

MILJØSTYRELSEN

GEOLOGISK
UNDERSØGELSE MED
HENBLIK PÅ
REETABLERING AF
STENREV VED TAARBÆK
REV

10-03-2022





GEOLOGISK UNDERSØGELSE MED HENBLIK PÅ REETABLERING AF STENREV VED TAARBÆK REV

MILJØSTYRELSEN

PROJEKTNUMMER.: 3672100232
DATO: 10-03-2022
RÅDGIVER: WSP DANMARK
PROJEKTLEDER: DANNI JUNGE JENSEN

WSP DANMARK A/S

WSP.COM

INDHOLD

1	ENGLISH SUMMARY	1
2	INDLEDNING OG FORMÅL	2
3	OMRÅDEBESKRIVELSE	4
4	EKSISTERENDE DATA	5
5	METODEBESKRIVELSE	7
5.1	Undersøgellesprogram	7
5.2	Surveyskib	8
5.3	Multibeam	8
5.4	Sidescan-sonar	10
5.5	Substrattypeklassifikation	11
5.6	Shallow seismik	12
5.7	Kortlægning af sten	12
6	SURVEY RESULTATER	14
6.1	Sejlede linjer	14
6.2	Dybdeforhold	15
6.3	Substratforhold	21
6.4	Seismisk analyse	28
6.5	Fordeling og størrelse af sten	33
6.6	Vegetation	38
6.7	Menneskelig aktivitet og andre observationer	41
6.8	Sammenstilling med arkiv data	41
7	VURDERING AF UNDERSØGELSE SOMRÅDETS EGNETHED TIL REETABLERING AF STENREV	42
8	ANBEFALINGER TIL STENU DLÆGNING	44
8.1	Fysiske rammer for reetableringen og udlægning af sten ..	44

8.2	Sammenfatning og overordnet anbefaling.....	45
9	DISKUSSION AF USIKKERHEDER OG UDFORDRINGER.....	52
10	KONKLUSION.....	54
11	REFERENCER.....	55
12	BILAG	57
12.1	Hjørnekoordinater	57

1 ENGLISH SUMMARY

WSP Demark has been assigned with the task concerning “Geological investigations of Taarbæk Reef”, which ultimately has the purpose of assessing the sea floors stability and load-bearing capacity within the investigation area. The goal is to gain knowledge, prior to placing new rocks in order to reestablish parts of the stone reef at Taarbæk Reef and to expand the distribution of stone reef areas.

In order to assess the seafloor stability, load-bearing capacity and current state of the stone reef, WSP Denmark surveyed the area using geophysical methods, such as Multi Beam Echosounder (MBES), Side Scan Sonar (SSS), and Sub Bottom Profiler (SBP). The data was collected in late January 2022 on the research vessel Sephia, by professionals from WSP. SSS data was analyzed to map the distribution of seabed substrate types. MBES data was used to create a detailed bathymetry model and map stone size distributions. SBP data was used to assess sub bottom geological structures in order to map the stability of the sub surface. In addition, SBP data was used to roughly map macro algae distribution on the seafloor.

The bathymetry model showed that the investigation area lies between 5,5 and 7,5 meters depth, with an average depth of 6,7 meters. The lowest water depths were generally registered in the central and eastern part of the investigation area, where the largest stone reefs with relief are found. The seabed substrate type distribution revealed that the entire investigation area is covered by stony substrates and has the load-bearing capacity to carry a stone reef. Substrate type 2 dominates the area at 53% coverage, followed by type 3 at 28% and type 4 at 19%. Classified stone reef, defined as substrate type 4 and 3 in continuation of type 4, covers approximately 43% of the investigation area. The SBP analysis revealed that the sub bottom geological structure is dominantly till deposits without major horizons or internal structures, but with a potential channel structure in the western part of the investigation area. This channel may represent an area with less load-bearing capacity, however the rest of the area is structurally capable of carrying a stone reef. The stone size analysis revealed that the categories of 1-2 m² and 2-4 m² contained the greatest number of rocks, indicating that the smaller sized rocks may have been subject to stone fishing. Mapping of vegetation (mainly macro algae) showed that a large part of the investigation area (44%) is covered in a great amount of vegetation. Generally, there is a great coverage of vegetation in the western part of the area, sparser coverage in the central part, and no vegetation in the south-eastern part.

Based on the analyses of the geological data, areas for reestablishing the stone reef were recommended. The recommended areas were chosen based on certain criteria's: 1) it expands the extent of the current stone reef, 2) it is placed at water depths greater than 6 meter to ensure safe sailing in the area also after the reestablishment, 3) it does not interfere too much with the current vegetation, 4) the seabed is able to carry the stone reef due to the stability of the sub surface.

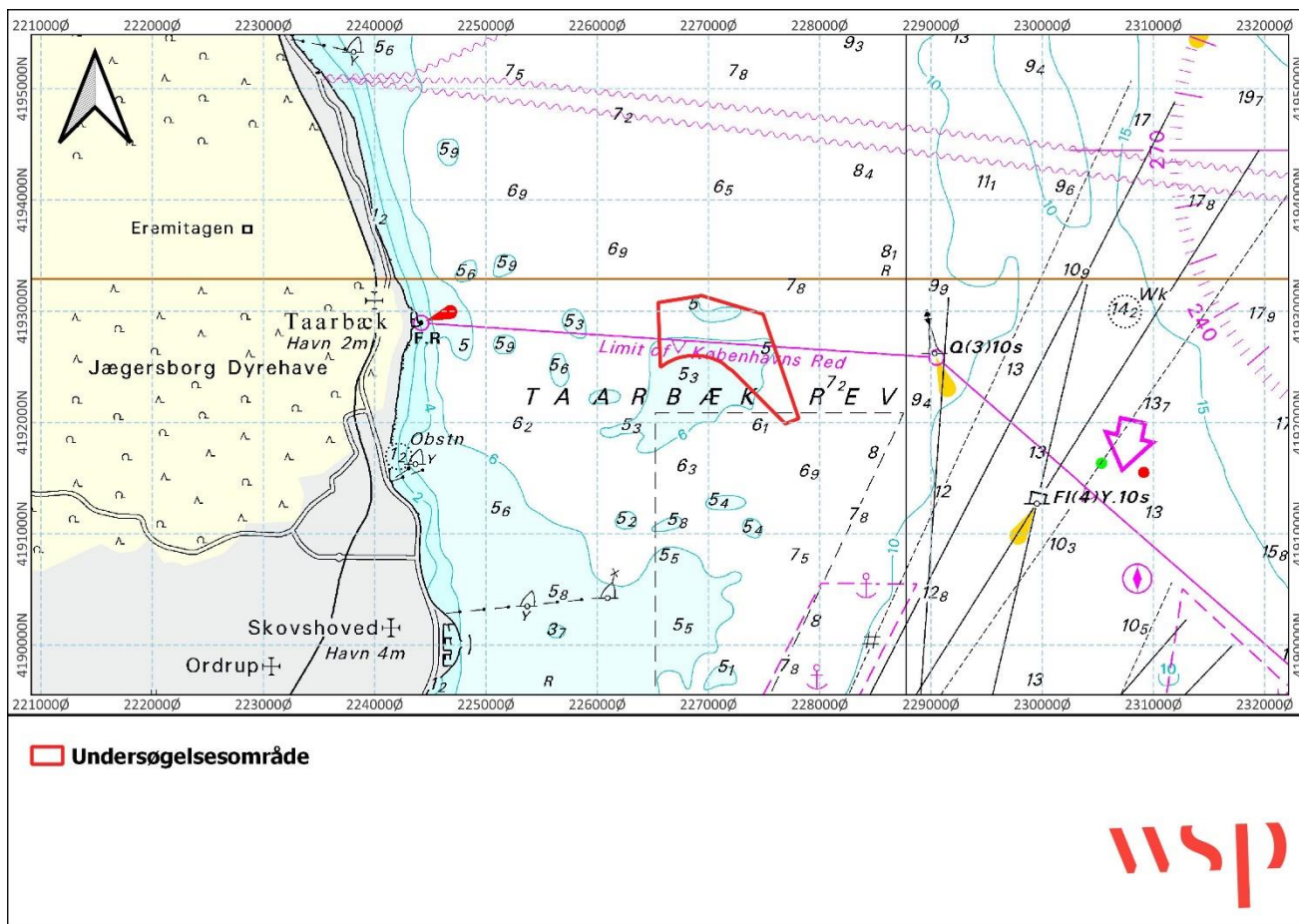
2 INDLEDNING OG FORMÅL

Baseret på midler fra Natur og Biodiversitetspakken er Miljøstyrelsen i gang med at afdække mulighederne for at forbedre havmiljøet ved Taarbæk Rev. I den forbindelse er projektet "Reetablering af Taarbæk Rev" igangsat med det formål at vurdere havbundens stabilitet og bæreevne i et undersøgelsesområde ved Taarbæk Rev.

I den forbindelse har WSP Danmark fået tildelt opgaven vedrørende "Geologiske undersøgelser på Taarbæk Rev". WSP Danmark har gennem sine mange marine kortlægningsprojekter opnået stor erfaring med kortlægning og analyse af den danske havbund herunder stenrevsundersøgelser.

Opgavens formål er at gennemføre geologiske undersøgelser af Taarbæk Rev, hvorved der opnås et tilstrækkeligt vidensgrundlag, der kan lægge til grund for udpegning af gunstige områder for udlægning af sten og reetablering af stenrevet ved Taarbæk Rev. Revet skal som udgangspunkt anlægges således, at der efter reetableringen af stenrevet, sikres en minimumsdybde på 5 meter, hovedsageligt for at undgå gene for sejladsen i området.

DCE har udarbejdet en teknisk rapport, der udpeger et muligt projektområde for anlæggelse af stenrev. Der er inden for dette projektområde udpeget et delområde på ca. 700.000 m² (betegnet undersøgelsesområdet), som skal kortlægges ved nærværende geologiske undersøgelser for at vurdere havbundens styrke til at bære det pågældende stenrev. Undersøgelsesområdet er placeret mellem 2-3,5 km øst for Taarbæk Havn. Undersøgelsesområdet har vanddybder på ca. 5-7,5 m (ud fra eksisterende søkort). Afgrænsningen af undersøgelsesområdet kan ses på Figur 2-1.



Figur 2-1. Oversigtskort, der viser afgrænsningen af undersøgelsesområdet beliggende ved Taarbæk Rev i Øresund.

Tidligere har der med stor sandsynlighed været foretaget stenfiskeri ved Taarbæk Rev, og i dag er der stadig eksisterende stenrev i området blandt andet i form af spredte sten og enkelte meget store sten – dog er revet væsentlig negativt påvirket af stenfiskeri. Hensigten med reetableringen er, at der både skal skabes en større overflade af fast substrat (større areal af stenrev) og skabes områder med huledannelse, som skal være med til at gavne biodiversiteten i området. Huledannende rev udgør gode gennemsteder for fiskeyngel, fisk og skaldyr såsom hummere og andre krebsdyr. En større fiskebiomasse på revet vil desuden gavne fugle og marsvin i området.

Historiske kort antyder, at der på lokaliteten har været et større stenrev med flere toppe. Når man sammenholder det med resultaterne fra geologiske undersøgelser gennemført i 2014, vurderes det, at der er en stor sandsynlighed for, at havbunden i området vil være i stand til at bære vægten af nye udlagte sten. Det er på den baggrund, at DCE har udpeget Taarbæk Rev som meget egnet til naturgenopretning af stenrev (DCE, 2021). Det er dog vigtigt, at der udføres yderligere undersøgelser for at verificerer havbundens sedimentforhold, bæreevne og havdybder inden udlægningsarbejdet påbegyndes. Dette sikres ved nærværende geologiske undersøgelser. Det forventes, at projektet helt eller delvist kan genskabe revet til den oprindelige dybde og sikre en større tæthed af større stabile sten i området.

3 OMRÅDEBESKRIVELSE

Undersøgelsesområdet for de geologiske undersøgelser er beliggende på Taarbæk Rev i det centrale Øresund. Projektområdet er beliggende mellem 2-3,5 km øst for Taarbæk Havn og er vist på Figur 2-1.

Taarbæk Rev er en velkendt revlokalitet i Øresund, hvorfor området er en oplagt lokalitet for et naturgenopretningsprojekt i relation til stenrev. Historiske søkort viser, at der tilbage i 1800-tallet har været sten på lokaliteten på vanddybder mellem 2,8 til 4,3 meter. De gamle søkort indikerer et stort revområde med flere separate toppe. Eksisterende hydrografiske kort for revområdet viser, at området i dag befinder sig på mellem 5 til 7,5 meters vanddybde, med en gennemsnitsdybde på 6,6 meter (DCE, 2021). Dette indikerer, at der er blevet fjernet sten fra området formodentligt som følge af et betydeligt stenfiskeri.

