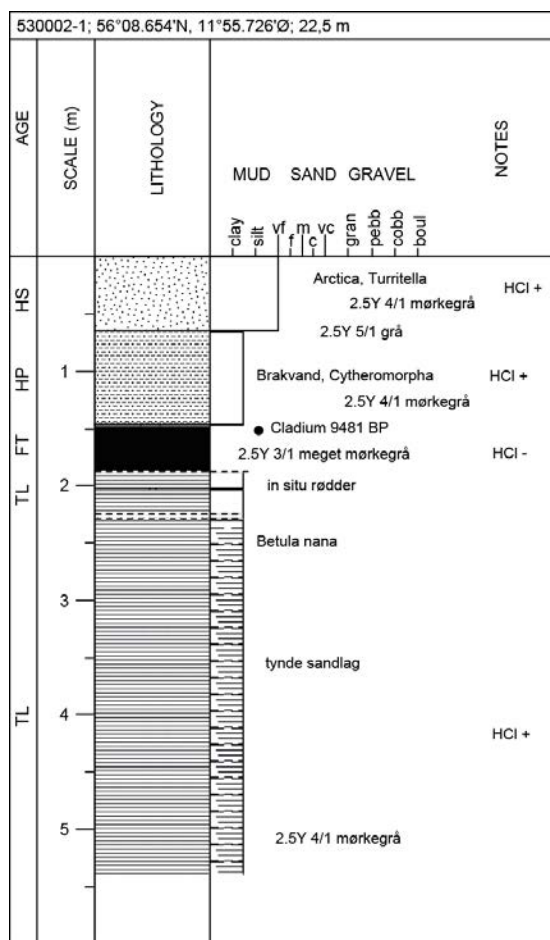
14.2 Ny seismisk undersøgelse

14.3 Ressourceområde 530.002

Ved de seismiske undersøgelser i 2018 er der sejlet i et net med en linjeafstand på 700-1000 m. Boringen 530002-1 i den sydlige centrale del af området viser, at der øverst er et 0,7 m tykt lag Holocænt finkornet sand som underlejres af et 1,5 m organisk-rigt finkornet Holocænt lag og tørvelag fra fastlandstiden (Figur 14-3). Den øvrige del af boringen består af senglacialt ler. På baggrund af Innomar data er basis af det sandede Holocæne dæklag kortlagt. Mægtigheden af den sandede Holocæne enhed overstiger kun 1 m i den vestlige og nordlige del af undersøgelsesområdet, og generelt er mægtigheden maksimalt 1,5 m. De seismiske undersøgelser bekræfter, at fint lagdelte senglaciale aflejringer med en mægtighed på 10 m eller mere underlejrer de Holocæne sedimenter.

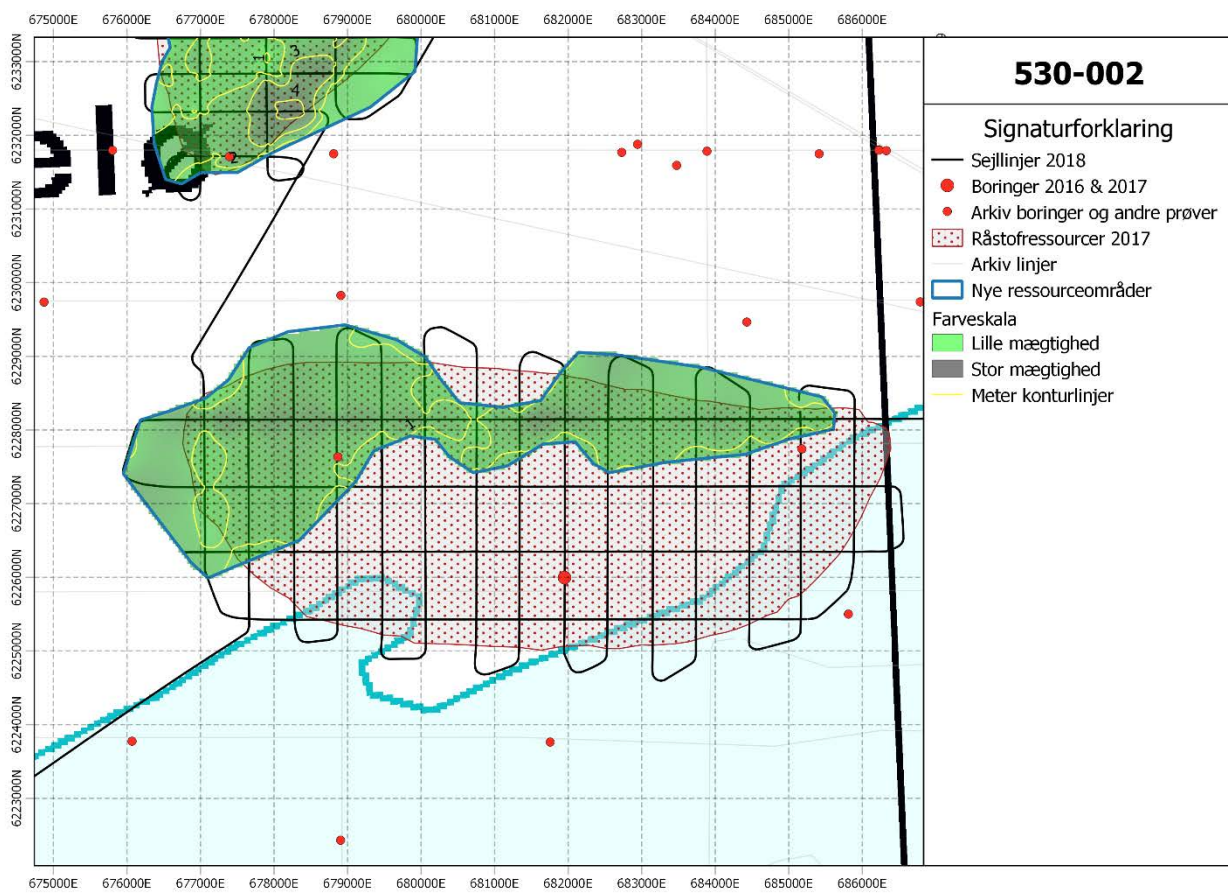


Figur 14-2. Innomar profil gennem ressourceområde 530.002 viser en tynd Holocæne sandressourceenhed overlejrende tidlig Holocæne gyttie og tørve og en tyk senglacial aflejringsserie af ler/silt.



Figur 14-3. Sedimentologisk log for boring 530002-1.

Der er kortlagt en Holocæn Sand 1 forekomst med en udbredelse på ca. 22 km² og en mægtighed på 1-1,5 m. Volumen af forekomsten skønnes til ca. 25 mio. m³. På baggrund af de foreliggende data opgraderes forekomsten til sandsynlig.

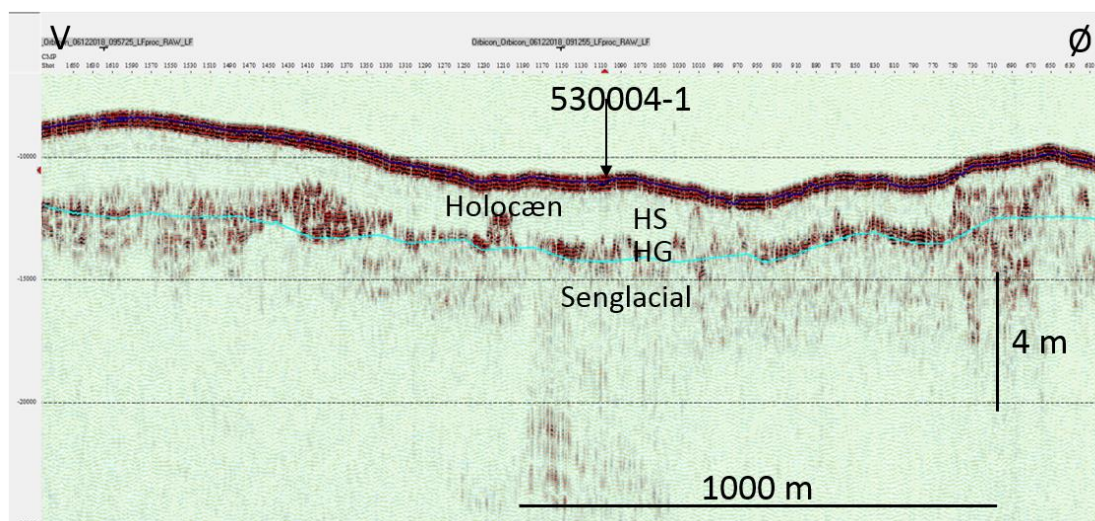


Figur 14-4. Kortlagt ressourceforekomst 530.002 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

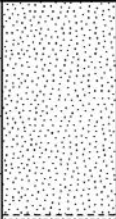
14.1 Ressourceområde 530.004

Ved de seismiske undersøgelser i 2018 er der sejlet i et net med en linjeafstand på 700-1000 m. På baggrund af Innomar data er basis af det Holocæne dæklag kortlagt. Laget har en mægtighed på 1-3 m og er generelt udbredt over hele undersøgelsesområdet. Mægtigheden er størst over positive morfologiske SV-NØ orienterede strukturer. Boring 530004-1 i den nordøstlige del af området viser, at der øverst er et ca. 2 m finkornet marint Holocænt sandlag der er aflejret på et tyndt lag silt der igen er lejret på et lag af groft sand, grus og ral af formodet Holocæn alder (Figur 14-6). Der er udført en kornstørrelsesanalyse fra boringen af det øvre sandlag. Resultatet heraf viser, sandlaget er finkornet (60 %) med lige dele mellemkornet sand og silt/ler. De seismiske undersøgelser viser, at fint lagdelte senglaciale ler/silt aflejringer med en mægtighed på 10 m eller mere underlejrer den Holocæne forekomst.

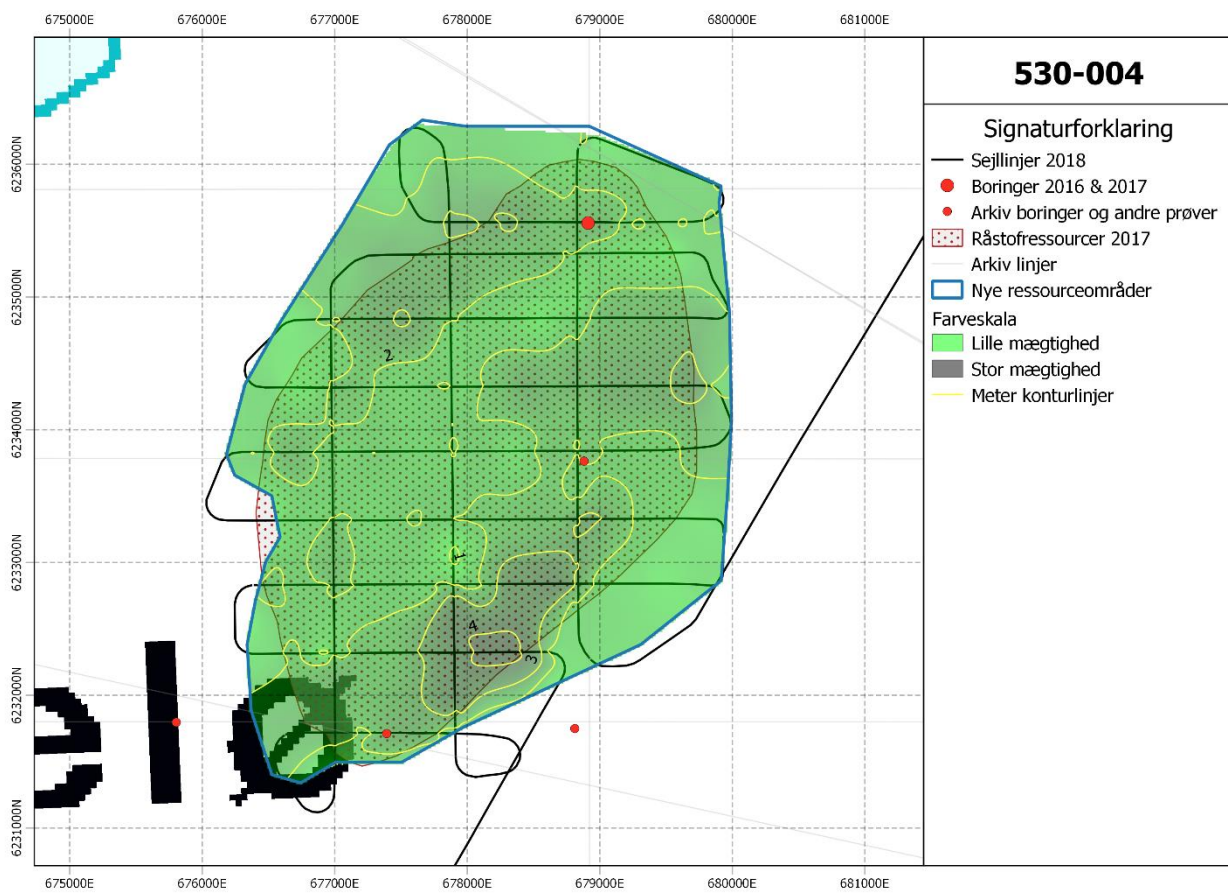
Der er kortlagt en Holocæn Sand 1 forekomst med en udbredelse på ca. 14,3 km² og en mægtighed på 1-3 m. Volumen af forekomsten skønnes til ca. 22 mio. m³. På baggrund af de foreliggende data opgraderes forekomsten til sandsynlig.



Figur 14-5. Innomar profil gennem ressourceområde 530.004 og boring 530004-1 der bekræfter ressourcekarakteren af det sandede og grusede Holocæne toplag, der overlejrer finkornede senglaciale sedimenter.

530004-1; 56°13.871'N, 11°53.182'Ø; 27 m													
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL								NOTES		
			clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul		
HS	1											Pecten, Cardium, Turritella 2.5Y 4/1 mørkegrå lag af tang	HCl +
HG	2												HCl +

Figur 14-6. Sedimentologisk log for boring 530004-1.

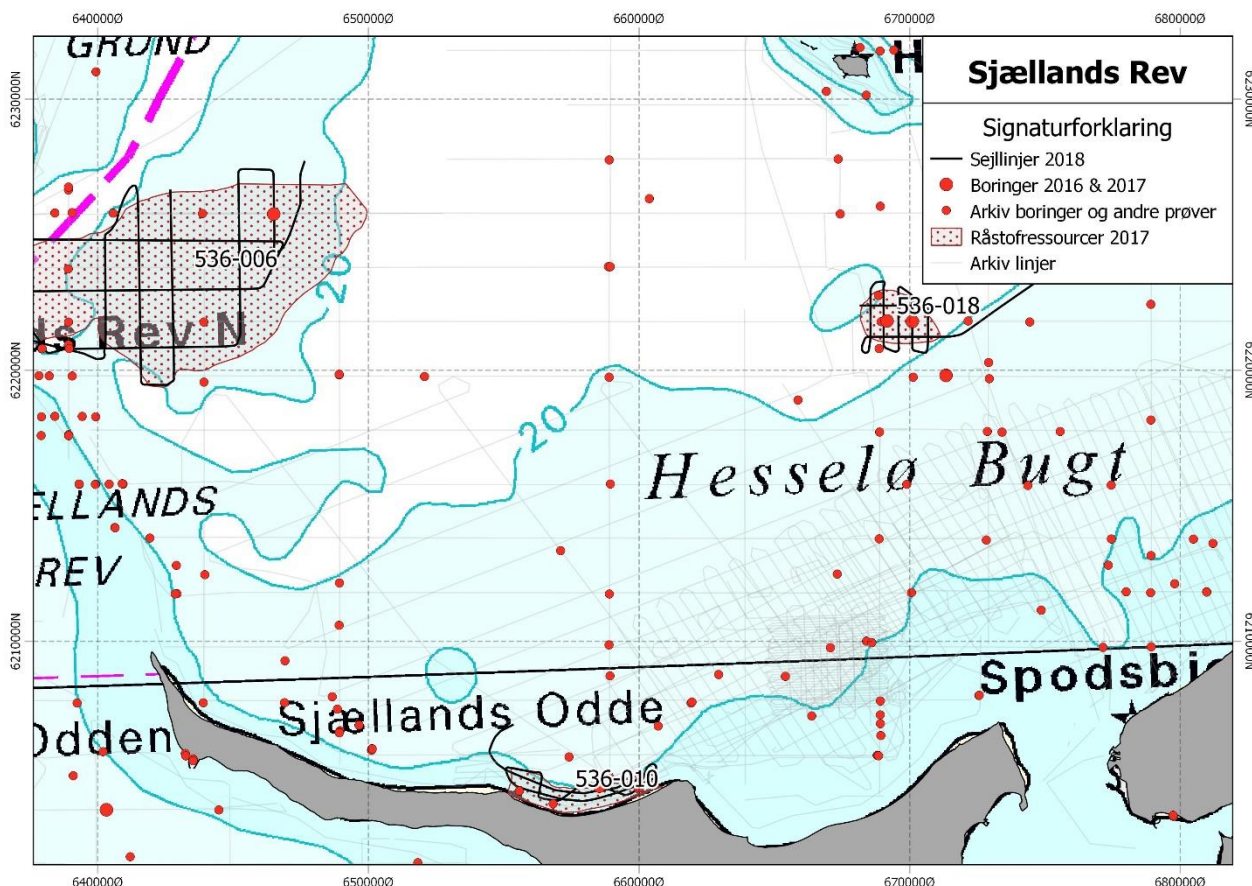


Figur 14-7. Kortlagt ressourceforekomst 530.002 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

15. Område 536 – Sjællands Rev

15.1 Områdebeskrivelse

Der er i projektområde 536 undersøgt tre spekulative ressourceforekomster af forskellig type. Forekomst 536.006 nordøst for Sjællands Rev formodes at repræsentere Holocæne residualaflejringer overlejrende glaci-ale aflejringer. 536.010 består af kystnære, formodede Holocæne aflejringer umiddelbart nord for Lumsås, Sjællands Odde. 536.018 ligger syd for Hesselø og antages for at være opbygget af senglaciale aflejringer.



Figur 15-1. Oversigtskort over sejlinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Sjællands Rev området.

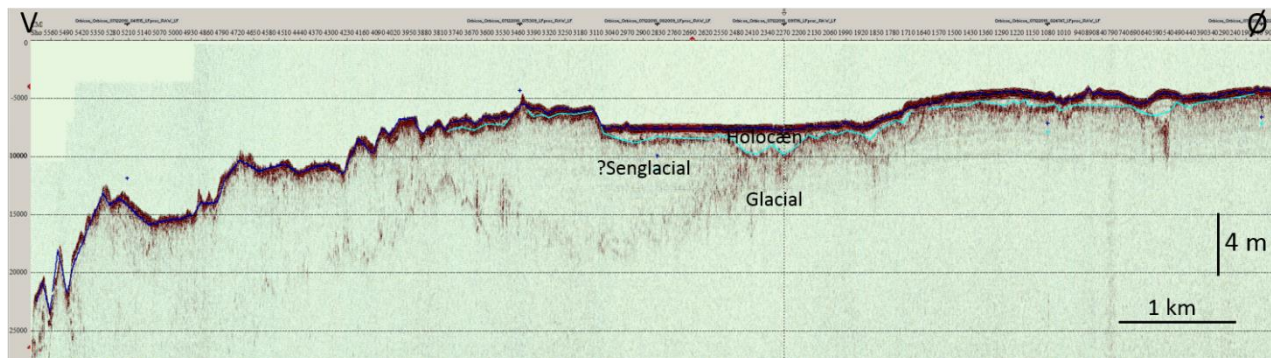
15.2 Ny seismisk undersøgelse

15.3 Ressourceområde 536.006

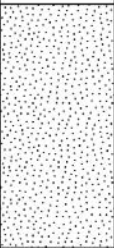
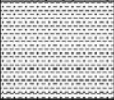
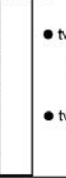
Der er sejlet i et groft seismisk net med en varierende linjeafstand på 1-3 km. Innommar data viser, at der over det meste af området kan påvises et meget tyndt dække af Holocæne formodede sandede til grusede aflejringer (Figur 15-2). Aflejringerne overstiger kun 1 m i mægtighed og de er begrænsede til et ca. 1 km bredt strøg over den centrale del af området.

Boring 536006-1 viser en senglacial og Holocæn lagfølge der består af gytje, tørv og ler som overlejres af 2 m marint finsand. Nederst i boringen er der fundet senglacialt finsand (Figur 15-3). Det seismiske profil sløres desværre af gasforekomst netop omkring borepositionen.

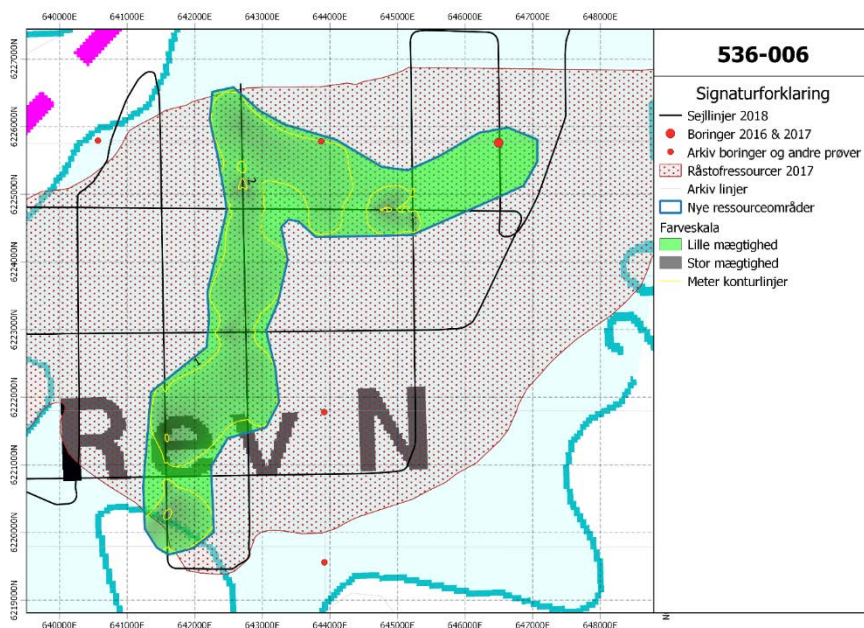
Der er kortlagt en Holocæn Sand 1 forekomst med en udbredelse på ca. 11 km² og en mægtighed på 1-2 m. Volumen af forekomsten skønnes til ca. 14 mio. m³. På baggrund af de foreliggende data opgraderes forekomsten til sandsynlig.



Figur 15-2. Innomar profil på tværs af ressourceområde 536.006. Der ses et tyndt dække af Holocæne sandede aflejringer, der overlejrer formodede senglaciale finkornede sedimenter og glaciære aflejringer.

536006-1; 56°09.260'N, 11°21.514'Ø; 19.5 m														
	AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL									NOTES	
				clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul		
HS	1	2			2.5Y 4/1 mørkegrå									HCl +
					Cardium, Macoma, Nassa									
HL	2	3			Brakvand, lavt vand									meget mørk gråbrun
FT	3	4			● readicells 10318 BP									HCl -
					mørk gråbrun									
TP	4	5			● twigs 12466 BP									2.5Y 4/1 mørkegrå
					lokal sø									
TS	5	6			Betula nana									HCl +
					● twig 12758 BP Betula pubescens									

Figur 15-3. Sedimentologisk log for boring 536006-1.

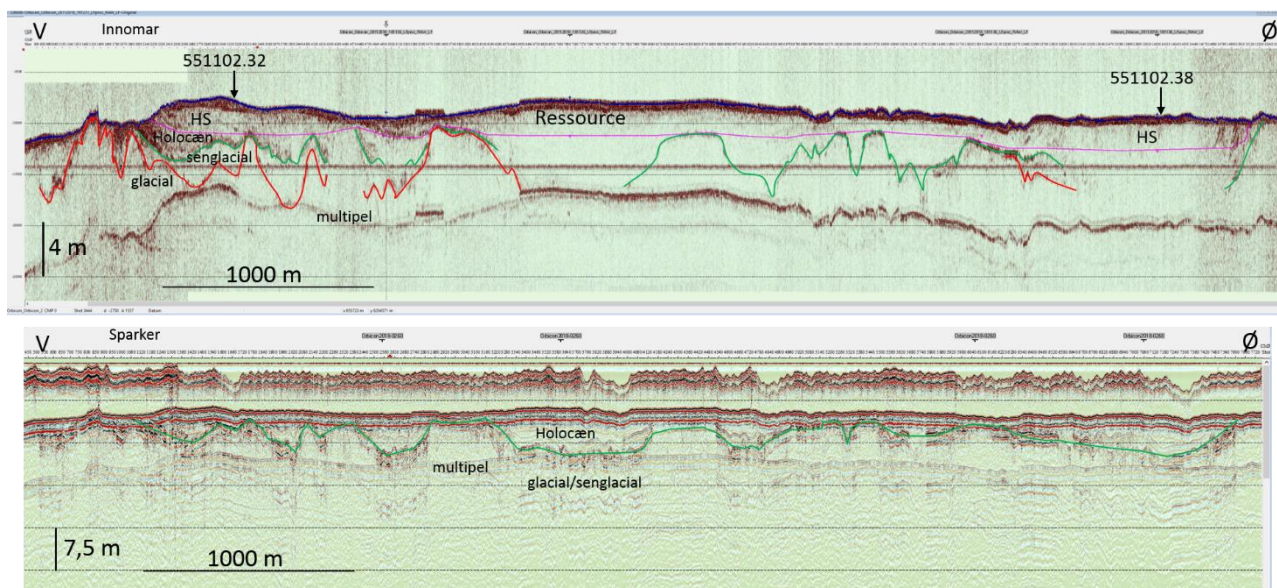


Figur 15-4. Kortlagt ressourceforekomst 536.006 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

15.4 Ressourceområde 536.010

Der er sejlet to kystparallelle linjer og en ondulerende linje der krydser de to linjer flere gange. Innomar og sparker data sammenholdt med boringsdata påviser en glacial overflade overlejret af en op til 4 m tyk senglacial enhed, som overlejres af en sammensat Holocæn penhed, der varierer i mægtighed. I arkiv boring 551102.32 fra den vestlige del af forekomsten markerer et tørvelag ved 2,6 m basis af de Holocæne aflejringer. Tørvelaget er overlejret af gytjerigt marint ler og et leret finsandslag som opefter går over i lagdelt finsand og øverst mellemkornet til groft sand. Boring 551103.38 i den østlige del af forekomsten viser en >5 m tyk formodet tidlig Holocæn finkornet og gytjeholdig lagfølge som ved 2,6 m under havbund afløses af mellemkornet marint sand. Boring 536010-1 udført på lidt dybere vand i undersøgelsesområdets nordlige del viser kun 0,3 m mellemkornet marint sand overlejrende moræneaflejringer (Figur 15-6). Innomar seismiske data sammenholdt med boringsdata viser, at de tidligt Holocæne finkornede aflejringer er fokuseret i trug eller småbassiner og at den øvre marine sandede lagfølge har en mere jævn udbredelse. Undergrænsen af den øvre marine sandede enhed er kortlagt som basis for ressourcen. Heraf fremgår det, at den Holocæne marine sandressource med en mægtighed på 1-3 m findes i et ca. 500 m bredt kystparallelt bælte, som slutter mod vest og øst inden for undersøgelsesområdet.

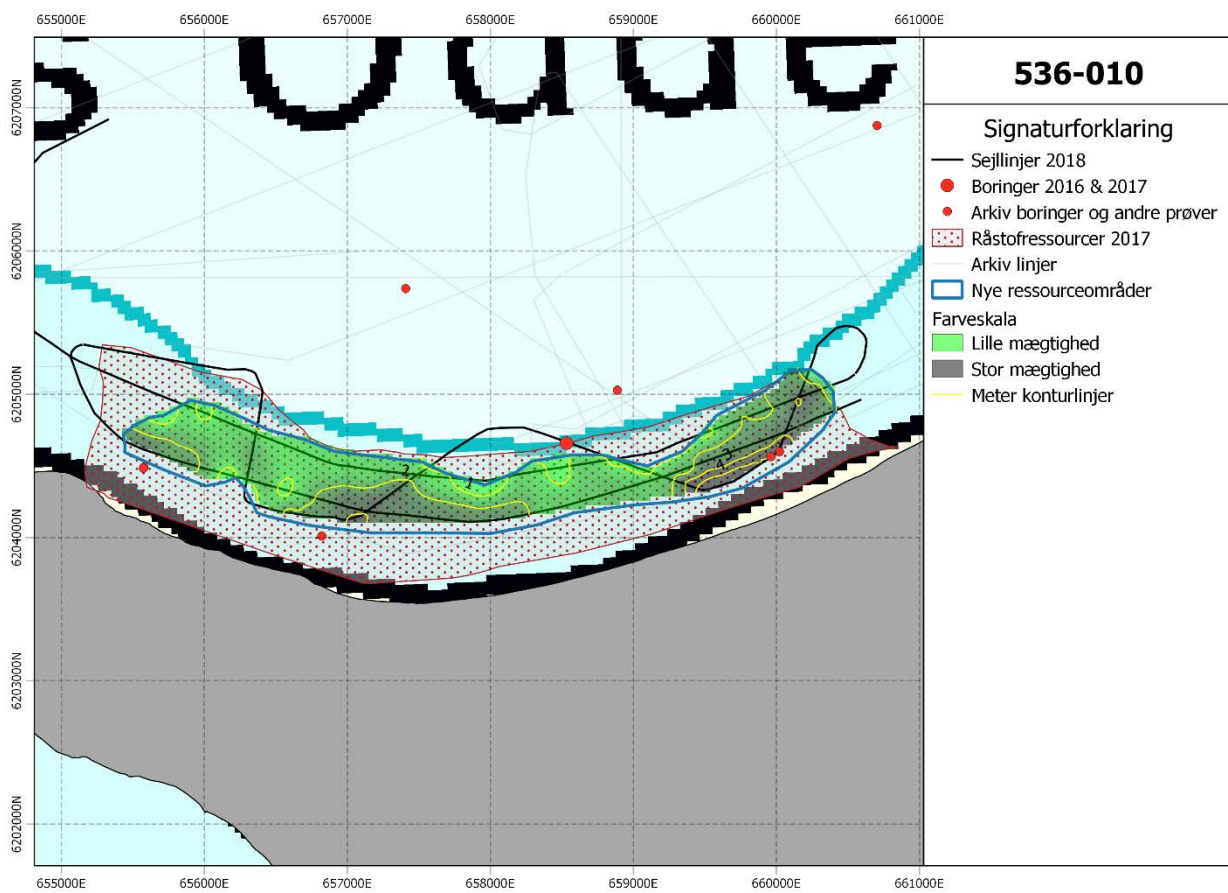
Der er kortlagt en Holocæn Sand 1 forekomst med en udbredelse på ca. 11 km² og en mægtighed på 1-3 m. Volumen af forekomsten skønnes til ca. 20 mio. m³. På baggrund af de foreliggende data opgraderes forekomsten til sandsynlig.



Figur 15-5. Øverst ses Innomar profil gennem ressourceområde 536.010 med to arkivboringer (551102.32 og 551102.38) der bekræfter en Holocæn sandressource (over lys rød streg) overlejrende finkornede tidligt Holocæne aflejringer, senglacial/glaciale aflejringer. Nederst ses sparker profil fra samme sejlinje, og her er grænsen mellem den Holocæne lagserie og underliggende glacial/senglacial fremhævet med grøn markering.

536010-1; 55°57.664'N, 11°32.378'Ø; 10 m													
	AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL				NOTES					
				clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul	
HS													Arctica, Turritella, HCl +
ML		1											2.5Y 4/2 mørk gråbrun HCl +

Figur 15-6. Sedimentologisk log for boring 536010-1.

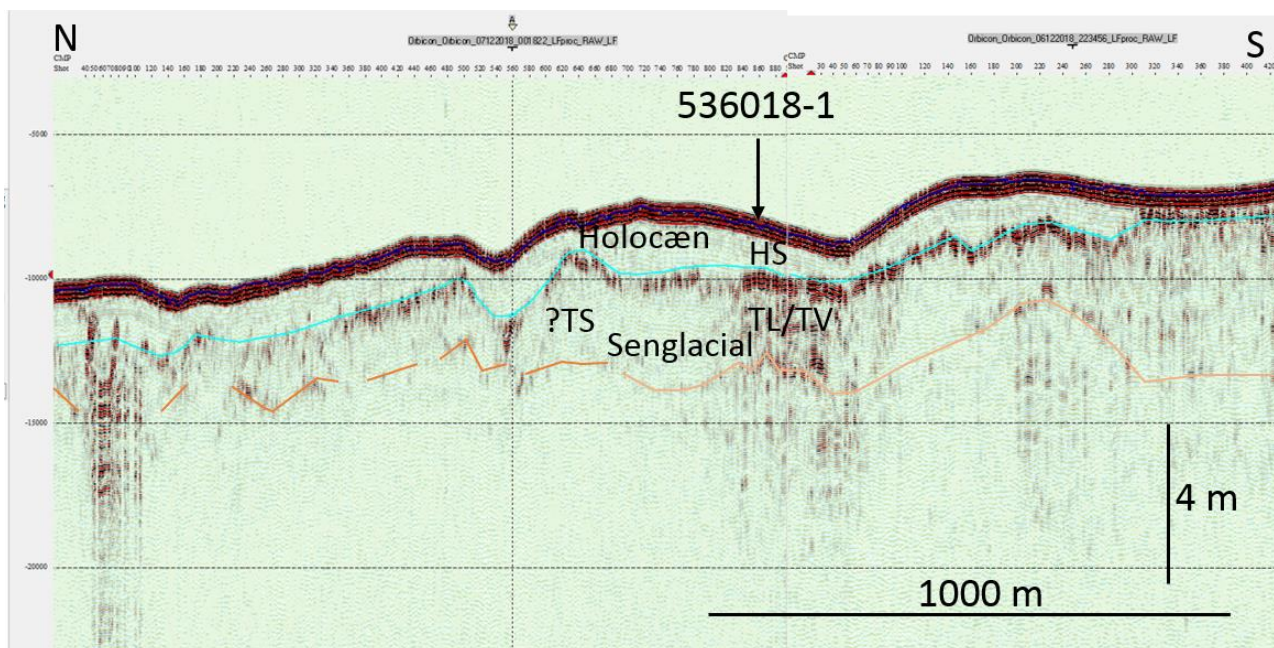


Figur 15-7. Kortlagt ressourceforekomst 536.010 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

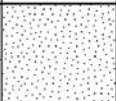
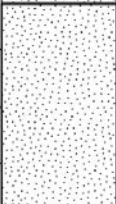
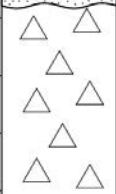
15.5 Ressourceområde 536.018

Der er sejlet to vest-øst-gående linjer med en afstand på 1000 m og fem nord-syd orienterede linjer med en afstand på ca. 500 m. Området blev oprindeligt udpeget som en spekulativ senglacial ressource, og arkivboring 561131.88 viser 2 m mellem-grovkornet senglacialt sand overlejret af 1,6 m fin-mellemkornet marint Holocænt sand. Boring 536018-1 udført i 2016 viser 1,6 m fin- og mellemkornet marint sand, der overlejrer senglacialt mellemkornet sand og moræner (Figur 15-9). Kortlægningen har fokuseret på to horisonter: basis af Holocænt sand og basis af en potentiel senglacial sandenhed. Det har ikke dog ikke været muligt at identificere en specifik senglacial ressourceenhed og kun den Holocæne ressourceforekomst er kortlagt med udbredelse og mægtighed.

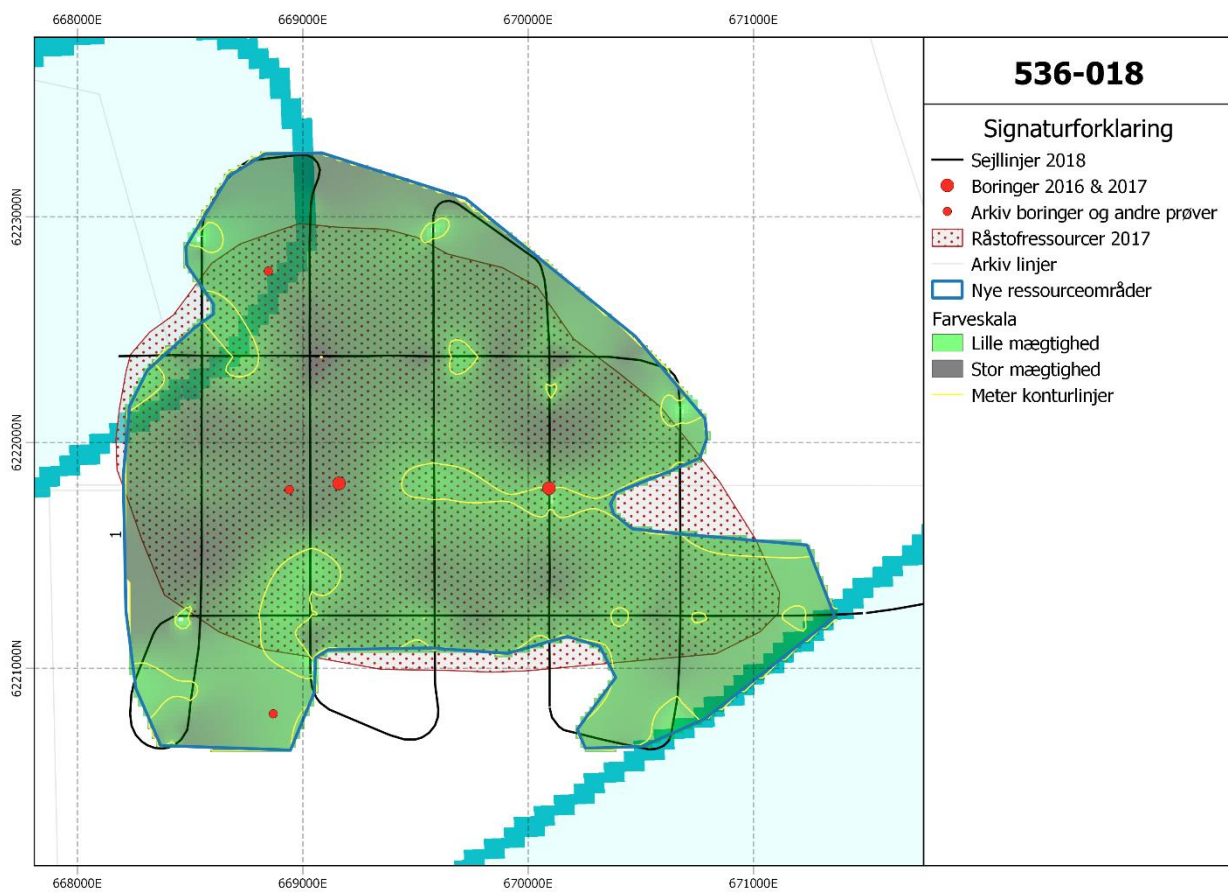
Den Holocæne sandressource 536.018 er udbredt over næsten hele undersøgelsesområdet (5,2 km²) og ressourcen vurderes til at fortsætte i det umiddelbart tilgrænsende området. Mægtigheden er omkring 1-2 og det kortlagte volumen anslås til ca. 7 mio. m³.



Figur 15-8. Innomar profil gennem ressourceområde 536.018 og borsingsposition 536.018-1 der bekræfter en Holocæn sand ressource (over lys blå streg) overlejrende finkornede senglaciale aflejringer.

561131.88, 536018-2; 56°06,681'N, 11°43,218'Ø; 22,6 m												
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL									NOTES
			clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul	
HS	1											homogen fin og mellemsand 5Y 5/1 grå Turritella, Cardium, Mya truncata HCl +
FL	2											Littorina ler, Pisidium, Populus HCl -
TS	3											homogen mellem og grovsand med spredte småsten max 1 cm 5Y 5/1 grå HCl +
ML+MS	4											moræneler og morænesand 5Y 5/1 grå HCl +
	5											

Figur 15-9. Sedimentologisk log for boring 536018-1.

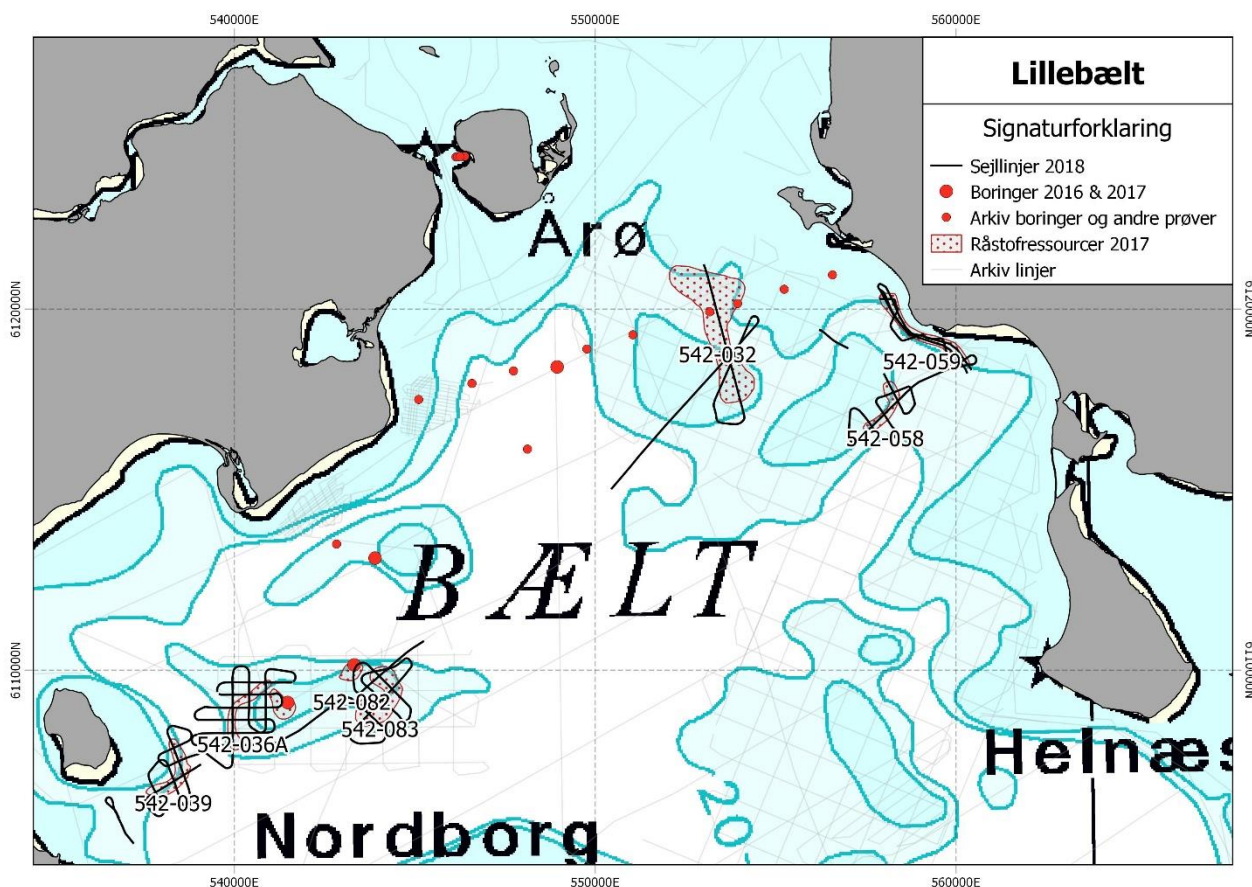


Figur 15-10. Kortlagt ressourceforekomst 536.018 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

16. Område 542 – Lillebælt

16.1 Områdebeskrivelse

I projektområde 542 findes i alt seks tidligere spekulative ressourcer, hvori der er foretaget tre borer: to i forekomst 542.032 og en boring i forekomst 542.036B (Figur 16-1). Vanddybden over forekomsterne varierer mellem 8 og 22 m, med de fleste af forekomsterne mellem 15 og 20 m. Lillebælt området og enkelte af ressourceforekomsterne er beskrevet i GEUS Rapport 2017/34. De resterende forekomster er beskrevet af Fredningsstyrelsen (1986).