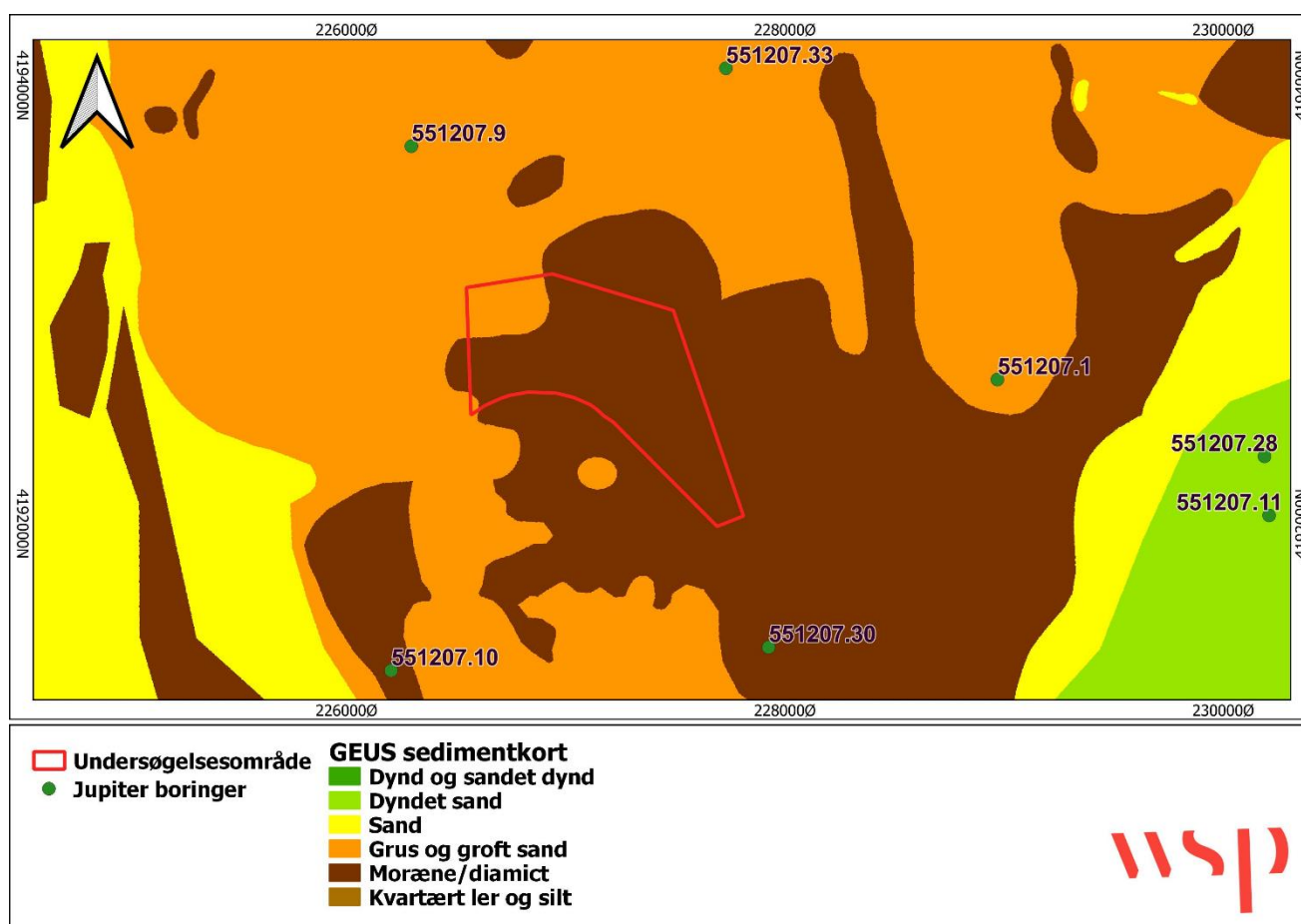
Dækningen af større sten i dag vurderes af (DCE, 2021) til under 25%, hvilket er baseret på GEUS' havbundssedimentkort. Et naturtypekort for Taarbæk Rev sammen med videoundersøgelser viser tegn på, at der enkelte steder er en 100% dækning af makroalger i de stenede områder. Desuden er der registreret dækningsgrader af blåmuslinger på stenene på over 25% i undersøgelsesområdet (DCE, 2021).

Undersøgelsesområdet og det omkringliggende område er generelt præget af højtliggende moræneaflejringer og består af forskellige serier af moræneaflejringer og en række kanalsystemer, der er udfyldt med grovkornede smeltevandsaflejringer. Disse geologiske forhold dominerer havbunden i store dele af de inderste og mere kystnære dele af Øresund (Orbicon, 2018).

4 EKSISTERENDE DATA

I forbindelse med datatolkningen, er øvrige tilgængelige og relevante arkivdata herunder boringsdata, udtræk fra relevante databaser m.fl. anvendt som støtte til tolkningen og dataanalysen. På den måde øges vidensgrundlaget og konfidensniveauet i forhold til vurderingen af undersøgelsesområdets egnethed til reetablering af stenrev.

Indenfor selve undersøgelsesområdet er eksisterende data begrænset til GEUS' havbundssedimentkort (GEUS, 2022), som indikerer, at området er domineret af moræneaflejringer, med et mindre område med grus og groft sand i den nordvestlige del af området (Figur 4-1).



Figur 4-1. Tilgængelige arkivdata omkring undersøgelsesområdet

Omkring undersøgelsesområdet findes enkelte arkivboringer fra Jupiter databasen (GEUS, 2022), som er vist på Figur 4-1, og er beskrevet i Tabel 4-1. Der er ingen tilgængelige boringsdata inden for selve undersøgelsesområdet. De omkringliggende boringsdata giver en indikation af de overordnede geologiske forhold og fordeling af overfladesedimenter i nærheden af undersøgelsesområdet.

Tabel 4-1. Beskrivelse af arkivboringer fundet i nærheden af undersøgelsesområdet.

DGU-nr	Geologisk beskrivelse
551207.33	Grab: Postglacialt saltvandssand – hs (fint sand, gullig gråt)
551207.9	0,1-0,4 m: postglacialt saltvandsler – hl (sandet, med skaller, enkelte sten, let misfarvet) 0,4-1,8 m: glacialt smeltevandsler – dl (sandet, svagt stenet, uforvitret) 1,8-1,9 m: glacialt moræneler – ml (sandet, stenet, leret till)
551207.1	Grab: Sand -s
551207.30	Postglacialt saltvandssand – hs, (sand, mest fint, gullig gråt)
551207.10	0-0,2 m: postglacial saltvandsler – hl (siltet, sandet, skaller, enkelte sten, let misfarvet) 0,2-0,7 m: senglacial ferskvandsler -tl (siltet, enskornet) 0,7 – 2,2 m: Senglacial ferskvandsler – tl (ret fedt) 2,2-2,3 m: Senglacial ferskvandsler – tl (ret fedt)

5 METODEBESKRIVELSE

Undersøgelingsprogrammet omfattede indsamling af sidescan-sonar (SSS), shallow seismik med pinger udstyr (SBP) og multibeam ekkolodsdata (MBES). De geologiske undersøgelser blev gennemført over to omgange, hvor indledningsvist multibeam data blev indsamlet d. 18. januar 2022, mens sidescan data og de seismiske data blev indsamlet d. 25. januar 2022.

Ovenstående metodik og datagrundlag danner tilsammen grundlag for:

- Vurdering af overordnede substratmæssige og dybdemæssige forhold i undersøgelsesområdet
- Kortlægning af den overfladenære undergrund
- Kortlægning af eksisterende stenrev i ét lag og stenrev med relief (flere lag)
- Kortlægning af makroalgeudbredelsen i undersøgelsesområdet
- Kortlægning af fordelingen og størrelsen af sten i undersøgelsesområdet
- Vurdering af havbundens stabilitet og styrke til at bære det pågældende stenrev
- Udpegning af det eller de mest egnede steder at reetablere et stenrev på ca. 100.000 m²

De geologiske undersøgelser blev generelt gennemført under gode vejrforhold med en typisk bølgehøjde på mindre 0,4 m og vindhastighed på mindre end 5-6 m/s. Dette afspejles ved, at de indsamlede SSS, SBP og MBES-data generelt er af god kvalitet. Da alt data for det geofysiske survey er indsamlet med samme udstyr og inden for samme korte tidsperiode, fremstår data kvaliteten ensartet.

Overordnet er opgaven inddelt i fire hovedkomponenter:

1. Gennemgang af metodikken for de geologiske undersøgelser (se kapitel 5)
2. Præsentation af resultaterne fra de gennemførte geologiske undersøgelser (se kapitel 6)
3. Afsluttende vurdering af områdets egnethed til reetablering af sten og udpegning af specifikke områder til reetablering af stenrevet og stenudlægning (se kapitel 7 og 8)
4. Diskussion af de overordnede usikkerheder og udfordringer i forbindelse med vurderingen og udpegnings af stenrevet (se kapitel 9)

5.1 UNDERSØGELSESPROGRAM

I forbindelse med den geologiske kortlægning er der gennemført en fulddækkende MBES-opmåling, samt fulddækkende SSS- og SBP- kortlægning i undersøgelsesområdet, som er fundet fyldestgørende til nærværende formål.

Datagrundlaget for multibeam-opmålingen omfatter indsamling af ca. 50 km multibeam data langs 68 linjer gående NV-SØ, som er parallelt på kysten. Derudover er der indsamlet ca. 12 km tværgående multibeam linjer langs 22 linjer orienteret V-Ø. Det vil sige, at der samlet er gennemført ca. 62 km multibeam data i undersøgelsesområdet. Data er indsamlet med en indbyrdes sejllinjeafstand på 15 m parallelt på kysten og 50 m for de tværgående linjer.

Der er i alt indsamlet ca. 35 km SSS og SBP data i undersøgelsesområdet fordelt på i alt 49 linjer henholdsvis 25 linjer gående i N-S-lig retning og 24 linjer gående i Ø-V-lig retning. Data er indsamlet med en indbyrdes sejllinjeafstand på 50 m i begge retninger, som danner et tæt netværk af linjer.


De gennemførte sejllinjer for MBES opmålingen i undersøgelsesområdet kan ses på Figur 6-1, mens de tilsvarende gennemførte sejllinjer for shallow seismik (pinger) og SSS data kan ses på Figur 6-2.

5.2 SURVEYSKIB

Den geologiske kortlægning blev foretaget fra WSPs egen surveybåd "Sephia" (Quicksilver Pilot House 675) (Figur 5-1) i dagene 18. og 25. januar 2022. Opmålingen blev varetaget af eksperter fra WSP med speciale i geologiske undersøgelser og marin kortlægning. Nedenfor er listet en række tekniske specifikationer om Sephia.

Datasheet for Quicksilver 675 Pilot House

Description	Quicksilver 675 Pilot House
Length	6,55 m
Width	2,54 m
Weight w.o. engine	app. 1585 Kg
Freeboard	80 cm
Draught	40 cm
Engine	150hk Evinrude E-tech
EEC class	C.



Category	Wind Force Beaufort Scale (knots)	Significant Wave Height in meters
C - "Inshore"	up to and including 6 (22-27 kts.)	up to and including 2 m

Figur 5-1. Foto af WSPs egen surveybåd, Sephia. På billedet rigget til med SSS og Innomars Pinger.

5.3 MULTIBEAM

Til kortlægning af vanddybde blev der benyttet en R2 Sonic 2020, som er en high resolution multibeam echosounder (Figur 5-2), der kan kortlægge havbunden med centimeters nøjagtighed. Instrumentet opererer med frekvenser mellem 200 og 700 kHz med en max ping rate på 60 Hz. Dækningen er op til 130 grader med op til 4,5 gange vanddybden på en flad bund.

Data for positioneringen kommer fra en Applanix POS MV, der modtager GNSS RTK-korrektioner for position fra 2 x Trimble modtagere og udregner fartøjets bevægelser. Rådata for position bliver postprocesseret i POSPac for bedre nøjagtighed.

De tekniske specifikationer på MBES udstyret er angivet i Tabel 5-1.

Tabel 5-1. Specifikationer for Multibeam udstyr

Udstyr	Navn
Multi Beam Echo Sounder (MBES)	R2sonic 2020
Topside	R2sonic I2NS
Positioning System	Primary: Applanix POS MV
Heading System	Applanix POS MV
Motion Sensor (IMU)	Applanix POS MV
Sound Velocity	Valeport Mini SVP
Data Collecting Computer	Laptop
Software for acquisition and processing	NaviSuite Kuda (NaviPac Pro, NaviScan, NaviEdit Pro, NaviModel Producer)



Figur 5-2. Multibeam R2sonic 2020 sensor hoved.

De indsamlede bathymetriske data er blevet rensed for datafejl og uregelmæssigheder i processeringsprogrammerne NaviEdit og NaviModel. De korrigerede dybde data blev herefter griddet til raster i 0,5 x 0,5 m format i UTM zone 33 ETRS89. Der blev ikke målt lyd hastighed ned igennem vandsøjlen, hvilket viser sig i data som mindre afvigelser langs sejllinjer, der dog kun visse steder giver en fejl på maksimalt 5-10 cm, hvilket ikke har betydning for det overordnede mål med opmålingen. I den sammenhæng bør også nævnes, at der i Øresund ofte er et springlag til stede, typisk med vand med høj salinitet i bunden og lavere salinitet i toppen, der påvirker lyd hastigheder af MBES målingerne.

Ud fra de indsamlede multibeam ekkolodsdata præsenteres dybde data som en dybdemodel. Dybdemodellen er præsenteret og beskrevet i afsnit 6.2 for hele undersøgelsesområdet. Derudover præsenteres de indsamlede dybde data som slope og hillshade analyser.

5.4 SIDESCAN-SONAR

Overfladesedimentet er beskrevet ved brug af en sidescan-sonar (SSS). For nærværende geologiske kortlægning er anvendt instrumentet Deep Vision – DE 340/680D, som er med til at kortlægge havbundssedimenterne med stor nøjagtighed. Denne SSS model er et to-frekvent instrument med henholdsvis 340 og 680 kHz. Instrumentet kan dermed optage med enten lavfrekvent 340 kHz eller højfrekvent 680 kHz.

SSS instrumentet er specielt anvendelig til beskrivelse af havbundens ruhed og dermed indirekte bundens substratsammensætning. På SSS billederne er det således forskellen i ruhed på havbunden, som gør det muligt at identificere og adskille forskellige substrattyper ved deres specielle karakteristika såsom sand- og grusbund, eller derudover identificere større objekter som sten, boblere, vrage m.m.

På baggrund af de indsamlede SSS data er der, udover selve substrattypetolkningen, foretaget en detaljeret tolkning af menneskabte objekter på havbunden og andre karakteristiske bundforhold – herunder eventuelle kulturhistoriske objekter.

SSS instrumentet blev trukket fra skibet styrbordsside agterud. Kabellængden på SSS instrumentet blev løbende justeret for at opretholde en regelmæssig højde på ca. 5 - 10 m over havbunden (ca. 10% af bredde på SSS data), hvilket sikrer den bedste datakvalitet.

Som en del af SSS data processeringen er der udført:

- Bottom-tracking: Fjerner akustiske data fra vandsøjlen
- Gain correction: Ændrer på signalet via automatiske filtreringsalgoritmer for at sikre et ensartet/udjævnet signal på tværs af båndbredden
- Lay-back correction: Tilføjer kabellængden til positionen, så den er korrekt i forhold til skibets position. Kabellængden blev noteret under survey, og information blev efterfølgende brugt i korrektionen i post-processeringen

GeoTIFF & XTF export er det endelige produkt i form af processerede SSS datafiler, ved eksportering af datafiler enkeltvis i XTF-fil format, og som samlede georefererede billede-filer (GeoTIFF-fil format), der ligger til grund for substrattypetolkningen.

Generelt er de indsamlede SSS data for undersøgelsesområdet af rigtig fin kvalitet. SSS data blev samlet under gode vejrforhold og uden fejl på udstyr. Trods den gode kvalitet er SSS data mange steder vanskelig at tolke den præcise dækning af sten på havbunden, da havbunden mange steder er domineret af stor tæthed af makroalger.

Resultatet af SSS kortlægningen er en række SSS baner, som giver information om substrattyper langs sejllinjerne. Hver SSS-bane har en bredde på 150 m og overlapper hinanden med 30 m på hver side af SSS-banen. De enkelte baner sættes sammen til én samlet detaljeret mosaik med en høj dataopløsning. Ud fra SSS mosaikken er der udarbejdet et substrattypekort, som anvendes til at fastlægge grænser mellem de forskellige substrattyper og områder med stendækning.

De indsamlede sidescan data er blevet processeret, tolket og bearbejdet til kort, og resultaterne er præsenteret i GIS-programmet QGIS. Til processering af de indsamlede Sidescan Sonar data er benyttet Sonarwiz 7, mens tolkningen af substratet er foretaget i QGIS.

5.5 SUBSTRATTYPEKLASSIFIKATION

Substrattypeklassifikationen følger guideline for Natura 2000-kortlægning gennemført for Miljøstyrelsen og udviklet af Orbicon (nu WSP). Klassifikation af substrattyper tager udgangspunkt i de substrattypeklassifikationer, som tidligere er anvendt i danske råstof-, substrat- og habitatnaturtype-kortlægninger f.eks. (Geo og Orbicon, 2011), og som er defineret og fastlagt i samarbejde med Miljøstyrelsen.

Klassifikationen forudsætter en geofysisk kortlægning med sidescan sonar mosaik. Tolkningen af substrattyper samt deres afgrænsning er baseret på ekspertvurdering.

Baseret på denne substrattypeklassifikation er havbunden inden for undersøgelsesområdet inddelt i følgende substrattyper:

Substrattype 1: Sand, silt og dynd: Områder bestående af finkornet blød bund eller fast sandbund (evt. med dynamiske bundformer) med varierende indslag af skaller og grus. Sand er defineret som kornstørrelser i intervallet 0,06-2,0 mm.

Typisk underinddeles substrattype 1 i substrattype 1a (siltede, bløde bunde), 1b (faste sandbunde) og 1c (lerede bunde), hvilket ikke fremgår af bekendtgørelsen. Det er en standard substrattypeinddeling, der er anvendt ved en lang række marinegeofysiske kortlægninger med tilhørende afrapporteringer. Underinddelingen er anerkendt af MST.

Substrattype 2: Sand, grus og småsten: Områder, som består af en blanding af groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 2-20 mm og småsten med størrelser på ca. 2-10 cm. Substrattypen indeholder også enkelte større sten fra ca. 10 cm og større, der dækker op til 10% af havbunden.

Substrattype 3: Sand, grus og småsten samt stenbestrøning med større sten: Områder bestående af blandede substrater med sand, grus og småsten med en varierende mængde af større sten fra ca. 10 cm dækkende 10-25% af havbunden. Substrattypen adskiller sig fra substrattype 2 ved at indeholde et større antal sten fra ca. 10 cm og opefter. Stenene ligger oftest spredt (bestrøning) og kun i ét lag.

Substrattype 4: Stenede områder og stenrev med 25-100% af større sten: Områder domineret af sten fra ca. 10 cm fra tæt bestrøning (sten i ét lag) til stenrev med relief (sten i flere lag) med eller uden huledannende elementer. Der kan også forekomme varierende mængder af sand, grus og småsten, samt biogene rev/eller kalkrev i denne sub-strattype. Stenene kan ligge i ét lag eller ligge i flere lag, hvor der kan være huledannende stenrev.

Miljøstyrelsen vil i en kortlægning med ovennævnte substrattype betragte stenrev (dækning af sten >10 cm på over 25%) i områder kortlagt som substrattype 4, samt substrattype 3 i direkte kontakt med substrattype 4. Hvis substrattype 3 er alene stående betragtes det ikke som stenrev.

Resultaterne af SSS-kortlægningen og substrattypetolkningen for undersøgelsesområdet er præsenteret i afsnit 6.3 om substratforhold og afsnit 6.5 om fordeling og størrelse af sten.

5.6 SHALLOW SEISMIK

De overfladenære geologiske lag er udover SSS beskrevet ved brug af SBP (Sub-bottom-profiling) af typen Innomar SES-2000 Standard. Innomar SES-2000 (pinger) er monteret med stang på bagbordsside på båden Sephia og data er indsamlet ved 8-10 kHz. De seismiske data er korrigeret for roll, pitch og heave ift. højdesystem DVR90 ved dataindsamlingen via skibets motion sensor - IMU. De seismiske metoder anvendes til at detektere seismiske sub-horisontale refleksioner i undergrunden. Refleksionerne kan relateres til overgange i geologiske aflejringer, eksempelvis en overgang fra et sandlag til et lerlag.

Pingeren er et godt instrument til kortlægning og vurdering af de mest overfladenære sedimenter – og er den type instrument, der benyttes ved de fleste kystnære, marine kortlægningsopgaver i Danmark. Pinger data giver en god opløsning af de overfladenære geologiske lag, hvorved der opnås kendskab til de overfladenære sedimenters lagtykkelse. På baggrund af pingerens høje dataopløsning af de overfladenære lag, er metoden ideel til identifikation og vurdering af sedimentære strukturer i en dybde af 0-5 m, og stedvist op til 10-12 m under havbundsoverfladen, afhængig af beskaffenheden af sedimentet. For sandede og grusede sedimenter er penetrationen op til ca. 5-8 m, mens den er betydeligt mindre ved hårdt substrat på havbunden. Penetrationsdybden øges ved tættere pakning og finere kornstørrelser i sedimentet.

Langs hver linje er der indsamlet både et lav- og højfrekvent dataprofil. De indsamlede seismiske data er tolket i Sonarwiz 7, hvor der er foretaget en detaljeret gennemgang af alle de seismiske linjedata. På hver seismisk linje er der foretaget en tolkning af relevante horisontenter og strukturer i sedimentet. Derudover er der foretaget en karakteristik af havbunden, hvor der er fokus på fordelingen og størrelsen af sten, havbundens hårdhed, vegetation og stenrev med relief (huledannelse).

Resultaterne af den seismiske tolkning for undersøgelsesområdet er præsenteret i afsnit 6.4 om seismisk analyse og afsnit 6.6 om makroalger.

5.7 KORTLÆGNING AF STEN

Sten blev kortlagt på baggrund af hældningskort for havbunden (slope) baseret på indsamlede multibeam data (Figur 6-5). Hældningskortet blev lavet ud fra dybdemodellen i programmet ArcMap. Dernæst blev celler med en hældning på 7,5 grader udvalgt, og konverteret til shapefil. 7,5 grader er dermed grænsen for udpegning af sten. Høje hældninger vil som regel kun vise sig i periferien af stenene, mens midten/toppen af stenene vil have en lav hældning. For at fjerne huller, typisk i midten af stenene, blev der brugt en expand/shrink tilgang med et buffer tool i ArcMap. Dernæst blev der brugt et smooth tool til at give et mere visuelt retvisende udseende af stenene.

Resultatet heraf er et detaljeret kort, der viser fordelingen af alle sten i undersøgelsesområdet, der er større end 0,5x0,5 m (0,25 m²). Grundet den valgte opløsning på dybdemodellen på 0,5 m, er det valgt ikke at gå højere op i opløsning (dvs. opløse sten mindre end 0,5 m). Rent teknisk er det muligt at gå højere op i opløsning, men det kræver en langt mere tidskrævende databehandling, hvor selve dybdemodellen skal genskabes i højere opløsning. Derudover vil usikkerheden i relation til registreringen af sten generelt være større jo mindre sten, der kortlægges. WSP vurderer det derfor ikke hensigtsmæssigt ved nærværende metode at kortlægge sten ned til 10 cm. Som udgangspunkt ønsker Miljøstyrelsen at kortlægge sten ned til 10 cm, som følger definitionen af større sten. For at imødekomme Miljøstyrelsens ønske om kortlægning af sten mellem 10 til 50 cm er det aftalt, at der efterfølgende fremsendes et notat med en genanalyse af et mindre

delområde af undersøgelsesområdet, hvor fordelingen og størrelsen af sten kortlægges, som også inkluderer sten under 0,25 m². Genanalysen er ønsket for at få en vurdering af, om metoden med den angivne usikkerhed kan anvendes til at sandsynliggøre stenfiskeri af bestemte stenstørrelser i situationer, hvor man ikke har historiske data om stenfiskeri. Ligesom analysen også er anvendelig som yderligere karakterisering af stenrevet foruden substrattyperne. Det skal bemærkes, at denne genanalyse ikke ændrer på de overordnede anbefalinger til stenudlægning i undersøgelsesområdet.