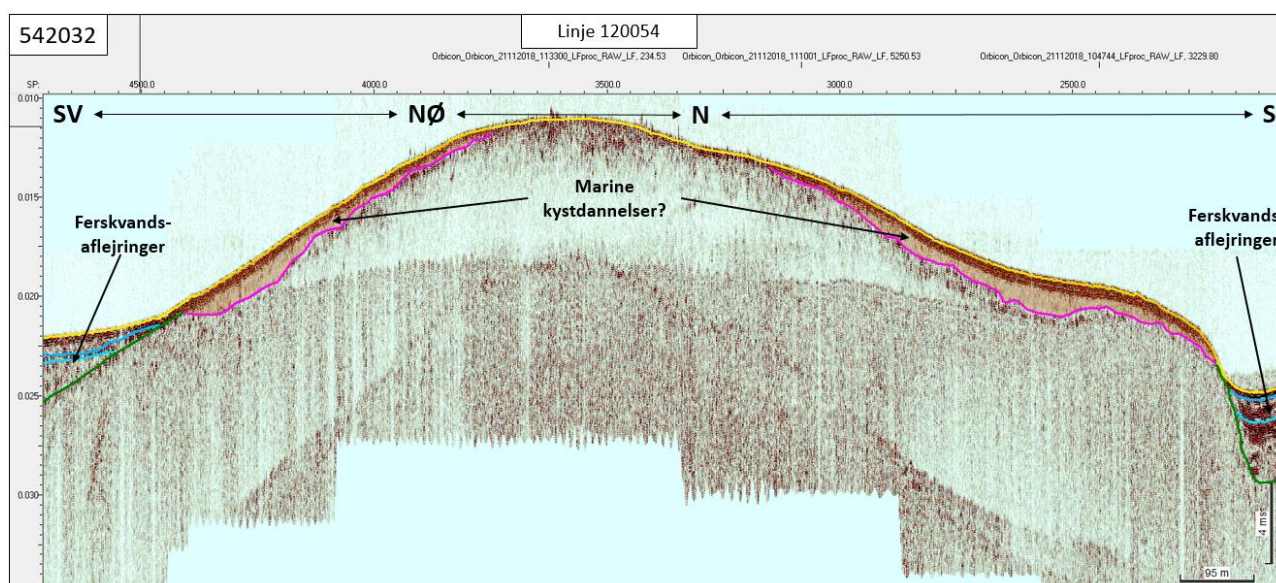
Figur 16-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Lillebælt.

16.2 Ny seismisk undersøgelse

I forbindelse med den nye kortlægning i slutningen af 2018 blev der indsamlet 41 nye seismiske linjer, svarende til ca. 107 km seismik. Fra GEUS' arkiv er der inddraget tre linjer kortlagt med pinger/boomer udstyr. Af de seks spekulative ressourceforekomster beskrevet i nærværende rapport er der kun foretaget en tidligere boring i en enkelt af dem. Af de indsamlede seismiske data, sparker og Innomar, er Innomar data af en udmærket kvalitet og har en god opløsning i de mest overfladenære lag. Sparkers data er desværre af en relativt dårlig kvalitet, da den direkte puls er meget kraftig og overskygger lagskiftene i denne forekomst så markant, at det ikke var muligt med sikkerhed at afgrænse det formodede senglaciale sandlag. Dette betyder, at ressourcerne er svære at tolke og sammenligne ved brug af begge metoder, og derfor at der er en nogen usikkerhed omkring

16.3 Ressourceråd 542.032

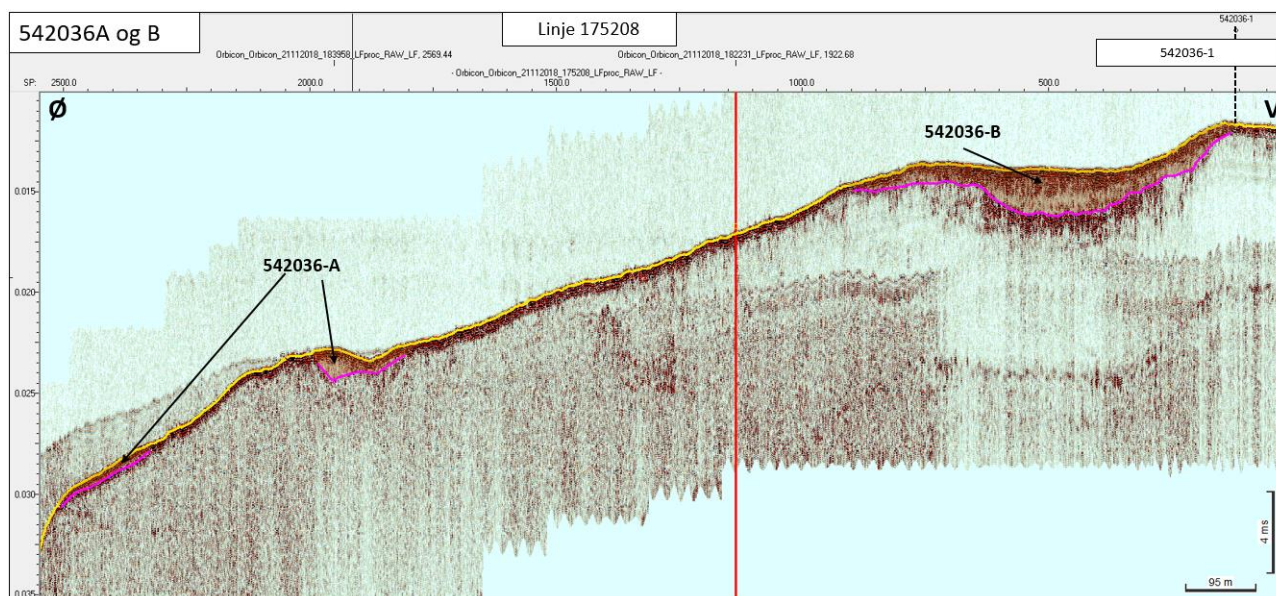
De indsamlede Innomar data fra 2018 viser ingen tydelig råstofressource af hverken sand eller grus i område 542.032. De to borerer bekræfter heller ikke en ressource. På baggrund af den nye gennemgang af forekomsten må det anbefales at ressourcen opgives.



16.4 Ressourceområde 542.036A og B

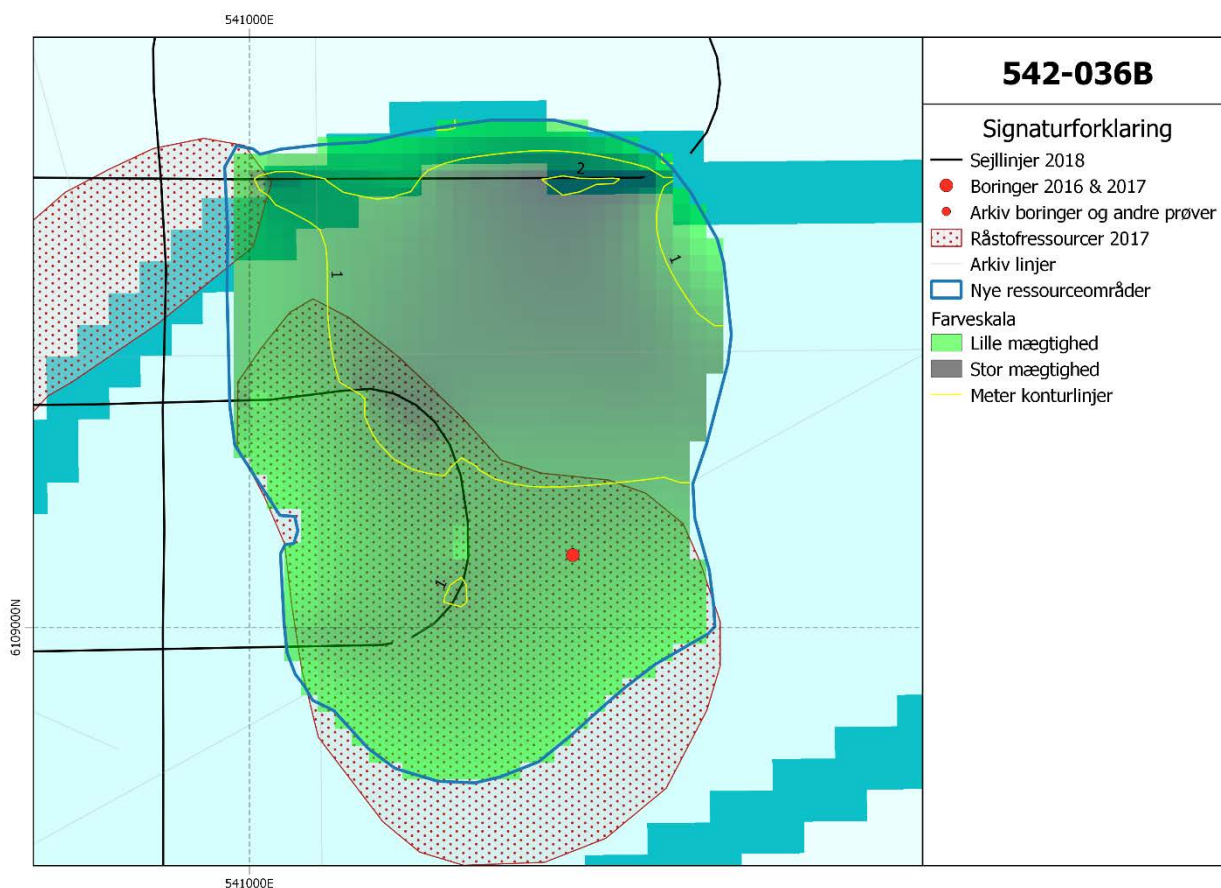
105

Idet der ikke er udført borer i 2018, tolkes den nordlige langstrakte del af ressourcen fortsat som en gruset strandvoldsdannelse, mens den centrale del som har en boring fortsat tolkes som et påvist sandet akkumulationsflak (Sand 1). Den halvcirkelformede 542.036A synes ikke umiddelbart at være en sammenhængende ressource – den består snarere af flere små marine kystaflejringer (Figur 16-3). Arealet kan dog ikke ændres ud fra de foreliggende data og ressourcen har derfor samme udstrækning og kvalitet som før, om end en maksimal tykkelse på ca. 1,5 m. En gennemsnitstykkelse på ca. 1 m kan angives. Forekomst 542.036A har fortsat et volumen på 0,5 mio. m³, og dermed anses området for at være for lille og da det ikke virker sandsynligt, at området strækker sig ud over det ny-kortlagte område, sløjfes denne del af ressourcen.



Figur 16-3. Innomar profil gennem ressourceområde 542.036A og 542.036B. Profilet viser små og spredte ressourcer der udgør sandforekomster i område 542.036A. Mod vest på profilet ses den tykkere og mere samlede forekomst 542.036B i den centrale del af Holst Banke.

542.036B er den del af forekomsten der allerede var klassificeret som et påvist sandet akkumulationsflak (kvalitet Sand 1) på grundlag af boring 542026-1. På baggrund af den nye kortlægning kan området udvides mod nord til den nordøstlige kant af Holst banke. På Figur 16-4 nedenfor vises tykkelseskortet og det nye polygon for forekomsten, som har et areal på ca. 0,8 km² og et volumen på ca. 0,5 mio. m³ Sand 1.

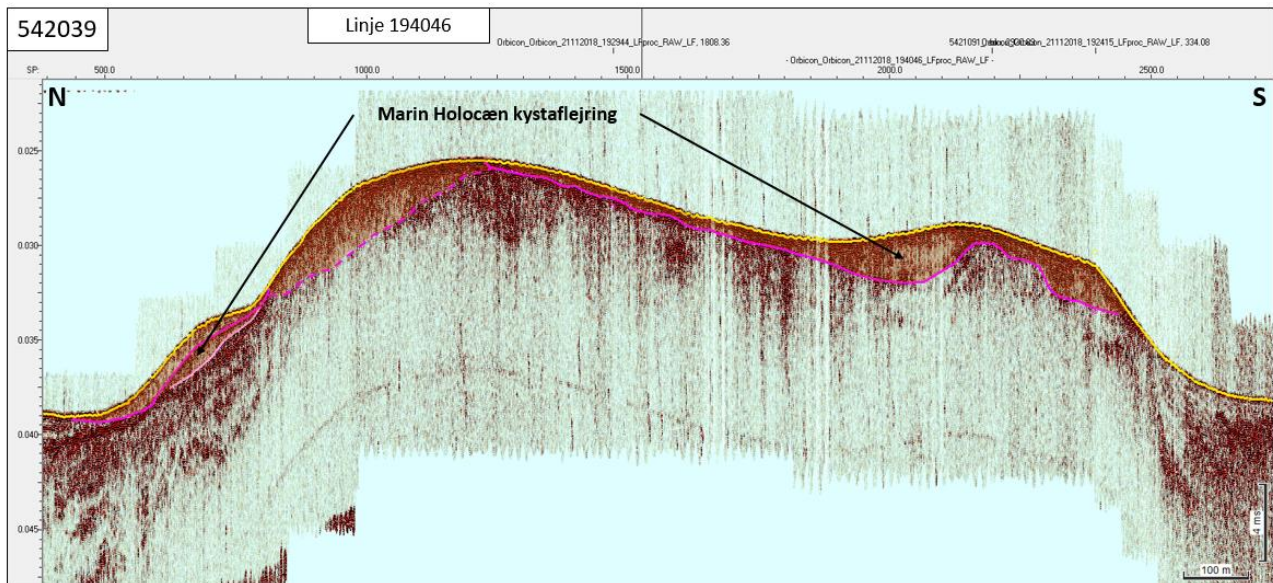


Figur 16-4. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområdet.

16.5 Ressourceområde 542.039

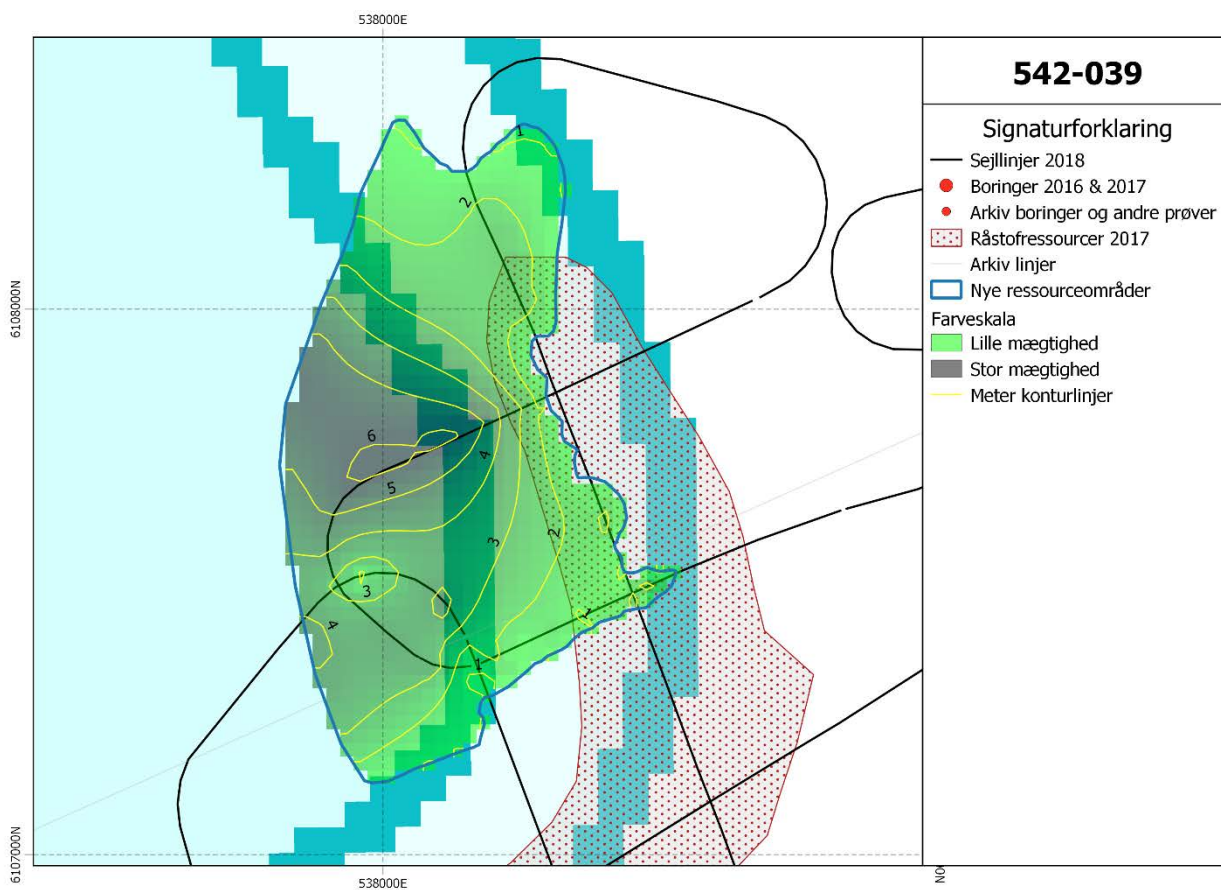
Forekomsten ligger på sydvest-siden af Barsø Grund, vanddybden er 18-22 m (Figur 16-1). På grundlag af den nye kortlægning af område 542.039 foreslår vi en ændring af ressourceområdet mod nordvest, til den mere centrale del af Barsø Grund. Der er indsamlet syv nye seismiske linjer, svarende til 11,6 km. På baggrund af de nye informationer flyttes ressourceområdet, idet den tidligere tolkning var placeret syd for en gruset sandbanke, der ser ud til at udgøre ressourcen.

Ressourceområdet tolkes fortsat som Holocæn saltvandsgrus, idet der fortsat ikke er indsamlet en boring af ressourcen. Kvaliteten af de ny-indsamlede sparker data er ikke tilstrækkelig god til at retfærdiggøre en ny tolkning. Det ny-kortlagte ressourceområde kan sammenlignes med den påviste del af 542.036 ressourcen som består af Holocæn saltvandssand.



Figur 16-5. Innomar profil gennem ressourceområde 542.039, hen over den centrale del af Barsø Grund. Henover grunden varierer tykkelsen af laget den del. Grundet den varierende amplitude af laget tæt på toppen er det svært at tolke den præcise tykkelse.

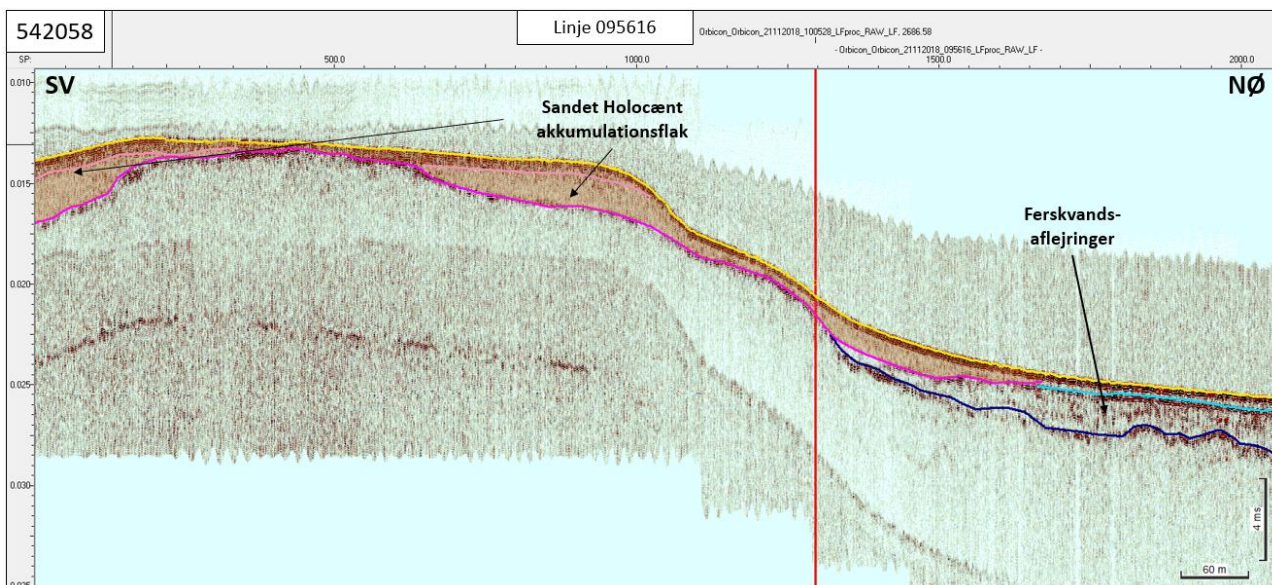
På baggrund af den nye kortlægning af forekomsten ændres udstrækningen mod NV til den centrale del af Barsø grund, hvor forekomsten har en varierende tykkelse hen over grunden (Figur 16-5). Da der ikke er en boring som verificerer ressourcen, kan kvaliteten ikke bedømmes bedre og ressourcen tolkes derfor fortsat som Grus 2. Den nye udbredelse af ressourcen er på ca. 0,6 km² og den maksimale tykkelse er ca. 5 m. En volumenopgørelse over ressourcen ender på ca. 3 mio. m³ beregnet ud fra det nye tykkelseskort (Figur 16-6). Ressourcen klassificeres fortsat som værende spekulativ, idet der ikke foreligger en boring der kan bekræfte forekomsten.



Figur 16-6. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 542.039.

16.6 Ressourceområde 542.058

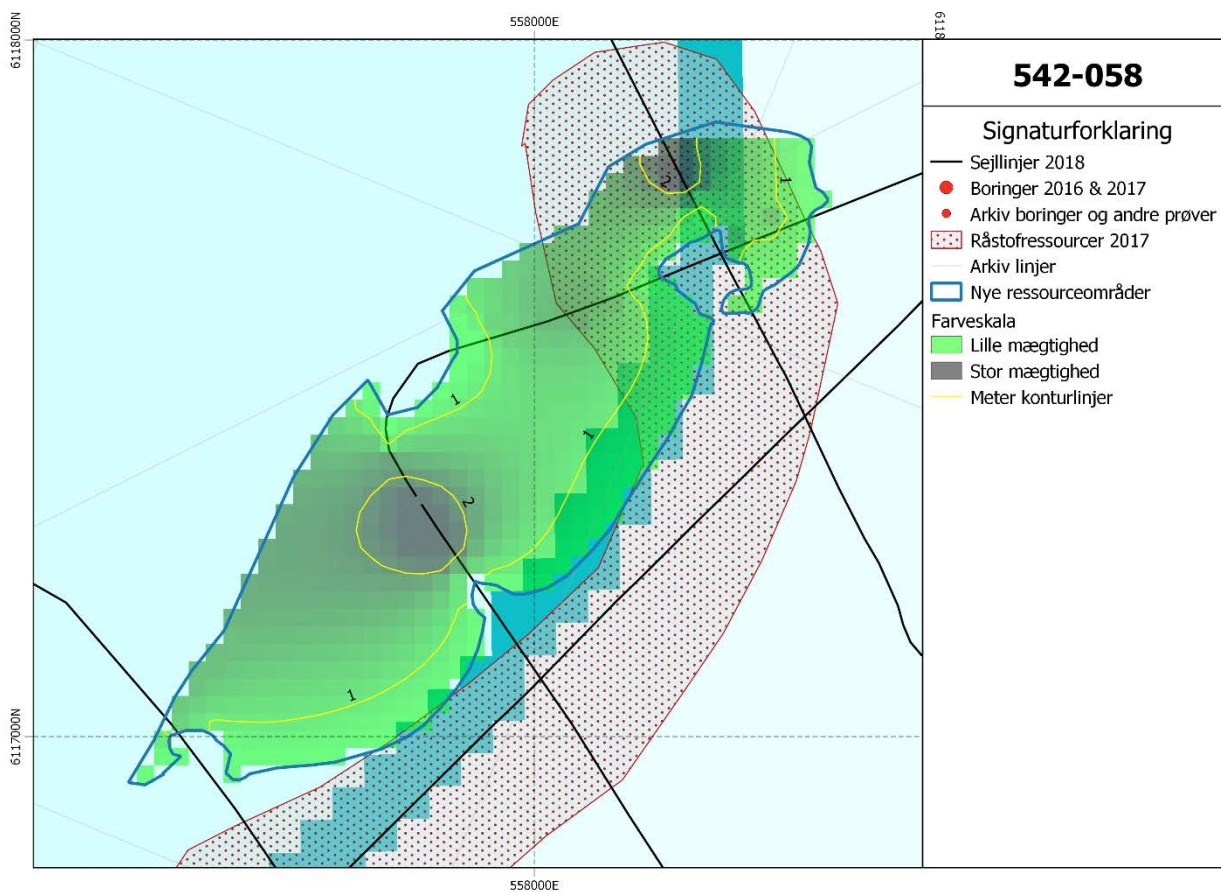
Denne forekomst består af et Holocænt akkumulationsflak, som ligger på sydøst-siden af Torø Banke, lidt længere fra kysten af Fyn end område 542.059. Vanddybden i området er ca. 9 m (Figur 16-1). På baggrund af den nye kortlægning af ressourceområde 542.058 ændres lokaliteten af den formodede ressource ca. 0,5 km mod nordvest til en mere central og højereliggende del af banken. Tidligere strakte forekomsten sig langs den sydøstlige kant af banken.



Figur 16-7. Innomar profil gennem ressourceområde 542.058. Henover banken er ressourcen tynd, det kan skyldes at ressourcen der nu ligger på kanten er dannet som en erosionsrest ved en Holocæn kystdannelse, dvs. at sandet er eroderet fra den centrale del af banken og aflejret på kanten.

Der er indsamlet seks nye seismiske linjer i område 542.058 i forbindelse med den nye kortlægning i 2018, svarende til ca. 10 km seismik. På baggrund af den nye kortlægning vurderes ressourcen fortsat til at bestå af Holocænt saltvandssand (Sand 1), hvilket skyldes at der endnu ikke findes en boring i ressourceområdet. Forekomsten har en udbredelse på 1,2 km² med en gennemsnitlig tykkelse på 1,2 m. Som det ses af Figur 16-7 er forekomsten i den centrale del af området dog tynd og langs kanterne af området er forekomsten også relativt tynd (< 1 m). Vi vurderer, at det indvindelige område med en tykkelse på mere end 1 m kun udgør ca. 0,4 km², hvilket giver et volumen på ca. 0,5 mio. m³ af mulige råstoffer i området, beregnet via tykkelseskortet (Figur 16-8).

Ressourcen må stadig klassificeres som værende et spekulativt Holocænt akkumulationsflak, idet der ikke er findes bore-data der kan bekræfte forekomsten, og idet kortlægningen ikke dækker den nordlige del af grunden. Det anbefales, at der udføres mindst en boring for at bedre kunne bestemme kvaliteten af ressourcen, samt indsamles ca. 5-10 km yderligere seismiske profiler for at afklare ressourcevolumenet.

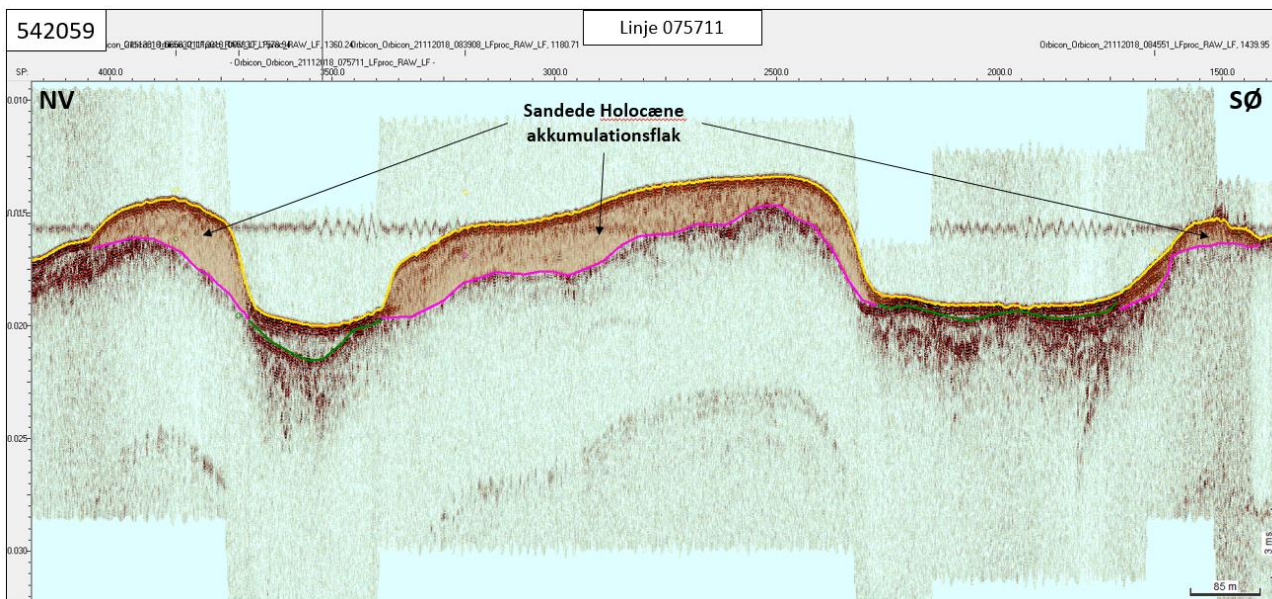


Figur 16-8. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 542.058.

16.7 Ressourceområde 542.059

Forekomsten ligger tæt på kysten ud for Sønderby Klint; vanddybden er 8-10 m i området (Figur 16-1). Der er indsamlet otte nye seismiske linjer i område 542.059, svarende til 12,6 km ny seismik, som tolkningen og kortlægningen er baseret på. Der findes ingen boring i forekomsten. Forekomsten er tidligere tolket som et kystnært akkumulationsflak bestående af Holocænt saltvandssand.

Den nye kortlægning viser, at udbredelsen af den marine kystdannelse er mindre end før anslået. Arealet af området indskrænkes derfor en del, til et areal på 0,3 km². De seismiske data viser, at den formodede ressource ligger på kanten af flakket. Forekomsten er begrænset til individuelle akkumulationer adskilt af render (Figur 16-9).



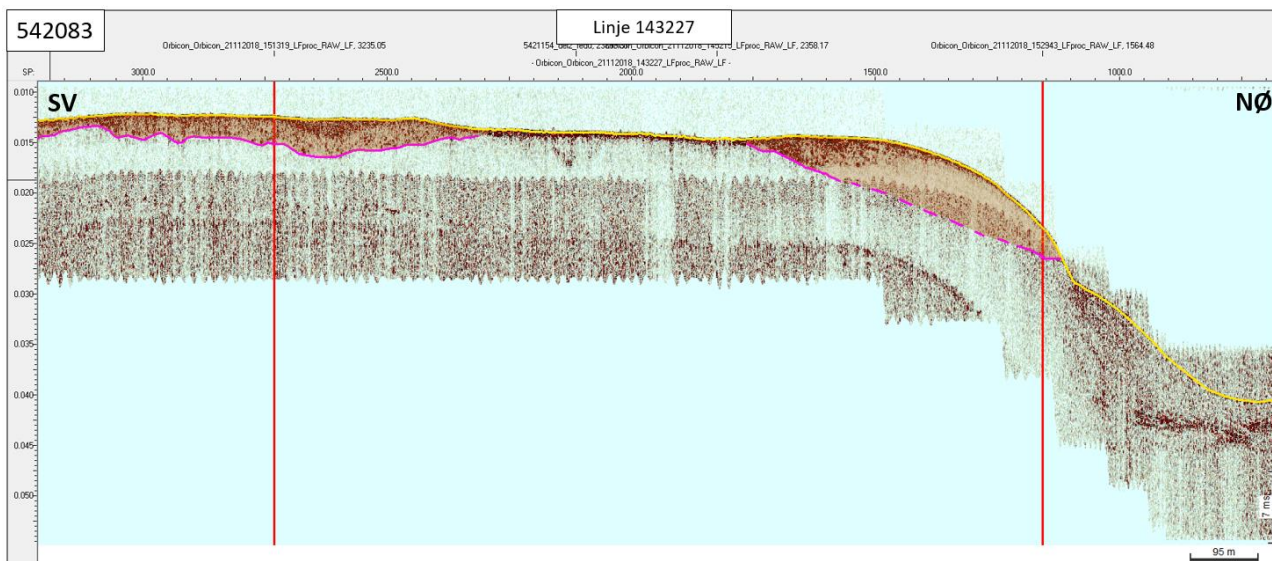
Figur 16-9. Innomar profil gennem ressourceområde 542.059. Ressourceforekomsterne er adskilt fra hinanden af render, der ser ud til at indeholde finkornet materiale. Ressourcelegemerne når en maksimal tykkelse på ca. 1,5 m.

På baggrund af de nye informationer vurderes ressourcen fortsat til at bestå af Holocænt saltvandssand (Sand 1), idet der endnu ikke foreligger en boring i området. Ressourceforekomsten varierer i tykkelse fra 0 m langs renderne til 1,5 m. En volumenopgørelse for ressourcen giver ca. 0,4 mio. m³ potentiel råstofmængde. Det vurderes dermed at ressourcen er for lille til at udgøre en reel rentabel ressource og dermed sløjfes ressourcen.

16.8 Ressourceområde 542.083

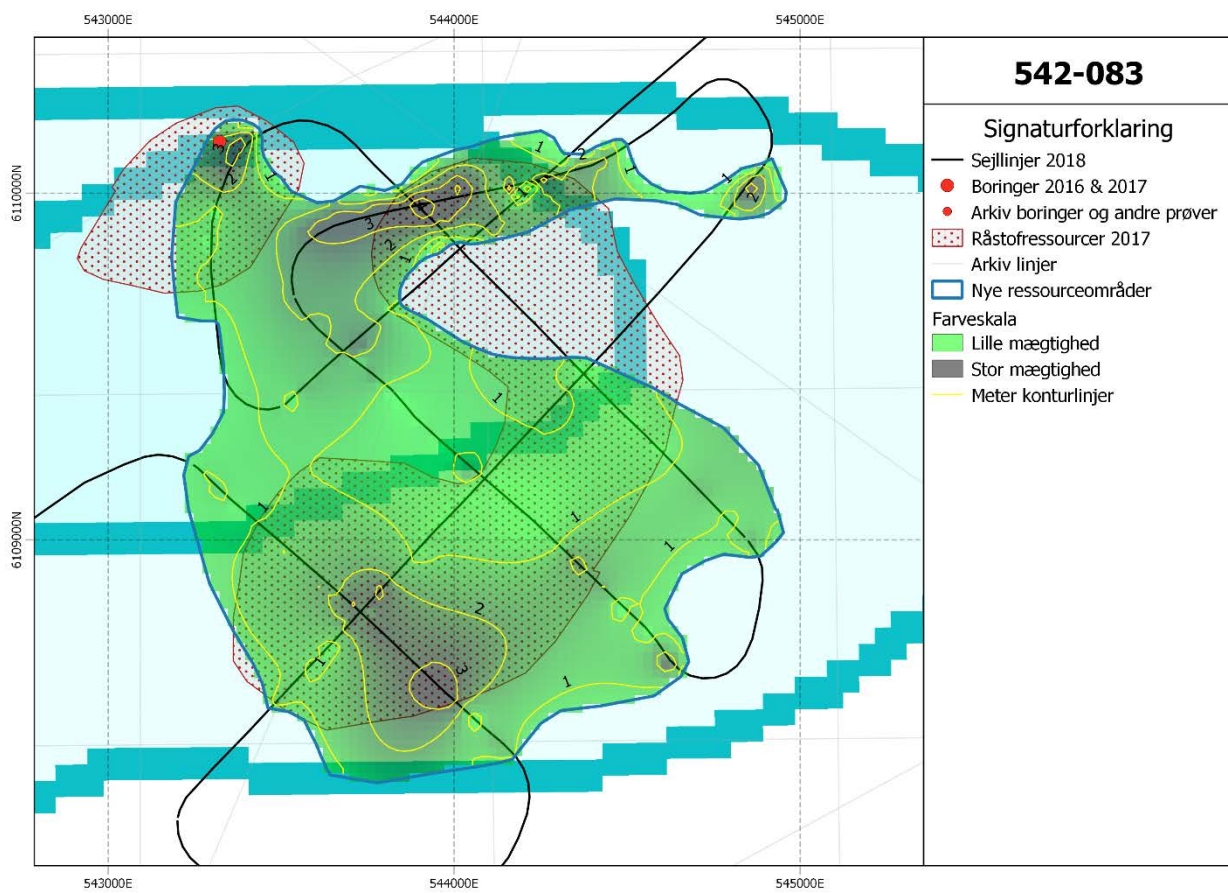
Ressourceområdet 542.083 ligger på østsiden af Holst Banke på vanddybder mellem 10 og 20 m (Figur 16-1). Området er tolket ud fra de i 2018 indsamlede seismiske sparker linjer i kombination med arkivlinjer fra GEUS' arkiv, samt på basis af batymetriske data fra EMODnet. Der er indsamlet fem nye seismiske linjer gennem området, svarende til 13,8 km. Der foreligger ingen boring i forekomsten.

Ressourcen består af et formodet sandet akkumulationsflak, der befinder sig på toppen af strukturen som et tyndt dække af sand ud mod den sydøstlige kant af banken. På den nordlige kant af Holst Banke består ressourcen af en strandvoldslignende struktur. På baggrund af de nye informationer vurderes ressourcen fortsat til at bestå af Holocænt saltvandssand (Sand 0). Det skyldes, at der endnu ikke foreligger en boring i ressourceområdet. Grundet den ringe kvalitet af data i Lillebælt har tolkningen været vanskelig (Figur 16-10). Generelt har den midterste del af ressourcen en kraftig amplitude og en kaotisk karakter, hvilket kan tyde på at denne del af ressourcen består af grove materialer. En del af ressourcen ligger på den sydlige del af Holst Banke, hvor der ses en mere transparent karakter på de seismiske data. Dannelsen kan have foregået på samme måde som i ressourceområdet 542.058, hvor materialet er eroderet fra midten af banken og aflejret på kanten som en Holocæn kystdannelse. På nogle linjer ses, at den midterste del af ressourcen hænger sammen med den del af ressourcen der ligger på kanten af banken.



Figur 16-10. Innomar profil gennem ressourceområde 542.083 hen over den centrale del af Holst Banke. På selve banken er ressourcen nogle steder tynd. Det kan skyldes at ressourcen, der nu ligger på kanten er dannet som en erosionsrest som en Holocæn kystdannelse, således at sandet er eroderet fra den centrale del af banken og aflejret på kanten.

På baggrund af den nye kortlægning udvides ressourceområdet en smule, til et polygon med et areal på 2,0 km² (Figur 16-11). Tykkelsen af ressourceforekomsten er varierende på tværs af området fra ca. 1 til ca. 5 m med en gennemsnitstykkelse på omkring 2,5 m. En volumenopgørelse af ressourcen giver en potentiel råstofmængde på ca. 2,9 mio. m³ Sand 0. Ressourcen klassificeres fortsat som værende spekulativ, idet der ikke er bordsdata der kan bekræfte forekomsten. Det vil kræve mindst én boring for at opklassificere forekomsten.

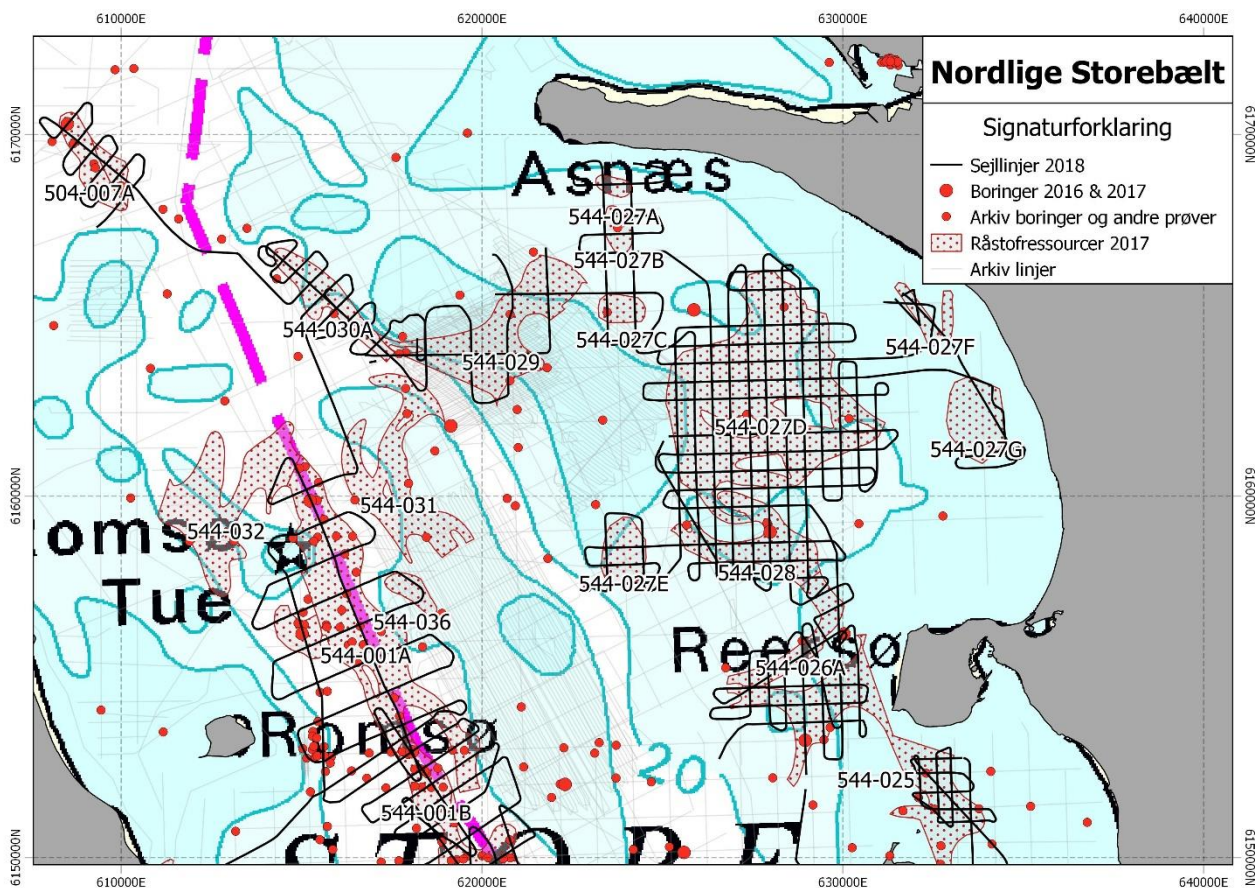


Figur 16-11. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområdet.