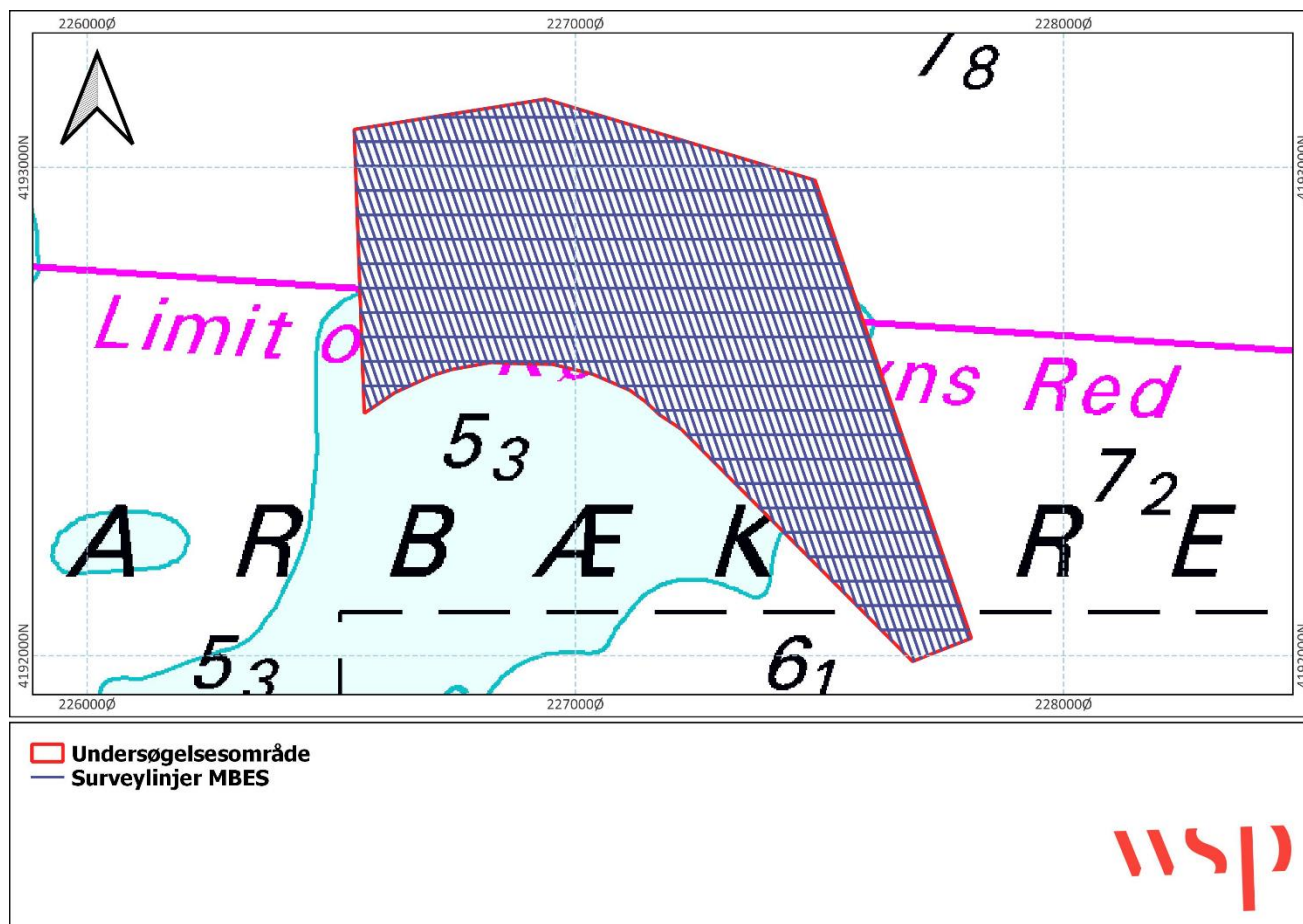
Fordelingen og størrelsen af stenene i undersøgelsesområdet er præsenteret og beskrevet i afsnit 6.5. I den forbindelse er det relevant at nævne, at tolkningen af substrattyperne (jf. afsnit 5.5 om substrattypeklassifikation) er baseret på Miljøstyrelsens definition af stenstørrelse (>10 cm), mens nærværende analyse af fordelingen og størrelsen af sten er baseret på sten større end 50 cm.

6 SURVEY RESULTATER

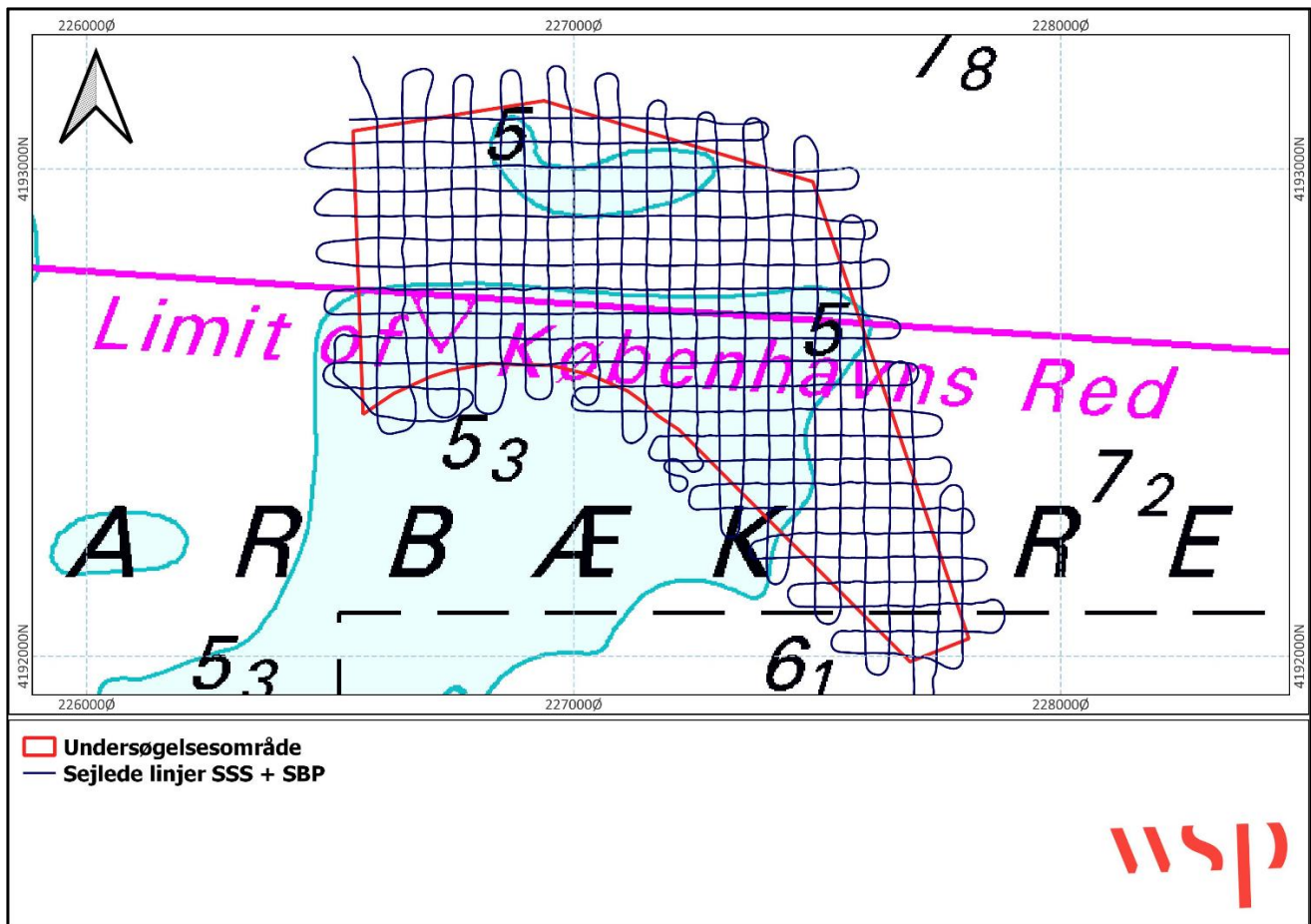
I nedenstående præsenteres resultaterne fra den geologiske kortlægning af undersøgelsesområdet med kortmateriale og eksempler fra sidescan sonderingen, MBES-kortlægningen og SBP-undersøgelserne.

6.1 SEJLEDE LINJER

Sejlede linjer for MBES-kortlægningen, sidescan og SBP-kortlægningen er vist på Figur 6-1 og Figur 6-2 nedenfor. Disse sejlede linjer angiver, hvor de geologiske undersøgelser reelt har fundet sted.



Figur 6-1. Surveylinjekort for MBES-kortlægning. De gennemførte sejllinjer for de tilvejebragte multibeam data med sejllinjeafstand på 15 m parallelt på kysten og tværgående linjer med en sejllinje afstand på 50 m.

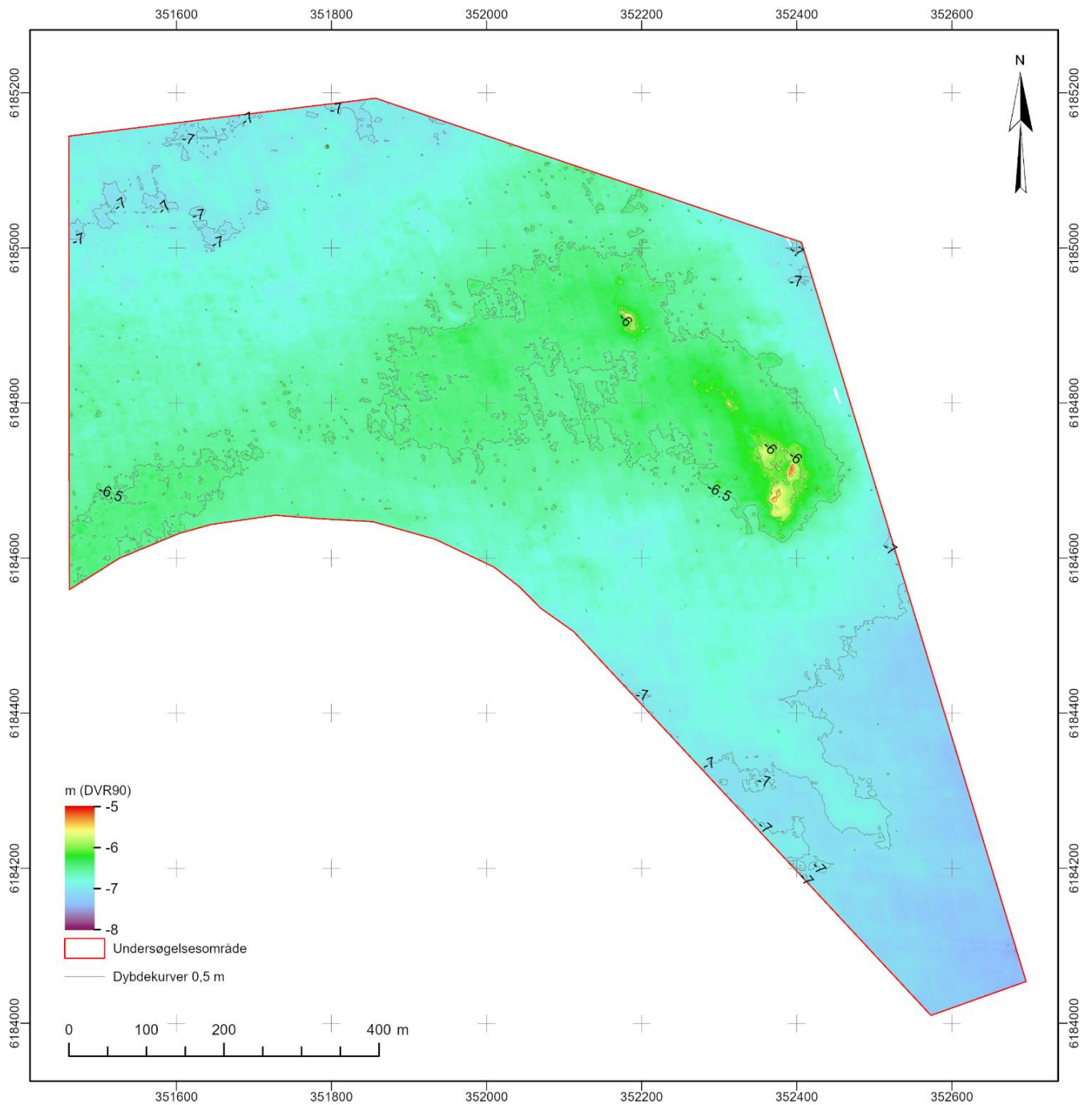


Figur 6-2. Sejllinjekort for SSS og SBP-kortlægning. De gennemførte sejllinjer for de tilvejebragte sub bottom profiler og side scan sonar data med sejllinjeafstand på 50 m og tværgående linjer med en sejllinje afstand på 50 m.

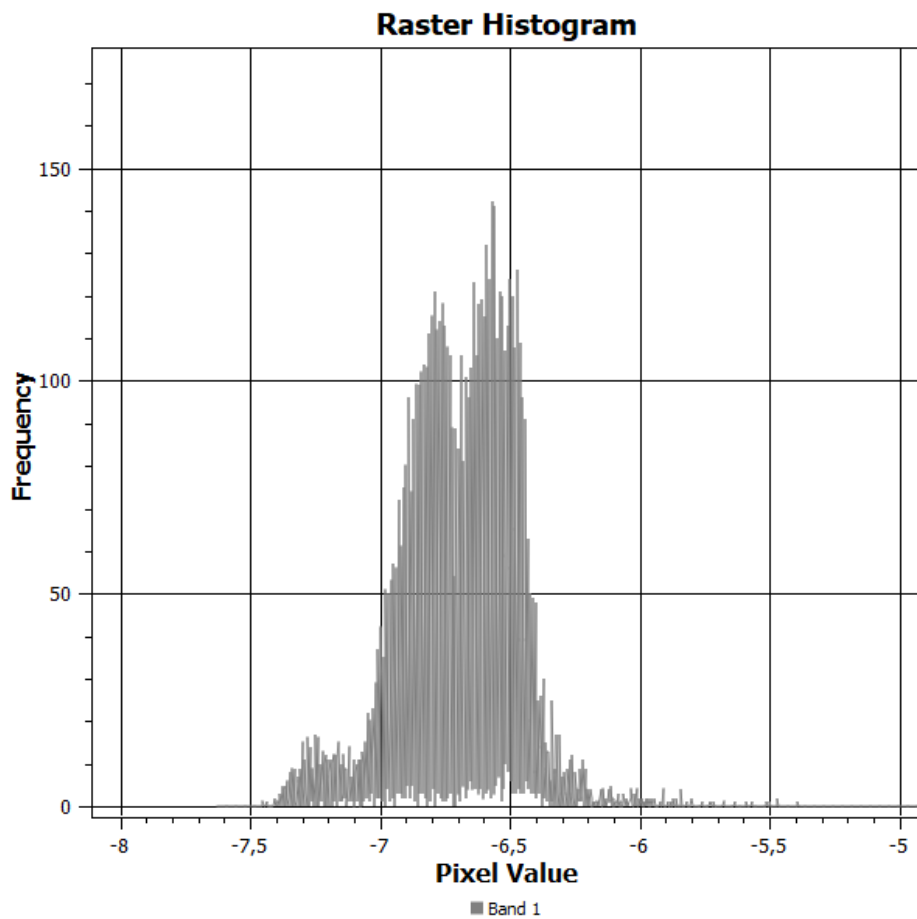
6.2 DYBDEFORHOLD

Dybden blev registreret med multibeam ekkolod med en sejllinjeafstand på 15 m inden for undersøgelsesområdet. Nedenstående dybdemodel (Figur 6-3) er udarbejdet på baggrund af tilvejebragte multibeam data (MBES-data).

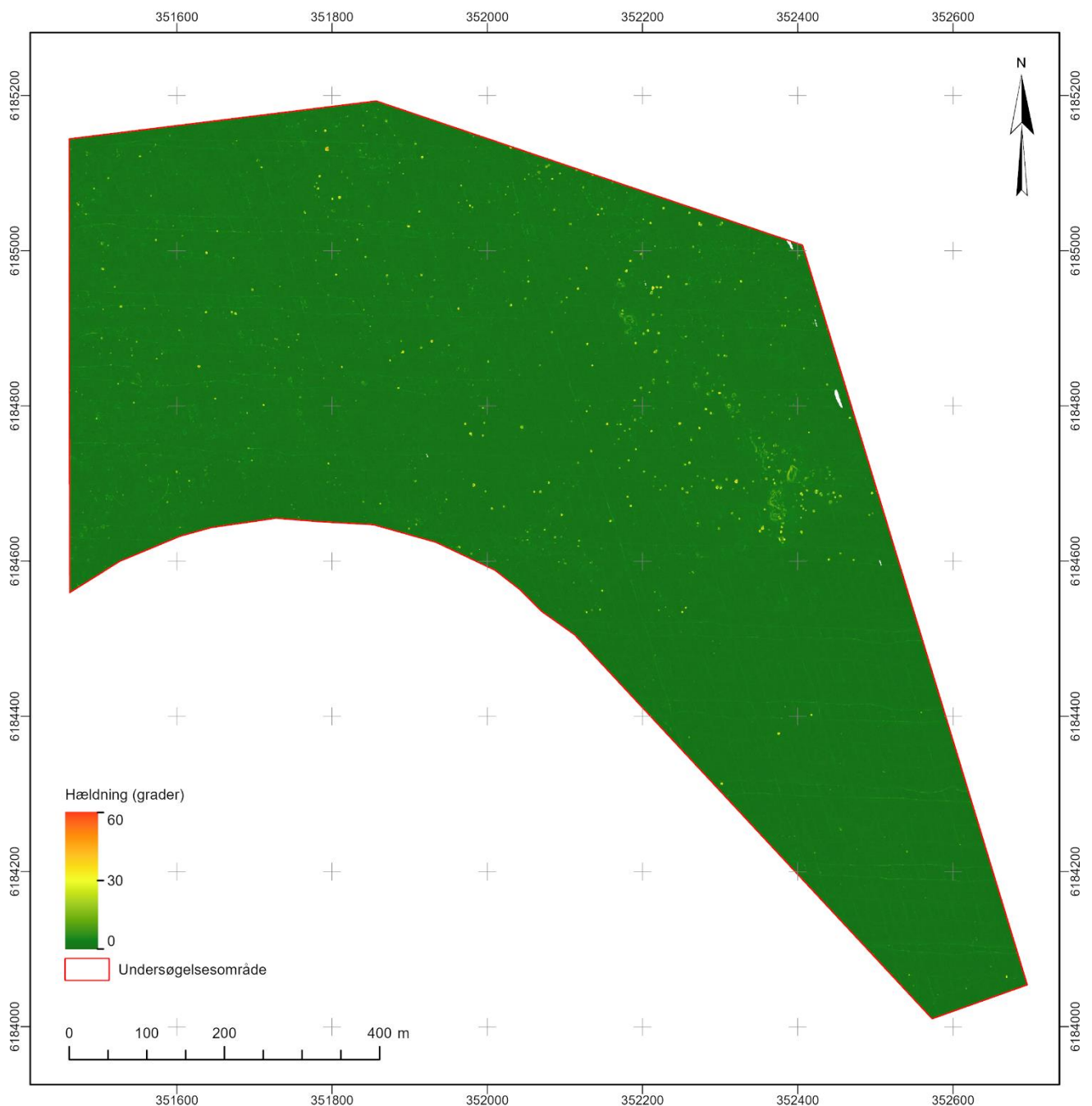
Dybderne inden for undersøgelsesområdet ligger primært mellem -5,5 til -7,5 m (DVR90) med en gennemsnitsdybde på -6,7 m (Figur 6-4). De mindste vanddybder blev generelt registreret i den centrale og østlige del af undersøgelsesområdet, som er relateret til stenrev. Disse stenrev med relief ses som røde nuancer på dybdekortet og det ses, hvorledes stenrevene rager op over den omkringliggende havbund. De største vanddybder blev generelt registreret i den sydøstlige og nordvestlige del af undersøgelsesområdet. Overordnet steg vanddybden jævnt mod sydøst og nordvest (Figur 6-3).



Figur 6-3. Dybdemodel baseret på multibeam opmåling med dybdekurver (0,5 m). Opløsning 0,5 m.



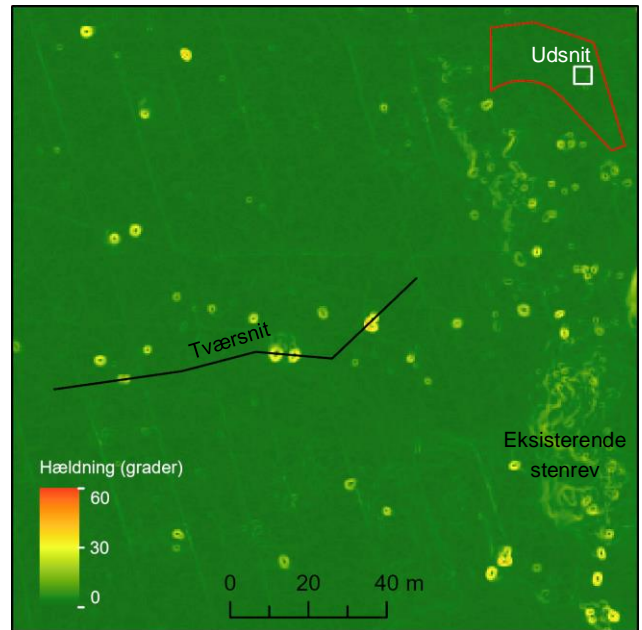
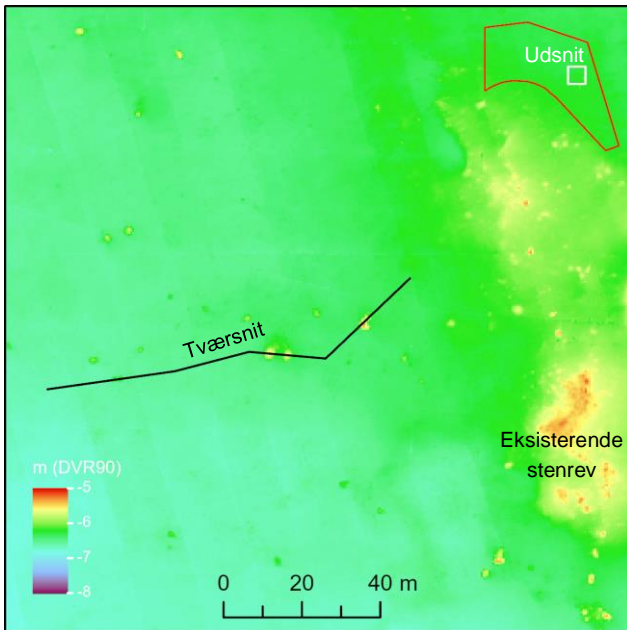
Figur 6-4. Histogram for dybdeforholdene inden for undersøgelsesområdet.



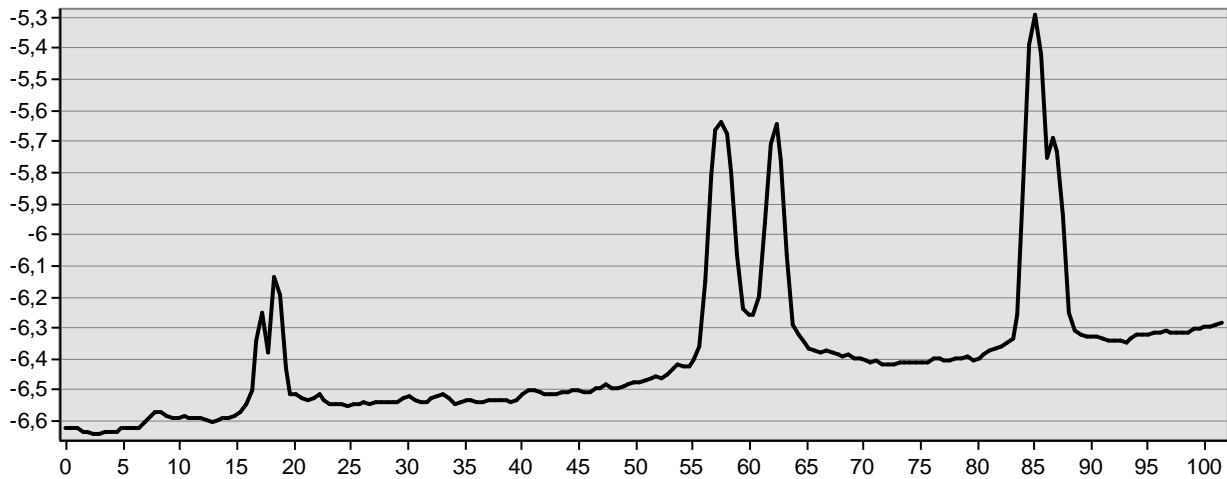
Figur 6-5. Hældningskort baseret på målte dybder fra multibeamopmåling. Opløsning 0,5 m.

Hældningskortet for undersøgelsesområdet viser, at havbunden generelt er ret flad, men med enkelte markante hældninger, typisk hvor der findes sten og stenrev (dækning af sten på >10 cm på over 25%) på havbunden. De markante hældninger ses primært i den centrale og østlige del af undersøgelsesområdet, hvor der udbredt forekommer stenrev. Som udgangspunkt vil en grovere opløsning generelt resultere i lavere hældning. I dette tilfælde ved en opløsning på 0,5 m vurderes en høj hældning at være over 7,5 grader, som er grænsen for udpegning af sten.

I de nedenstående eksempler (Figur 6-6 til Figur 6-9) ses det, at sten er relativt nemme at identificere ud fra både dybde- og hældningskort.