17. Område 544 – Storebælt

17.1 Områdebeskrivelse

Bundtopografien er meget varieret i Storebælt, med dybe render, flak, grunde og højtliggende morænepartier mellem jævne sedimentationsområder. Dette skyldes områdets komplicerede udviklingshistorie, med stærkt skiftende is- og havdækning igennem Kvartæret (Skov- og Naturstyrelsen 1989). Forekomsterne er meget varierede i udseende og området er generelt meget komplekst.



Figur 17-1. Oversigtskort over sejlilinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i nordlige Storebælt.

17.2 Ny seismisk undersøgelse

I forbindelse med den nye kortlægning i slutningen 2018 blev der indsamlet ca. 110 nye seismiske linjer, svarende til ca. 330 km seismik i Storebælt Øst. Fra GEUS' arkiv blev der inddraget 46 pinger/boomer profiler. Flere af de spekulative ressourceforekomster der er beskrevet i nærværende rapport blev boret under boretoget i 2017. Af de indsamlede seismiske data, sparker og Innomar, er Innomar'en af en udmærket kvalitet og har en god opløsning i de mest overfladenære lag, især i kanal/rende-udfyldningerne i området. Sparker dataene er desværre af en relativt dårlig kvalitet, da den direkte puls er meget kraftig og dermed overskygger lagskiftene i denne forekomst så markant, at det ikke har været muligt med sikkerhed at afgrænse det formodede senglaciale sandlag i denne forekomst. Dette betyder, at ressourcerne er svære at tolke og sammenligne ved

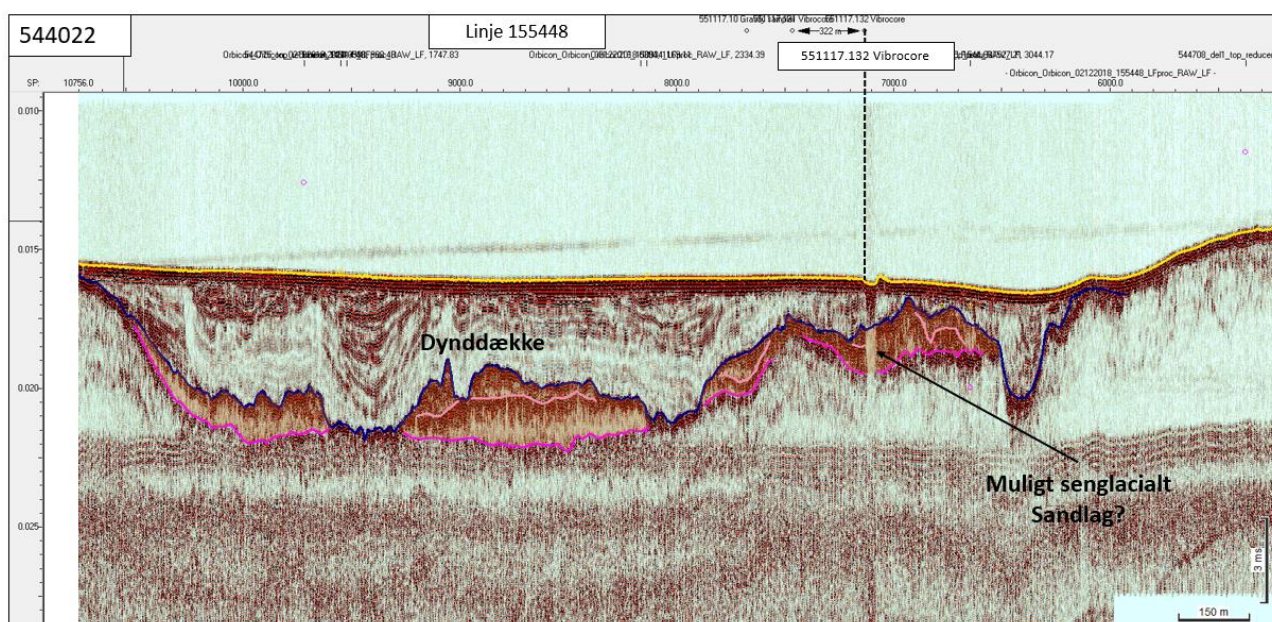
brug af begge metoder, hvilket bevirker at der er en nogen usikkerhed omkring den præcise udbredelse og tykkelse af ressourceforekomsterne i området.

I det følgende beskrives resultaterne af den ny seismiske kortlægning kombineret med eksisterende data.

17.3 Ressourceområde 544.022

Denne forekomst er lokaliseret tæt ved Sjællands kyst sydøst for Musholm og nord for Halsskov (Figur 17-1). Der er fundet seks seismiske arkivlinjer samt 10 arkivboringer, som er inddraget i undersøgelsen af forekomsten. I forbindelse med den nye kortlægning af forekomsten er der indsamlet seks nye seismiske linjer der tilsammen udgør 15,3 km. Forekomsten var ikke en del af boretoget og rapporteringen i 2017 og derfor er den seneste beskrivelse af ressourcen fra 1987 fra Skov- og Naturstyrelsens havbundsundersøgelser af råstoffer og fredningsinteresser i Storebælt.

Den mest lovende af boringerne i området er arkivboring 551117.132, som indeholder 0,66 m senglacialt sand formodentlig aflejret under isens afsmeltning – i en smeltevandsrende – på et tidspunkt, hvor isranden forløb fra Sprogø over Halsskov til Karrebæksminde. De nye seismiske data viser udstrækningen af dette lag (Figur 17-2). Den formodede senglaciale ressource ser ud til at være gennemsnitligt 1 m tyk i råstofområdet og den under 1 til 2 meters dynddække.



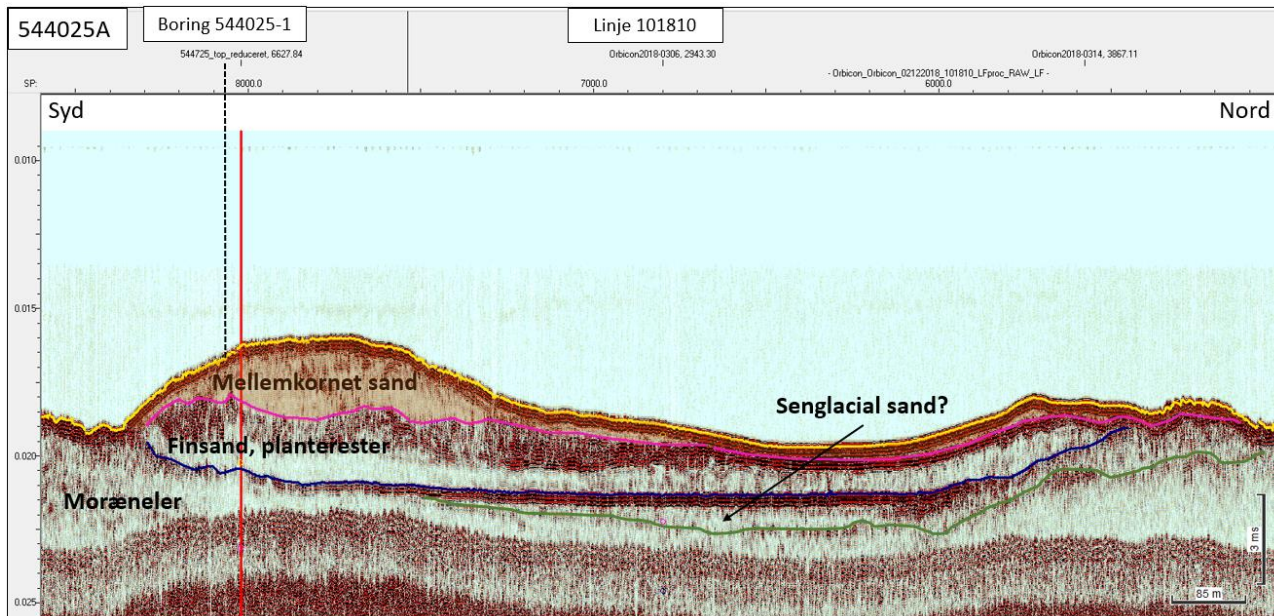
Figur 17-2. Innomar profil gennem ressourceområde 544.022. Her ses det finkornede og lagdelte pakke med overjord og nedenunder (farvet brun) den spekulative mulige senglaciale sandressource. Sandlegemer observeres at have en kaotisk karakter og at være afskårne fra hinanden.

På baggrund af den nye kortlægning vurderer vi, at der ikke findes en mulig råstofressource i boringerne eller på de nye seismiske data og det er derfor ikke sandsynligt, at der vil kunne påvises en ressource i området. Dermed opgives denne ressource.

17.4 Ressourceområde 544.025A og 544.025B

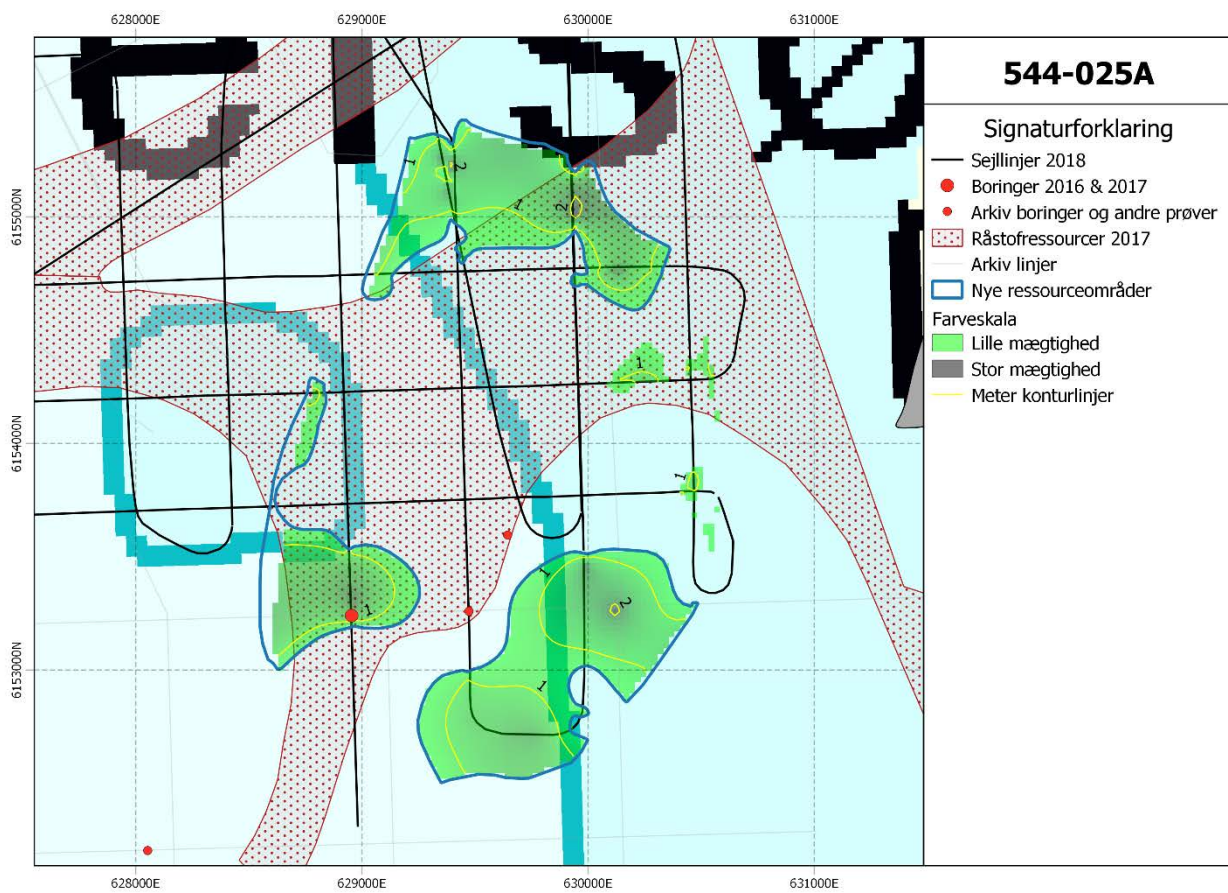
Ressourcen ligger mellem Reersø og Musholm i den østlige side af Storebælt (Figur 17-1). Den oprindelige udstrækning var på 7,5 km i nordvest-sydøstlig retning og ca. 2-3 km vinkelret derpå. I området er der omkring

10 m vanddybde. Forekomsten er næsten uden dynddække og er derfor let tilgængelig. Der er syv seismiske arkivlinjer og ti arkivboringer inkluderet i den nye undersøgelse af forekomsten. Dertil er der indsamlet 21 nye seismiske linjer, der dækker området med i alt 50,3 km. Ressourcen er tidligere klassificeret som en spekulativ marin sandforekomst med ressourcekvaliteten Sand 1. På basis af den nye tolkning af området deler vi området op i to adskilte ressourceområder 544.025A og 544.025B.



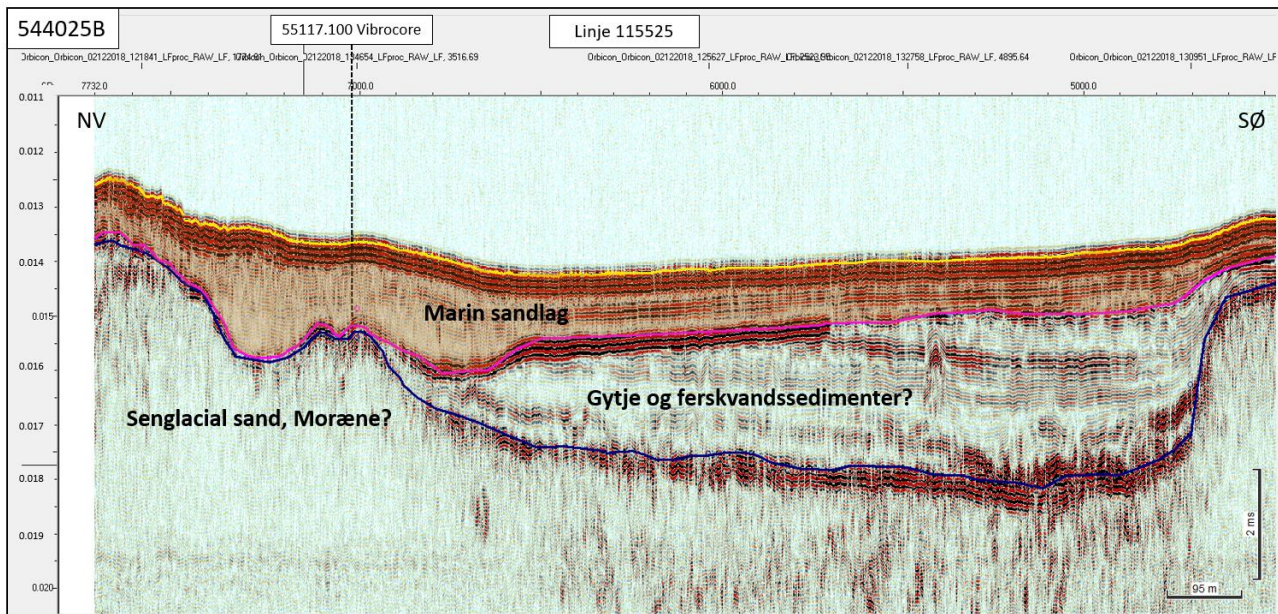
Figur 17-3. Innomar profil gennem den nordlige ressourceforekomst 544.025A. Ressourceforekomsten som boring 544025-1 træffer består af et Holocænt sandet akkumulationsflak. Dette sandede legeme er forholdsvis tyndt i den centrale del af området men stiger i tykkelse mod kanterne, dette ses også på Figur 17-5 nedenfor.

Boring 544025-1 er placeret i den centrale del af det vestlige område 544.025A. Her observeres mod syd et akkumulationsflak med mellemkornet sand, som overlejrer mere finkornede sedimenter, tørv og moræneler (Figur 17-4). Det er muligt at der også findes et senglacialt sandlag i området som vist på Figur 17-3, dette lag er dog formentligt tyndt. Der er påvist en forekomst af Holocænt marint sand på 0,5 meters tykkelse samt 0,8 m ferskvandssand, der udgør en samlet enhed på 1,3 m af mellemkornet sand. Ud fra boringen klassificeres ressourcen som en fin til mellemkornet sand forekomst af kvaliteten Sand 1. Det ses af det seismiske profil at flakket tynder ud mod nord. Mod vest kan flakket korreleres til en rende som ser ud til at være udfyldt af den samme lagdeling som vist på Figur 17-3. Det øverst-liggende mellemkornede sandlag ser dog ud til at tynde ud mod vest.



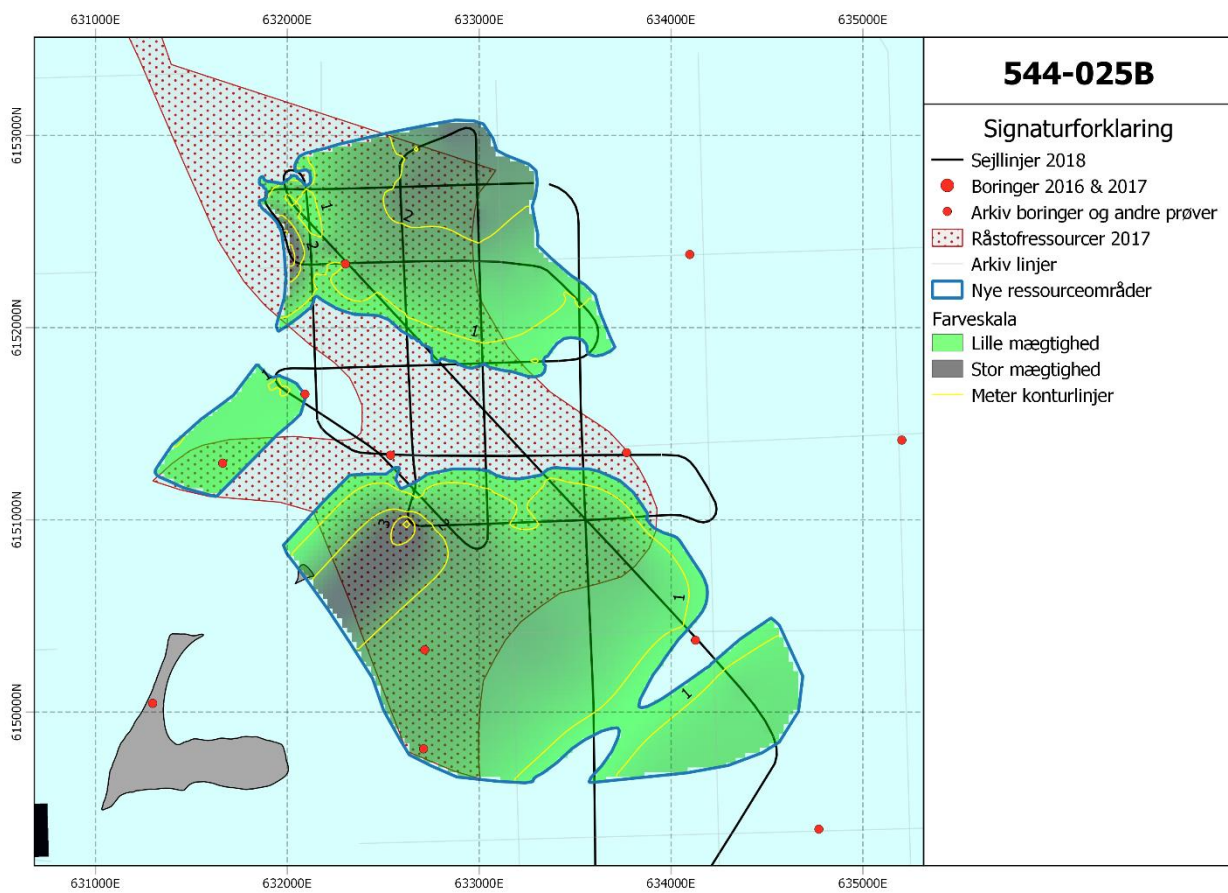
Figur 17-5. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 544.025A.

I den sydøstlige del af område 544.025, det nye område 544.025B der ses på Figur 17-6 og Figur 17-7 nedenfor, bekræfter ni arkivboringer et overfladedækkende marint sandlag, med en tykkelse på 0,15 til 2 m. Det marine sandlag som ses farvet brunt på Figur 17-6 har en tykkelse på 1,5 m i den nordvestlige del af området i boring 551117.100.



Figur 17-6. Innomar profil gennem det sydlige ressourceområde 544.025B. Det marine sandlag overlejrer finkornede senglaciale ferskvandssedimenter i den centrale del af området. Mod syd og nord overlejrer den moræne.

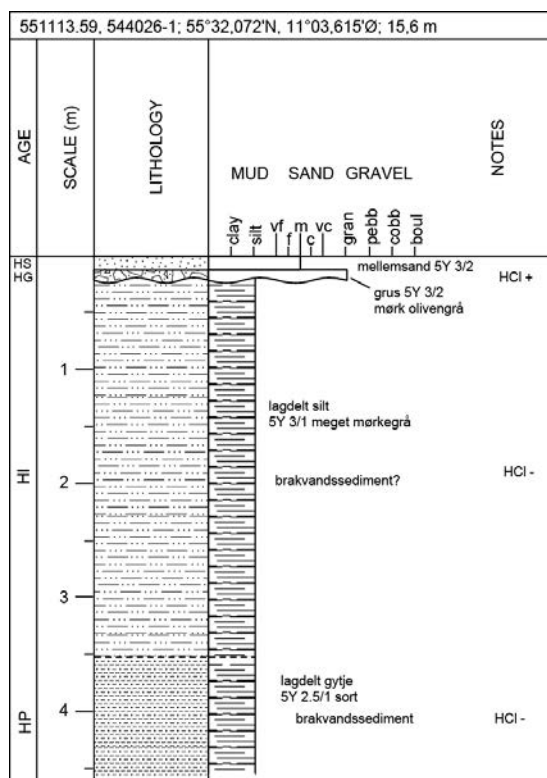
I den sydlige del af området stiger tykkelsen af ressourcen til tæt på 2 m hvor boring 55117.97 viser 1,8 m sand, dette område er desværre ikke dækket af den nye seismiske kortlægning. Det marine sandlag er fint til mellemkornet og velsorteret med et lille dynd-indhold i nogle borer, der giver klassificeringen Sand 1. Opgørelsen af forekomst 544.025B ændres fra den tidligere udstrækning af område 544.025 til området vist på Figur 17-7. Området har et areal på 6,6 km² men kun et reelt indvindeligt område hvor laget er tykt nok (> 1 m) på 4,7 km². Med en gennemsnitlig tykkelse på 2,3 m giver volumenopgørelsen for råstofforekomst 544.025B en potentiel råstoffmængde på 6,8 mio. m³, beregnet ud fra tykkelseskortet. Forekomsten udgør indvindelige ressourcemængder i den nordlige og sydlige del af området, da det her overstiger 1 m tykkelse. Forekomsten bibeholdes som spekulativ da den sydlige, formodentlig tykkere, del af ressourcen ikke er kortlagt og udbredelsen derfor ikke er godt kendt. Det anbefales at der udføres to nye borer i denne del af ressourcen.



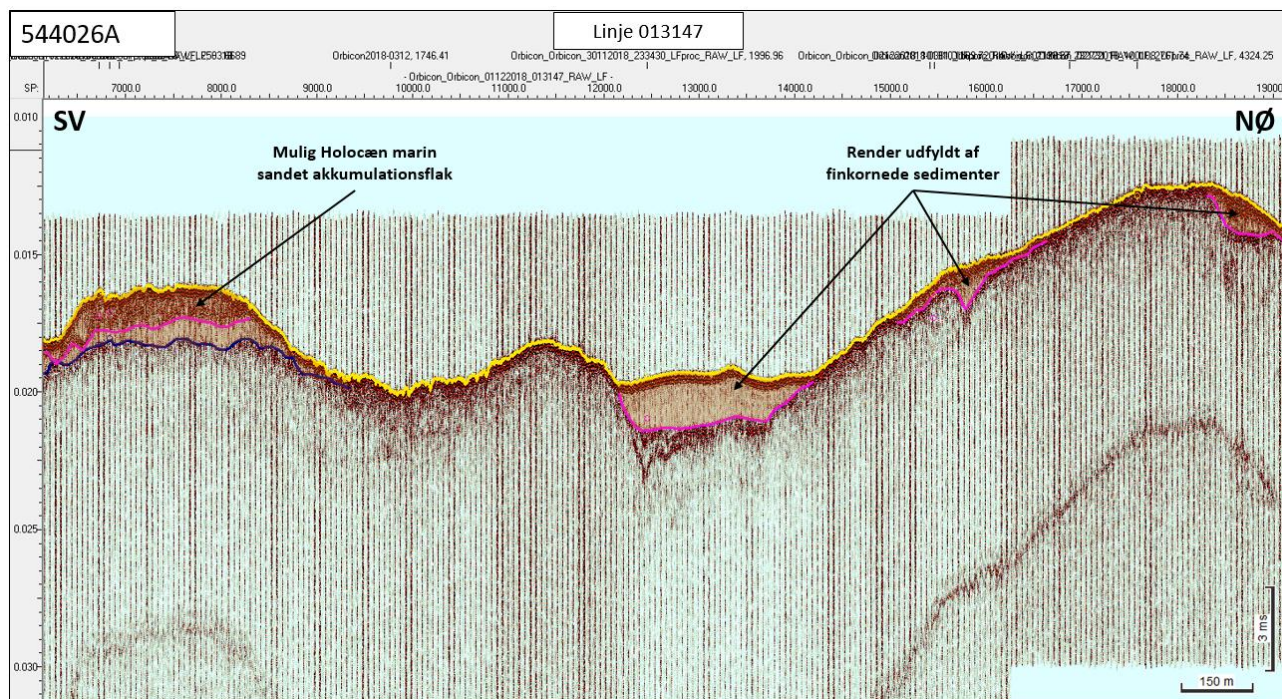
Figur 17-7. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 544.025B.

17.5 Ressourceområde 544.026A

Dette område ligger i Storebælt vest for Reersø, tæt på kysten (Figur 17-1). I den nye kortlægning af forekomsten er der indsamlet otte seismiske linjer der tilsammen udgør 17.8 km. Der er ikke nogen borer indenfor 544.026A, men borer nær området viser ingen tegn på ressourcer. Ifølge tidligere kortlægning er der mulighed for både senglaciale sandressourcer og Holocæne marine ressourcer. Boring 544026-1 der blev foretaget nær område 544.026A mødte dog kun et tynde sand- og gruslag og derefter siltede og lerede brakvandssedimenter, der ikke udgør en ressource.



Figur 17-8. Sedimentologisk log for boring 544026-1.

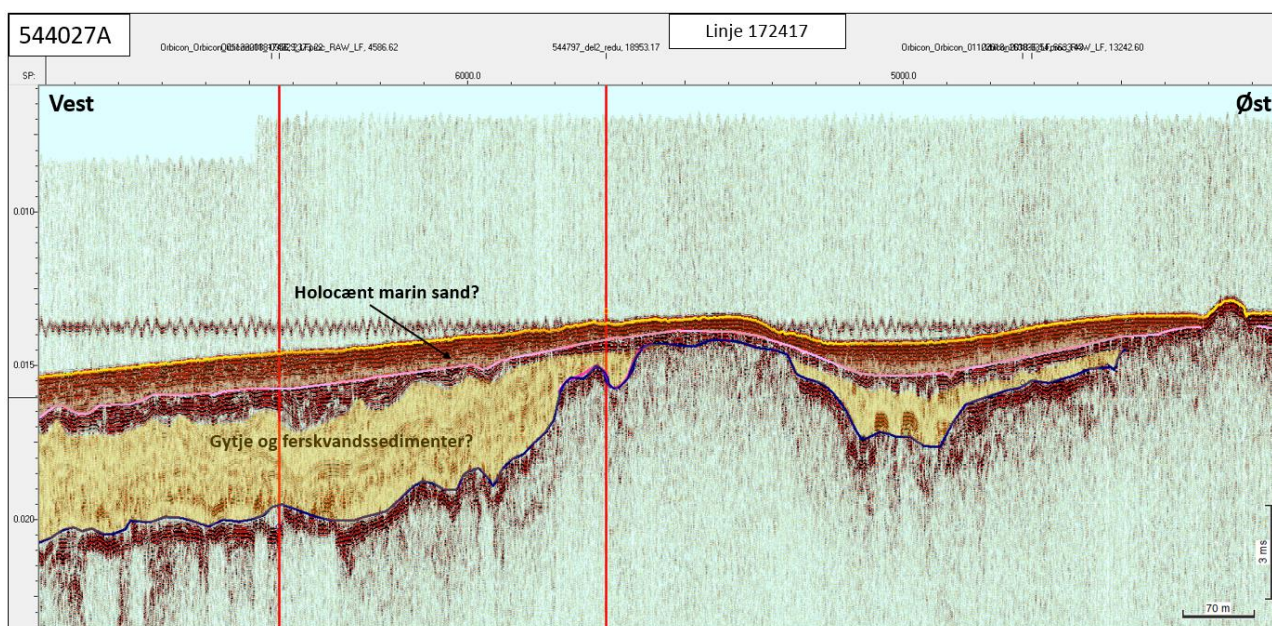


Figur 17-9. Innomar profil på tværs gennem ressourceområde 544.026A. Igennem området ses flere render, samt et akkumulationsflak i den sydvestlige del. Disse forekomster er dog meget små og tynde og vurderes derfor ikke at have ressourcepotentiale. Der er endvidere en stor mulighed for, at renderne er fyldt med finkornede sedimenter.

Den nye kortlægning viser tre render med et transparent svagt lagdelt udtryk, ligesom andre render i Storebælts-området, og formodes derfor at indeholde finkornede lagdelte brakvandsdannelser. I den sydvestlige del af området ses et muligt Holocænt sandet marint akkumulationsflak. Denne type positive strukturer observeres andre steder i Storebælt, hvor de kan udgøre råstofressourcer, f.eks. i område 544.025. Der er dog også en risiko for, at den primære del af flakket består af finkornet materiale. Uden en boring til at bekræfte kvaliteten af ressourcen og da flakket har en maksimal tykkelse på ca. 1 m vurderes det, at ressourcen er for tynd og dermed ikke indvindelig hvis der skal efterlades den krævede tykkelse af den eventuelle ressource. Det følger heraf, at der ikke forekommer nogle indvindelige råstofressourcer i område 544.026A og dermed anbefales det, at dette område opgives.

17.6 Ressourceområde 544.027A

Området er lokaliseret stik syd for Asnæs, tæt på kysten (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik svarer til tre linjer, i alt 6 km, dertil er inddraget en arkivlinje i tolkningen, linje 544.797. Der findes ingen boringer i forekomsten og det er derfor usikkert hvilke sedimenter der faktisk. Tidligere er området beskrevet som Holocænt saltvandssand med ressourcetypen Sand 0. Det er tolket som opbygget af Holocænt marint sand dannet ved erosion af en højere liggende moræneaflejring, hvorefter materialerne er ført ud på dybere vand.



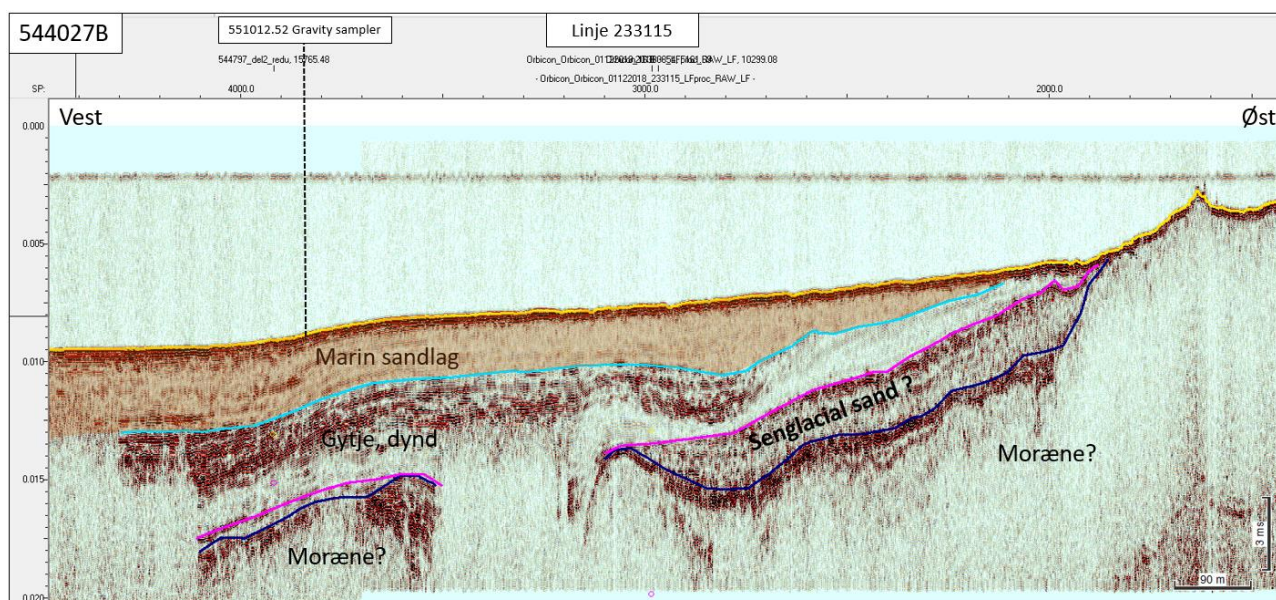
Figur 17-10. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027A. Der ses et overlejrende tyndt lag af formodentlig marint mobilt sand, som vurderes for tyndt til at kunne udgøre en ressource. Underliggende ses et tykt lag af formodentlig dyndede/gytje eller finkornede ferskvandssedimenter som ikke udgør en ressource.

Som det ses af Figur 17-10 viser de nye data, at den formodede Holocæne marine sandforekomst er meget tynd i området, mindre end 1 m. Det marine sandlag overlejrer, som det fremgår af de seismiske profiler og af de render i området, som er fyldt med formegentlig gytje og ferskvandssedimenter, farvet gult – og som har en fin lagdeling og ikke udgør en ressource. Da det marine sandlag kun er tyndt i området, anbefales det at forekomsten opgives.

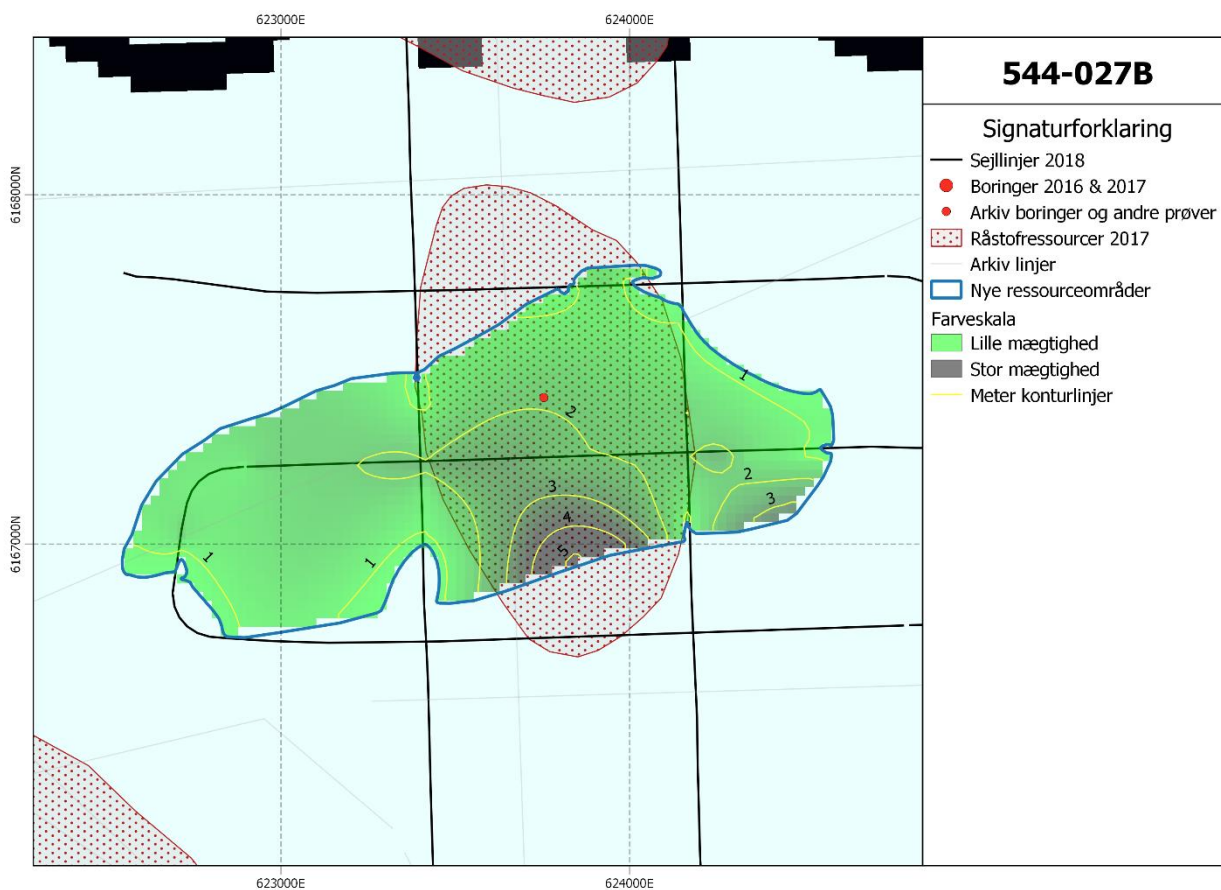
17.7 Ressourceområde 544.027B

Området ligger i den nordlige del af Jammerland Bugt, syd for område 544.027A (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik svarer til fem nye linjer, i alt 6,2 km, dertil er der også inddraget en arkivlinje og en arkivboring i tolkningen. Den tidligere kortlægning antog, at ressourcen består af sandede senglaciale aflejringer, der udfylder en rende, med mulighed for groft senglacialt sand værende tilstede. Baseret på den nye kortlægning samt arkivboringen med dgu nr. 551012.52 vurderer vi, at ressourcen består af et 1,8 m tykt marint sandlag, som udfylder det øverste af renden og overlæjrer et lag med finkornede formodentlig ferskvands-aflejringer som gytje (Figur 17-11). Det er muligt, at der forekommer et dybereliggende senglacialt sandlag, men det er dog ikke er velbekræftet af boringen, og udstrækningen er ikke kortlagt.

Det marine sandlag er bekræftet i boringen. Ressourcen vurderes dog stadig at være spekulativ da kvaliteten ikke er velkendt. Det nye areal af området er ca. 1,2 km² og har tykkelser fra 1-2,5 m. Volumenopgørelsen af den mulige råstofressource viser, at der kan være 1,9 mio. m³ Sand 0 i forekomsten, baseret på det nye tykkelseskort. Det foreslås, at der udføres en ny boring i forekomsten for bedre at bestemme kvaliteten af det marine sand.



Figur 17-11. Innomar profil gennem ressourceområdet 544.027B. Som i område 027A ses et overlæjrende marint sandlag, som er bekræftet i arkivboring 551012.52. Det marine sandlag er noget tykkere og området er større end i 027A. Under det gytje-/dyndlag ses en mulig senglacial sand ressource, der kan være dannet som en erosionsrest nær kanten af moræneryggen i øst.

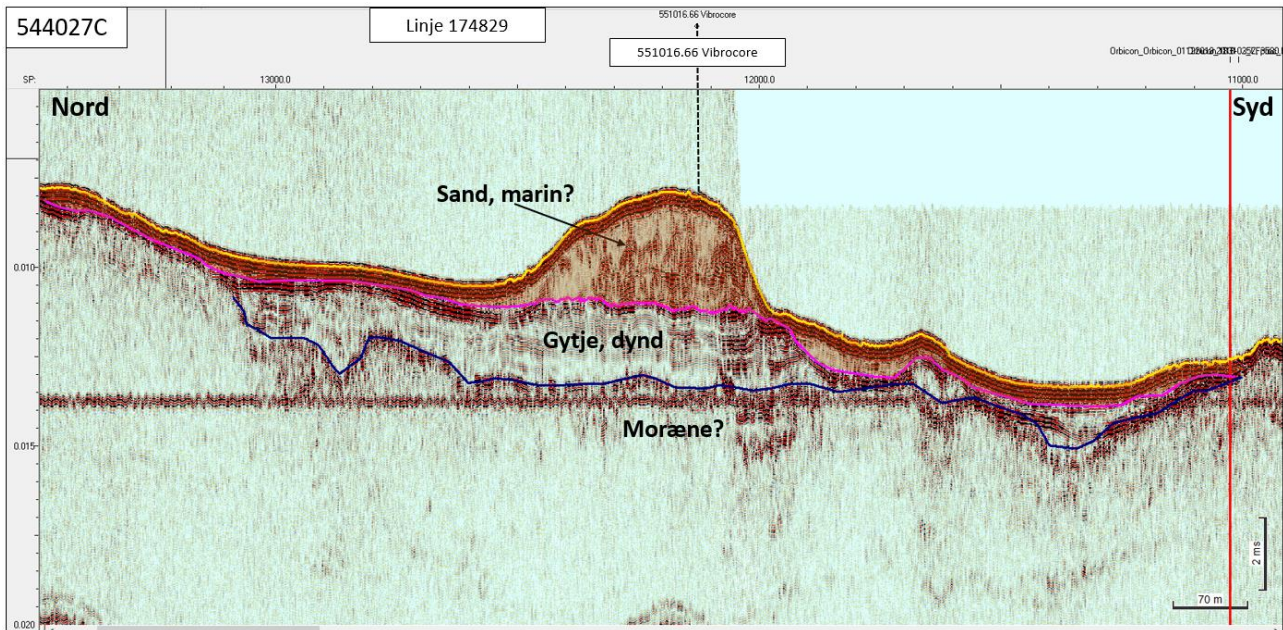


Figur 17-12. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 544.027B. Den store tykkelse mod syd i ressourcen skyldes kantsikkerhed ved produktion af mægtighedskortet. Tykkelsen overstiger i realiteten ikke 3 m her. Usikkerheden opstår fordi der er stor afstand mellem linjerne.