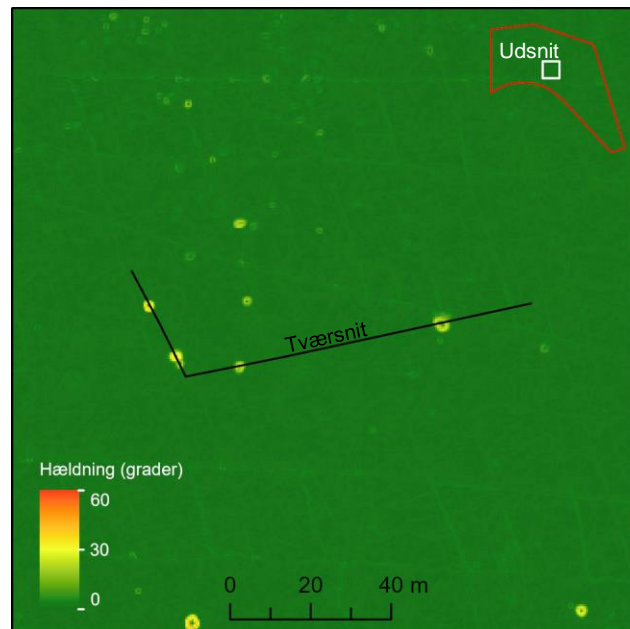
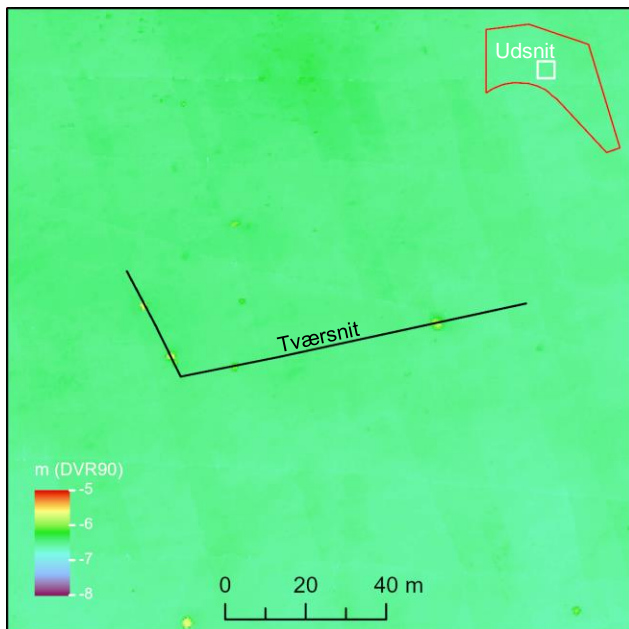


Figur 6-6. Eksempel på dybdeforhold og hældning af havbunden umiddelbart vest for det eksisterende stenrev i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet. Tværsnit vist i Figur 6-7.

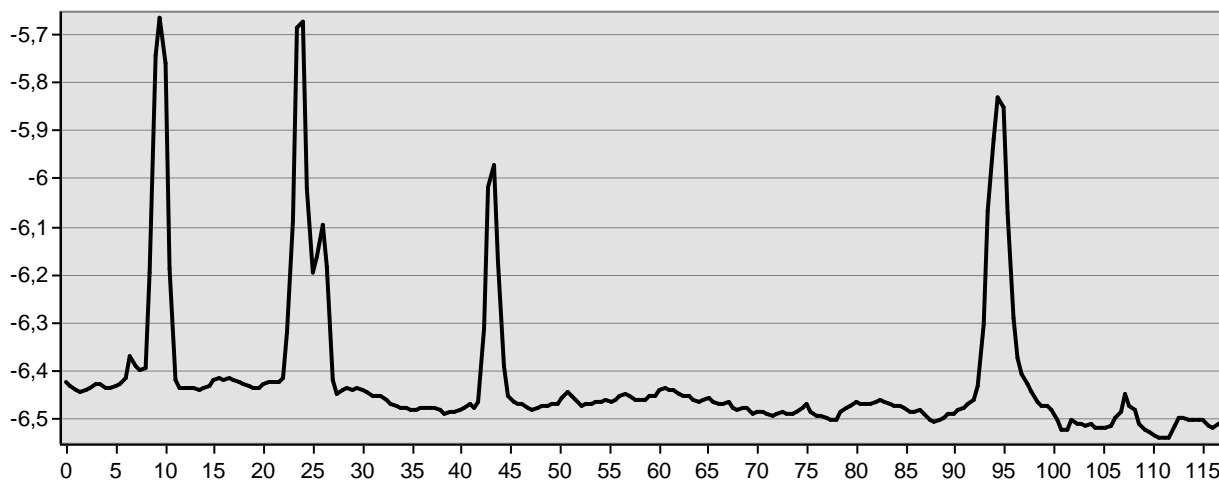


Figur 6-7. Tværsnit af dybder m (DVR90). Placering angivet i Figur 6-6. Tværsnittet gennemskærer en række større sten på havbunden.

På Figur 6-7 ses det, at højden af stenene varierer mellem 0,5 m til 1,1 m. Havbunden mellem stenene er relativt flad, men vanddybden stiger generelt fra øst mod vest.



Figur 6-8. Eksempel på dybdeforhold og hældning af havbunden fra den centrale del af undersøgelsesområdet. Tværsnit vist i Figur 6-9.



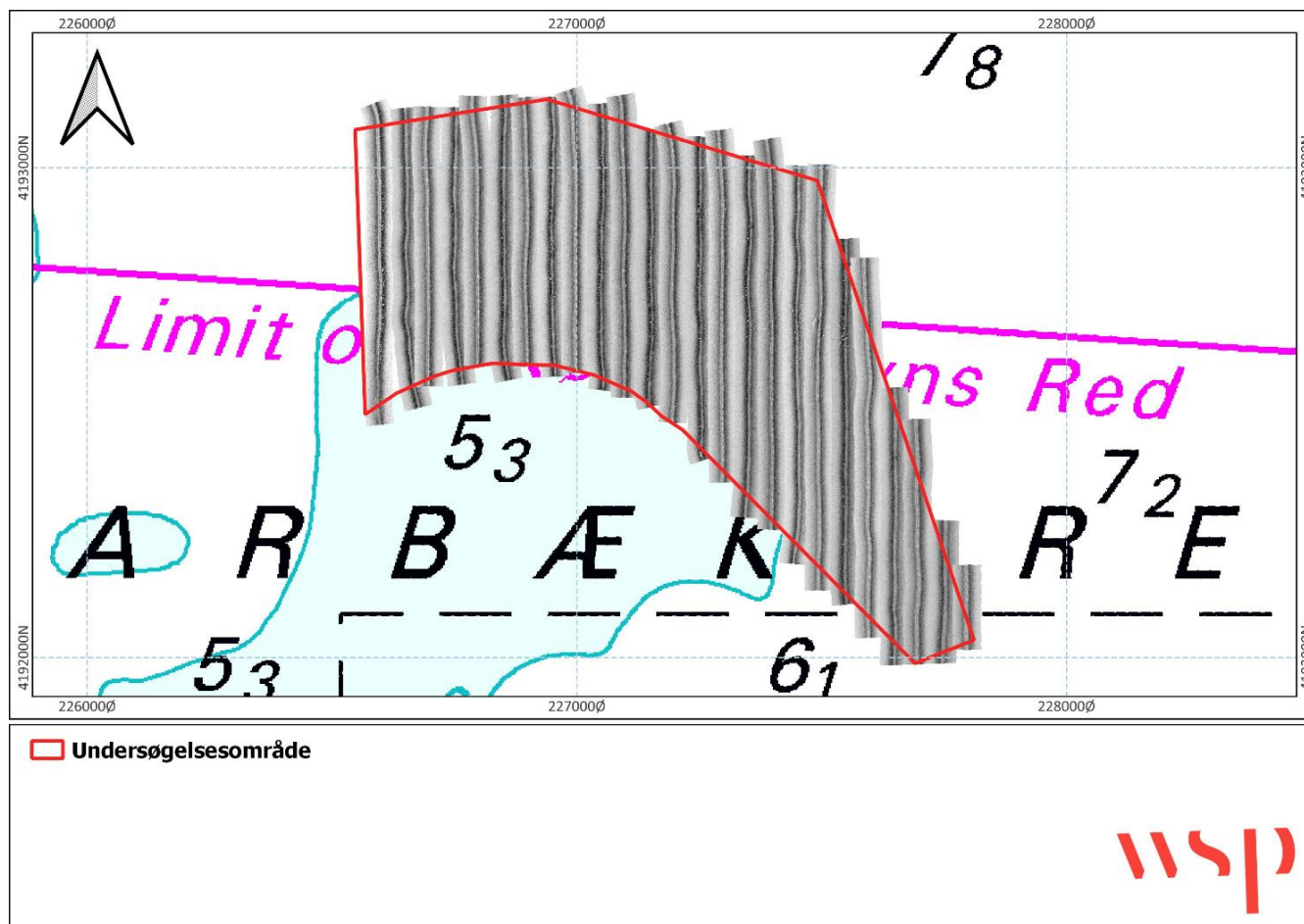
Figur 6-9. Tværsnit af dybder i meter (DVR90). Placering angivet i Figur 6-8. Tværsnittet gennemskærer en række større sten på havbunden.

På Figur 6-9 ses det, at højden af stenene varierer mellem 0,5 m til 0,8 m. Havbunden mellem stenene er relativt flad.

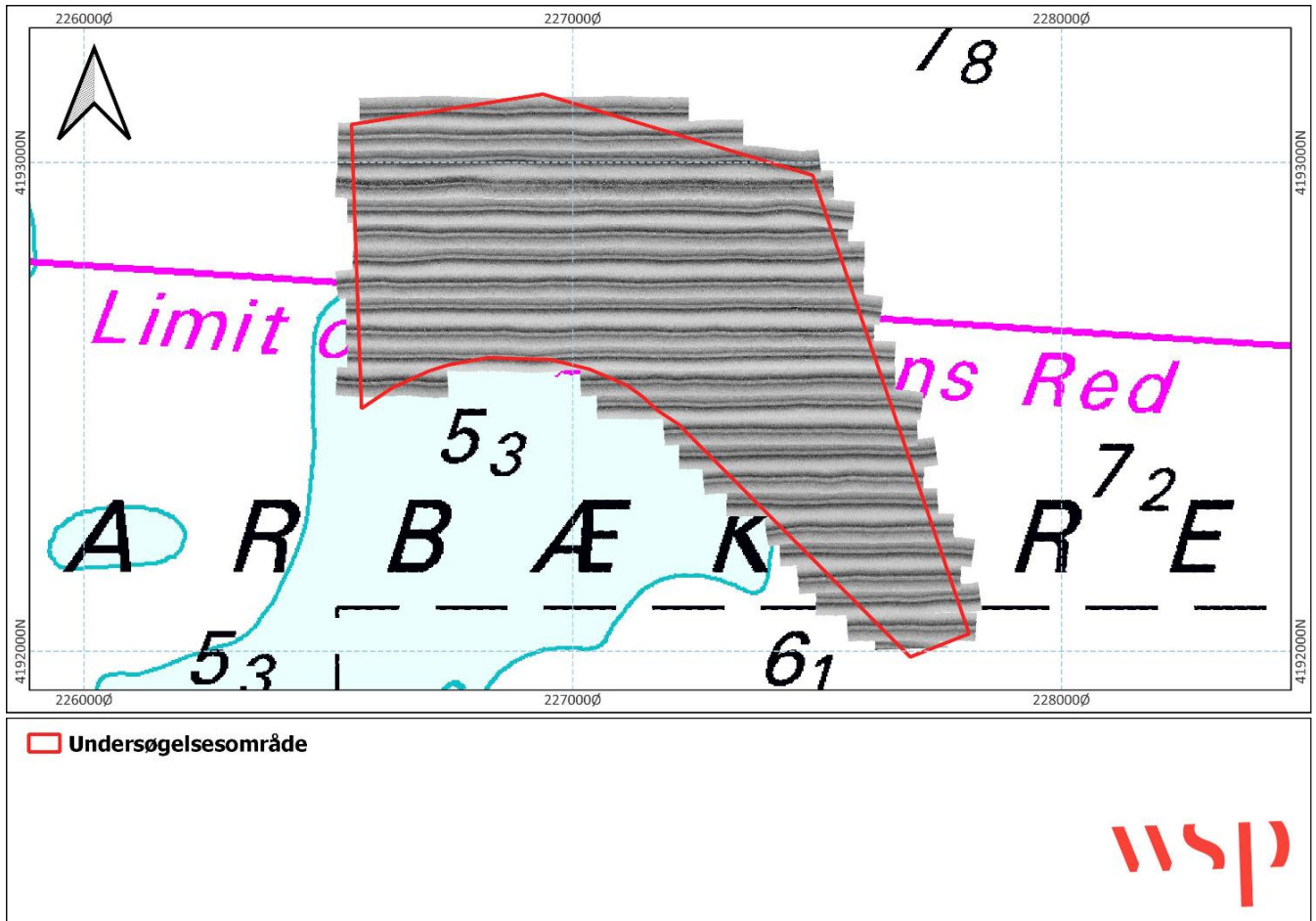
De indsamlede multibeam data er jævnfør "Lov om stedbestemt information paragraf 7, stk. 2" fremsendt til Geodatastyrelsen.