17.8 Ressourceområde 544.027C

Dette område ligger i den nordlige del af Jammerland Bugt, syd for område 544.027B (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik svarer til tre nye linjer, i alt 7 km, dertil er inddraget en arkivlinje og en arkivboring i tolkningen. Boringen med dgu nr. 551016.66 indeholder øverst 1,2 m Holocænt sand, overlejrende et 1,1 m tykt gytje-/dynd-lag. På grundlag af den tidligere kortlægning blev det antaget, at ressourcen består af sandede senglaciale aflejringer. Dette vurderes dog for usandsynligt, idet renden ser ud til at være fyldt ud af finkornede sedimenter, som det ses mange steder i området.

I området findes et marint sandet akkumulationsflak (Figur 17-13), der ligner det flak der findes i område 544.025A. Akkumulationsflakket i område 544.027C ser dog ud til at være mindre i udbredelse end flakket i område 544.025A. Baseret på den nye seismiske kortlægning er det svært at vurdere, om det er et samlet flak eller to mindre, der findes i området. Bedømt ud fra batymetriske EMODnet data ser det dog ud til, at være et samlet akkumulationsflak med et areal på ca. 2 km². Som det ses på Figur 17-13 er det kun den centrale del af flakket, der er tykt nok til at være relevant for indvinding; her er laget op til 1,5 m tykt. På baggrund af den nye kortlægning har vi udarbejdet et tykkelseskort der viser, at kun 10 % af området overstiger 1 m tykkelse. Det betyder, at forekomsten ikke udgør en reel ressource, og dermed opgives den.

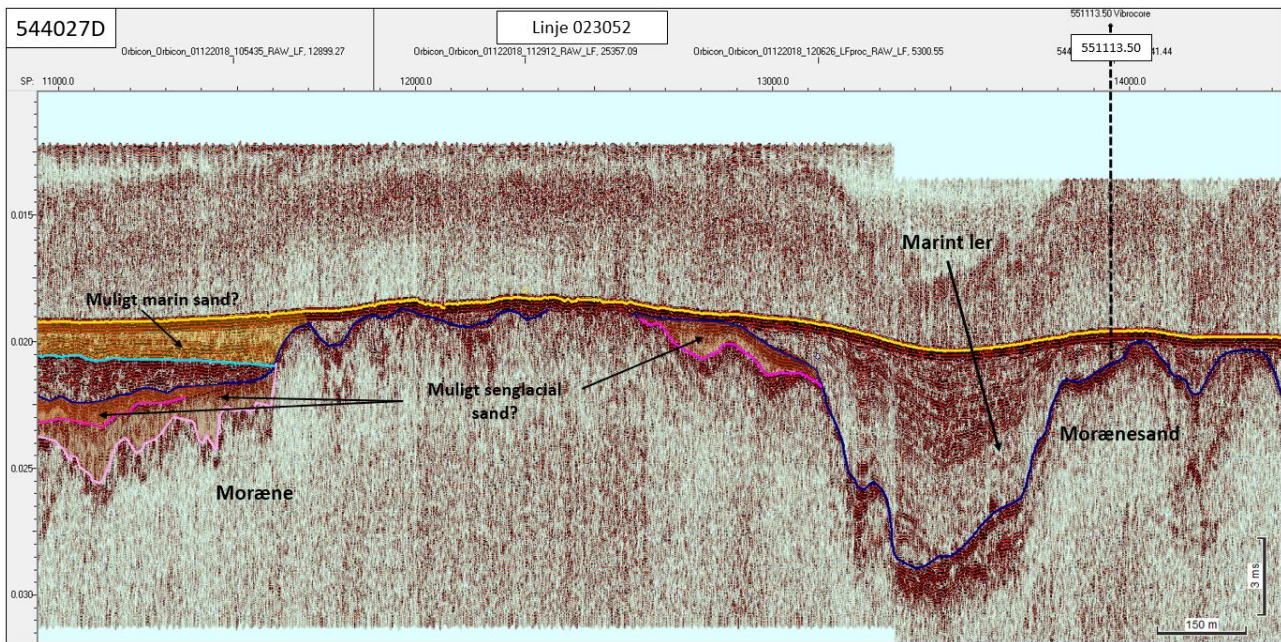


Figur 17-13. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027C der viser det observerede Holocæne akkumulationsflak/sandbanke. Desværre er sandlegemet omkring flakket meget tyndt og derfor vurderes området ikke at udgøre en ressource.

17.9 Ressourceområde 544.027D

Området ligger centralt i Jammerland Bugt, det er det største og mest komplicerede af områderne i det østlige Storebælt (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik udgør 25 linjer der dækker den spekulative forekomst med ca. 125,5 km. Der findes tre arkivboringer og to arkiv seismiske linjer, som yderligere dækker ressourcen og som de tidligere kortlægninger delvist var baseret på.

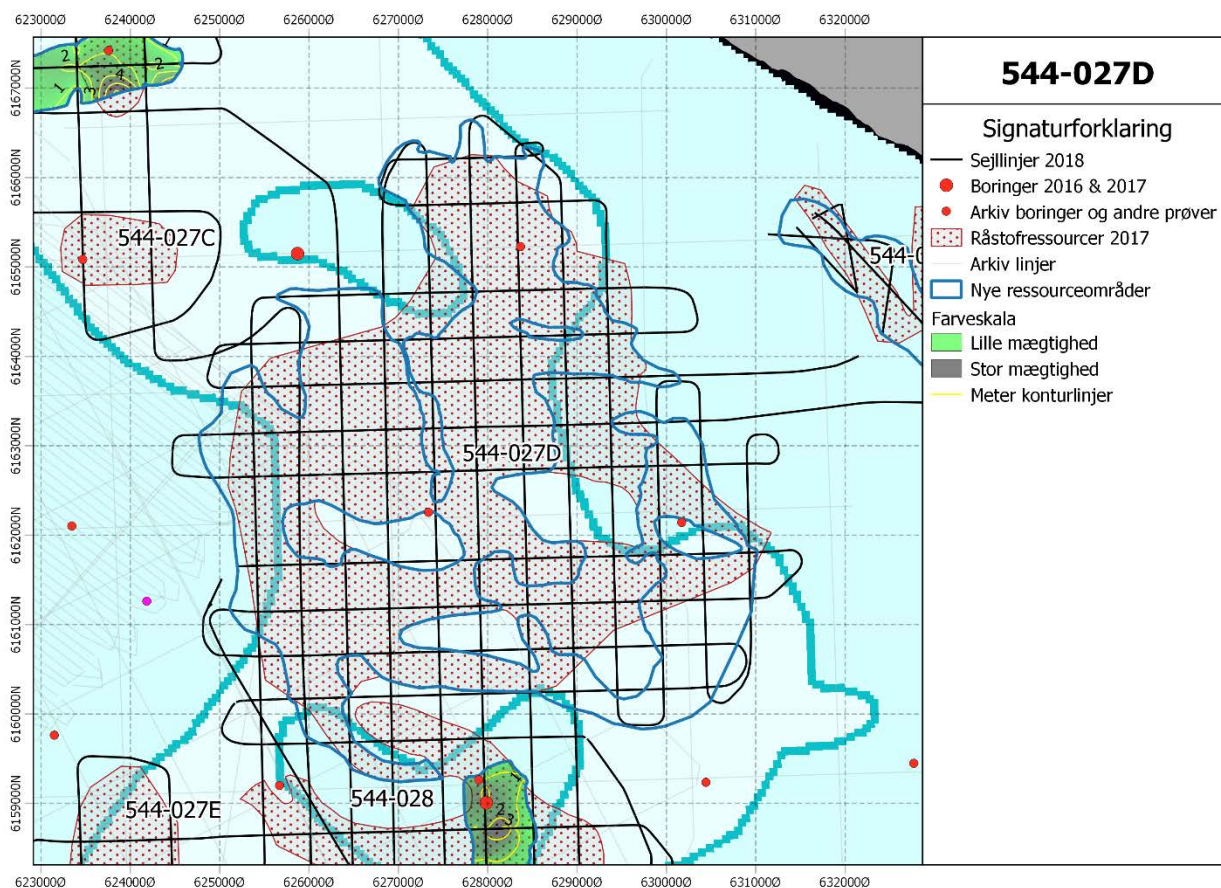
I boring 551113.50 er der marint ler indtil en dybde af 0,6 m; herunder er der morænesand. I boring 551113.51 er der øverst et 0,2 m tykt marint sandlag og derunder moræneler. I boring 551113.52 er der gytje, tørv og derefter moræneler. Dermed bekræfter ingen af de tre boringer en ressource i området. På Figur 17-14 ses at boring 551113.50 rammer en moræneryg, den rammer ikke renderne/kanalerne, hvilket er den formodede ressource i området. Det samme gælder de andre boringer.



Figur 17-14. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027D som er det største og mest varierende og komplekse af ressourceområderne i Storebælt. Der findes der kun tre borer i området, og de er indsamlede i områder, hvor morænen ligger nær havbunden. Derfor kan det hverken bekræftes eller afvises, at kanalerne rummer potentielle ressourcer.

Ressourcen antages at være sandede senglaciale aflejringer der udfylder et komplekst system af render/lavningerne i området. Det er muligt, at der findes mellem- til grovkornet senglacialt sand, som det er set i forekomst 544.001B, men der er risiko for at, materialet er finkornede senglaciale/Holocæne sedimenter, som det ligeledes ses mange steder i området. Den nye kortlægning har indskrænket forekomsten til det område, hvor renderne/lavningerne forekommer og frasorteret de områder, hvor morænen kommer til havbunden (Figur 17-15).

Ressourcen er fortsat spekulativ, arealet er ca. 20 km² og har tykkelser på 1-7 m. Kvaliteten af ressourcen er uændret og vurderes stadig at være af kvalitet Sand 0. Det anslås, at der kan være 4,2 mio. m³ Sand 0 i forekomsten. Det anbefales at der udføres 2-3 nye borer i de udfyldte render/lavninger i området – dette vil være nødvendigt for at bekræfte kvaliteten og vurdere volumen af forekomsten bedre.

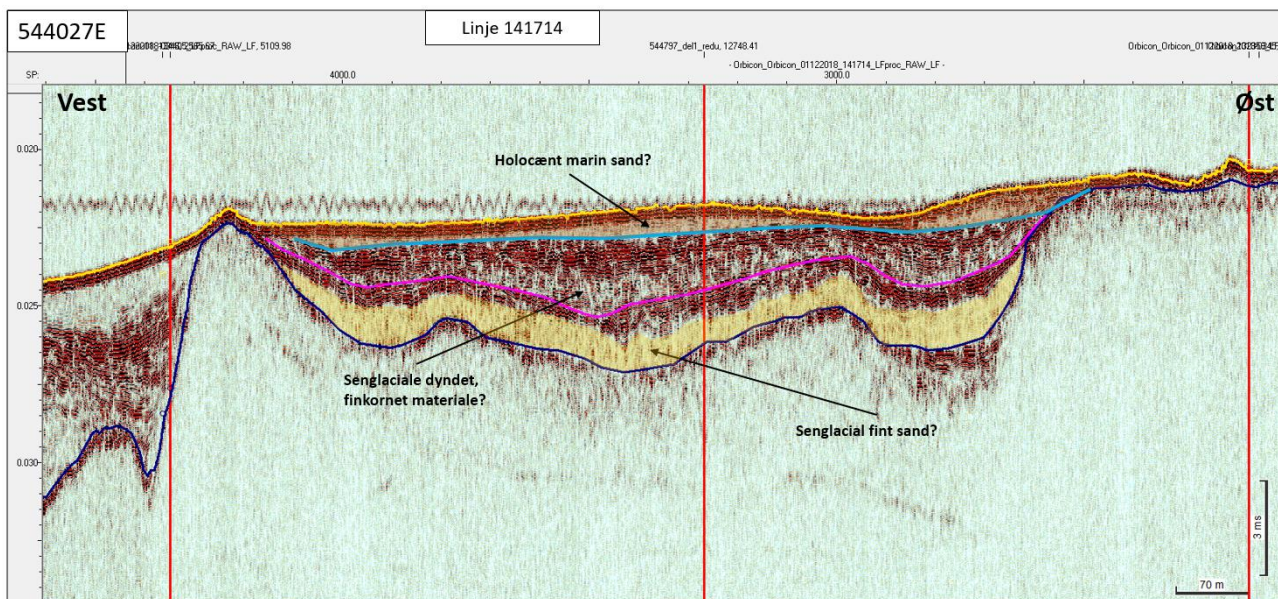


Figur 17-15. Ressourcekort med den kortlagte nye afgrænsning af ressourceområde 544.027D.

17.10 Ressourceområde 544.027E

Lokaliteten dækker den sydlige del af Lysegrunde og ligger sydvest for område 544.027D (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik er fem linjer der til sammen udgør ca. 12,1 km. I tolkningen i nærværende rapport er inkluderet to arkivboringer placeret tæt på området, 551016.22 og 551016.109.

På baggrund af den tidligere kortlægning antages ressourcen at være sandede senglaciale aflejringer, der udfylder en rende. Det er muligt, at der findes mellemkornet til grovkornet sand, som det er set i forekomst 544.001B. Men der er også en risiko for, at renden kan være fyldt op med finkornede senglaciale sedimenter, som det ses mange steder i området.



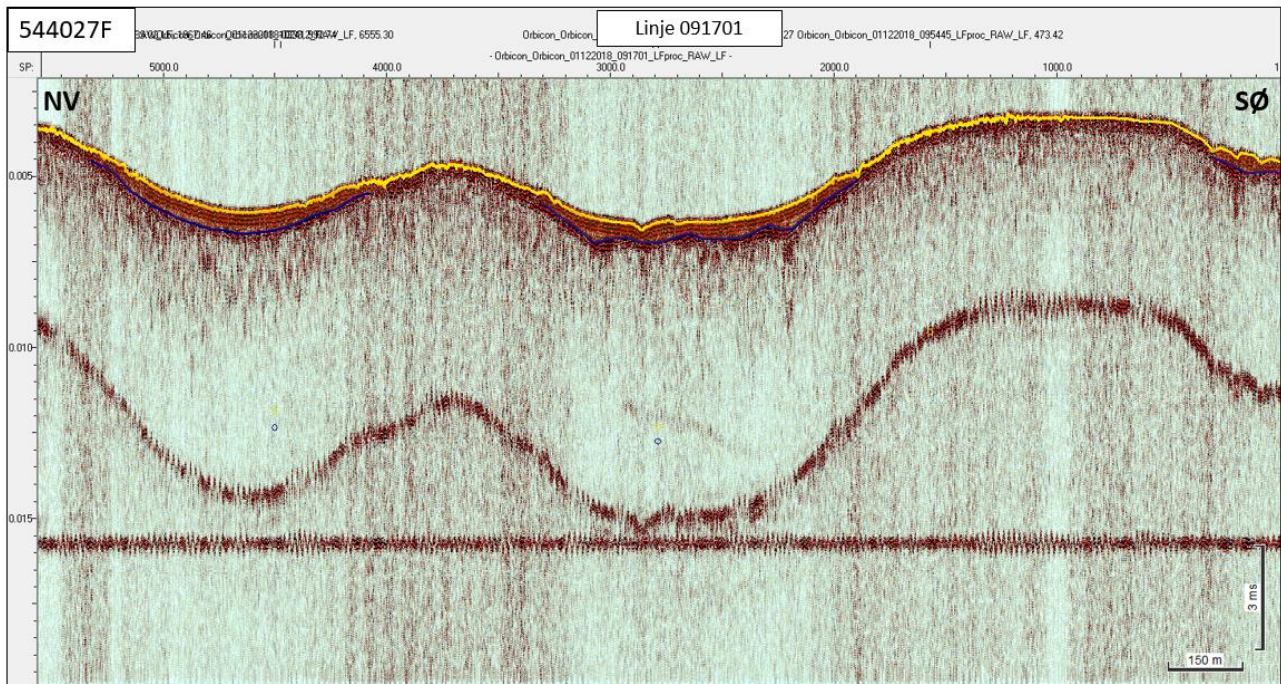
Figur 17-16. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027E. Profilet viser en rende udfyldt med en mulig senglacial sandet del i bunden, et mellemliggende dyndet, finkornet ferskvandsmateriale, der ofte har en kraftig amplitude, og nær havbunden et formodentligt tyndt Holocænt marint sandlag. Forekomsten er ikke bekræftes af en boring, og da begge de potentielle sandlag er tynde vurderes de ikke at udgøre ressourcer.

Den nye kortlægning i området indikerer imidlertid, at renden som den forrige tolkning var baseret på, primært er opfyldt af lagdelt finkornet materiale, der sandsynligvis er aflejret i Storebælts brakvandsfase under den tidlige del af Littorina transgressionen. Det finkornede materiale svarer til det midterste lag på Figur 17-16 som viser en kraftig amplitude. Der kan potentielt findes et dybereliggende senglacialt sandlag, som er farvet gult på Figur 17-16 under det finkornede lag. Nær havbunden findes et potentielt marint sandlag, som ovenfor er markeret med en brun farve. Begge de potentielle sandlag har en transparent karakter på det seismiske profil. De to potentielle ressourcer, de to sandlag, er dog begge tynde, omkring 1 m i det kortlagte område og uden boringer der bekræfter nogen form for ressource, kan deres udbredelse og sikkerhed ikke kvantificeres. Det vurderes at sandlagene er for tynde til reelt at udgøre råstofforekomster og dermed opgives området.

17.11 Ressourceområde 544.027F

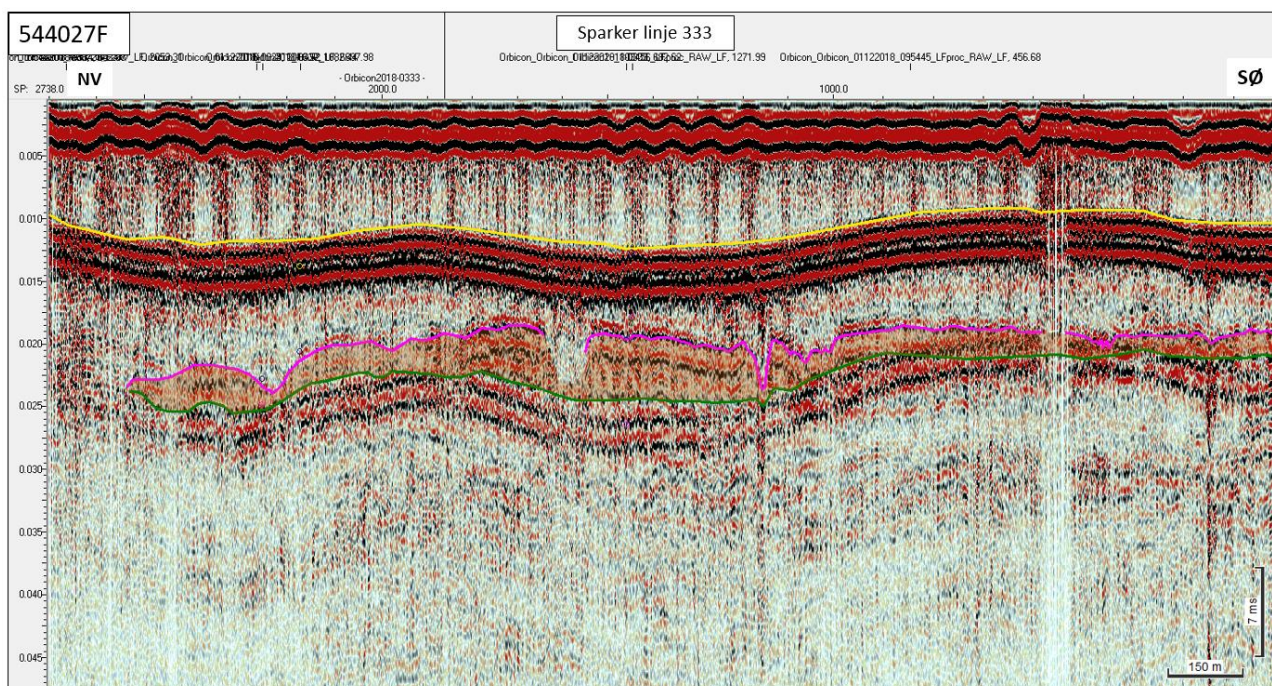
Ressourceområde 544.027F ligger i Jammerland Bugt mellem Asnæs og Reersø, vest for område 544.027D, tæt på kysten hvor vanddybden er ca. 6-10 m (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik svarer til syv nye linjer der udgør 8,9 km. Da der ikke er boringer til stede i området, er tolkningen kun baseret på den nye seismiske kortlægning samt arkivlinjer.

På baggrund af den forrige kortlægning er der mulighed for, at der kan forekomme dels sandede og grusede senglaciale aflejringer, der udfylder render og øvrige lavninger (Figur 17-17). Der er dog en risiko for, at lavninger kan være fyldt op med finkornede sedimenter, som det ses mange steder i området, men der kan også være glaciale smeltevandssedimenter, der ligeledes forekommer forskellige steder i Storebæltsområdet.



Figur 17-17. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027F. Profilet viser, at de overfladenære, mulige Holocæne marine sandforekomster er meget tynde og af ringe udbredelse i området, hvorfor de ikke udgør en ressource.

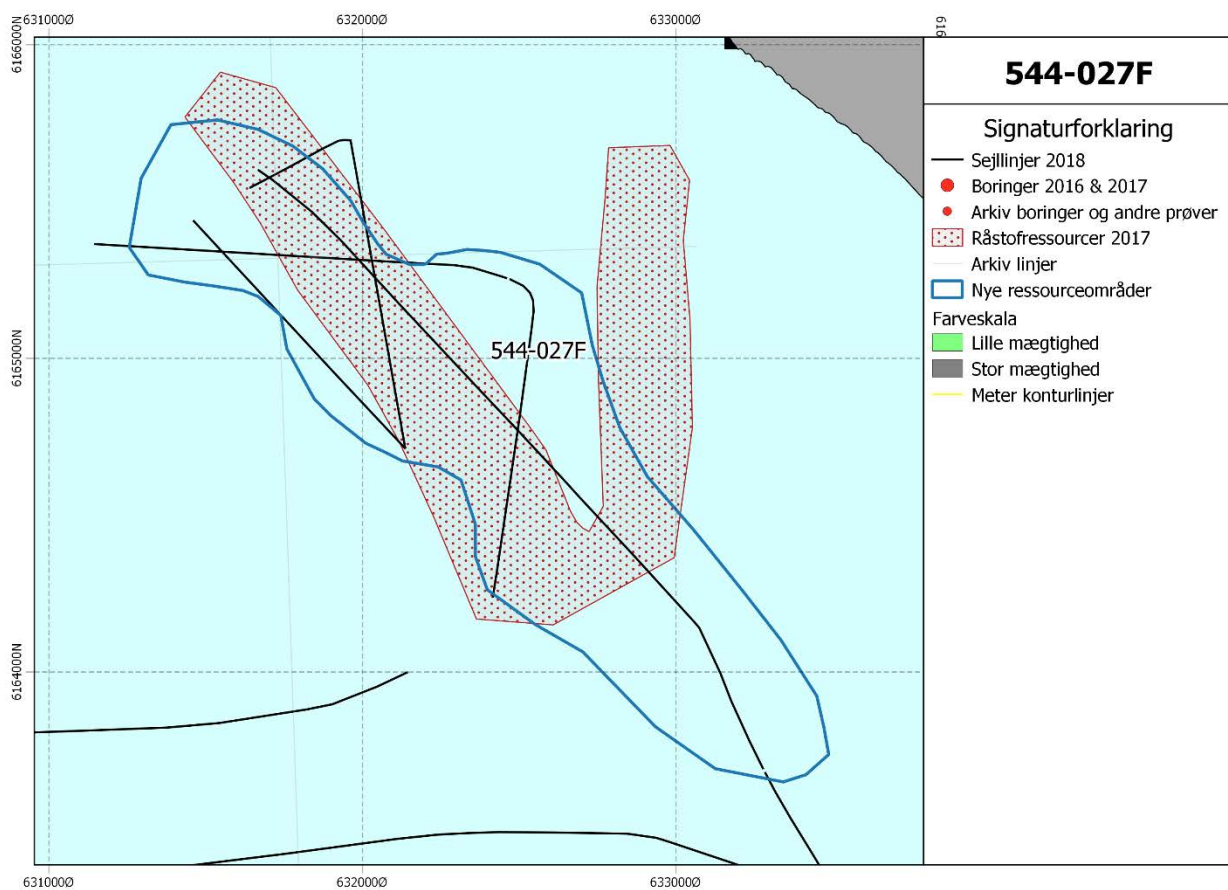
Som det ses på Innomar profilet (Figur 17-17) er sandlagene i området meget tynde, under 1 m. Innomar dataene kan imidlertid ikke opløse de dybere lag i dette område. Vi vurderer dog, at Holocæne eller senglaciale ressourcer ikke forekommer i dette område. På Figur 17-18 nedenfor som er den tilsvarende sparker linje ses en potentiel dybereliggende ressource der muligvis består af grovere, formodentlig senglaciale sedimenter som mellemkornet sand og grus.



Figur 17-18. Sparker profil gennem ressourceområde 544.027F. Profilet viser den dybereliggende potentielle senglaciale sandressource (farvet brun). Lagets karakteristisk er kaotisk og nogle steder afskåret, hvilket også kan skyldes den megen støj på profilet, som skyldes at det er meget lavvandet i området. Støjen medvirker til at gøre tolkningen af ressourcen usikker. Ressourcen ligger under 3-5 m overjord.

På grund af den ringe kvalitet af sparker data i området har det dog ikke været muligt at kortlægge denne del af ressourcen tilfredsstillende, men det anslås at forekomsten har en arealmæssig udbredelse på 1,5 km² baseret på den nye kortlægning (Figur 17-19).

Ressourcen klassificeres fortsat som spekulativ og anslås at have tykkelser på 1-4 m. En volumenopgørelse af denne nye mulige råstofressource i området viser, at der kan være op til 3,75 mio. m³ Sand 1 i forekomsten. Som det ses på Figur 17-18 ovenfor så findes der overjord med tykkelser mellem 3 og 5 m som gør ressourcen dårligt praktisk indvindelig. For at afklare sikkerheden i opgørelsen af ressourcen i område 544.027F skal der udføres en eller to borer af afhængig af resultatet af den første boring.



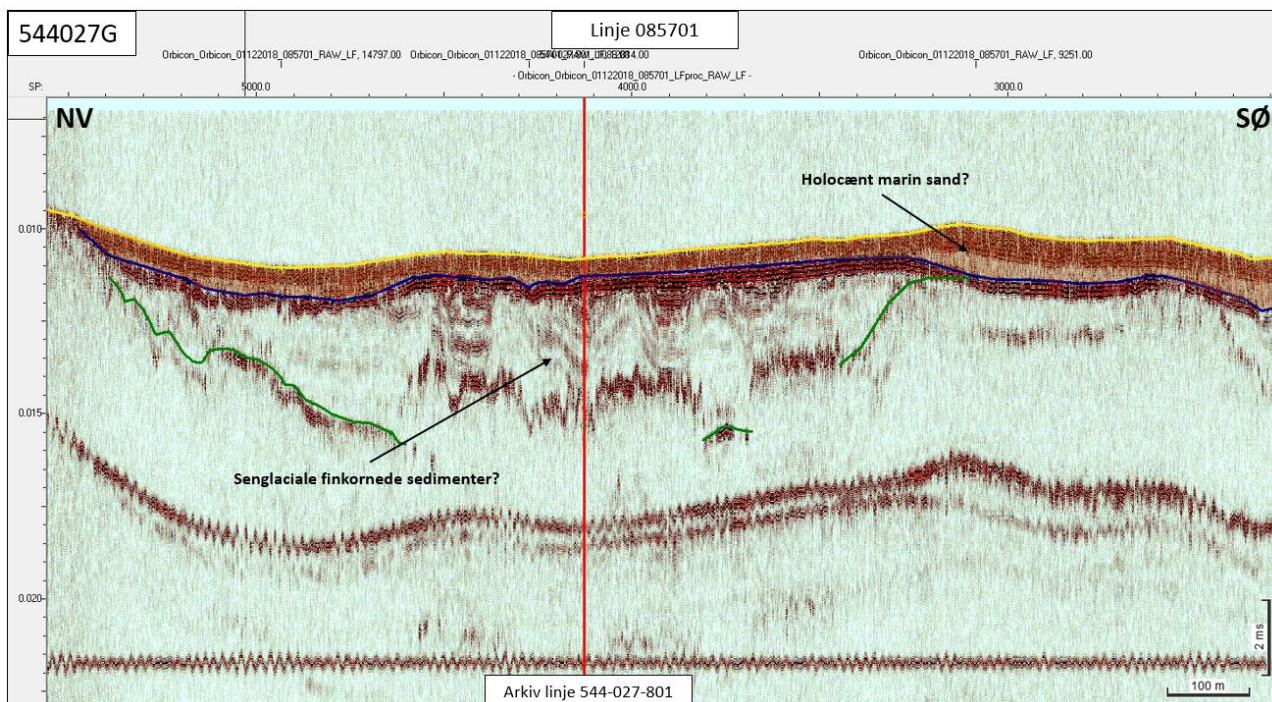
Figur 17-19. Ressourcekort med den kortlagte nye afgrænsning af ressourceområde 544.027F.

17.12 Ressourceområde 544.027G

Forekomsten ligger i Jammerland Bugt mellem Asnæs og Reersø, syd for område 544.027F (Figur 17-1). Omfanget af den nye indsamling af seismik udgør fire linjer svarende til 11 km i område G. Da der ikke er boringer i området, er tolkningen kun baseret på de nye seismiske data samt arkivlinjer. Afgrænsningen af forekomsten er baseret på en enkelt arkivlinje 544801, som er præsenteret i GEUS Rapport 2017/34 samt tilgængelige dybde data for området.

Der er mulighed for, at der forekommer sandede og grusede senglaciale aflejringer, der udfylder render og øvrige lavninger. Der er dog en risiko for, at lavninger kan være fyldt op med finkornede sedimenter, som det ses mange steder i området, men det kan også være glaciale smeltevandssedimenter, der ligeledes forekommer forskellige steder i Storebæltsområdet.

aseret på den nye kortlægning (Figur 17-20) som mangler information fra boringer, vurderes det at de observerede lavninger og render er fyldt med finkornede sedimenter, som nævnt i den forrige tolkning. Sedimenterne er relativt homogene og lagdelte, og formentlig med et vist indhold af organisk indhold. Data tyder ikke på, at der findes grovere sedimenter i renderne i området. Det er muligt, at der findes et overliggende dynamisk marint Holocænt sandlag, som det ses på Figur 17-20 nedenfor.

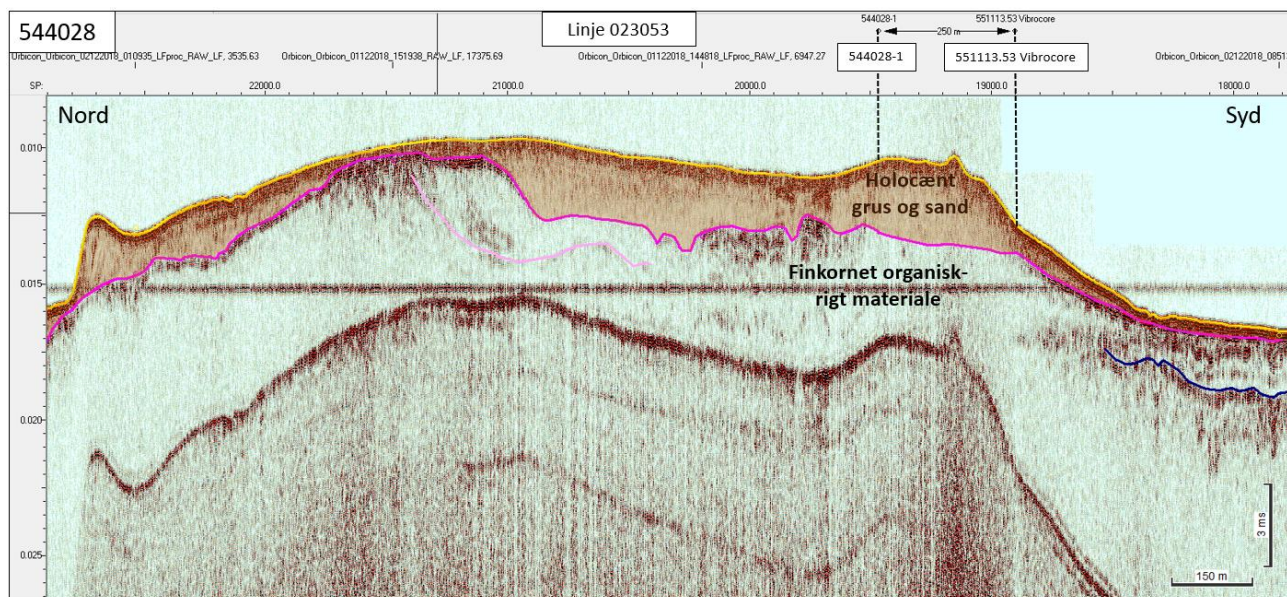


Figur 17-20. Innomar profil gennem ressourceområde 544.027G viser et tyndt Holocænt marint sandlag, der som i flere af de andre områder vurderes for tyndt til at kunne udgøre en ressource. Under sandlaget ses en rende/kanaludfyldning, der ser ud til at være præget af finkornede senglaciale ferskvandssedimenter, der formodentlig ikke udgør en reel ressource.

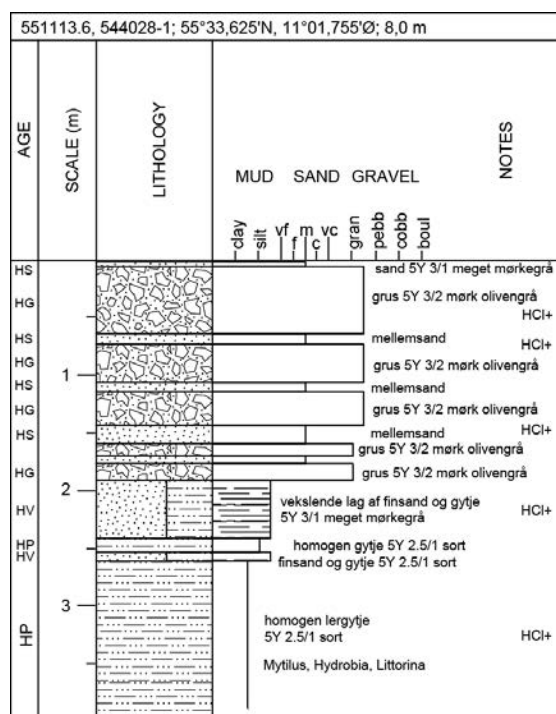
Sandsynligvis udgør den dybereliggende rende en udfyldning af finkornet dyndet materiale som overlejrer morænen. Det overliggende sandlag er tyndere end 1 m og vurderes derfor heller ikke at være en ressource. Dermed vurderes det at der ikke er råstofressourcer til stede i området og denne råstofforekomst opgives.

17.13 Ressourceområde 544.028

Området ligger nordvest for Reersø og dækker et areal på 3–4 km² (Figur 17-1). Vanddybden er 8–14 m. Omfanget af den nye indsamling af seismik svarer til 12 linjer og i alt 26,7 km. Der er to seismiske arkivlinjer og tre borer der dækker området. Ressourcen er i de tidligere opgørelser klassificeret med ressourcekvaliteten: Grus 2 med en ressource på 5 mio. m³ og et areal på 4,2 km². Boring 544028-1 (Figur 17-21, Figur 17-22) viser forekomst af Holocænt grus og sand på 2 meters tykkelse øverst i boringen og bekræfter dermed tilstedeværelsen af en mulig råstofressource i området. Naboboring 551113. 53 viser 1 m groft sand i toppen af boringen.

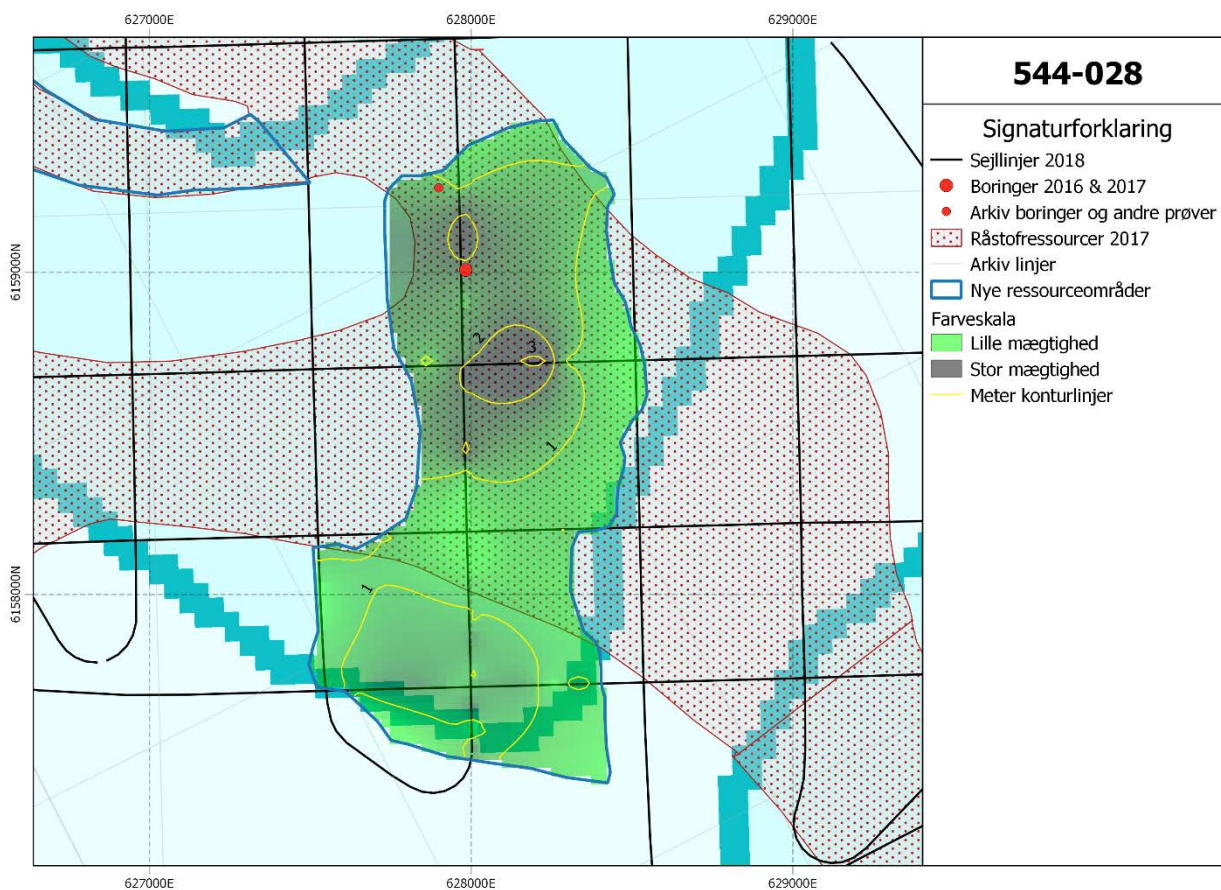


Figur 17-21. Innomar profil gennem ressourceområde 544.028 der viser den varierende tykkelse af ressourcen der består af groft sand og grus hen over banken. Dette bekræftes af de to borer 544028-1 og 551113.53 der ses på profilet.



Figur 17-22. Sedimentologisk log for boring 544.028-1.

På baggrund af den nye og mere detaljerede kortlægning indskrænkes området til et areal på ca. 1,4 km², som vist på kortet nedenfor (Figur 17-23). På tykkelseskortet over det nye ressourceområde ses det, at størstedelen af de grove aflejringer findes i den nordlige del af området. Her er mægtigheden op til 3 m.

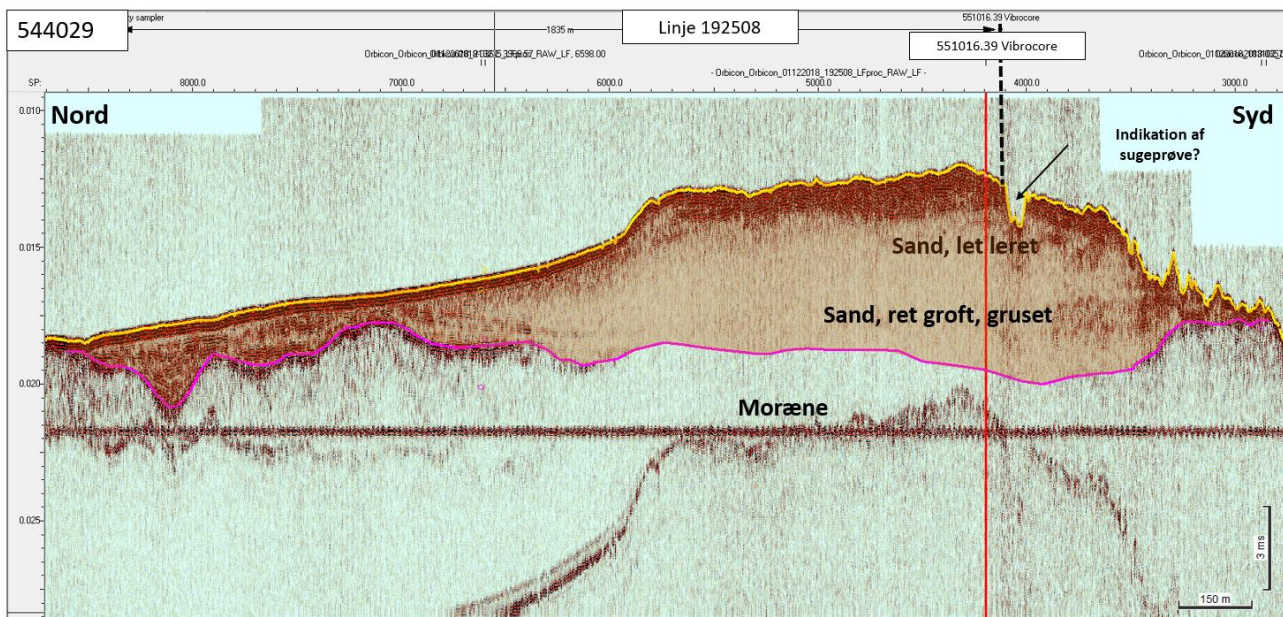


Figur 17-23. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 544.028.