6.3 SUBSTRATFORHOLD

De to udarbejdede SSS-mosaikker for undersøgelsesområdet, med henholdsvis de N-S gående linjer og Ø-V gående linjer, kan ses herunder (Figur 6-10 og Figur 6-11).

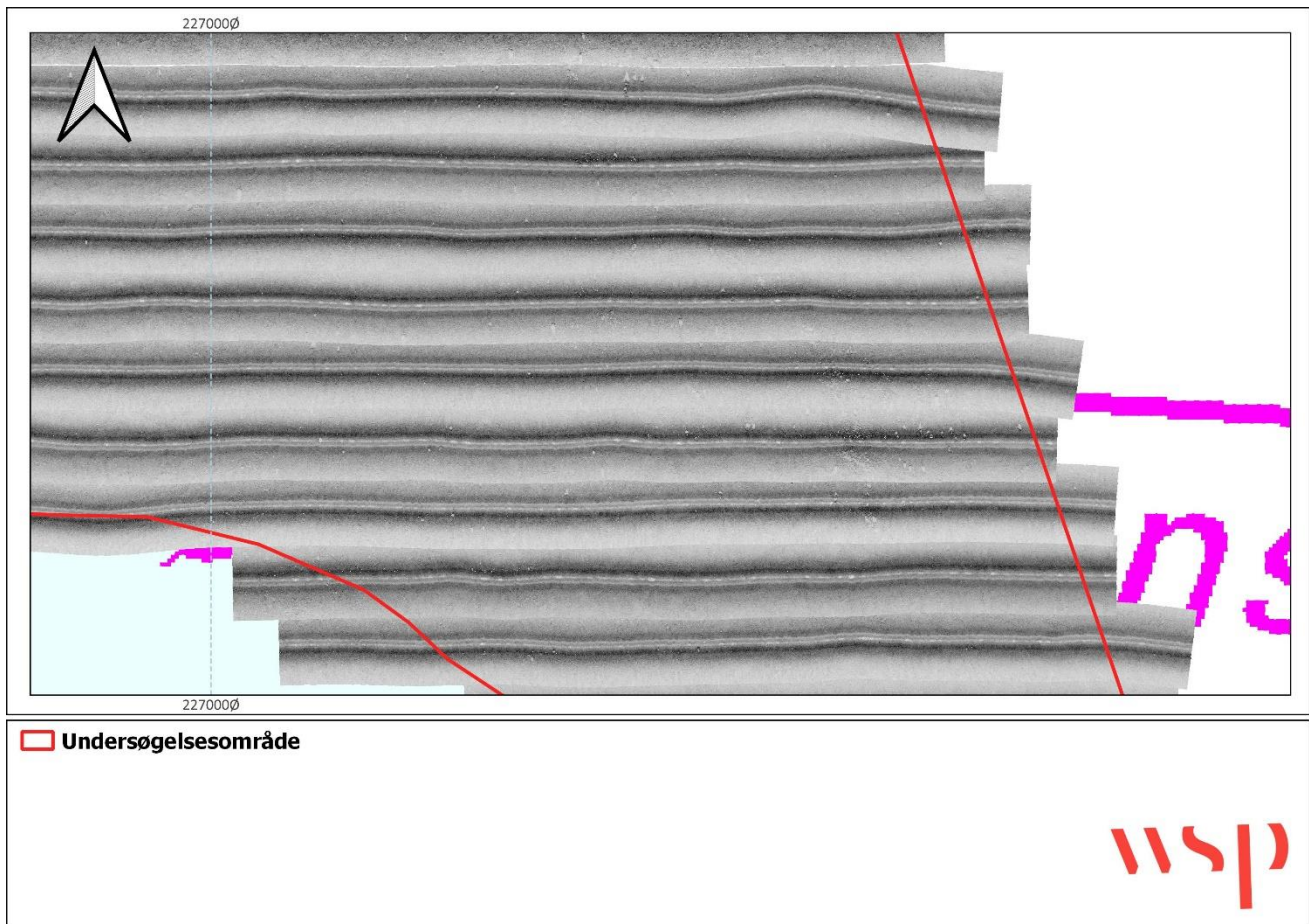


Figur 6-10. SSS-mosaik med N-S linjerne for undersøgelsesområdet. Baggrundskortet er et søkort fra GST.



Figur 6-11. SSS-mosaik med Ø-V linjerne for undersøgelsesområdet. Baggrundskortet er et søkort fra GST.

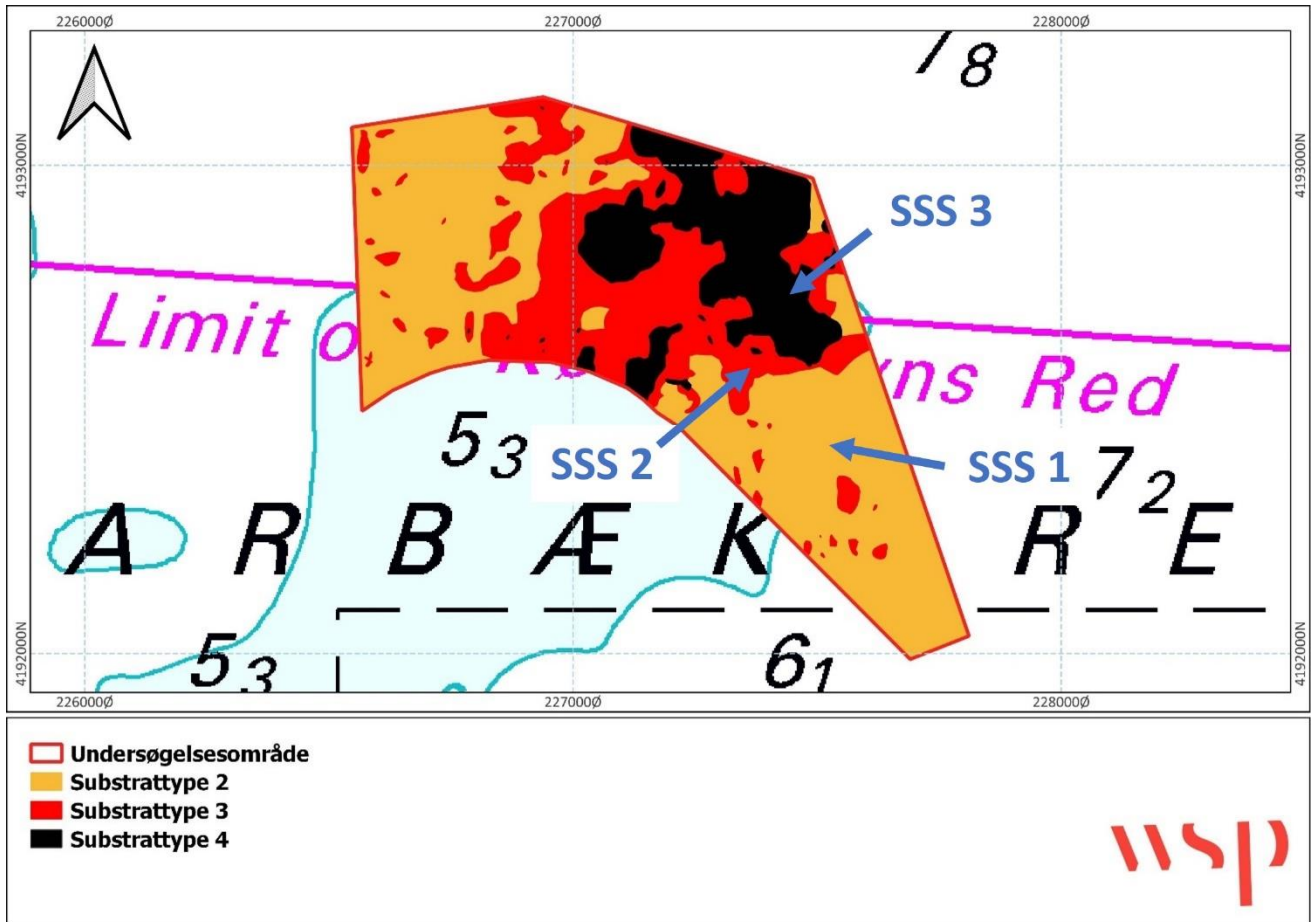
På nedenstående Figur 6-12 ses et detaljeret zoom af SSS-mosaikken i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet. På denne mosaik er det i højere grad muligt at se de specifikke variationer i reflektiviteten på havbunden, der blandt andet viser fordelingen og størrelsen af stenene på havbunden samt tilstedeværelsen af stenrev med relief.



Figur 6-12. Zoom af SSS-mosaik med Ø-V linjerne for undersøgelsesområdet, hvor de enkelte sten på havbunden kan observeres. Baggrundskortet er et søkort fra GST.

Havbunden i undersøgelsesområdet kan på baggrund af SSS-mosaikkerne og tolkningen heraf indeles i tre forskellige substrattyper: Type 2, 3 og 4. For klassifikation af de enkelte substrattyper henvises til afsnit 5.5, hvor der foreligger en detaljeret beskrivelse af metode og definition af substrattyper.

Fordelingen af de kortlagte substrattyper i undersøgelsesområdet kan ses på nedenstående substrattypekort, Figur 6-13.



Figur 6-13. Substrattypekort for undersøgelsesområdet, der viser fordelingen af de tolkede substrattyper. Baggrundskortet er søkort fra GST. Pilene angiver lokaliteter for SSS eksempler, jf. Figur 6-14 til Figur 6-16.

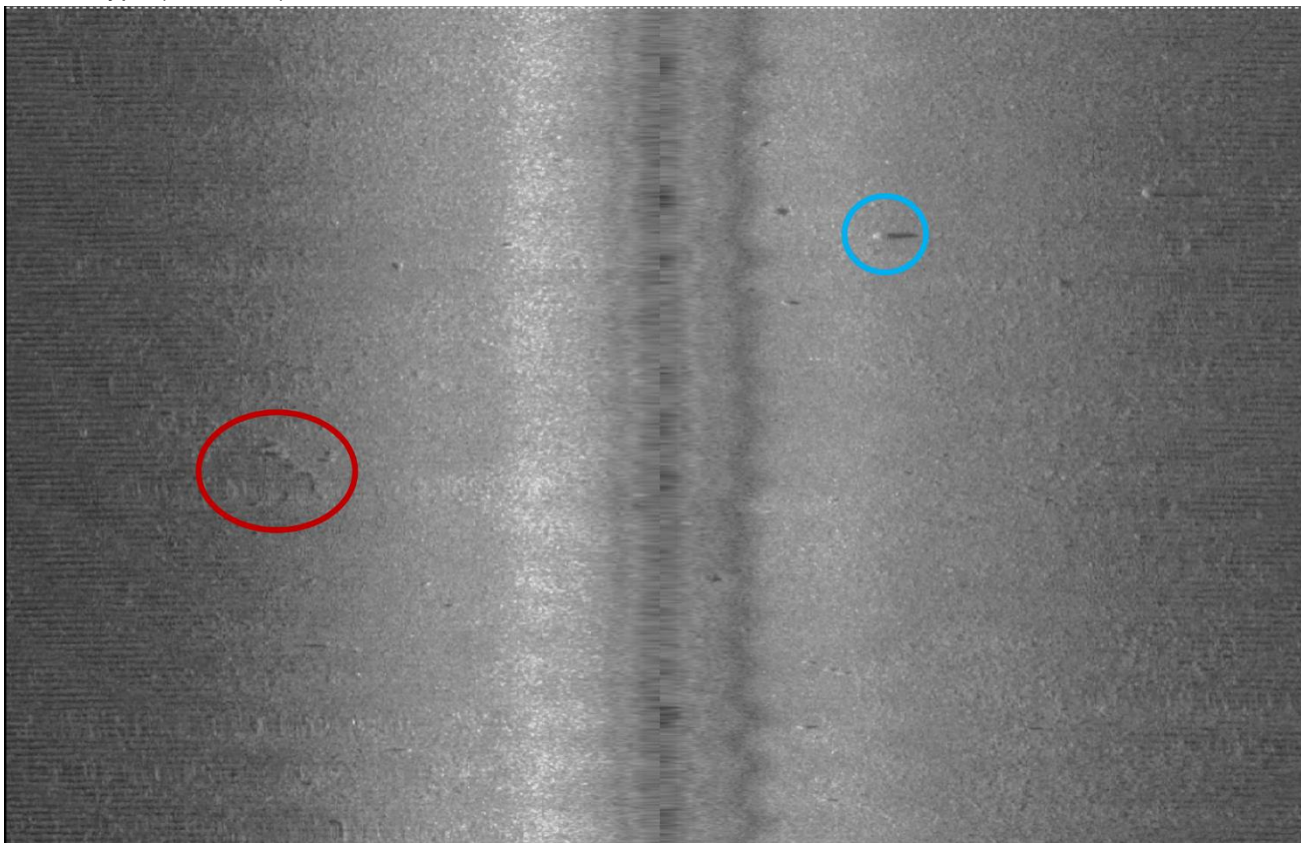
I nedenstående beskrivelse af de enkelte substrattyper vises konkrete SSS-eksempler, som er udtaget fra de indsamlede SSS-data. Disse eksempler illustrerer de forskellige substrattyper identificeret i undersøgelsesområdet. På Figur 6-13 er angivet lokaliteterne for de enkelte SSS eksempler fra tolkningen. I den forbindelse bør det nævnes, at substrattypetolkningen og kortlægningen af sten baseret på SSS data blev besværliggjort af manglende ROV-verifikation samt stedvist stor tæthed af makroalger og formodentlig også blåmuslinger på havbunden. Eksempelvis vil tæt forekomst af makroalger "skygge" for stenene på havbunden, som makroalgerne hæfter sig på. Det betyder, at i områder med stor udbredelse og tæthed af makroalger vil ikke alle sten kunne ses på SSS data, hvorved antallet af sten større end 10 cm potentielt underestimeres. En underestimering af stendækningen kan potentielt medføre, at havbunden rent faktisk er karakteriseret ved andet substrat. Med andre ord betyder det, at det der eksempelvis tolkes som substrattype 2 muligvis flere steder er substrattype 3.