På basis af den nye kortlægning anslås det, at ressourcen har en gennemsnitlig tykkelse på 1,5 m. Baseret på tykkelseskortet viser volumenopgørelsen, at der kan være op til 1,6 mio. m³ grus 2 i forekomsten. Med bekræftelse fra to boringer og den nye detaljerede kortlægning og tykkelseskort opklassificeres ressourcen til sand-synlig.

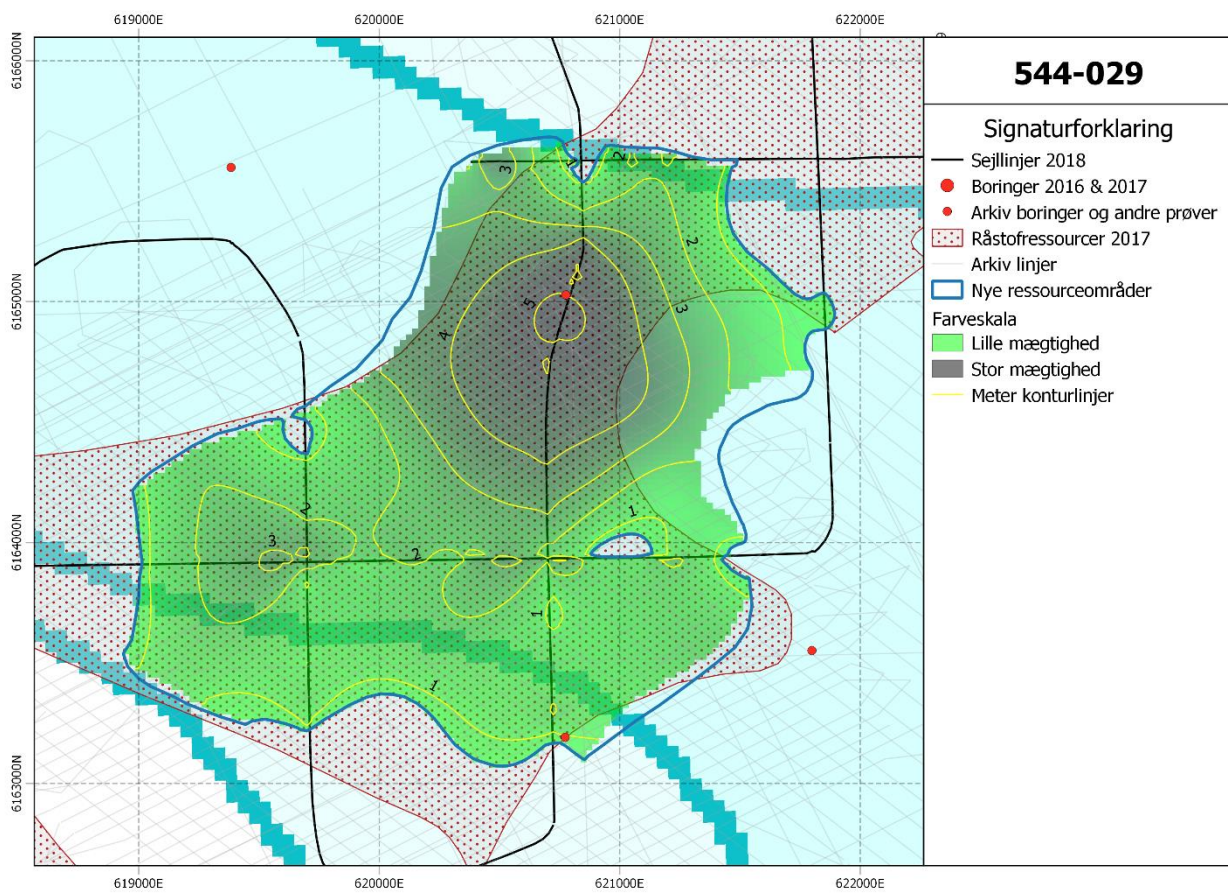
17.14 Ressourceområde 544.029

Området er lokaliseret 5 km syd for Asnæs og dækker et areal på mindst 6 km² (Figur 17-1). Vanddybden er mellem 9 og 16 m. Der findes syv arkivboringer i og omkring området. Der er indsamlet 11 nye seismiske linjer der dækker forekomsten med 22,4 km. Der blev ikke udført boringer i forekomsten under boretogtet i 2017. En arkivboring i den centrale del af forekomsten, boring 551016-39, viser et 7 m tykt lag sand der øverst består af en Holocæn marin sandet del med et mindre indhold af ler, grus og noget dynd. Den nedre del af sandlaget er beskrevet som en grovere sandet senglacial smeltevands-aflejring med noget grus og små sten. Den nedre del er betegnet som mellemkornet frem for groft, gruset. Kvaliteten af ressourcen beholdes som Grus 2. Det er på baggrund af Innomar dataene ikke muligt at skelne mellem de to sandlegemer, da instrumentet ikke har den nødvendige gennemtrængningskraft. Sparker dataene er desværre af så ringe kvalitet at de ikke tydeligt kan opløse forskellen, men det kan også skyldes, at forskellen af de to lag ikke er stor nok til at give en tydelig refleksion. Bunden af forekomsten, der er markeret med pink på Figur 17-24 er noget usikkert tolket via Innomar data, hvor dybden bekræftes af en tydelig refleksion på sparker dataene. Under de to sandlag findes moræne.



Figur 17-24. Innomar profil gennem ressourceområde 544.029. Profilet viser et stort akkumulationsflak af sand i den centrale del af området. Ressourcen består af en øvre del med finkornet og mellemkornet sand med et mindre ler-indhold, og en nedre del med grovere sand med indhold af grus mod bunden, som det fremgår af boring 551016.39. Der ses et hul i forekomsten, som kan være spor af en tidligere sugeprøve.

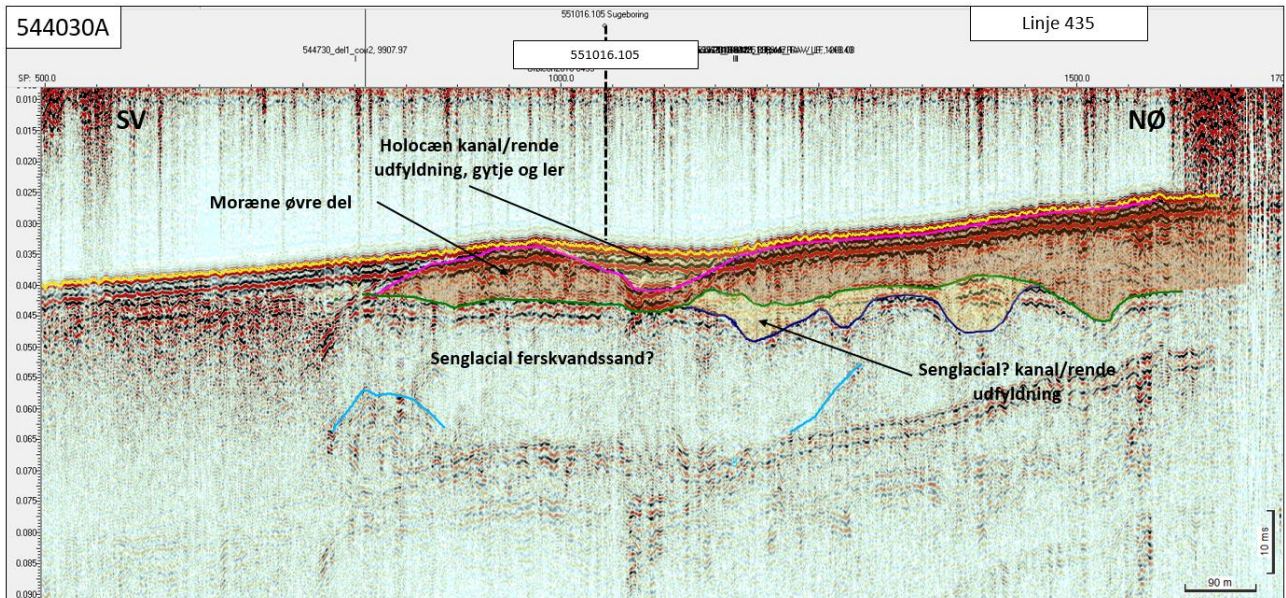
På baggrund af den nye kortlægning indskrænkes arealet af forekomsten til den mere centrale del af akkumulationsflakket/højderyggen, svarende til et område på ca. 4,7 km² (Figur 17-25). Tykkelsen varierer fra 1–7 m baseret på de seismiske data og boringen, med en gennemsnitstykkelser på omkring 2,8 m. Volumenopgørelsen viser, at der kan være op til 10,2 mio. m³ i forekomsten, baseret på tykkelseskortet vist nedenfor. Ressourcen kan på baggrund af den nye kortlægning opklassificeres til sandsynlig, idet den er bekræftet af boringen, men bunden er ikke helt præcist kendt på grund af den ringe kvalitet af de seismiske data.



Figur 17-25. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 544.029.

17.15 Ressourceområde 544.030A

Forekomsten er lokaliseret i bunden og på skråningerne af den dybe rende nord for Elefantgrund (Figur 17-1). Den dækker et areal på 10–12 km² og vanddybden er mellem 16 og 34 m. Af de ny-indsamlede seismiske linjer dækker 11 linjer forekomsten, svarende til 21,8 km. Der eksisterer to arkivboringer i denne struktur, begge med finkornet materiale der overlejrer fint sand i en relativt ukendt mængde (tykkelse). I boring 551012.58 overlejrer 0,84 m gytje et 25 cm tykt lag af finkornet sand. I boring 551016.105 overlejrer et 30 cm tykt lag af finkornet sand af 2,5 m blandede finkornede materialer som gytje, ler og silt.



Figur 17-26. Innomar profil gennem ressourceområde 544.030A. Profilet viser områdets kompleksitet. Boring 551016.105 træffer en smal kanal med gytje, ler og tørv, og dybest i boringen findes senglacialt ferskvandssand, som kan udgøre en ressource. Grundet støjen på sparker data og Innomar's dårlige gennemtrængning er det dog ikke muligt med sikkerhed at kortlægge dette lags bund og derfor ikke den nøjagtige udbredelse.

Baseret på den tidligere kortlægning blev område 544.030A foreslået som en mulig aflejrings af materialer ved foden af den østlige kant af Storebæltsrenden. Denne tolkning afvises på baggrund af den nye kortlægning. Som det ses på Figur 17-26 ovenfor er sparker data fra området af ringe kvalitet, hvilket er fælles for flere områder omtalt i denne rapport. Meget af det seismiske signal overskygges af gas som det ses mod sydvest i profilet. Innomar dataene har desværre ikke en gennemtrængning i området der gør det muligt at lokalisere en ressource. I boring 551016.105 fandtes 30 cm sand i bunden som muligvis kan udgøre en dybereliggende senglacial ressource af finkornet sand. Grundet den dårlige kvalitet af dataene er det dog ikke muligt at kortlægge bunden eller udbredelsen af dette mulige sandede ressourcelag. Derfor bevares ressourceforekomsten som et spekulativt senglacialt sandlag af kvalitet Sand 0. Ressourcen er delvist overlejret af en Holocæn kanal-udfyldning med finkornet materialer. Det er ikke muligt at give et bedre estimat af den mulige råstofmængde i området. Det vil kræve en til to nye borer samt en ny indsamling af seismiske data for at kunne revurdere ressourcens klassifikation. Ressourceområdets udstrækning bibeholdes som før (Figur 17-1)

18. Område 546 – Store Middelgrund

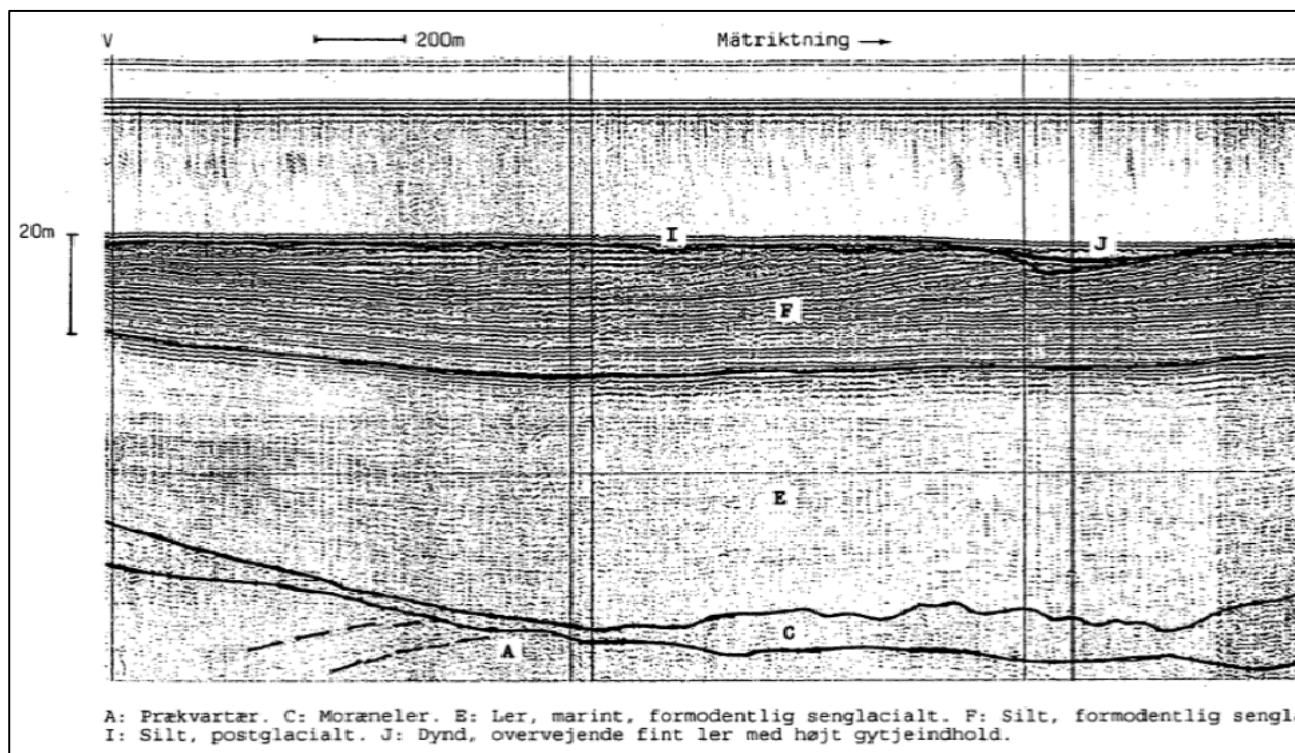
18.1 Områdebeskrivelse

Der er undersøgt fem spekulative ressourcer henholdsvis syd og nord for Store Middelgrund grænsende op til svensk farvand (Figur 18-1). Ressourcerne blev oprindeligt kortlagt ud fra svenske data af begrænset kvalitet indsamlet i 1985. Data findes i GEUS' arkiv.



Figur 18-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Store Middelgrund området.

De overordnede geologiske enheder identificeret ved undersøgelserne i 1985 fra området syd for Store Middelgrund fremgår af det seismisk eksempel vist i Figur 18-2. Over den dybt begravede glaciale overflade, er der observeret to tykke senglaciale enheder. De Holocæne aflejringer udgør kun et få m tykt dække.



Figur 18-2. Overordnede geologiske enheder i et vest-øst profil syd for Store Middelgrund identificeret ved SGU rapportering af survey i 1985.

Der var oprindeligt ingen prøvetagninger i området, og det er uklart hvorvidt ressourceforekomsterne oprindeligt blev tolket som senglaciale eller Holocæne aflejringer.

I 2016 sejlede det tyske forskningsskib Maria Merian gennem området og indsamlede Parasound data. Parasound er et sedimentekkolod med nogenlunde samme seismisk opløsning som Innomar systemet. GEUS har en kopi af disse data, der blev anvendt til udpegning af boring 546004-1.

18.2 Ny seismisk undersøgelse

Der er generelt sejlet i et 500 x 500 m net over ressourceområderne, og i nogle tilfælde er der udført flere parallelle linjer som forbindelseslinjer mellem de enkelte ressourceområder. Sparker og Innomar data er generelt af en god kvalitet. Dog bevirker en kraftig dobbelt bundpuls på sparker data, at basis af den øvre Holocæne enhed ikke kan erkendes.

18.3 Ressourceområde 546.001

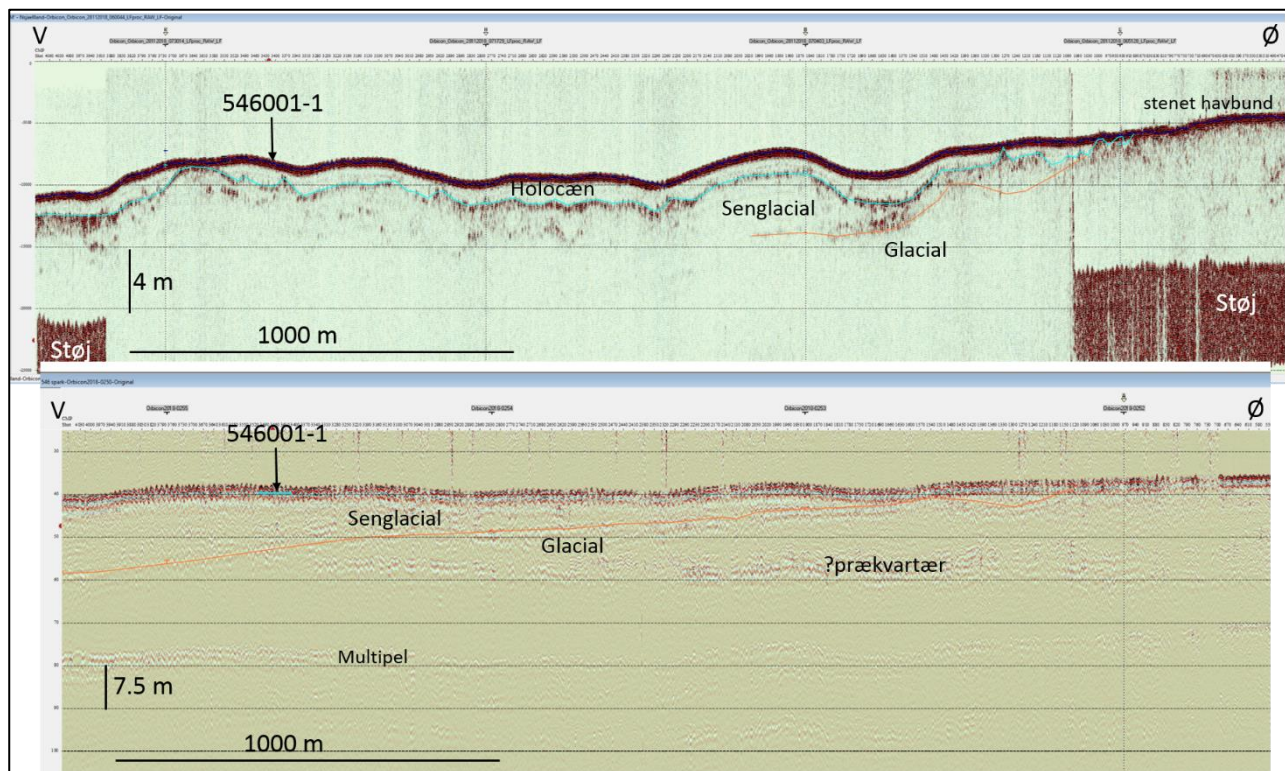
Forekomsten er oprindeligt klassificeret som Holocænt marint finsand (Sand 1), der ligger som et tyndt lag overlejrende senglacialt marint ler på Store Middelgrunds nordvest flanke.

Boring 546001-1, der er placeret i den vestlige del af den kortlagte forekomst, viser, at der øverst er et ca. 1,5 m lag af mellemkornet Holocænt sand, der er underlejret af et 1,5 m senglacialt, ligeledes mellemkornet sandlag (Figur 18-5). Fra 3 m og nedefter findes groft sand. Der er udført tre kornstørrelsesanalyser. Den første i det øverste Holocæne sand 0–1,5 m viser mellemkornet sand. Den anden i det øverste senglaciale sandlag fra 1,5–2,7 m viser ligeledes mellemkornet sand, mens den tredje analyse i det nederste senglaciale sandlag fra 357

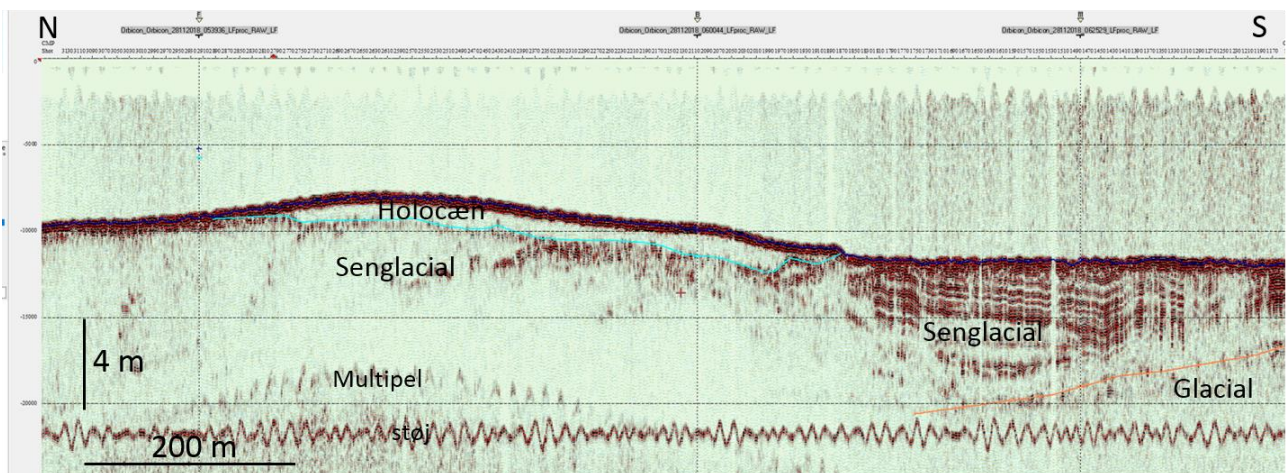
til 457 cm viser mellem- til grovkornet sand med grus. Ud over kornstørrelsesanalyser er der udført en petrografiske analyse på materialet fra intervallet 357-457 cm. Analysen viser, at materialet har et meget lavt totalt indhold af porøs flint på 0,1 %. Der er ligeledes foretaget petrografiske analyse i det Holocæne materiale fra intervallet 0-100 cm og resultat giver også et meget lavt totalt indhold af porøs flint på 0,1 %.

Afgrænsningen mellem den Holocæne sandenhed og den sandede senglaciale lagserie var ikke muligt på baggrund af den ældre seismiske linje 545035, som borningslokaliteten var udpeget på.

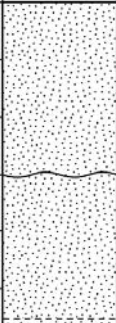
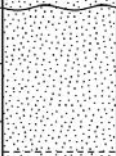
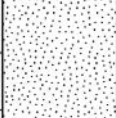
Der er i forbindelse med den ny kortlægning i 2018 udført tre øst-vest linjer med en indbyrdes afstand på ca. 500 m og fire nord-sydgående linjer med en afstand på knap 1000 m. Sparker data er noget støjpræget og af moderat kvalitet. Innomar data er af bedre kvalitet, med en varierende penetration til ca. 10 m under havbund. Sparker data viser en markant svagt vesthældende reflektor som formodes at udgøre grænsen mellem glaciale og senglaciale aflejringer (Figur 18-3). De glaciale aflejringer ser ud til at nå op til havbunden i den østligste del af det oprindelige ressourceområde. De højt opløselige Innomar data viser en markant reflektor 1-2 m under havbunden, som på basis af borningsdata, må formodes at repræsentere basis af marin Holocæn, overlejrende senglaciale enheder (Figur 18-3, Figur 18-4). De senglaciale enheder fremtræder komplekse, med områder med diffust lagdelte til transparente enheder der veksler med områder med tydeligt lagdelte enheder.



Figur 18-3. Innomar (øverst) og sparker profil (nederst) af en central øst-vest gående linje gennem ressourceområde 546.001. Den Holocæne ressourceenhed (over blå strek), verificeret med boring 546001-1, har en mægtighed på op til ca. 1,5 m. Det fremgår af sparker profilet, at den glaciale flade hælder mod vest, og at den senglaciale lagserie har en stigende mægtighed i vestlig retning.

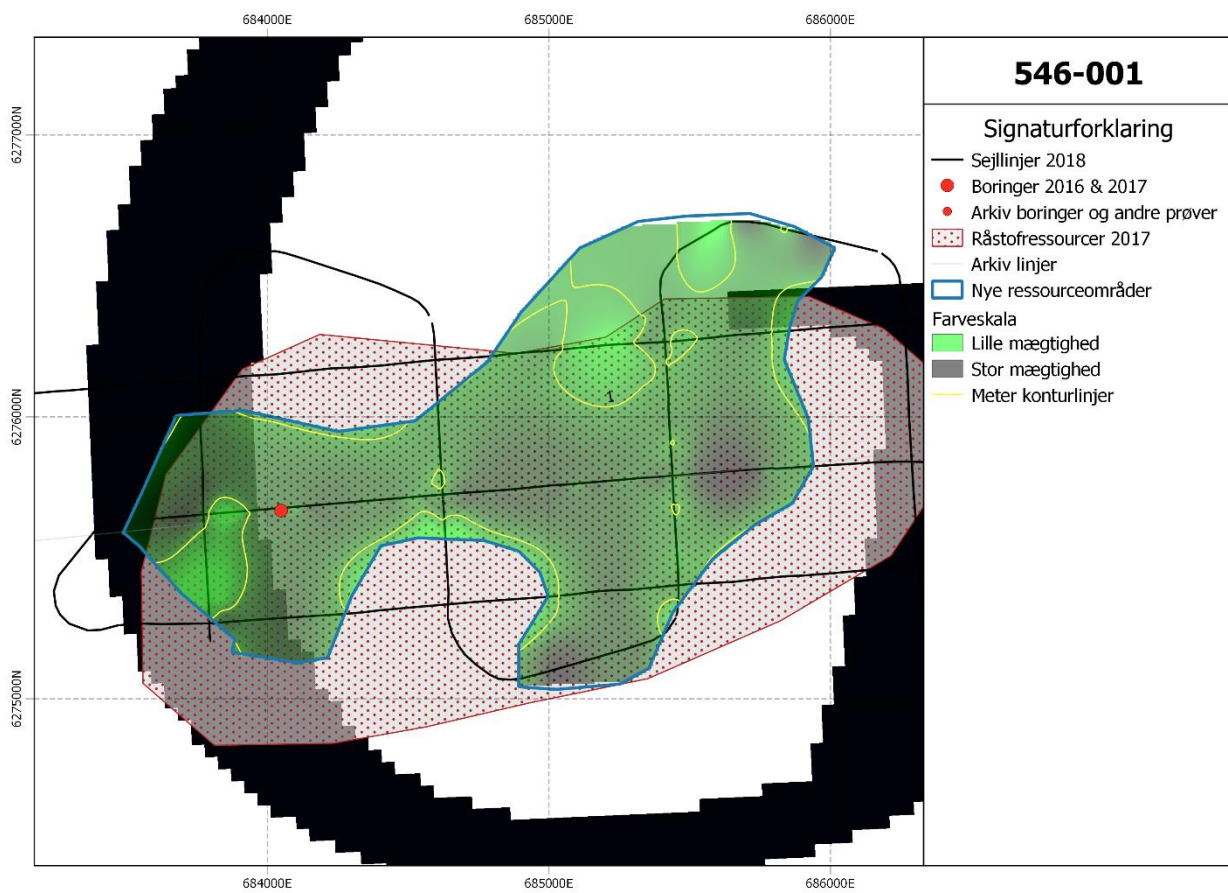


Figur 18-4. Nord-syd Innomar profil centralt igennem ressourceområde 546.001. Basis af Holocænt marint sand er markeret med blå. De senglaciale aflejringer har en kompleks karakter.

546001-1; 56°35.346'N, 11°59.838'Ø; 29 m												
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL									NOTES
			clay	silt	vf	m	vc	gran	pebb	cobb	boul	
HS	1		Arctica, Pecten, Cardium									HCl +
	2.5Y 5/1 grå											
TS	2		2.5Y 4/1 mørkegrå									HCl +
	sten 7 cm											
TS	3		Hård klump moræneler									HCl +
	2.5Y 5/1 grå											
TS	4		sten 4 cm									HCl +
	2.5Y 5/1 grå											

Figur 18-5. Sedimentologisk log for boring 546.001-1.

Der er foretaget kortlægning af basis af den Holocæne marine enhed, som på baggrund af bóringsdata klassificeres som en sandsynlig ressource af Holocænt, marint, mellemkornet Sand 1 (Figur 18-5). Den arealmæssige udstrækning af enheden overstigende 1 m i mægtighed er udtegnet og arealet beregnet til 2,2 km². Det fremgår af Figur 18-6 at en mægtighed større end 1 m kun findes over dele af det oprindeligt angivne ressourceområde 546.001. Volumen af det Holocæne sand anslås til ca. 3 mio. m³.



Figur 18-6. Kortlagt revideret udstrækning/mægtighed af ressourceområde 546.001 angivet med grøn farve og 1 m konturlinjer. Den oprindelige udstrækning af ressourcen er markeret med brun skravering.

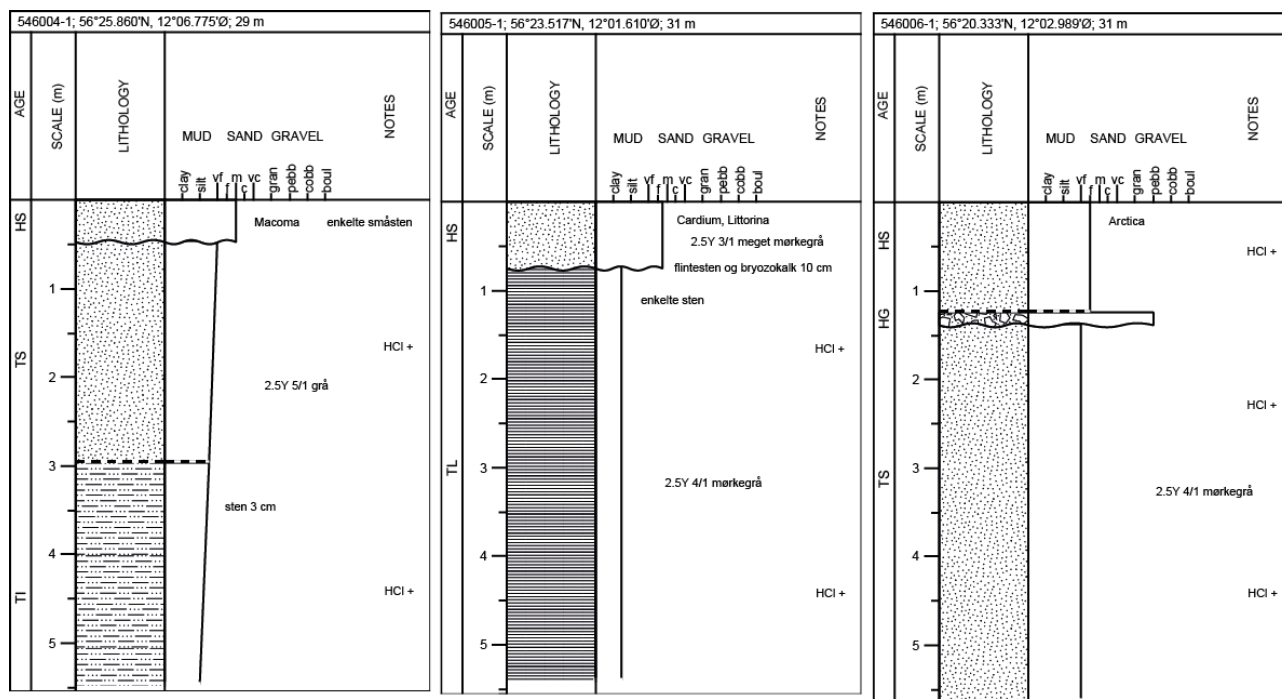
Boring 546001-1 indikerer, at senglaciale sandede aflejringer med en mægtighed på op til 3 m eller mere findes over den vestlige del af undersøgelsesområdet, og sparker data underbygger at mægtigheden af den formodede senglaciale lagserie tiltager fra øst mod vest. Begrænset datakvalitet og penetration af Innomar data sammenholdt med indikation for stor kompleksitet i opbygning af den senglaciale lagserie, bevirker, at det på det nuværende grundlag ikke anses for muligt at fastslå omfanget af en potentiel senglacial sandressource. Det vil både kræve flere og dybere borer og, om muligt, bedre seismiske data.

18.4 Ressourceområde 546.004 – 546.007

Ressourceområderne 546.004 til 546.007 ligger syd for Store Middelgrund. Forekomsterne udgør de højere liggende partier af tre parallelle rygge orienteret nord-syd og nordøst-sydvest. Vanddybden i området varierer fra 26-29 m hen over ryggene til 32-33 m mellem ryggene.

Der er fem borer i området. Boring 546004-1, 546005-1 og 546006-1 er foretaget i forbindelse med MST-kortlægning i 2017 (GEUS Rapport 2017/19, Figur 18-7). Herudover findes to tyske borer af ældre data. Boring 561217.1 i den sydøstlige del af ressource 546.004 viser 0,6 m Holocænt sand der overlejrer heterolitisk finsand/ler aflejringer med enkelte marine muslinger. Boring 561221.1 i den sydlige del af ressourceområde

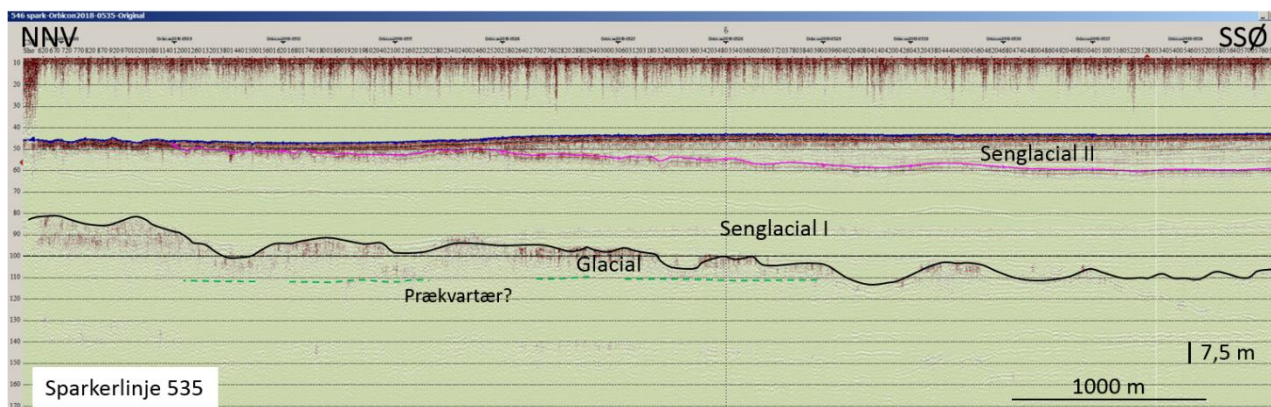
546.007 viser heterolitiske aflejringer af finsand/ler med enkelte marine skaller og svag bioturbation. De heterolitiske aflejringer formodes at være af yngre senglacial alder. Boring 546004-1 viser et 0,5 m Holocænt marint sandlag der overlejrer et 2,5 m tykt senglacialt finsandslag der bliver mere finkornet med dybden og gradvist går over til silt i 3 m's dybde. Boring 546005-1 viser et 0,8 m tykt marint Holocænt finsandslag der overlejrer senglacialt ler og silt med enkelte sten. Boring 546006-1 viser et 1,2 m Holocænt marint finsandslag, der hviler på et 10 cm tykt gruslag, der adskiller de Holocæne aflejringer fra senglacialt finkornet, siltholdigt meget fint sand.



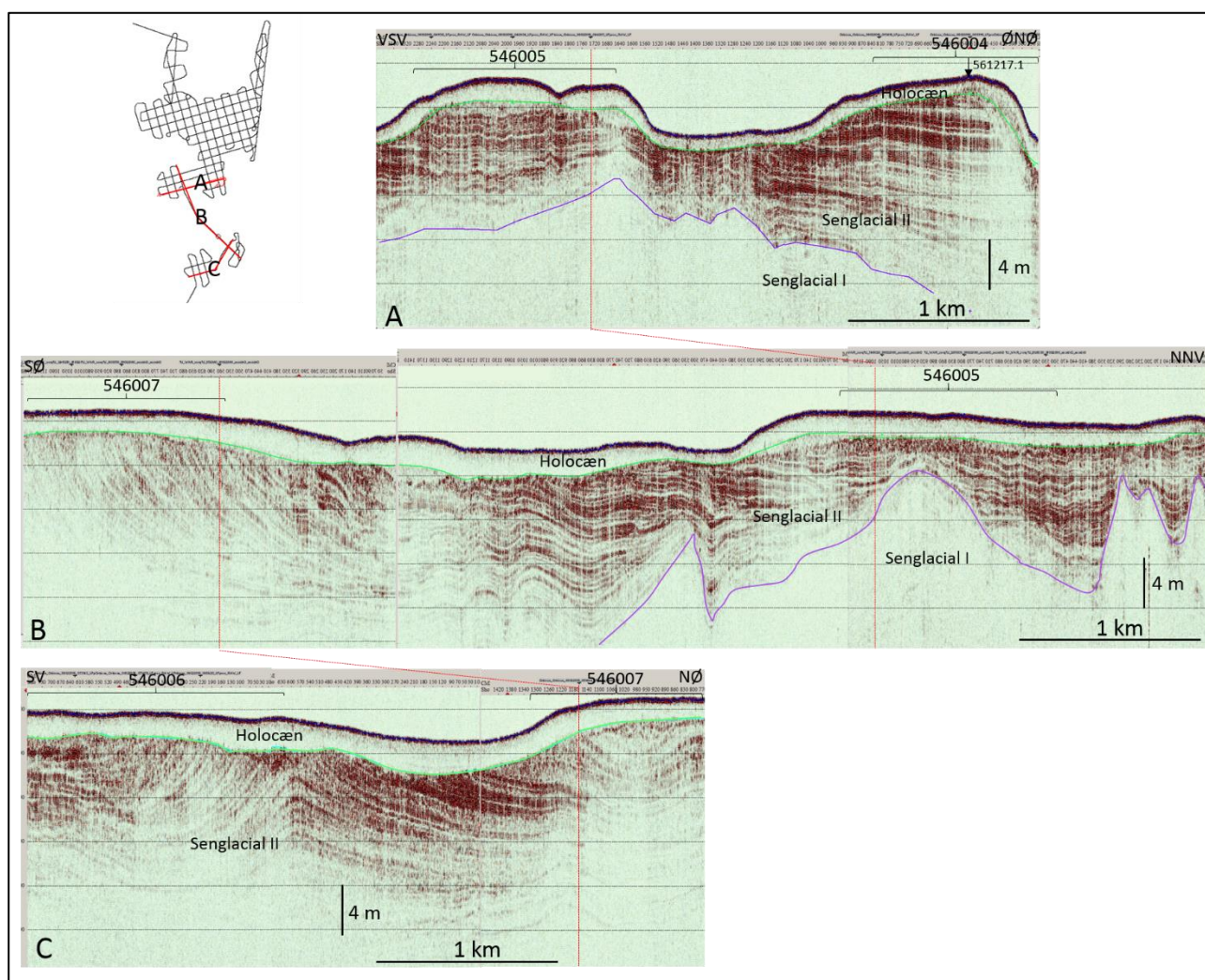
Figur 18-7. Sedimentologiske logs for borerne 546004-1, 546005-1 og 546006-1.

På baggrund af borer og ældre seismik, kan det foreløbigt konkluderes, at de senglaciale aflejringer er tvivlsomme som mulige ressourceforekomster. Kun det Holocæne marine dæklag udgør en potentiel ressource i forhold til de seismiske undersøgelser i 2018.

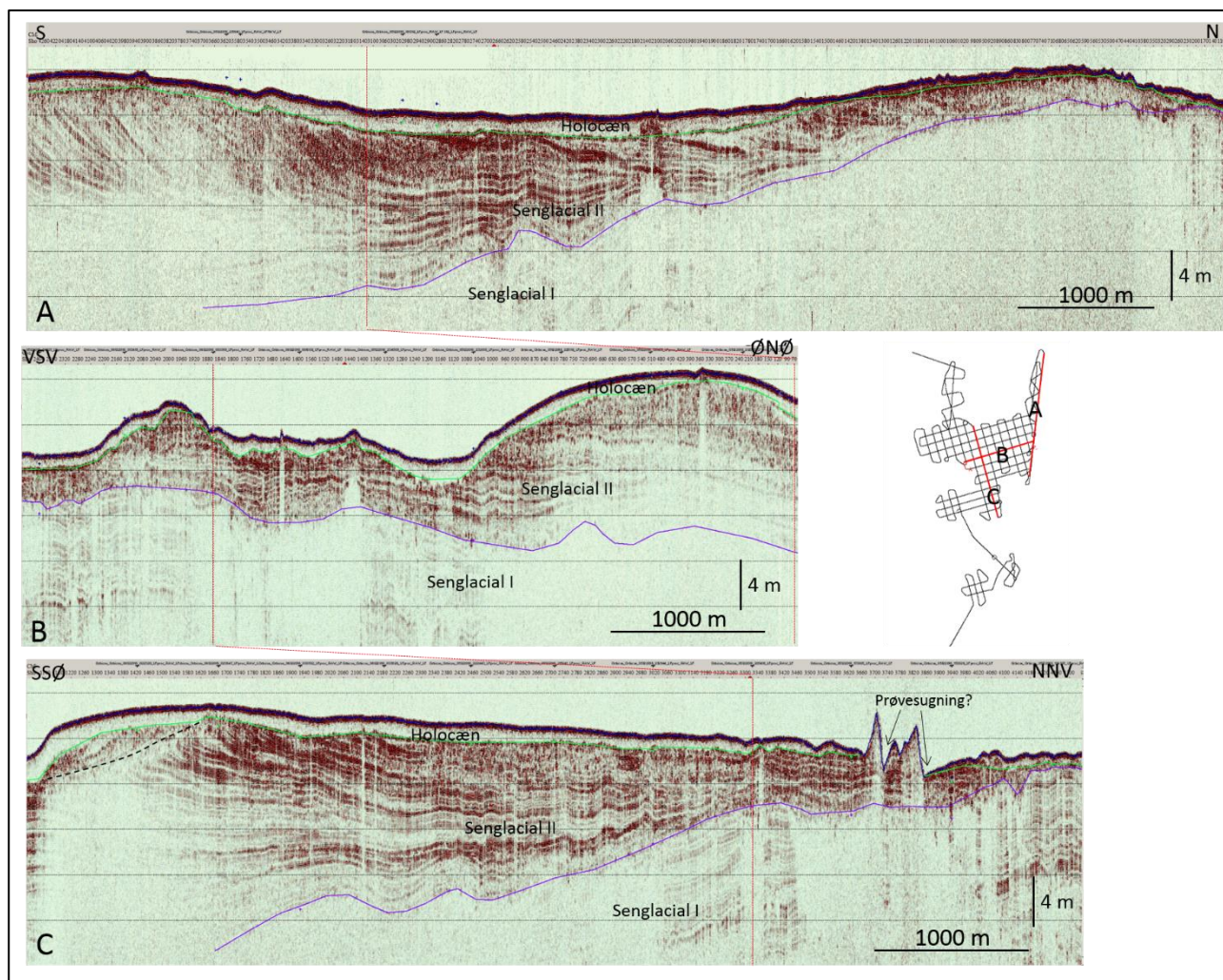
Sparker data viser den formodede glaciæle overflade som stiger fra >50 m under havbund i den sydlige del af undersøgelsesområdet til tæt på havbunden i den nordlige del (Figur 18-8). Over den glaciæle flade ses to formodede senglaciale, tydeligt adskilte enheder. Den nedre enhed (senglacial I) har en mægtighed på op til 35 m, og udviser en moderat reflektiv, konform lagdeling. Aflejringerne tolkes som glaciømarine, finkornede sedimenter aflejret på dybere vand. Den overliggende senglacial II enhed har på Innomar data en tydeligt mere højreflektiv seismisk karakter (Figur 18-9, Figur 18-10). Enheden består af skråtstillede marine aflejringer med en mægtighed på op til 15-20 m, som er bygget ud mod nordvest. Det oprindelige bassinområde har tilsyneladende været dybest mod sydøst, og med tiden ser det ud til at være blevet udjævnet ved progressiv udbygning og udfyldning mod nordvest. Senglacial II aflejringerne kan muligvis henføres til den seneste deglaciation af det nordlige Øresund. Der har fundet markant erosion sted i sen senglacial til tidlig Holocæn, da det relative havniveau faldt markant, og denne erosion ser ud til at være medvirkende årsag til udformningen af de langstrakte morfologiske rygge, som fremstår på havbunden med et kun tyndt Holocænt dæklag.



Figur 18-8. Overordnet stratigrafiske enheder i undersøgelsesområdet illustreret ved tolket sparker profil 535.



Figur 18-9. Krydsende Innomar profiler A,B og C gennem ressourceområde 546.004, 546.006, 546.007 og 546.005 illustrerende den udbyggende lagdeling i senglacial II enheden og erosionsgrænsen (grøn markering), der udgør basis af det få m tykke Holocæne dæklag, som tilsyneladende udgør en sammenhængende ressourceenhed.



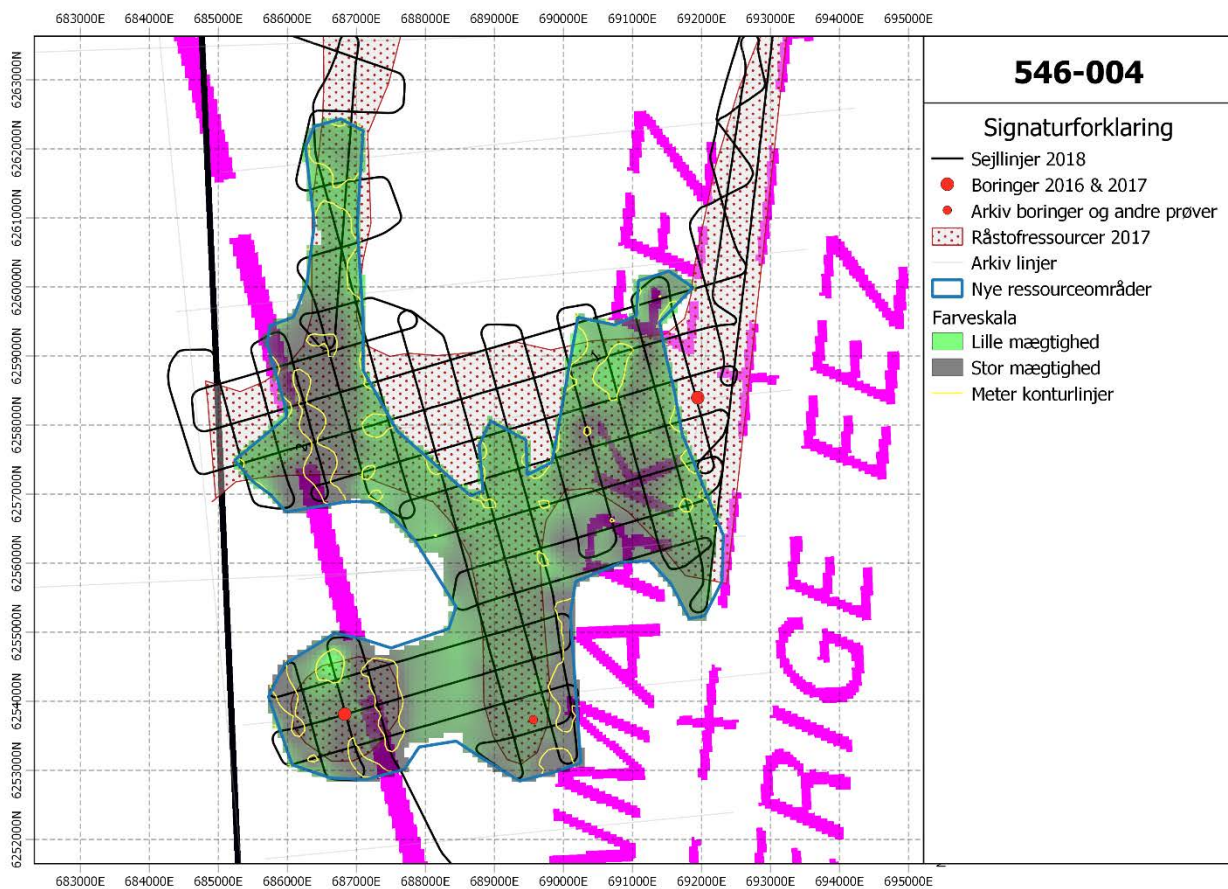
Figur 18-10. Krydsende Innomar profiler gennem ressourceområde 546.004. Det ses at tykkelsen af senglacial II enheden og det Holocæne dæklag (ressourcen) aftager markant mod nord.

De ny seismiske undersøgelser underbygger, at det kun er det Holocæne dæklag bestående af fin- og mellemkornet marint sand, der har interesse som ressourceforekomst. Undersøgelserne viser, at dæklaget tynder kraftigt ud til mindre end 1 m i den nordlige del af det oprindelige ressourceområde 546.004, og den ny afgrænsning af forekomsten afspejler dette. Over den sydlige del af område 546.004 og på og omkring de oprindelige ressourceområder ser mægtigheden af det Holocæne marine dæklag ud til at være 1-2 m. Da der ikke er yderligere boringsdata mellem de oprindelige ressourceområder (typisk lidt dybereliggende strøg), kan det ikke verificeres, om de områder også indeholder potentielle ressourceforekomster.

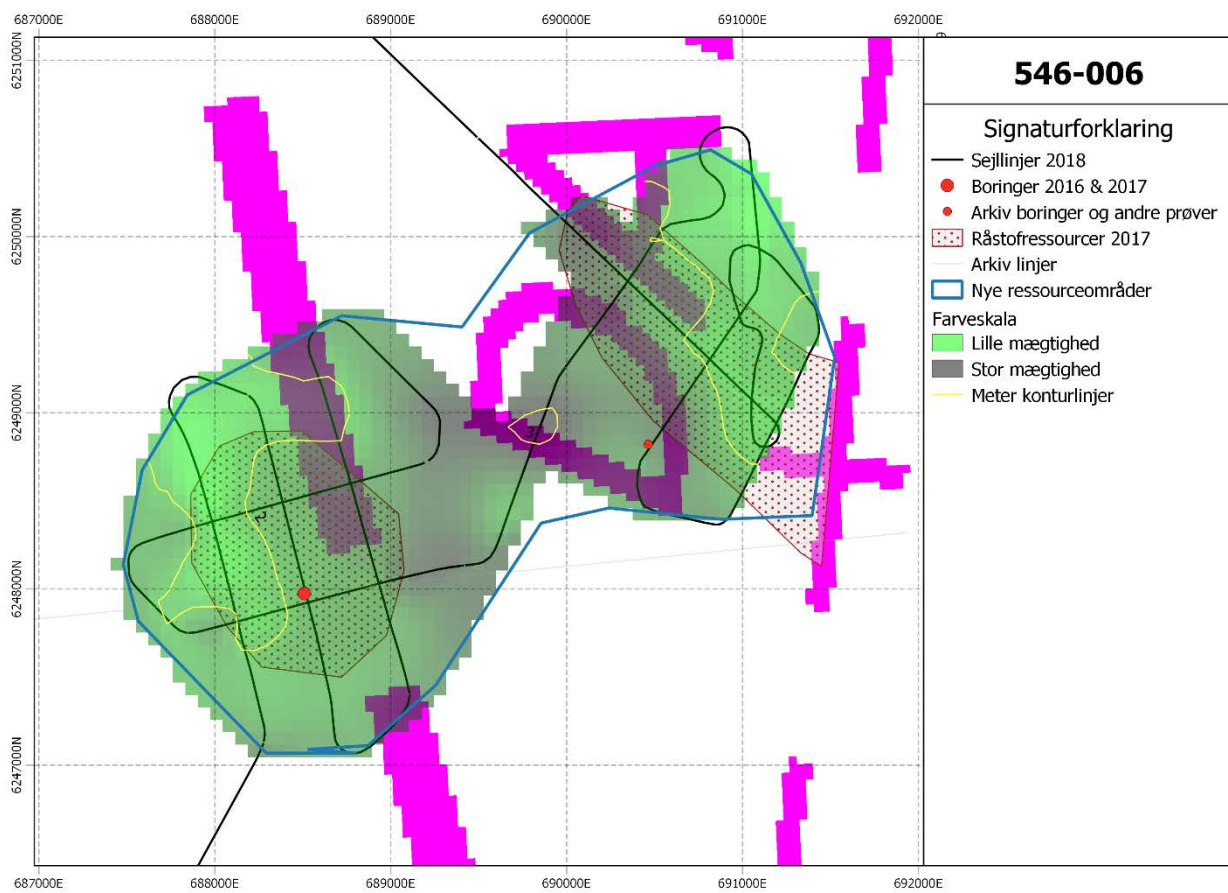
På baggrund af de foreliggende data er der foretaget en sammenlægning af de to områder 546.004 og 546.005, der nu bliver nummereret 546.004/5 (Figur 18-12). Ressourceområdet har en udstrækning på ca. 27 km² og med en gennemsnitlig mægtighed på 1,5 m er der beregnet et samlet volumen på ca. 40 mio. m³.

Ressourcen klassificeres som en sandsynlig Sand 1 forekomst, med den ikke uvæsentlige tilføjelse, at ressourceområdet muligvis strækker sig længere mod syd, og kan være forbundet med område 546.006 og -007.

På baggrund af tolkning af de nye seismiske data defineres et ny ressourceområde 546.006/7 omkring de oprindelige områder 546.006 og 546.007 (Figur 18-12). Ressourceområdet har en udstrækning på ca. 7,4 km² og med en gennemsnitlig mægtighed på 1,8 m er der beregnet et samlet volumen på ca. 13 mio. m³. Ressourcen klassificeres som sandsynlig, med det forbehold at ressourceområdet muligvis har en større udstrækning mod nord (forbundet med 546.005 og 546.004) og mod syd.



Figur 18-11. Kortlagt revideret udstrækning/mægtighed af ressourceområde 546.004/5 angivet med grøn farve og 1 m konturlinjer. Den oprindelige udstrækning af ressourcen er markeret med brun skravering.



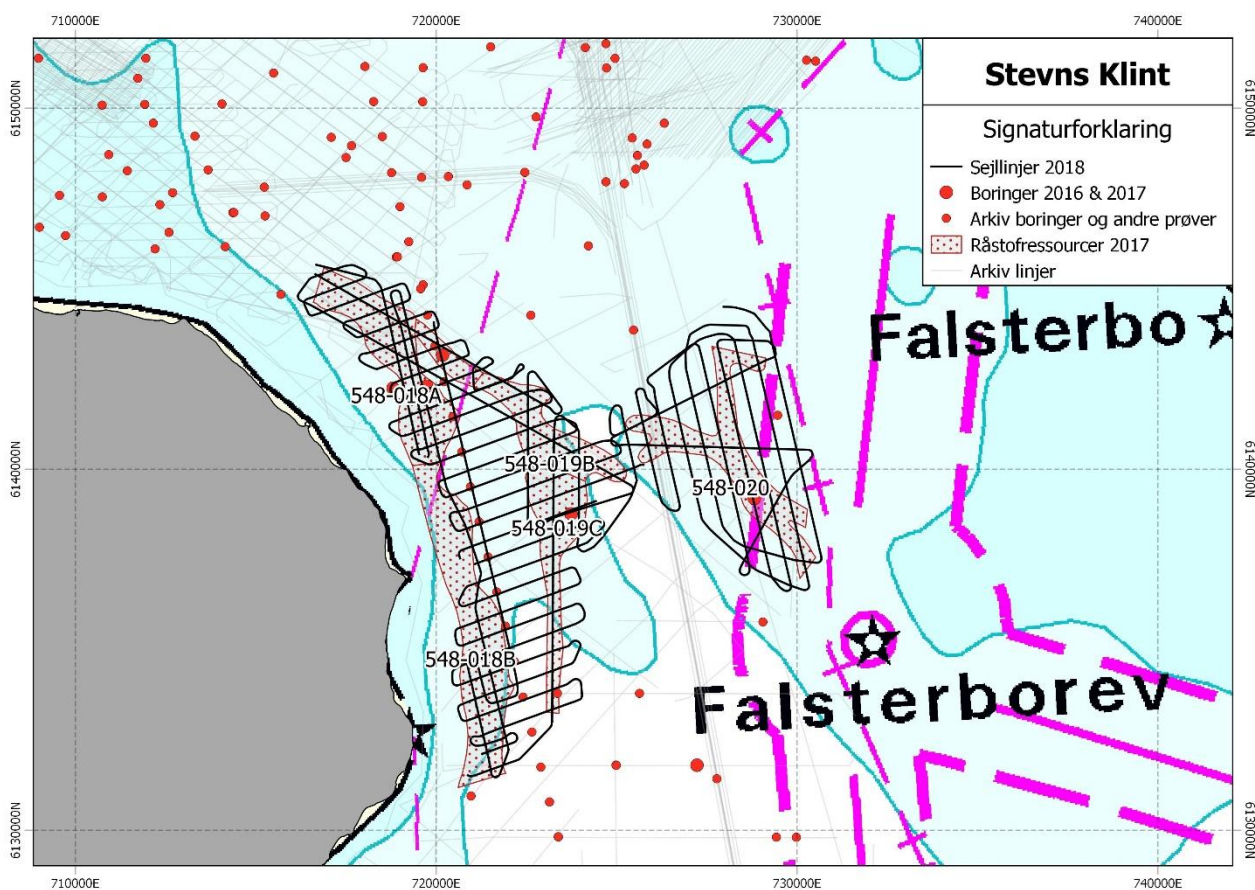
Figur 18-12. Kortlagt revideret udstrækning/mægtighed af ressourceområde 546.006/7 angivet med grøn farve og 1 m konturlinjer. Den oprindelige udstrækning af ressourcen er markeret med brun skravering.

19. Område 548 – Køge Bugt

19.1 Områdebeskrivelse

I område 548 øst for Stevns Klint er tre tætliggende ressourceområder (548.018, 548.019 og 548.020) blevet undersøgt (Figur 19-1). Områderne er oprindeligt klassificeret som senglaciale og Holocæne marine sandaflejringer, der dels udfylder render og fordybninger og dels er kortlagt som kystsedimenter. Den oprindelige klassifikation er baseret på regional kortlægning af området fra 1986, som omfatter seismiske undersøgelser, boringer og sediment prøver.

I 2017 blev der foretaget fem vibrationsboringer i ressourceområderne. Generelt viser boringerne Holocæne sandlegemer som overlejrer moræneaflejringer. Tættest på kysten og i den nordlige del er de underliggende kridtlag truffet i boringerne. Sandmaterialet er generelt mellem- til finkornet, og hvor boringerne gennemtrænger fordybninger findes finere materialer som senglacialt gytje/dynd, silt og finkornet sand.



Figur 19-1. Oversigtskort over området ved Stevns Klint med seismiske linjer fra 2018, boringer og råstofressourcer.

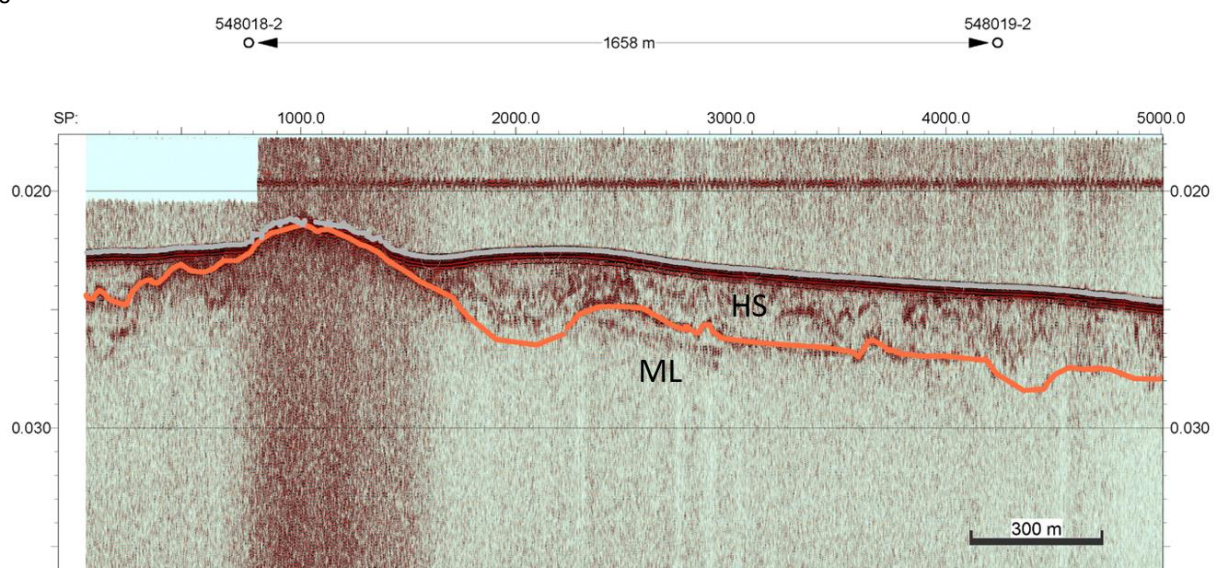
19.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 er der over områderne 548.018 og 548.019 sejlet i et sammenhængende Ø-V orienteret net med en sejllinjeafstand på 500 m, suppleret med enkelte tværlinjer. Over ressourceområde 548.020 er der ligeledes sejlet med en sejllinjeafstand på 500 m, dog i et N-S orienteret net, suppleret med tre tværlinjer.

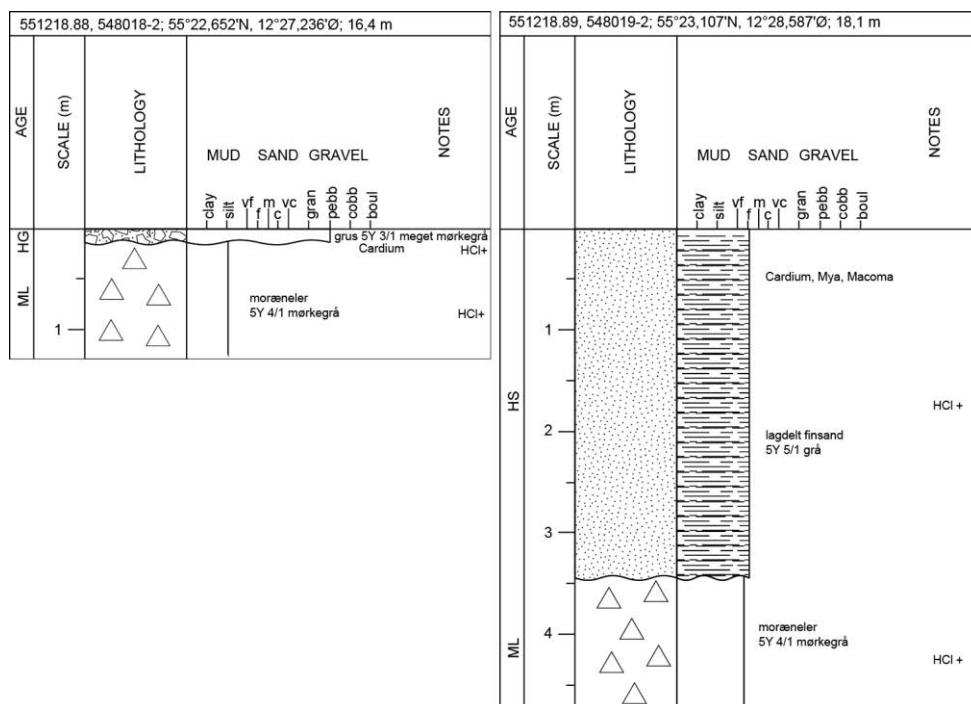
Efter en gennemgang af de indsamlede sparker data blev det vurderet, at disse ikke kunne bidrage med informationer om den overfladenære lagserie, hvor ressourcerne i området forventes at findes. Sparker data er derfor ikke benyttet i kortlægningen af ressourceområderne, ud over kontrol af den stratigrafiske lagserie, som den større gennemtrængning bidrager med. Undersøgelsen er derfor foretaget på højopløselige Innomar data. Innomar dataene har, på trods af en mindre nedtrængning i sedimentet, været tilstrækkelige til at kortlægge moræneoverfladen i hovedparten af området, og dermed også basis af ressourcerne.

19.3 548.018

Der blev i 2017 udført to vibrationsboringer i ressourceområde 548.018. Den østlige del af ressourcen blev vurderet til at indeholde en råstofressource med kvalitet Sand 1. På baggrund af den geofysiske kortlægning foretaget i 2018 kan det tidligere sandsynlige ressourceområde 548.018A og det spekulative ressourceområde 548.019B kombineres, da den sandede enhed som findes i flere boringer, er gennemgående i de seismiske data fra området (Figur 19-2). Den vestlige del af ressourceområdet er primært sandet, og den østlige del består af lagdelt finsand.

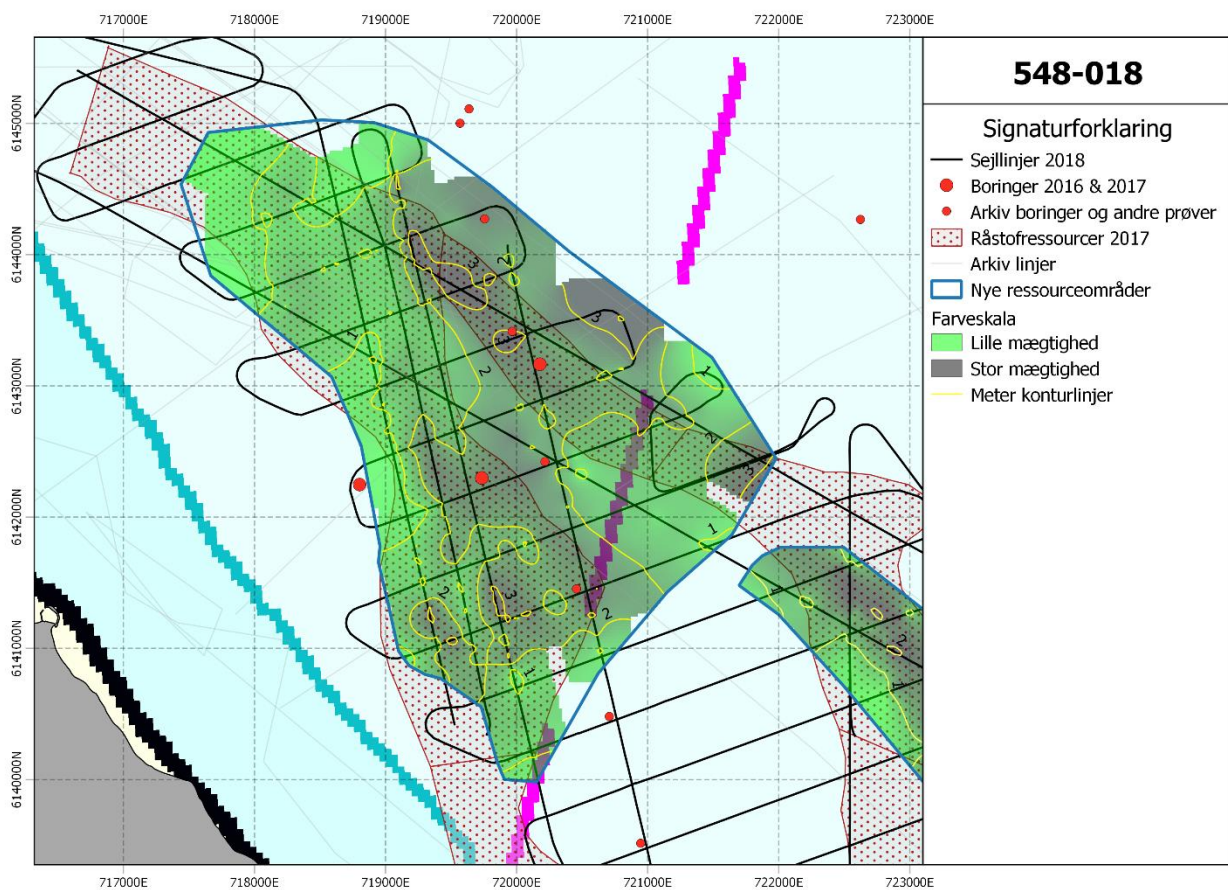


Figur 19-2. Seismisk profil med et Holocænt sandlag overlejrende moræne enheder.



Figur 19-3. Sedimentologiske logs for borerne 548018-2 og 548019-2.

Der udarbejdes en nye afgrænsning og de tidligere ressourceområder udgår. Det samme er tilfældet med ressource 548.018B der ligger i den sydlige del, da der ikke er fundet beviser for ressourcer i hverken borerne eller i de seismiske data.



Figur 19-4. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 548.018.

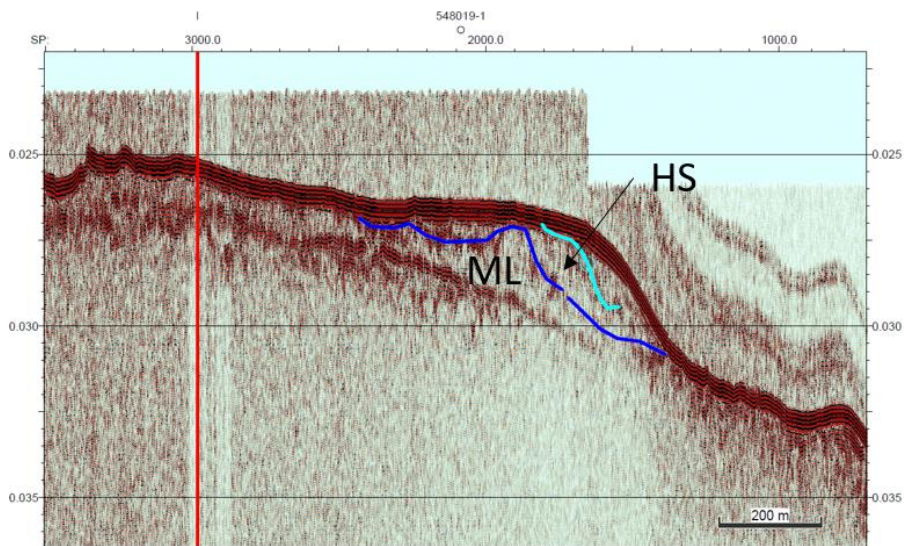
Det nye sandsynlige ressourceområde 548.018 har et areal på ca. 11 km². Der er foretaget volumenberegninger for forekomsten, resultatet var 19,2 mio. m³. Kvaliteten bestemmes som Sand 0 da størstedelen af området er lagdelt finsand. Ressourcen består af Holocænt marint saltvandssand.

19.4 548.019

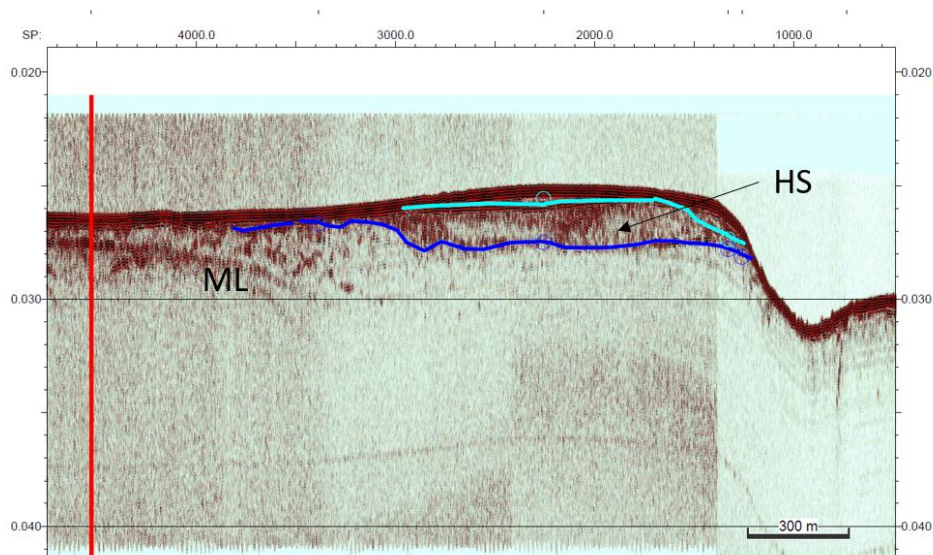
Den nordlige del af ressource 548.019 er ved tre boringer bekræftet i at indeholde særdeles finkornet Holocænt materiale, som er aflejret umiddelbart oven på moræne aflejringer. Denne forekomst integreres i ressourceområde 548.018 på basis af de seismiske data (Figur 19-2 og Figur 19-3).

Ressource 548.019 er kortlagt som Holocænt marint sand, og blev i 2017 boret i den nordlige del og i midten. På denne baggrund blev ressourcen opdelt i fire del-ressourcer. Den geofysiske kortlægning fra 2018 illustrerer, at de to midterste strukturer kan kortlægges som én ressource, der er placeret på flanken og toppen af en

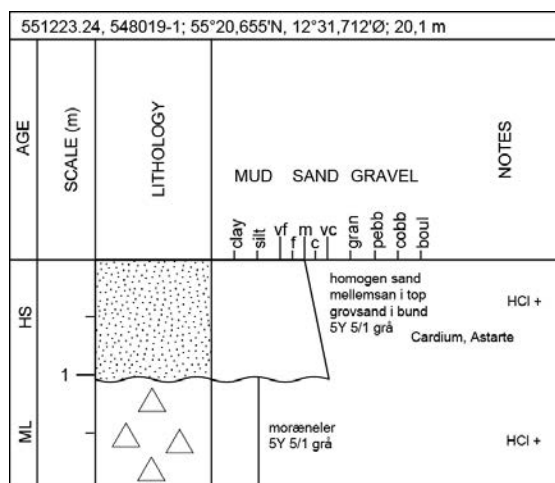
moræne forhøjning. Den østlige og yngste (lyseblå) del af ressourcen antages at være mere finkornet end den inderste og ældste del (blå) (Figur 19-5 og Figur 19-6).



Figur 19-5. Seismisk profil med et Holocænt sandlag overlejrende moræneler.

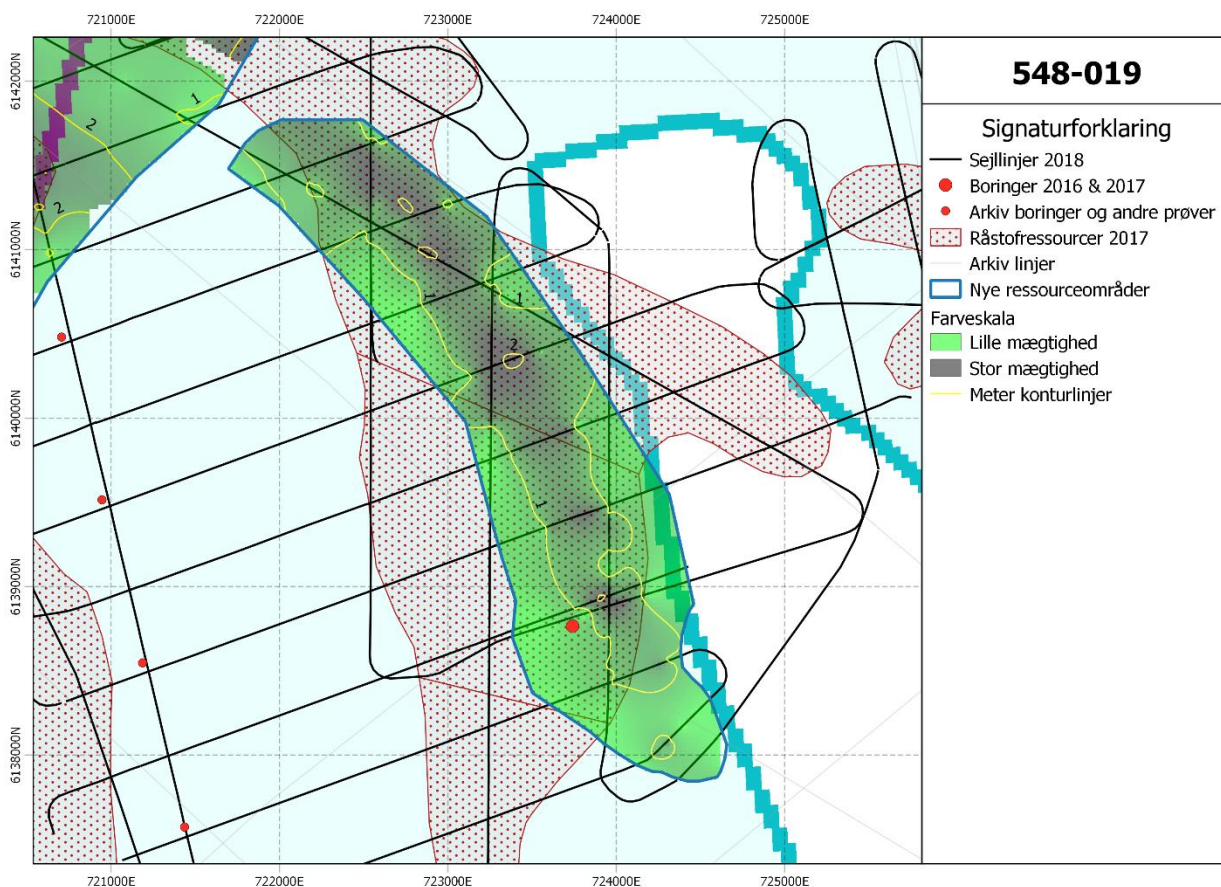


Figur 19-6. Seismisk profil med Holocænt sand der overlejrer moræneler.



Figur 19-7. Sedimentologisk log for boring 548019-1.

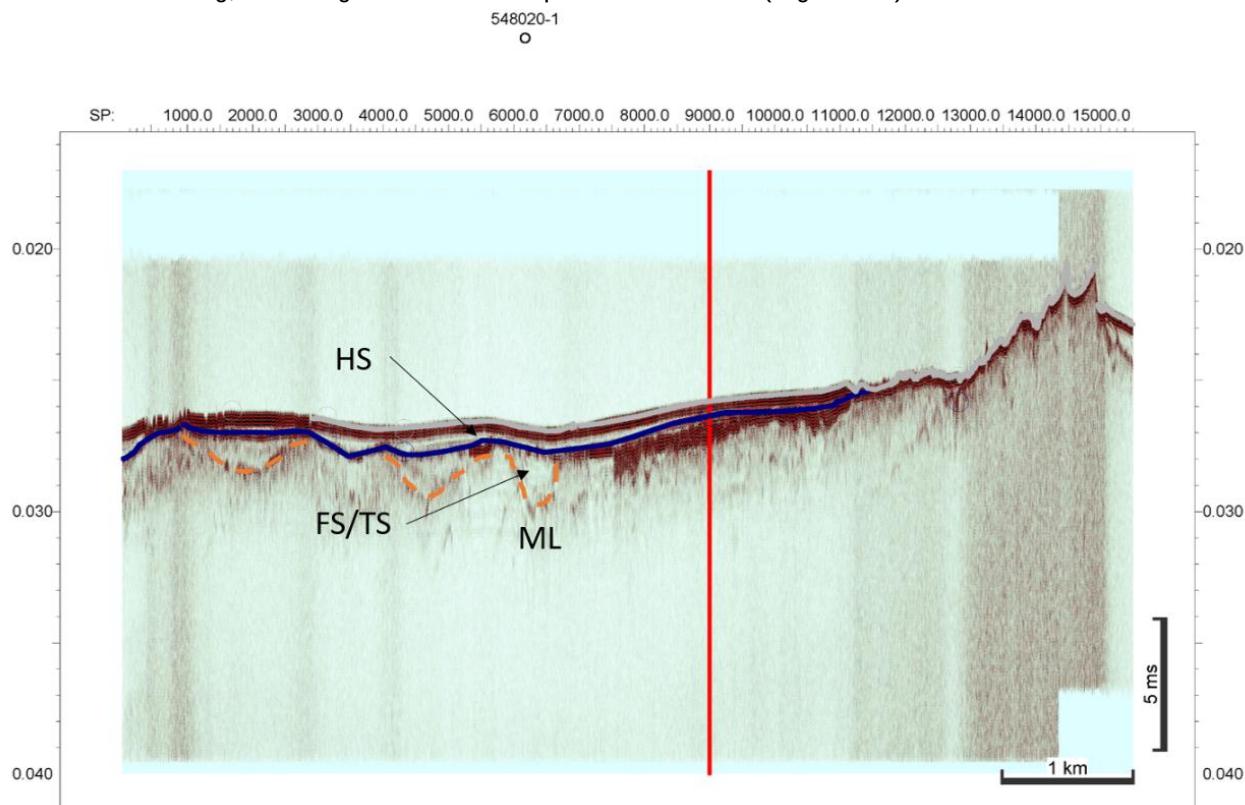
Begge enheder vurderes på baggrund af boring 548019-1 at være marine fossile kystaflejringer. Ressourcen består i nogle områder af 2-3 m mellemkornet sand og vurderes til kvalitet Sand 1. Da boringsevidensen i ressourcen fortsat er mangelfuld, vil denne ressource fortsat være spekulativ. Det nye areal af ressource 548.019 udgør 2 km² og det beregnede volumen er ca. 4,3 mio. m³.



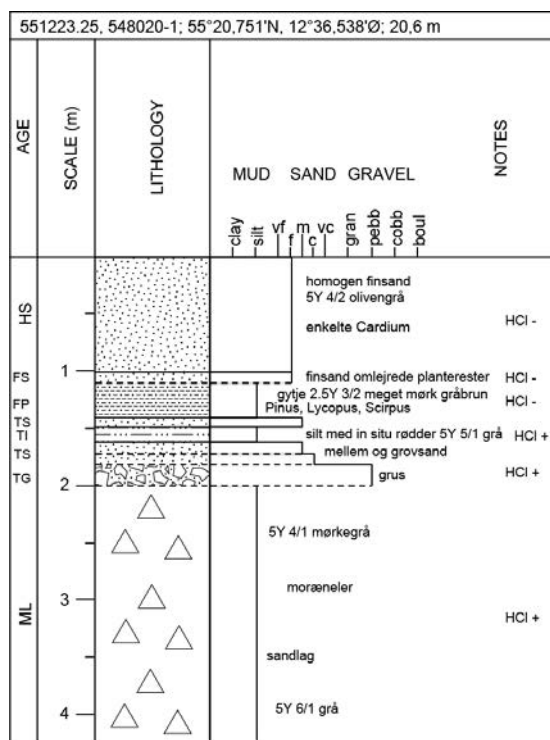
Figur 19-8. Ressourcekort med kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 548.019.

19.5 548.020

Ressource 548.020 blev i 2017 boret for at eftervise kanal strukturer. De samme fordybninger er identificeret i nærliggende undersøgelser. Fordybningerne er primært fyldt op af senglaciale fine materialer som finkornet sand og dynd (Figur 19-10). Strukturerne er identificeret i hele området, og aflejringerne i boring 548.020-1 vurderes dermed repræsentativ for råstofressourcerne i den resterende del af området. I fordybningerne findes et Holocænt sandlag, der kan genfindes i hovedparten af området (Figur 19-9).



Figur 19-9. Seismisk profil med Holocænt marint sand der overlejrer tidligt Holocæne og senglaciale sedimenter og moræne.



Figur 19-10. Sedimentologisk log for boring 548.020-1.

Dette Holocæne sandlag vurderes dog ikke til at have en tilstrækkelig mægtighed i undersøgelsesområdet til, at kunne kortlægges som en ressource, da mægtigheden ikke overstiger 2 m i området. Derfor betragtes disse fordybninger ikke længere som værende af råstofmæssig værdi i undersøgelsesområdet og vi anbefaler dermed, at 548.020 bliver fjernet som en spekulativ råstofressource.

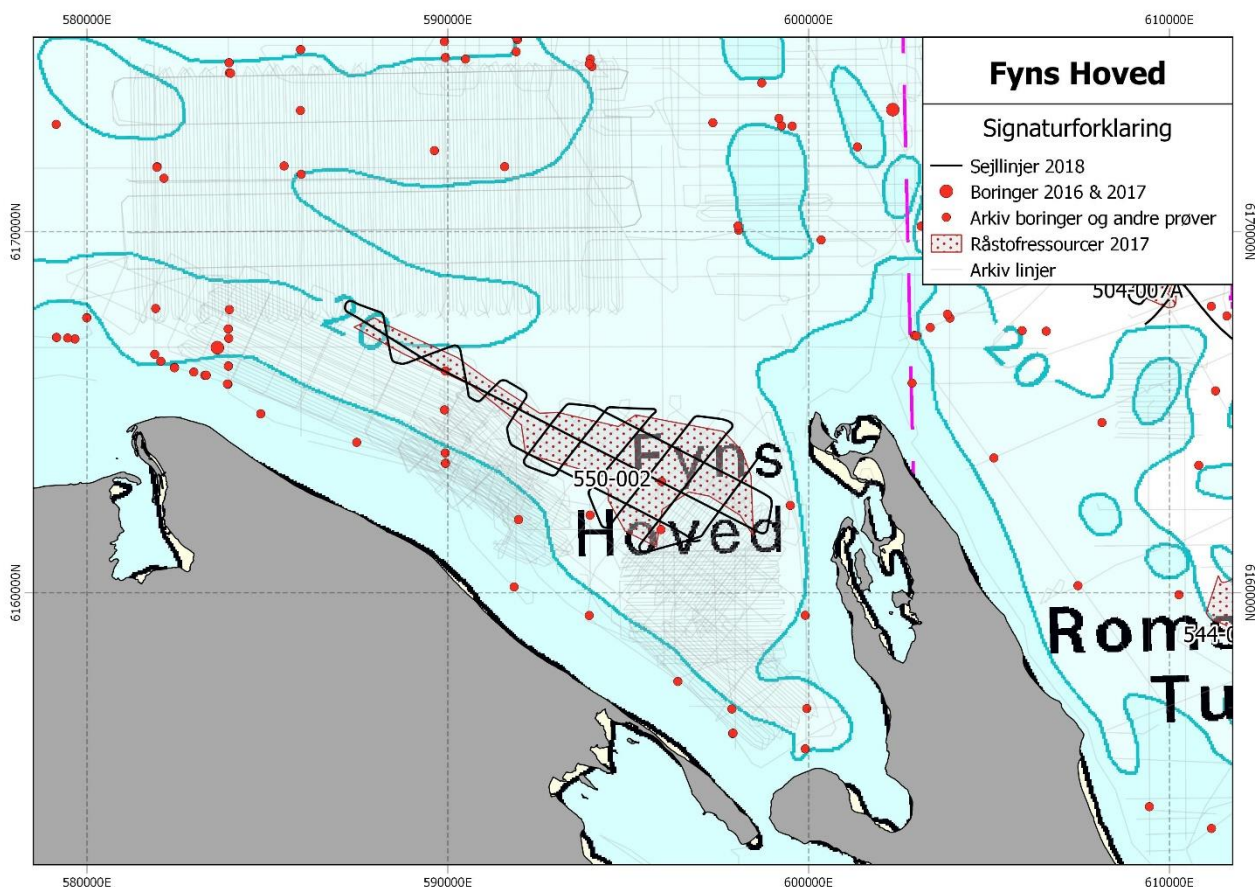
20. Område 550 – Fyn Nord

20.1 Områdebeskrivelse

Område 550 nord for Fyn er præget af et centralt bassin med en forholdsvis flad bund og dybder på typisk 20-25 m. Langs nordsiden af Fyn er kysten jævnt hældende ud mod bassinet. I nærværende rapport beskrives kun en spekulativ forekomst, 550.002 som ligger ved Hasmark, vest for Fyns Hoved. I dette område er vanddybden omkring 10-15 m.

På basis af den senglaciale og Holocæne udvikling i området omkring Nordfyn, må det forventes at potentielle råstoffer i form af sand- og grusaflejringer, er af følgende aflejringstyper:

- Glaciale smeltevandssedimenter (ofte glacialt forstyrrede)
- Senglaciale fluviale dannelser i rendesystemer
- Lakustrine senglaciale og tidligt Holocæne kystdannelser
- Transgressive Holocæne marine kystdannelser



Figur 20-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Fyns Hoved området.

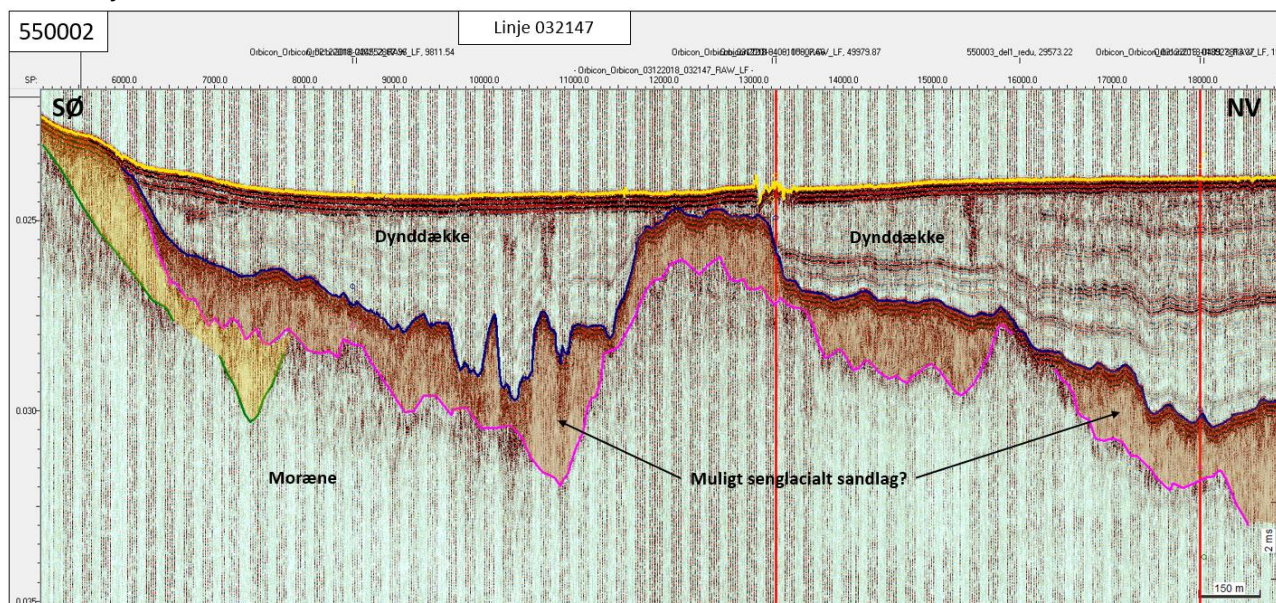
20.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 er der indsamlet i alt 14 nye sparker og Innomar høj-opløselig seismiske linjer, svarende til i alt 60,5 km ny seismik, der dækker forekomst 550.002 i Fyns Hoved området (Figur 20-1). Desuden dækker fem sort-hvid papir-arkivlinjer forekomsten; de blev inddraget i den nye tolkning.

Af de indsamlede seismiske data, sparker og Innomar, er Innomar data af en udmærket kvalitet og har en god opløsning i de mest overfladenære lag. Sparker data er desværre af en relativt dårlig kvalitet, da den direkte puls er meget kraftig og dermed overskygger lagskiftene i denne forekomst så markant, at det ikke har været muligt med sikkerhed at afgrænse det formodede senglaciale sandlag i denne forekomst. Der er ingen borer i området som træffer en mulig ressource.

20.3 Ressourceområde 550.002

Forekomsten befinder sig på moderat dybt vand omkring 10-15 m og formodes at bestå af senglaciale smeltevandssand (Figur 20-1). Der ses dog et 3-5 m tykt dynddække som på det høj-opløselige Innomar profilet slører det potentielle sandlag. Ud over dynddækket, som gør ressourcen dårligt praktisk indvindelig, formodes det også at tynde ukonsoliderede flydemoræner dækker visse dele af forekomsten. Igennem området ses et diskontinuert lag af muligt senglaciale sand under dynddækket (Figur 20-2). I tidligere opgørelser antog man, at området udgør den nordvestlige fortsættelse af det sydligere indvindingsområde 550.001, hvor der før er indvundet Fyldsand.

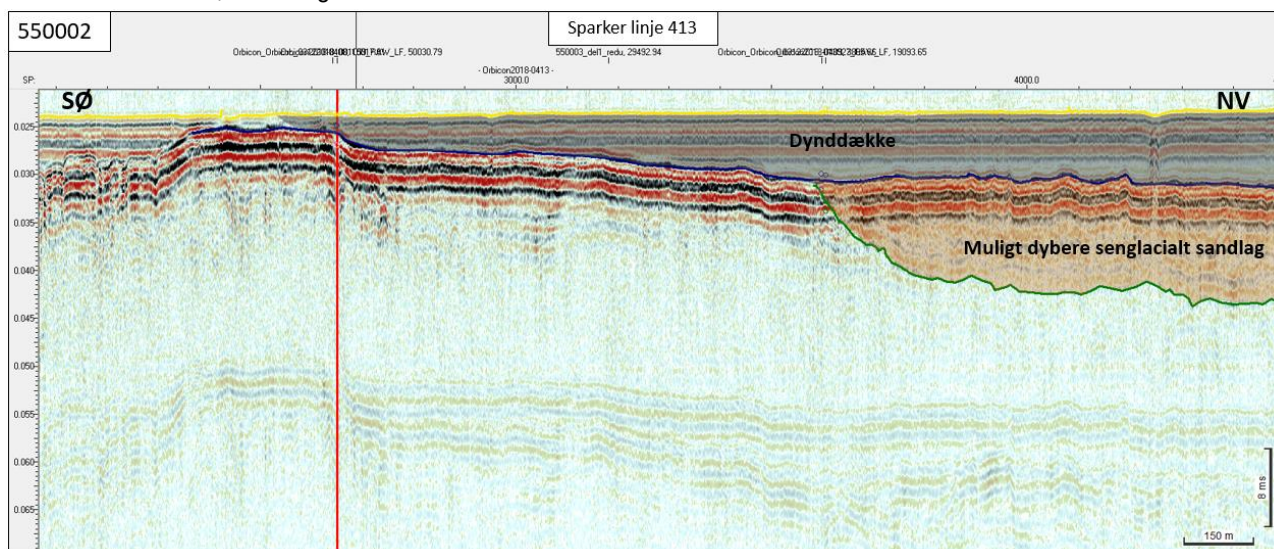


Figur 20-2. Innomar profil der viser det spekulative senglaciale sandlag (TS), der formodes at være en nordlig fortsættelse af ressourcen i det sydligere område 550.001. Denne spekulative ressource får navnet 550.002A.

Dette formodede sandlag er dog ikke truffet i nogen borer og det kan ikke bestemmes uden mindst to borer om det er det samme lag. Desuden ser det mulige sandlag ikke ud til at have den nødvendige tykkelse til at være reelt indvindelig. Dette mulige sandlag kan udgøre den del af ressourcen som svarer til det sydligere område 550.001, hvor der er truffet senglaciale smeltevandssandaflejringer med kvalitet af Fyldsand.

Et endnu dybere sandlegeme findes muligvis i den nordøstlige del af området ud mod den centrale del af bassinet nord for Fyn (Figur 20-3). Dette potentielle sandlegeme kan ses på flere sparker linjer, hvorimod Innomar dataene ikke trænger dybt nok ned. Legemet har en højere amplitude end andre aflejringer i denne dybde på seismikken, hvilket kan tyde på, at det er mere grovkornet. Det kan være en mulig fortsættelse af den sydligere senglaciale ressource fra område 550.001 som er eroderet og aflejret nord for dette område. Det vil dog

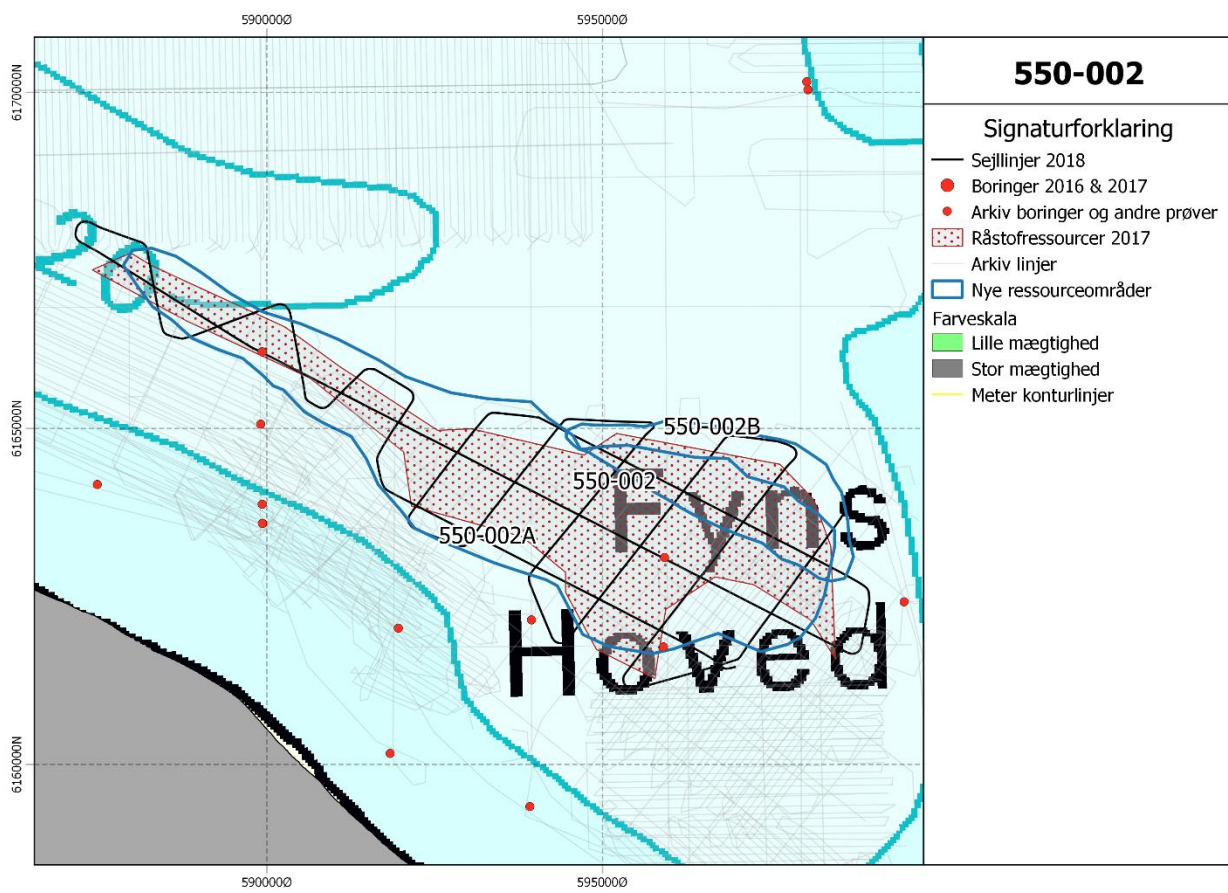
kræve mindst en boring for at bekræfte om dette er tilfældet. Endvidere er udbredelsen af dette legeme ikke godt kendt og det vil dermed også være nødvendigt med ny indsamling af seismisk data, primært for at få en bedre datakvalitet, hvilket gælder hele området.



Figur 20-3. Sparker profil der viser den spekulative dybere liggende senglaciale sandenhed (TS), som kan være en mulig fortsættelse af den sydligere senglaciale ressource fra område 550.001. Denne mulige ressource får navnet 550.002B.

Den nye kortlægning ændrer ikke på klassificering og kun lidt på arealet på forekomsten, men foreslår tilmed et begrænset område for den mulige dybereliggende senglaciale forekomst, idet der kan være mulige ressourcer her, men de ikke er bekræftet af boringer eller tilstrækkeligt kortlagt. Forekomsten har et areal på ca. 20 km², den dybere senglaciale forekomst har et areal på 5 km² (Figur 20-4). Der foreslås indsamling af omkring 20 km ny seismik samt 2-3 boringer for at bedre kunne bedømme råstofpotentialet. Området klassificeres fortsat som spekulativt. Det nye ressourceområde der erstatter det forrige kaldes 550.002A, det mindre område som omkranser den nye mulige dybereliggende senglaciale ressource kaldes 550.002B (Figur 20-4).

Strategisk udvalgte boringer sammen med bedre kvalitet af seismiske data vil sandsynligvis kunne kortlægge det formodede senglaciale sandlegeme. Da den nye kortlægning ikke bekræfter en mulig ressource bedre i området, vurderes det for spekulativt at beregne et volumen og udføre en kortlægning. Derfor angiver vi ikke noget volumen for ressourcen.



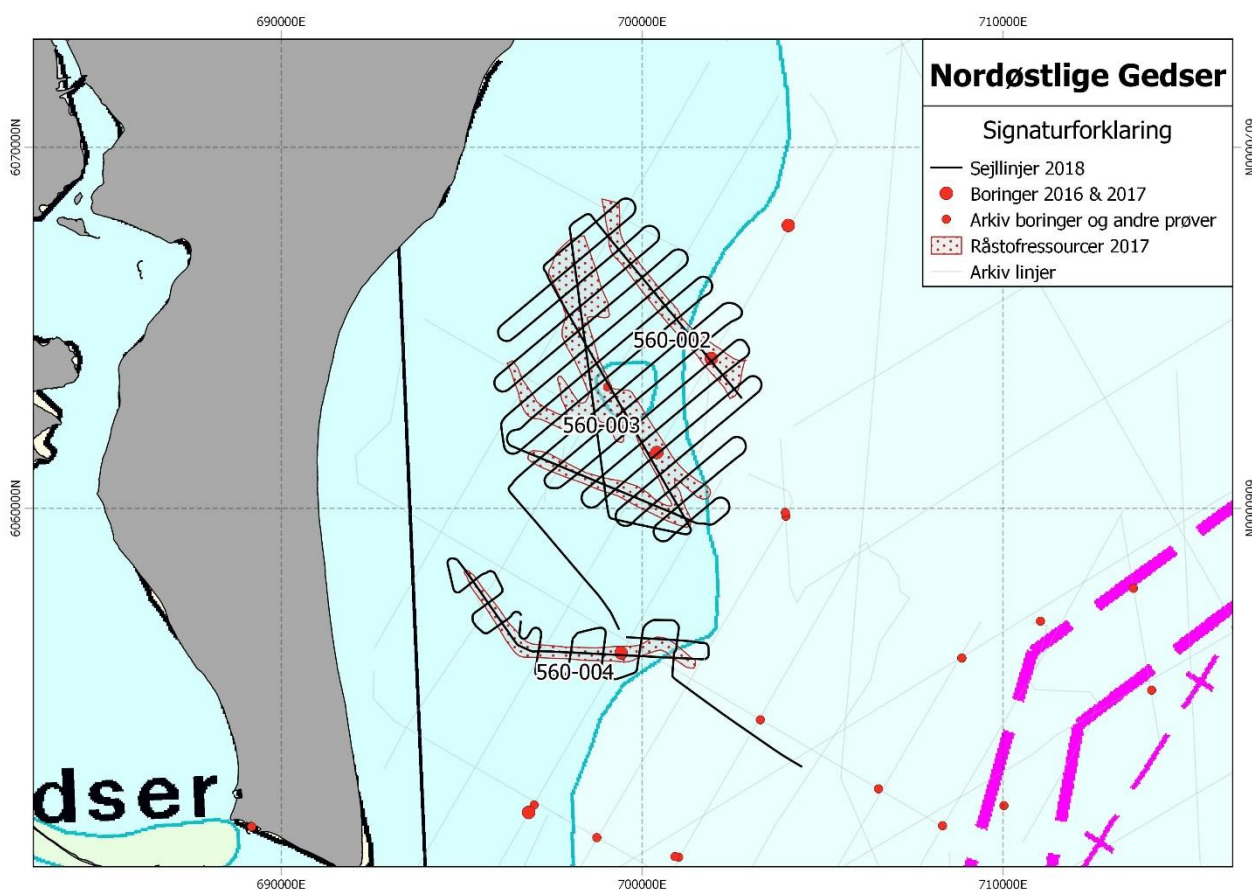
Figur 20-4. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 550.002. Det største polygon er udvidelsen af det gamle område, 550.002A. Det mindre område (550.002B) viser den spekulative udstrækning af det dybereliggende senglaciale lag.

21. Område 560 – Gedser

21.1 Områdebeskrivelse

I område 560 øst for den sydlige del af Falster er tre tætliggende ressourceområder (560.002, -003, -004) blevet undersøgt (Figur 21-1). Områderne er oprindeligt blevet klassificeret som Holocæne marine kystaflejringer, der udfylder render på tværs af kysten. Vanddybden er ca. 10-20 m. Den oprindelige kortlægning er baseret på den regionale kortlægning af området i 1989, den omfattede seismiske undersøgelser og en enkelt overfladeprøve i 560.003, der indikerede sand.

I 2017 blev der foretaget en vibrationsboring i hver af ressourceforekomsterne 560.001 (sløjfet), -002, -003, og -004. Generelt viser boringerne forekomst af en til to enheder af Holocænt marint sand som enten erosivt overlejrer Holocæn ferskvandgytje/tørv og senglacial silt, eller også direkte overlejrer tyndere enheder af senglacialt fingrus og sand på toppen af moræneler (stedvist slap moræne).



Figur 21-1. Oversigtskort over sejlinjer, boringer og undersøgte spekulative ressourcer i området nordøst for Gedser.

21.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 er der over område 560.002 og 560.003 sejlet i et sammenhængende SV-NØ orienteret net med en linjeafstand på 500 m, suppleret med enkelte tværgående linjer (Figur 21-1).

Over område 560.004 er der sejlet i et net på 700-1000 m suppleret med en tværgående linje på langs af strukturen.

Efter gennemgang af sparker og Innomar data blev der på basis af de mere højt opløselige Innomar data foretaget kortlægning af den marine formodede sandede enhed. Formodede spredte højereliggende senglaciale forekomster af fingrus og sand kan ikke identificeres med sikkerhed på baggrund af datasættet. På sparker data kan den glacielle overflade erkendes dels som højereliggende flader, dels som basis i rendestrukturer. De interne formodede senglaciale og Holocæne seismiske enheder er undersøgt på basis af Innomar data.

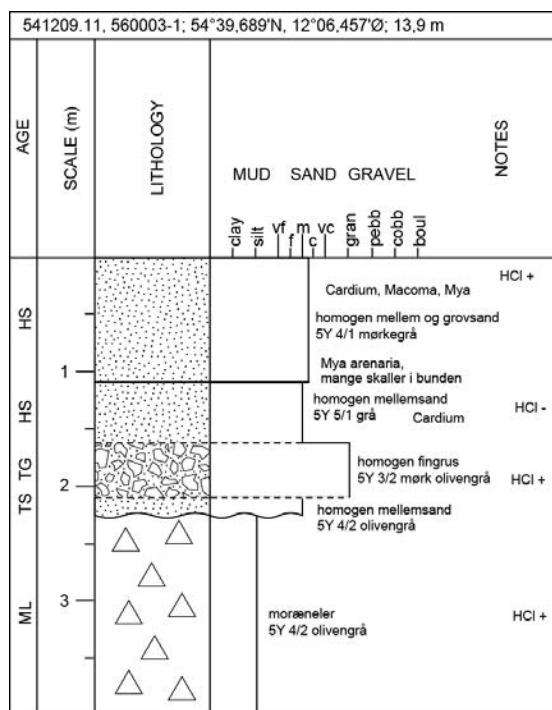
De ny seismiske data sammenholdt med boringsdata viser generelt for de tre ressourceområder, at det kun er den øverste seismiske enhed bestående af formodede Holocæne sandede kystaflejringer, der kan kortlægges som større sammenhængende ressourceforekomster. De sandede kystaflejringer danner bathymetrisk positive barreformer med en NV-SØ orientering, der delvist er fokuseret over rendestrukturerne i området. Rendestrukturerne vurderes til at være udfyldt med senglaciale aflejringer samt tidlig Holocæn ferskvandsgytje. De senglaciale aflejringer er generelt fin lagdelte; dette tolkes som tegn på, at de er domineret af ler-silt aflejringer repræsenterende issøaflejringer. På overgangen til moræner er der i boring 560002-1 og 560003-1 observeret en ca. 0,5 m tyk enhed af senglacialt fingrus. Fingrusaflejringerne findes formentlig bevaret på dele af flankerne og i de dybere dele af de glacielle rendestrukturer, men den seismiske diffuse karakter samt stedvis tilstedeværelse af slap moræne bevirker, at det ikke var muligt at kortlægge senglaciale grusforekomster i området. Herudover bevirker tilstedeværelsen af flere meter mægtig overjord i rendestrukturerne, at mulige grovklastiske senglaciale forekomster i den nedre del af rendestrukturerne, har en spekulativ ressourceværdi.

I den følgende beskrivelse af de retolkede ressource aflejringer, beskrives område 560.002 og 560.003 som et samlet ressourceområde (navngivet 560.003 da den indbefatter hovedparten af det oprindelige 560.003 område).

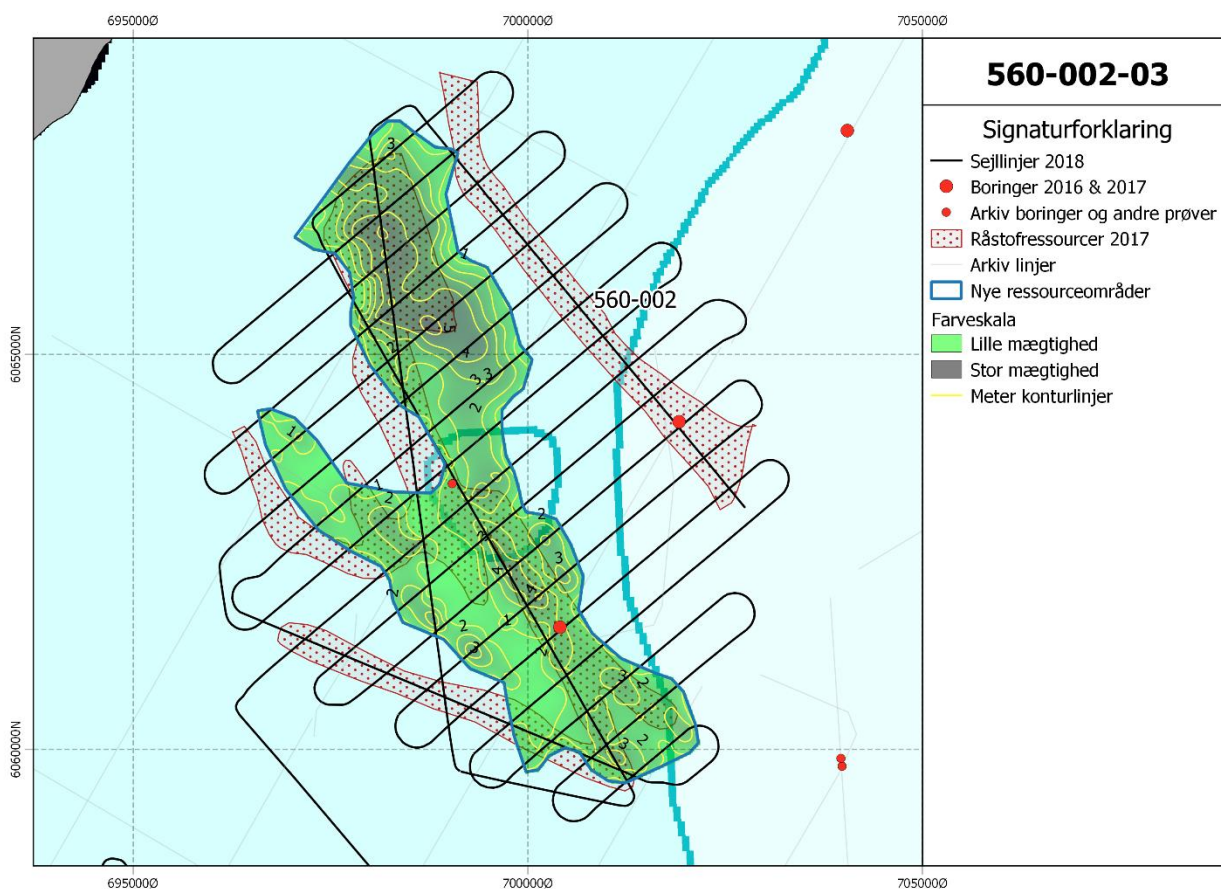
21.3 Ressourceområde 560.003 (indbefatter tidligere ressource 560.002)

Ressourceområdet fremstår med morfologisk positive langstrakte rygge, der er orienteret NV-SØ skråt ud fra Falsters østkyst på 10-20 m dybde. Interne forsætstrukturer angiver fortrinsvis udbygning mod sydvest. Boring 560003-1 fra den centrale del af ressourcen består af mellem- til grovkornet sand aflejret som to enheder, hvoraf den øvre er mere grovkornet (Figur 21-2). Ressourcen har ingen overjord og overlejrer delvist udfyldte rendestrukturer med senglaciale og tidligt Holocæne ferskvandsdannelser samt mellemliggende højereliggende områder med glacial overflade og stedvist senglaciale sandede til grusede aflejringer.

Den kortlagte ressource omfatter et areal på knap 16,1 km² og den består af et system af Holocæne marine kystdannelser med en mægtighed på op til ca. 5 m. Ressourcen har et estimeret volumen på 27 mio. m³ og kan på basis af de ny seismiske data og nyere boringsdata klassificeres som en påvist Sand 1 forekomst af marine fossile kystdannelser.



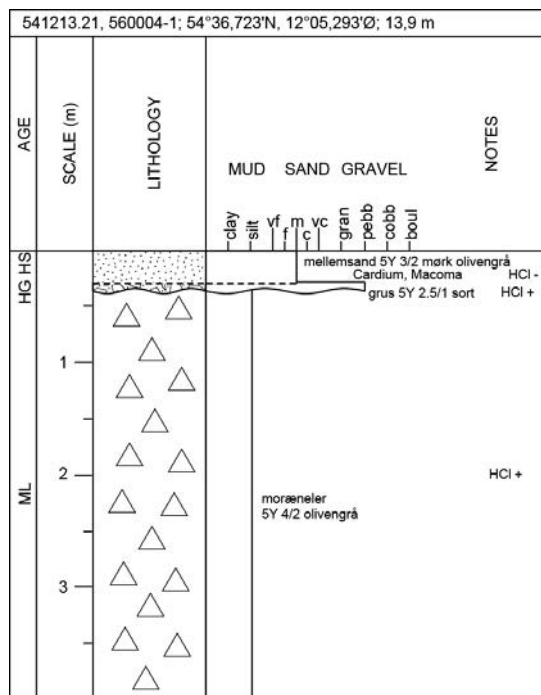
Figur 21-2. Sedimentologisk log for boring 560003-1.



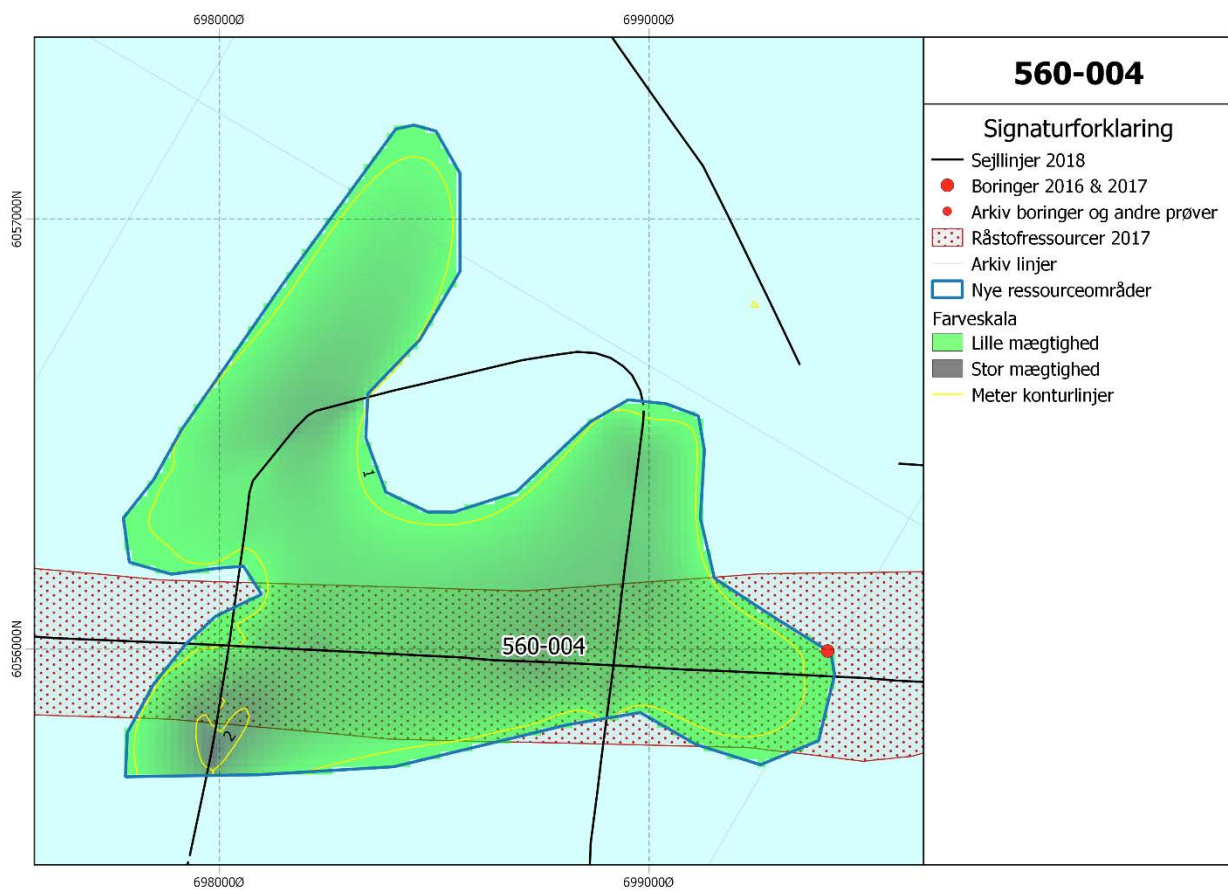
Figur 21-3. Kortlagt ressourceforekomst 560.003 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

21.4 Ressourceområdet 560.004

Ressourcen omfatter et areal på ca. 1,2 km² og den består af et system af Holocæne marine kystdannelseligger på ca. 12-15 m dybde tilsvarende ressource 560.003 beskrevet ovenfor. Ressourcen har en mægtighed på op til ca. 2 m og et estimeret volumen på 1,3 mio. m³. På basis af de nye seismiske data og nyere boringsdata (Figur 21-4) kan ressourcen klassificeres som en påvist Sand 1 forekomst af marine fossile kystdannelser.



Figur 21-4. Sedimentologisk log for boring 560004-1.



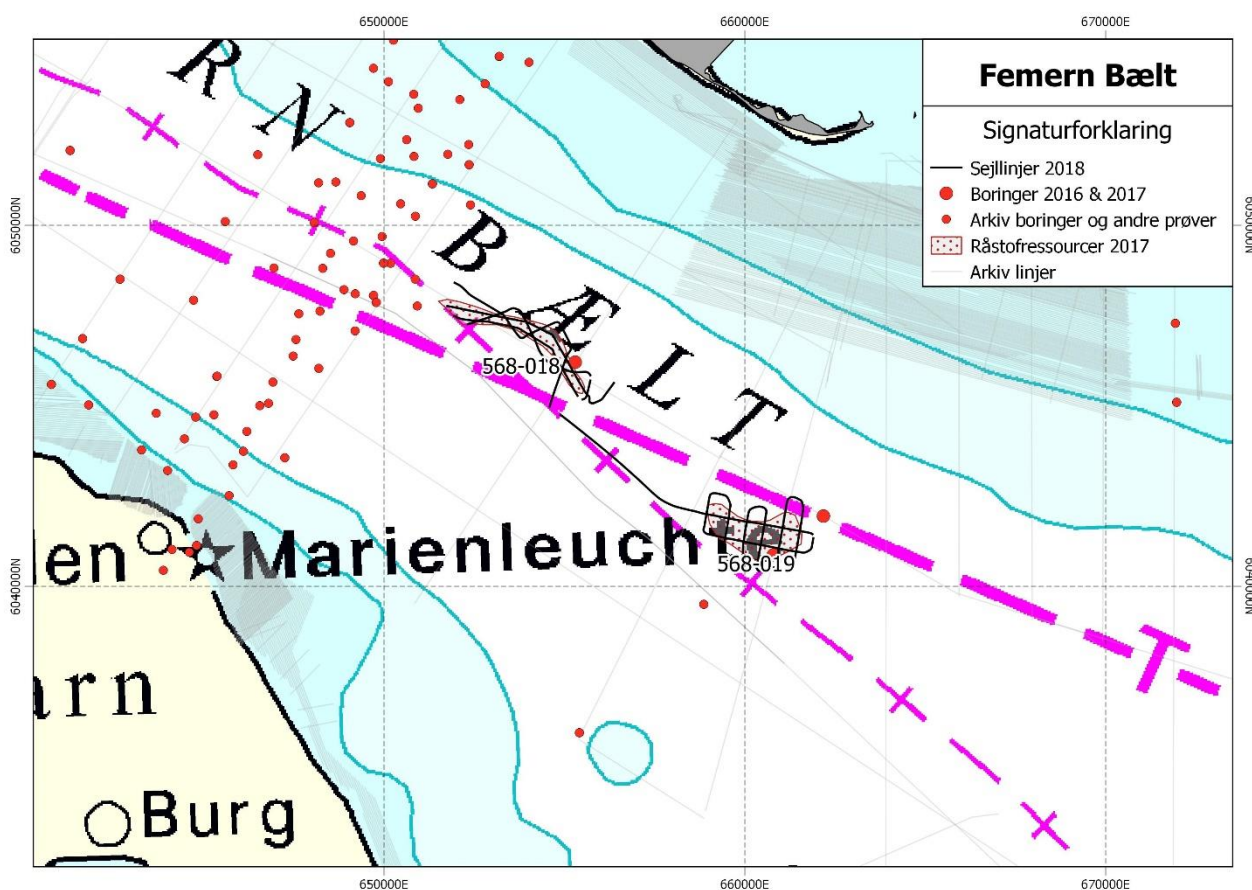
Figur 21-5. Kortlagt ressourceforekomst 560.004 med mægtighedsfordeling (konturlinjer) og udstrækning i forhold til tidligere angivelse.

22. Område 568 – Femern Bælt

22.1 Områdebeskrivelse

I område 568 i den centrale del af Femern Bælt syd for Lolland er to tætliggende ressourceområder (568.018 og 568.019) blevet undersøgt (Figur 22-1). Forekomsterne er tidligere beskrevet som åsdannelser delvist overlejret af senglaciale varvige sedimenter (GEUS Rapport 2011/35, Femern Bælt Forbindelsen, Evaluering af Marin Råstoffer). Områderne blev klassificeret som senglaciale ferskvandsaflejringer med råstoftyper Fyldsand 4 (568.018) og Sand 0 (568.019).

I 2017 blev der foretaget en boring 568018-1 tæt på ressourceforekomst 568.018. Boringen indeholdt knap 6 m lagdelt senglaciale ler og silt (Baltisk Issøler) til bunden af boringen (Figur 22-3). I forekomst 568.019 blev der foretaget to vibrationsboringer. Begge boringer viser moræneler og –sand overlejret af ca. 2 m senglaciale ler og med et tyndt sandlag (< 1m) tæt under havbunden. Det finkornede sandlag i boring 568.019-1 er beskrevet som tidligt Holocænt ferskvandssand.



Figur 22-1. Oversigtskort over sejllinjer, borer og undersøgte spekulative ressourcer i Femern Bælt.

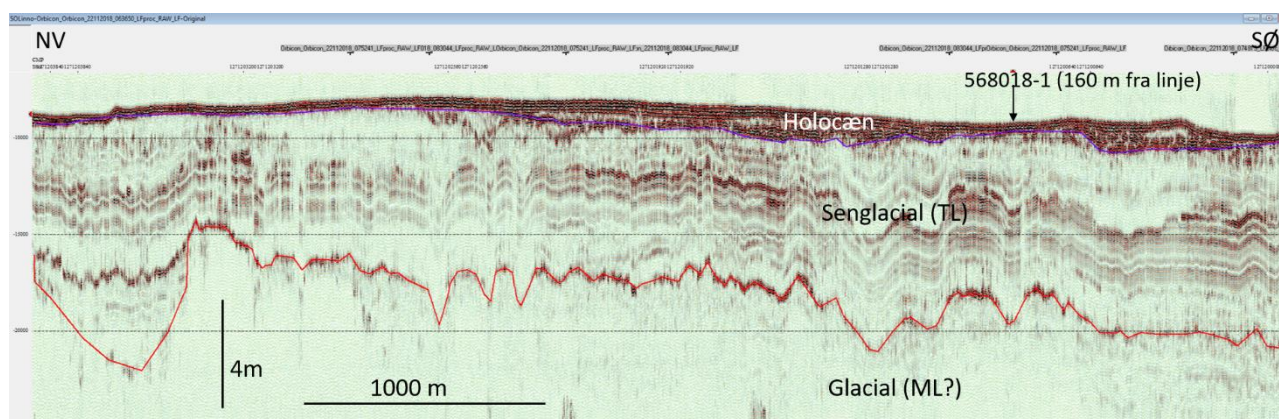
22.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den ny råstofundersøgelse i 2018 er der over område 568.018 sejlet fire seismiske linjer, hvoraf to af linjerne er sejlet i et let irregulært zigzag mønster, der krydser de øvrige linjer. Linjeafstanden er i størrelsesordenen 200-400 m. Over område 568019 er der sejlet i et mere regulært net med ca. 500 m linjeafstand. Efter gennemgang af sparker og Innomar data blev der på basis af de mere højtopløselige Innomar data foretaget kortlægning af basis og top af den senglaciale lagdelte enhed, samt i ressourceområde 568.019, top af formodet tidligt Holocæne ferskvandsaflejringer.

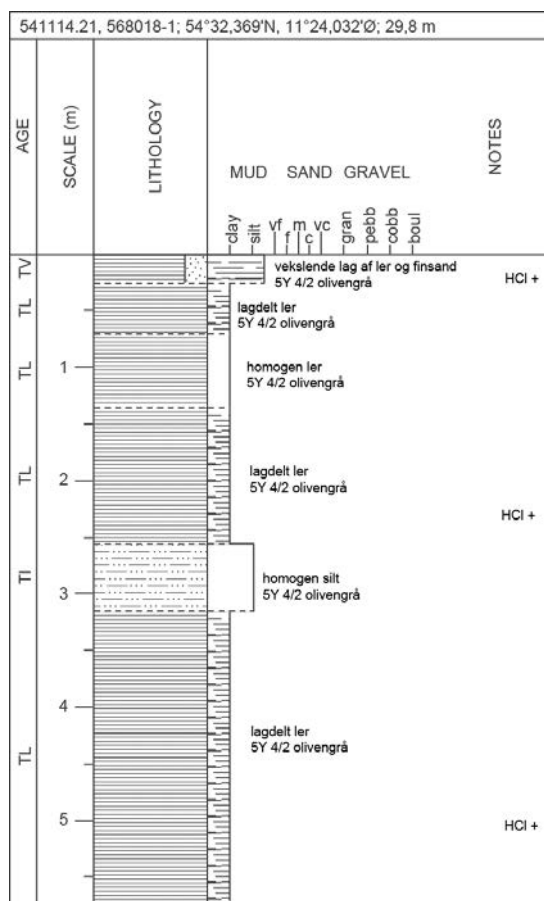
22.3 Ressourceområde 568.018

De ny seismiske data viser, at den fint stratificerede senglaciale enhed der formodes at repræsentere baltisk issøler har en mægtighed i størrelsesordenen 5-20 m. Den underliggende glaciale massivt udseende enhed har ikke karakteristika som f.eks. en grov lagdeling, der kunne indikere at der er tale om en åsdannelse. Den overliggende Holocæne enhed har en maksimal tykkelse på 1-2 m og består formodentligt af finkornede ferskvandsdannelser overlejret af et tyndt marint overfladelag.

På baggrund af ny seismiske data og boring anbefales det at forekomsten sløjfes.



Figur 22-2. Innomar profil gennem ressourceområde 568.018 med boring 568018-1 visende en tyk fint lagdelt senglaciale enhed af formodet Baltisk Issøler, delvist overlejret af tynde enheder af Holocæne ferskvandsdannelser og et tyndt marint dæklag.



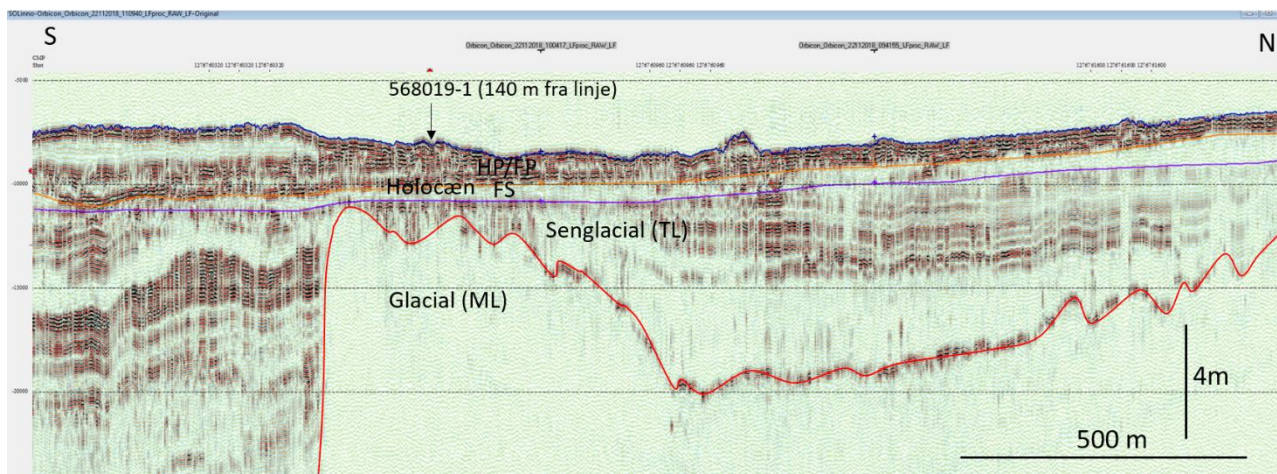
Figur 22-3. Sedimentologisk log for boring 568018-1.

22.4 Ressourceområde 568.019

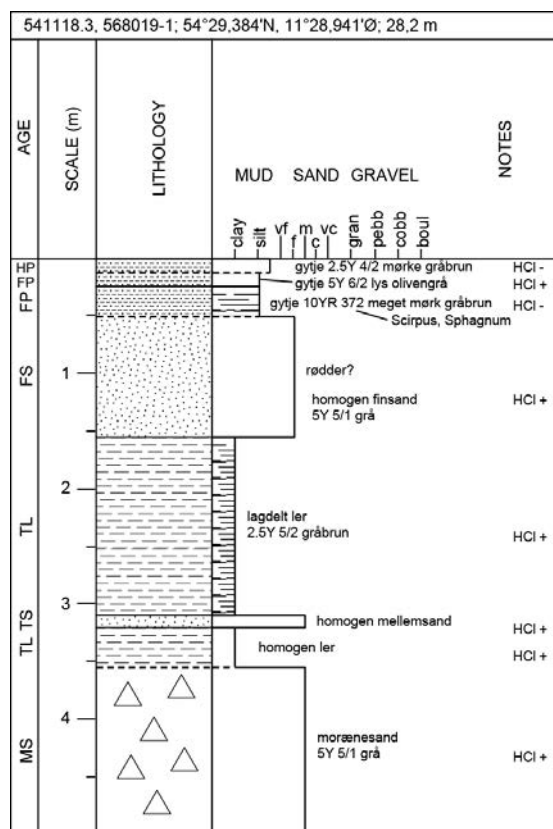
Området har stratigrafisk stor lighed med det ovenfor beskrevne område 568.018. Boring 568019-1 og Innomar data viser, at en 1-2 m tyk ferskvandsandsenhed overlejrer lagdelte senglaciale issø-aflejringer (2 m) og morænesand. Ferskvandssand enheden består af homogent finsand med rodrester og er overlejret af ferskvandsgytje og marin gytje med en samlet mægtighed på 0,5 m. De glaciæle aflejringer er højtliggende tæt på boringen, men over det meste af undersøgelsesområdet er de dybereliggende, og senglaciale aflejringer har mægtigheder i størrelsesordenen 5-20 m.

Der er foretaget kortlægning af mægtigheden af ferskvandssandaflejringerne, som bortset fra den vestlige del, findes over hele undersøgelsesområdet.

Det er muligt, at ferskvandssandet er af senglacial oprindelse, og at rodindholdet repræsenterer jordbundsdannelse i tidlig Holocæn. Det vurderes, at en boring er for lidt til at verificere kvaliteten af ressourceforekomsten, og ressourcen klassificeres som en spekulativ Sand 1 forekomst.



Figur 22-4. Innomar profil gennem ressourceområde 568.019 med boring 568019-1 der ligger 140 m fra linjen. Ressourcen består af Holocæn ferskvandssand (FS) der overligger senglacialt ler (TL). Ressourcen har overjord bestående af Holocæn ferskvandsgytje (FP) og marin gytje (HP).



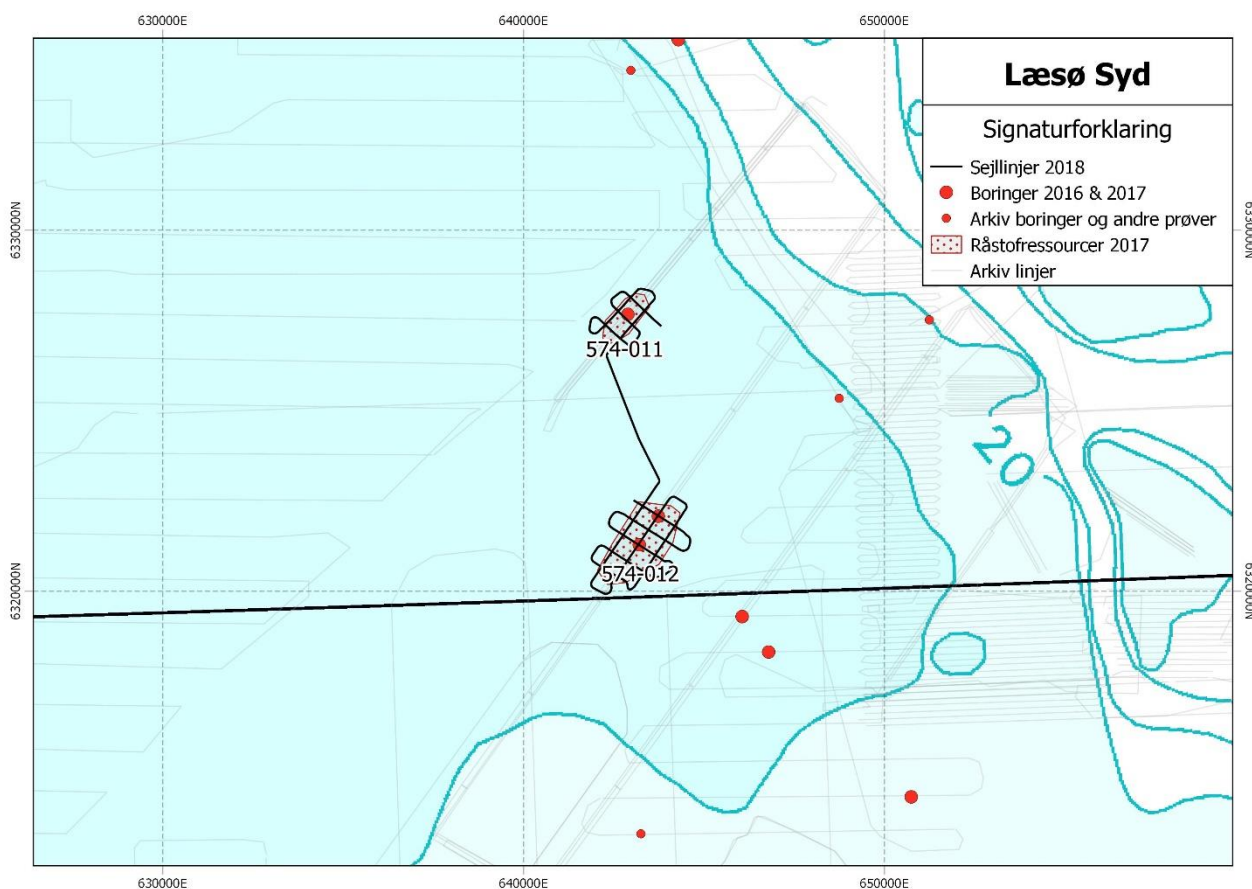
Figur 22-5. Sedimentologisk log for boring 568019-1.

23. Område 574 – Kattegat, Læsø Syd

23.1 Områdebeskrivelse

I projektområde 574 findes to spekulative ressourcer: 574.011 og 574.012 (Figur 23-1). Begge forekomster ligger på vanddybder omkring 9–10 m. Forekomsterne er beskrevet i GEUS Rapport 2017/16.

Områderne findes nær den sydøstlige kant af Læsø Flak og beskrives begge som værende dannet ved dynamisk omlejring af marint sand og grus på det lavvandede Læsø Flak. Ressourcetypen formodes at være Sand 1 ud fra de tidligere undersøgelser, idet boreringer viser finkornet til mellemkornet Holocænt sand i begge områder (GEUS Rapport 2017/34).



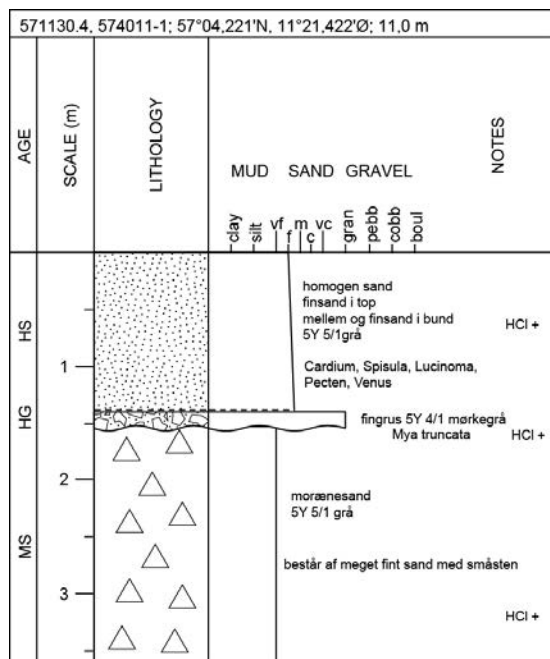
Figur 23-1. Oversigtskort over sejlinjer, boreringer og undersøgte spekulative ressourcer i området syd for Læsø.

23.2 Ny seismisk undersøgelse

Ved den nye råstofundersøgelse i 2018 blev der indsamlet 15 nye seismiske linjer, svarende til 36,2 km. Fra GEUS' arkivdata er tilmed inddraget nogle sparker linjer fra NCC, indsamlet i 2007, der løber tværs over områderne. Fra boringstogtet i 2017 er inddraget tre boreringsbeskrivelser: 574011-1, 574012-1, 574012-2 samt en arkivboring 571130.3, hvoraf de tre sidstnævnte ligger i forekomst 012 og den førstnævnte i forekomst 011. Af de indsamlede seismiske data, sparker og Innomar, er Innomar'en af en udmærket kvalitet og har en god opløsning i de mest overfladenære lag. Sparker dataene er desværre af en relativt dårlig kvalitet, da den direkte puls er meget kraftig og bred og dermed overskygger disse to overfladenære forekomster markant.

23.3 Ressourceområde 574.011

Den nye kortlægning i området beløber sig til fem nye linjer svarende til ca. 10 km. Dertil er inddraget en sparker linje fra GEUS' digitale arkiv, samt en boring. Område 574.011 (Figur 23-1) er før fravalgt i udpegning til boreværdige ressourcer og blev klassificeret som spekulativ. Boringen 574011-1 som er placeret centralt i ressourcen, indeholder 1,4 m homogent finkornet og mellemkornet marint sand, dette lag overlejrer et tynd lag grus og morænesand (Figur 23-2).



Figur 23-2. Sedimentologisk log for boring 574011-1.

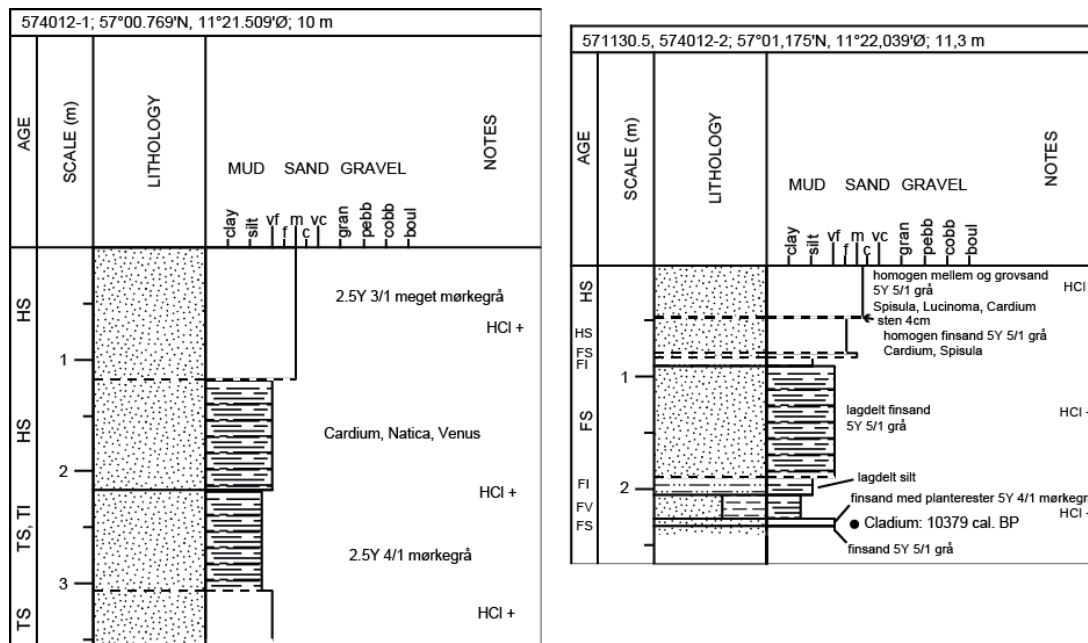
De forrige undersøgelser har antaget, at det kunne afklares om ressourcen var noget værd på basis af undersøgelserne af de omkringliggende områder, i nærværende rapport område 574.012.

Fra de ny-indsamlede seismiske data kan område 574.011 dog ikke direkte sammenlignes med 574.012. Område 574.012 kendetegnes af sandbanker, hvorimod sandbanker tilsyneladende ikke findes i område 570-011. På grundlag af områdets beliggenhed og arkivboringen med 1 m sand i toppen er det dog muligt, at der findes de samme ressourcer i denne forekomst. Ressourcen forekommer dog tyndere end område 574.012 og hvis der skal regnes med at ligge 1 m tilbage i området, er den indvindelige ressourcemængde begrænset til under 0,5 mio. m³, hvis arealet af ressourcen sættes til 1,0 km². På baggrund af denne tolkning vurderes det, at ressourcen bør sløjfes idet volumenet er meget lille og tykkelsen ringe.

23.4 Ressourceområde 574.012

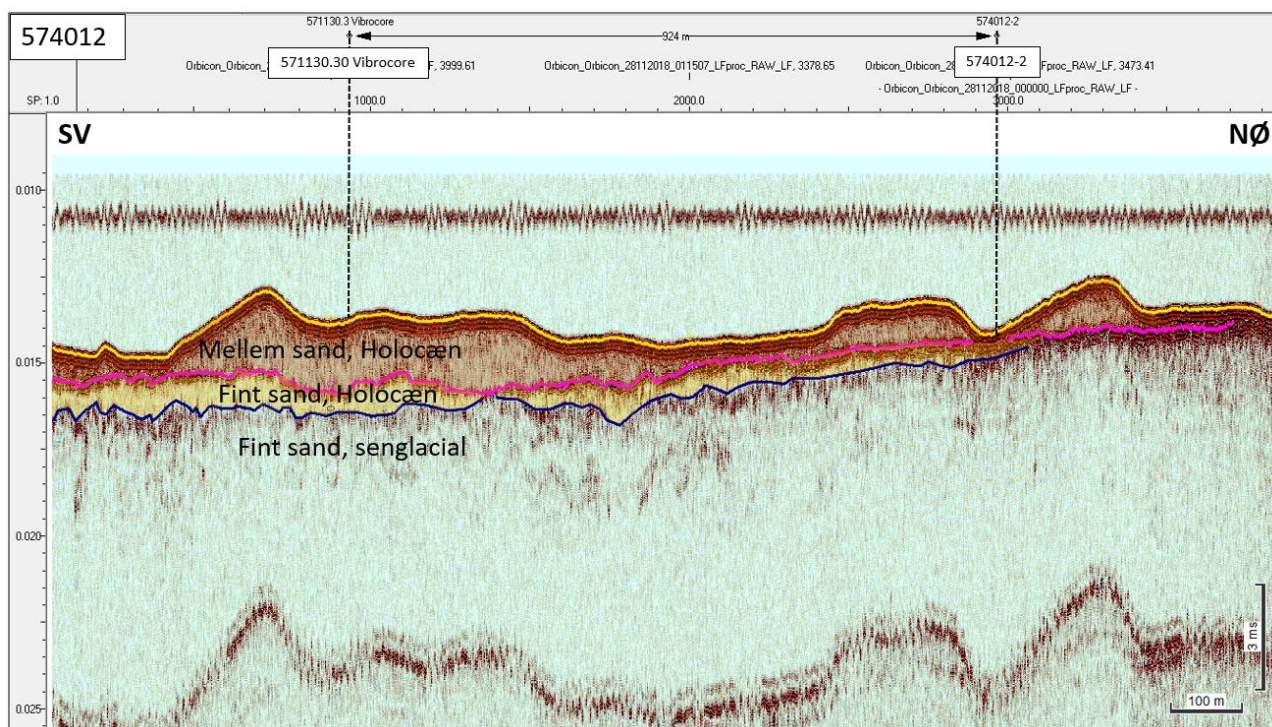
Forekomsten er tidligere klassificeret som spekulativ og det antages, at den indeholder Holocænt sand, der er aflejret ved dynamisk omlejring af sand og grus på Læsø Flak. Forekomsterne i denne del af området er ikke overskredet af flakudbygninger og signaturen af de seismiske data antyder, at forekomsterne består af mellemkornet sand med mulighed for mere grovkornet materiale i de dynamiske bundformer, der ses på de seismiske profiler. Baseret på tolkningen af den nye indsamling af i alt 21,8 km seismik over forekomsten kan dens areal udvides til 6,1 km², men forekomsten kan potentielt være større, da bundformerne der udgør ressourcen kan formodes at strække sig uden for det kortlagte område. Området omkring ressourcen er dog delvist dækket af Natura-2000 områder.

Boring 574012-1 lokaliseret centralt i ressourcen viser, at der findes 1,1 m mellemkornet Holocænt marint sand, der overlejrer meget finkornet, lagdelt marint sand, der nedefter går over i senglacialt finsand og silt (Figur 23-3). Kornstørrelsesanalyser viser, at det øverste sandlag består af 66 % mellemkornet sand, med lidt groft sand og resten finsand. Arkivboring 571130.3 viser 1,2 m Holocænt sand overlejrende to varierende senglaciale sandlag.



Figur 23-3. Sedimentologiske logs for borerne 574012-1 og 574012-2.

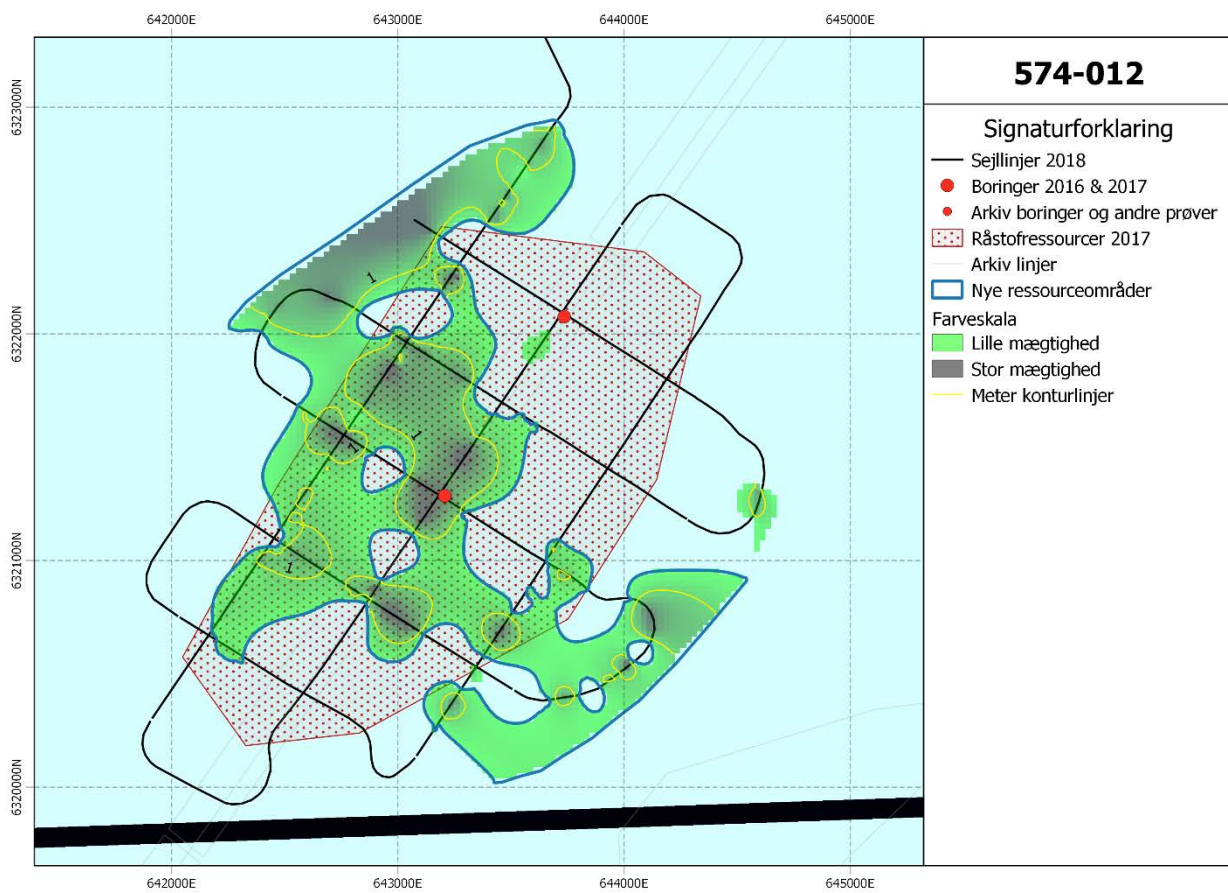
De seismiske data fra området, som ligger på under 10 meters vanddybde, dokumenterer at det dynamiske lag af overfladesand generelt set er tyndt, men at der kan være områder, hvor tykkelsen kan være op til 2 m. Råstofressourcen er dokumenteret i boring 574012-1 og 2 (Figur 23-3) og er nu bedre afgrænset af de ni ny-indsamlede linjer. Dermed er ressourcens størrelse (udstrækning og volumen) nu bedre kendt. Boringerne viser, at der er omkring 1 m mellemkornet Holocænt sand og baseret på de seismiske data antages det at ressourcen netop overstiger 2 m enkelte steder. Ressourcen dækker et areal på omkring 6,1 km².



Figur 23-4. Innomar profil af ressourceområde 574.012 med boring 571130.3 og boring 574012-2 som linjen skærer. Ressourcen består af Holocænt marint sand (HS) der overlejrer senglacialt sand (TS).

Råstoffressourcen er dokumenteret i boring 574012-1 og 574012-2 som nævnt ovenfor, samt i boring 571130.30. Mellemkornet sand er fundet i alle tre borer.

Hvis det antages, at der efter indvinding skal være minimum 1 m materiale tilbage i området, er det mulige indvindelige areal indenfor 1 m tykkelseskurven på 2,5 km², dermed opnår forekomsten en volumenopgørelse på 2,4 mio. m³. Det indvindelige område og mægtighedsvariationen ses på Figur 23-5. Råstofforekomsten betegnes dermed som værende påvist på baggrund af de tre borer, der bekræfter ressourcen og de ny-indsamlede seismiske data der viser udbredelsen.



Figur 23-5. Ressourcekort med de kortlagte mægtigheder og nye afgrænsninger af ressourceområde 574.012.

24. Ressourceopgørelse

I tabellen herunder er de undersøgte ressourceforekomster i hvert farvandsområde opstillet med opdateret nummerering, geokode, råstofkvalitet, ressourcesikkerhed, areal, tykkelse, råstofmængde og angivelse af evt. overjordstykkelser. Herudover er der for nogle ressourcer angivet, hvilke yderligere arbejder, der anses for nødvendige for at kunne opgradere ressourcesikkerheden for den enkelte forekomst. Som det ses af tabellen, anbefaler vi, at en række af de tidligere spekulative ressourcer opgives.

Projekt-område	Ressource	Råstof	Sikkerhed	Dybde	Areal	Tykkelse	Volumen	Miljø	Overjord	Anbefalet supplerende data		andet
SNS-nr.	nr.		ny	m	km²	m	mio. m³	type	m	Seis km	Boring antal	
502	502.038	Sand 0	sandsynlig	15-18	0,7	1,1	0,8	HS				
	502.039											opgives
	502.049	Sand 1	sandsynlig	10-12	0,3	2,7	0,8	HS				
	502.050											opgives
	502.051	Sand 1	sandsynlig	12-19	0,2	4	0,8	HS				
504	504.007	Sand 1	sandsynlig	28-35	2,5	3	7,5	HS				
506	506.033	Grus 2	spekulativ					HG				
	506.036	Sand 1	Sandsynlig	8-10	3,6			HS				
	506.043											opgives
	506.045	Sand 1	spekulativ	28-31	0,2	3		HS/TS				
	506.047											opgives
	506.052	Sand 1	sandsynlig	15-25	1,2	11	13,3	HS				
	506.053	Sand 1	spekulativ	17-20	0,5							
	506.081											opgives
512	512.009											opgives
	512.012											opgives
510	510.011		spekulativ	12-13	1,1	5-14	4,9	TS	3-7	15	1-3	
	510.014											opgives
	510.033											opgives
	510.040											opgives
	510.041	Sand 1	sandsynlig	11-12	0,58	2,2	1,3	TS	5-8			
	510.044											opgives
512	512.009											opgives
	512.012											opgives
518	518.004	Sand 1	påvist	9	0,25	4	0,9	TS	0-1			
	518.005											opgives
	518.006	Sand 0	sandsynlig	14-19	1,4	4	5,6	TS		Ja	1	

	518.022	Sand 0	påvist	10-20	1,5	3,5	5,3	HS				
	518.022	Sand 0	påvist	10-20	1,5	3	4,5	TS				
	518.024	Sand 1	påvist	10-20	2,7	3	8,1	HS				
	518.024A	Sand 0	påvist	10-20	1	2,5	2,5	TS				
	518.024B	Sand 0	påvist	10-20	1,5	2,5	3,7	TS				
	518.025	Grus2	påvist	11-15	1	3	3	TG	5			Indgår ikke
	518.026	Sand 1	sandsynlig	20	2,1	1,5	3,15	HS				
	518.026	Grus 1	sandsynlig	20	2,1	1,5	3,15	HG				
	518.027	Sand 1	sandsynlig	15-20	18,6		42	HS		Ja	Ja	
	518.027	Grus 1	sandsynlig	15-20	18,6		14	HG				
522	522.019	Sand 1	sandsynlig	16-17	1,25	1,4	1,7	HS/TS	1-2		1	
	522.020	Sand 1	Spekulativ	16-17	0,2		1					
	522.021											opgives
	522.029	Sand 0	spekulativ	15	1,3		3,25?					
526	526.009	Sand 0		7-15	0,5	1,4	0,7	HS				
	526.015	Sand 0	sandsynlig	20	23	8,3	191	HS				
	526.017		spekulativ					PK				
	526.018		spekulativ	19-20				PK				
	526.019		spekulativ	18-23				PK				
	526.020		spekulativ					PK				
	526.021		spekulativ					PK				
	526.022		spekulativ	6-30				PK				
	526.023		spekulativ	6-30				PK				
	526.024		spekulativ	6-30				PK				
	526.025		spekulativ	2-20				PK				
	526.026		spekulativ	15-30				PK				
	526.027		spekulativ	15-30				PK				
	526.029		spekulativ	15-25				PK				
	526.030	Sand 1	spekulativ	25-20				TS				
	526.031		spekulativ					PK				
	526.032		spekulativ	6-30				PK/TS				
	526.033	Sand 1	spekulativ	25-30				PK/TS				
	526.034	Sand 1	spekulativ	25-30				PK/TS				
	526.035		spekulativ	20				TG/TS				
	526.036		spekulativ					TS				
	526.037		spekulativ					TS				
	526.038		spekulativ	13-15				TS				
	526.039		spekulativ					TS				

	526.040	Sand 1	spekulativ	25-30				TS				
530	530.002	Sand 1	sandsynlig		22	1,1	25	HS				
	530.004	Sand 1	sandsynlig		14,3	1,5	22	HS				
536	536.006	Sand 1	sandsynlig		11	1,3	14	HS				
	536.010	Sand 1	sandsynlig		11	1,8	20	HS				
	536.018	Sand 1	sandsynlig	20-23	5,2	1,3	7	HS				
542	542.032											opgives
	542.036A			15-20								opgives
	542.036B	Sand 1	påvist	10-20	0,8	0,6	0,5	HS				
	542.039	Grus 2	spekulativ		0,6	5	3	HG				
	542.058	Sand 1	spekulativ	9	1,2	0,4	0,5	HS		5-10	1-2	
	542.059				1							opgives
	542.083	Sand 0	spekulativ		2	1,4	2,9				1-2	
544	544.022											Opgives
	544.025A	Sand 1	sandsynlig	2-8	1,6	1,1	1,7	HS/FS				
	544.025B	Sand 1	Spekulativ	2-8	4,7	2,3	6,8	HS			2	
	544.026A			5-13								opgives
	544.027A											opgives
	544.027B	Sand 0	spekulativ		1,2	1,6	1,9	HS			1	
	544.027C											opgives
	544.027D	Sand 0	spekulativ	0-5	20	1-7	4,2	HS/TS			2-3	
	544.027E			0-5								opgives
	544.027F	Sand 1	spekulativ	1-3	1,5	1-4	3,75	HS	3-5		1-2	
	544.027G											opgives
	544.028	Grus 2	sandsynlig	8-14	1,4	1,5	1,1	HG				
	544.029	Grus 2	sandsynlig	9-16	4,7	2,2	10,2	HG		Ja	1-2	
	544.030A	Sand 0	spekulativ	16-34	10-12			TS				
546	546.001	Sand 1	sandsynlig		2,2	1,4	3	HS				
	544.004/5	Sand 1	sandsynlig		27	1,5	40	HS				
	544.006/7	Sand 1	sandsynlig		7,4	1,8	13	HS				
548	548.018	Sand 0	sandsynlig	16-18	11	1,7	19,2	HS				
	548.019	Sand 1	spekulativ	18-20	2	2-3	4,3	HS				
	548.020			20								opgives
550	550.002		spekulativ							20	2-3	
560	560.003	Sand 1	sandsynlig	10-20	16,1	1,7	27	HS				
	560.004	Sand 1	påvist	12-15	1,2	1,1	1,3	HS				
568	568.018											opgives

	568.019	Sand 1	spekulativ	26-29				TS?				
574	574.011											opgives
	574.012	Sand	påvist	<10	2,5		2,4	HS				

25. Referencer og baggrundsmateriale

Rapporter

- Fredningsstyrelsen 1979. Sammenstilling og tolkning af geologiske data for Den sydlige del af Store Bælt og Smålandsfarvandet.
- Fredningsstyrelsen 1983: Havbundsundersøgelser. Geologisk model for farvandet ud for Sjællands nordkyst. 1-12.
- Fredningsstyrelsen 1984: Havbundsundersøgelser. Overfladesedimentfordeling på havbunden i området ud for Sjællands nordkyst. 1-5.
- Fredningsstyrelsen 1984: Havbundsundersøgelser. Nordsjælland. Område 530. Sejlrapport. 1-56.
- Fredningsstyrelsen 1984: Havbundsundersøgelser. Sjællands rev. Foreløbig geologisk model. 1-12.
- Fredningsstyrelsen, 1984: Djursland Nord. Geologisk model. Rapport nr. 1 med bilag 1 og 2.
- Fredningsstyrelsen/Miljøministeriet, 1984a: Århus Bugt – Undersøgelsesområde nr. 502. Råstoffer på havbunden – Sand, grus og sten.
- Fredningsstyrelsen/Miljøministeriet, 1984b: Århus Bugt – Undersøgelsesområde nr. 502, råstofområde nr. 16. Ressourcebeskrivelse – Sand, grus og sten.
- Fredningsstyrelsen 1985: Nordsjælland. Område 530. Ressourceundersøgelse. 1-104.
- Fredningsstyrelsen/Geoteknisk Institut, 1985: Samsø –Nordøst, område 506. Ressourceundersøgelser Fase I, Bind 1 (Bearbejdning) og Bind 2 (Prøvebeskrivelse).
- Fredningsstyrelsen 1985: Nordsjælland. Område 530. Ressourceundersøgelse. 1-104
- Fredningsstyrelsen 1986: Havbundsundersøgelser. Ressource undersøgelser. Nordsjælland, Hornbæk, Sjællands rev. Supplerende prøvetagninger. Sejladsrapport. 1-28.
- Fredningsstyrelsen 1986: Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Lille Bælt. Oversigt.
- Fredningsstyrelsen 1986: Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Djursland nord. Oversigt.
- Fredningsstyrelsen 1986: Positive og negative råstofindikationer i de indre danske farvande. Fredningsstyrelsens Havbundsundersøgelse 1986.
- Fredningsstyrelsen 1986: Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Bornholm. Oversigt.
- Fredningsstyrelsen 1986: Havbundsundersøgelser. Råstofkvalitet. Bornholm. Statusrapport.
- Fredningsstyrelsen 1989: Lillebælt. Ressourceundersøgelse Fase 1. Geoteknisk Rapport nr. 3. Ref.nr. 4742-139.
- Geoteknisk Institut 1983: Havbundsundersøgelser. Nordsjælland. Ressourceundersøgelser Fase 1. geoteknisk Rapport 1. 1-12
- Geoteknisk Institut 1984: Havbundsundersøgelser. Sjællands rev. Ressourceundersøgelse. Fase 1. Geoteknisk rapport 1. Grab og faldprøveoptagning. 1-15
- Geoteknisk Institut 1984: Havbundsundersøgelser. Sjællands rev. Ressourceundersøgelse. Fase 1. Geoteknisk rapport 2. Vinrationsboringer. 1-13
- GEODAN 1984: Kattegat. Ressourceundersøgelse Fase 1. Område 536. Sejladsrapport. 1-4.
- Jensen, J.B. & Hamann, N.E. 1989: Geological mapping of Mesozoic deposits along the eastern margin of the Rønne Graben, offshore Bornholm, Denmark. Bulletin of the geological Society of Denmark 37, 237-260.
- Naturstyrelsen, 2012: Marin råstof- og naturtypekortlægning i Kattegat og vestlige Østersø 2011.
- Skov- og Naturstyrelsen 1984: Havbundsundersøgelser. Sjællands rev. Område 536. Ressourceundersøgelse. Fase 1 - tolkning. Geoteknisk rapport. 1-243
- Skov- og Naturstyrelsen 1987: Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Nordsjælland. Oversigt. 1-166
- Skov- og Naturstyrelsen 1987: Havbundsundersøgelser, Råstoffer og fredningsinteresser. Sjællands Rev. Oversigt. 1-257
- Skov- og Naturstyrelsen, 1987. Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Smålandsfarvandet. Oversigt.

- Skov- og Naturstyrelsen 1987. Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Samsø-Nordøst. Oversigt.
- Skov- og Naturstyrelsen 1987. Sejladsrapport. Fyn nord. Område 550.
- Skov- og Naturstyrelsen 1988. Havbundsundersøgelser, Geologi. Bornholm Sydvest – En detailundersøgelse.
- Skov- og Naturstyrelsen 1989. Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Storebælt. Oversigt.
- GEUS Rapport 1995, Jensen, J.B. 1995: Evaluering af sand og grus ressourcer på det danske havområde. Syd-vestlige Kattegat, et pilotprojekt. 1-64.
- GEUS Rapport 1998/129: Evaluering af sand, grus og stenressourcer på det danske havområde. Del IV sammenfattende rapport, 1-71.
- GEUS Rapport 1998/76: Evaluering af sand og grusressourcer på det danske havområde. Del III Bæltregionen; Kattegat Nord, Vestkysten og Bornholm.
- GEUS Rapport 2011/35. Femern Bælt forbindelsen – Evaluering af Marine Råstoffer. Et skrivebordsstudie.
- GEUS Rapport 2010/99. Model for potentielle sand-og grusforekomster for de danske farvande: delområderne Kattegat Syd og Østersøen vest. 104 pp.
- GEUS Rapport 2010/99. Model for potentielle sand-og grusforekomster for de danske farvande: delområderne Kattegat Syd og Østersøen vest. 104 pp.
- GEUS Rapport 2012. Marin råstof- og naturtypekortlægning i Kattegat og vestlige Østersø 2011.
- GEUS Rapport 2013/12: Evaluering af marine sand- og grusressourcer i det sydlige danske havområde – Områderne Lillebælt (542), Østersøen Vest (566), Femern Bælt (568) samt Gedser (560).
- GEUS Rapport 2013/76: Evaluering af marine råstoffer i det nordlige Kattegat. Rekvirent: Naturstyrelsen.
- GEUS Rapport 2017/19. Marin råstofkortlægning af Aalborg Bugt 2016 - Spekulative råstofforekomster i Kattegat, Miljøstyrelsen.
- GEUS Rapport 2017/34: Rapportering af 150 boringer udført i spekulative ressourcer - Kortlægning af råstofressourcer i de indre danske farvande 2017, Miljøstyrelsen.
- GEUS Rapport 2018/x: Oplæg til seismisk kortlægning og boringer i potentielle råstofressourcer i de indre danske farvande.

Andre publikationer

- Bennike, O., Jensen, J.B., Lemke, W., Kuijpers, A. & Lomholt, S. 2004: Late- and Postglacial history of the Great Belt, Denmark. *Boreas*, 33, 18-33.
- Jensen, J.B. 1999: Råstofgeologiske undersøgelser i kattegat. Status for BALKAT-projektet i 1996-98, 65 sider.
- Jensen, J.B., Bennike, O., Witkowski, A., Lemke, W. & Kuijpers, A. 1999: Early Holocene history of the southwestern Baltic Sea: the Ancyclus Lake stage. *Boreas* 29, 437-453.
- Jensen, J.B., Bennike, O., Lemke, W. & Kuijpers, A. 2005: The Storebælt gateway to the Baltic. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 7, 45-48.
- Houmark-Nielsen, M. 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 36, 189 pp.
- Houmark-Nielsen, M. 1999: A lithostratigraphy of Weichselian glacial and interstadial deposits in Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 46, 101-114.
- Houmark-Nielsen, M., 2003: Signature and timing of the Kattegat Ice Stream: onset of the last Glacial Maximum sequence at the southwestern margin of the Scandinavian Ice Sheet. *Boreas* 32, 227-241.
- Houmark-Nielsen, M. 2010: Istidslandskabet omkring Nationalpark Mols Bjerge. *Geologisk Tidsskrift* 2010, 1-25.
- Houmark-Nielsen, M., Krüger, J. & Kjær, K.H. 2005: De seneste 150.000 år. *Geviden* 2005, 2. Geocenter København.