Normalt ved tilsvarende marine kortlægningsopgaver suppleres de geologiske data med indsamling af visuelle verifikationer, der danner grundlag for en verificering af substrattyperne og de fysiske forhold på havbunden. Denne problematik er nærmere behandlet i kapitel 9.

Substrattype 2

Substrattype 2 består primært af sand med varierende mængder grus og småsten samt enkelte spredte større sten (1-10%). På SSS-data ses bundtypen med grynet struktur og moderat reflektivitet med få spredte høj-reflektive sten (Figur 6-14).

Substrattype 2 findes primært i den vestlige og sydøstlige del af undersøgelsesområdet (Figur 6-13), som er de dybereliggende dele af undersøgelsesområdet. Substrattypen er registreret på 6-7,5 meters dybde. Substrattypen dækker ca. 53% af havbunden i undersøgelsesområdet, og er dermed den mest dominerende substrattype (Tabel 6-1).



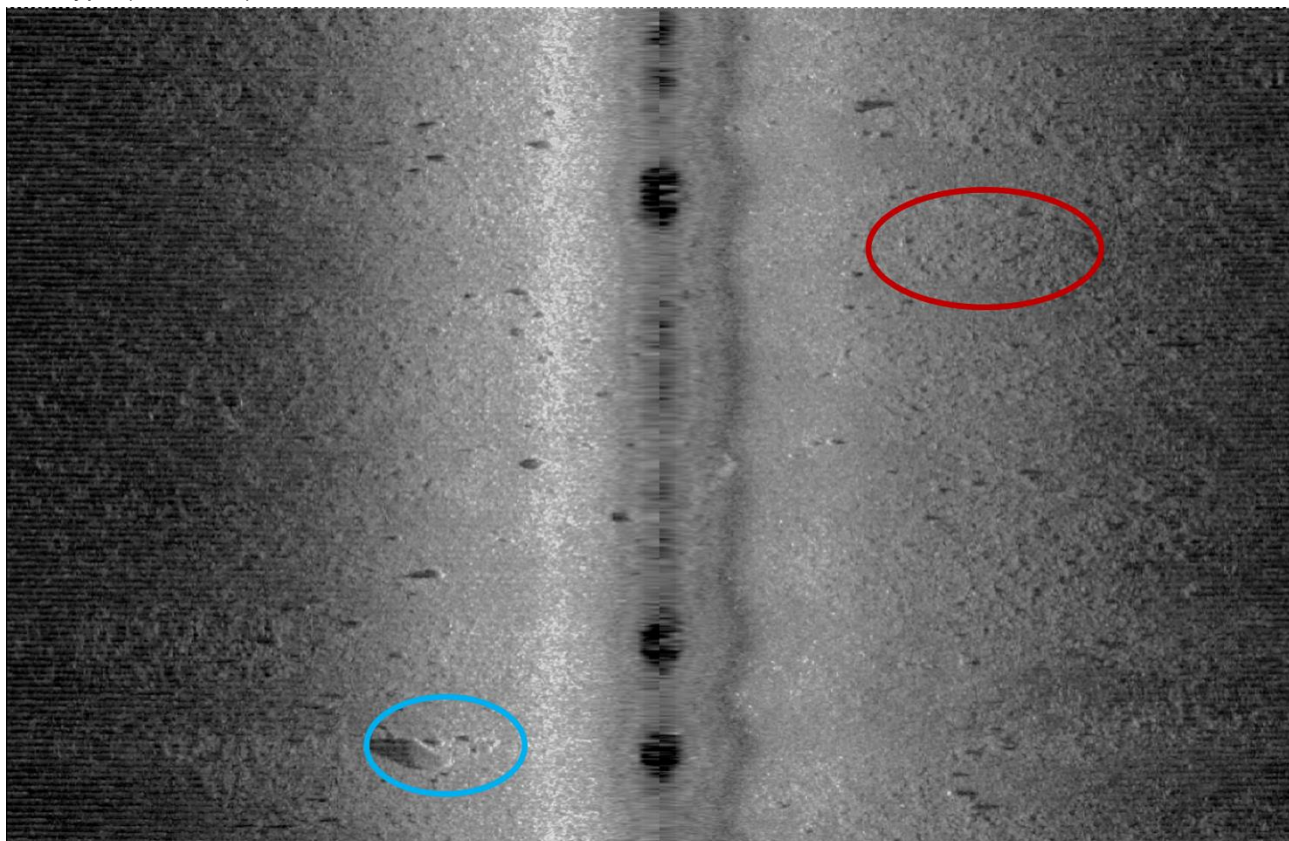
Figur 6-14. SSS-eksempel (se lokalitet SSS 1 på Figur 6-13) af en substrattype 2 bund, med 1-10% spredte sten på >10 cm størrelse. Eksemplet er fra den sydlige del af undersøgelsesområdet. Den samlede bredde af SSS-eksemplet er ca. 150 m. På eksemplet ses desuden spredt dækning af makroalger. Eksempel på makrolager er markeret med rød cirkel, mens den blå cirkel markerer én stor sten på havbunden.

Substrattype 3

Substrattype 3 er en bestrøningsbund med en dækningsgrad på 10-25% af større sten i en matrix af grus eller sand. Bundforholdene i disse stenede områder er meget heterogene, og stendækningen er stærkt varierende. På SSS-data ses bundtypen med et grynet høj-reflektivt udseende med mange spredte høj-reflektive sten (Figur 6-15).

Bundtypen findes hovedsagelig i den centrale del af undersøgelsesområdet på relativt lave vanddybder, men også stedvist i den vestlige og sydøstlige del af undersøgelsesområdet (Figur 6-13). Substrattype 3 er registreret på 6-7,1 meters dybde.

Substrattype 3 dækker ca. 28% af havbunden i undersøgelsesområdet, og er den næstmindst dominerende bundtype (Tabel 6-1).



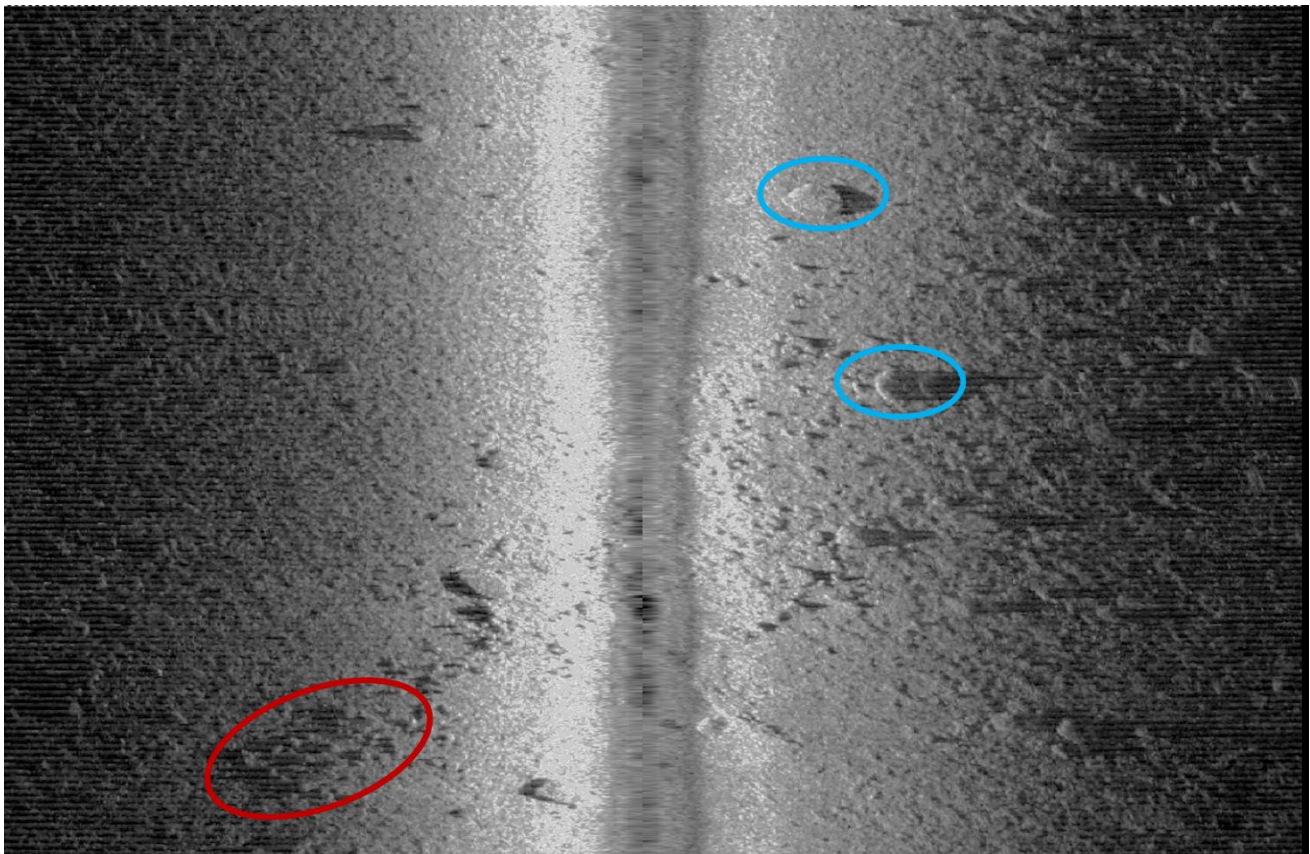
Figur 6-15. SSS-eksempel (se lokalitet SSS 2 på Figur 6-13) af en substrattype 3 bund med en bestrøning på 10-25% af større sten. Der ses desuden høj dækning af mindre sten (<10 cm) og enkelte meget store sten. Eksemplet er fra den centrale til sydlige del af undersøgelsesområdet. Den samlede bredde af SSS-eksemplet er ca. 150 m. På eksemplet ses desuden varierende dækning af makroalger. Eksempel på makrolager er markeret med rød cirkel, mens den blå cirkel markerer samling af flere store sten på havbunden.

Substrattype 4

Substrattype 4 (stenrev) forekommer typisk som tæt bestrøningsbund (tæt dækning af sten i ét lag), hvor dækningen af større sten overstiger 25%, med lokalt forekommende stenrev med relief (sten i flere lag) med potentiel huledannelse.

Substrattype 4 forekommer typisk i mindre lokale områder inden for substrattype 3 områderne (Figur 6-13). Overordnet er bundforholdene i disse stenede områder heterogene og stendækningen er stærkt varierende. På SSS-data ses bundtypen som høj-reflektiv med lokale klynger af høj-reflektive sten med akustisk skyggeeffekt (Figur 6-16).

Bundtypen findes primært i den nordlige og centrale del af undersøgelsesområdet, på de laveste vanddybder i området (Figur 6-13). Substrattype 4 er registreret på 5,3-7 meters dybde. Substrattype 4 dækker ca. 19% af havbunden i undersøgelsesområdet (Tabel 6-1). Overordnet er substrattype 4 derfor den mindst forekommende substrattype.



Figur 6-16. SSS-eksempel (se lokalitet SSS 3 på Figur 6-13) af en substrattype 4 med tæt bestrøning af større sten og en dækning på >25% (>10 cm). Der ses desuden spredte meget store sten. Eksemplet er fra den centrale til østlige del af undersøgelsesområdet. Den samlede bredde af SSS-eksemplet er ca. 150 m. På eksemplet ses desuden varierende dækning af makroalger. Eksempel på makrolager er markeret med rød cirkel, mens de blå cirkler markerer store sten på havbunden.

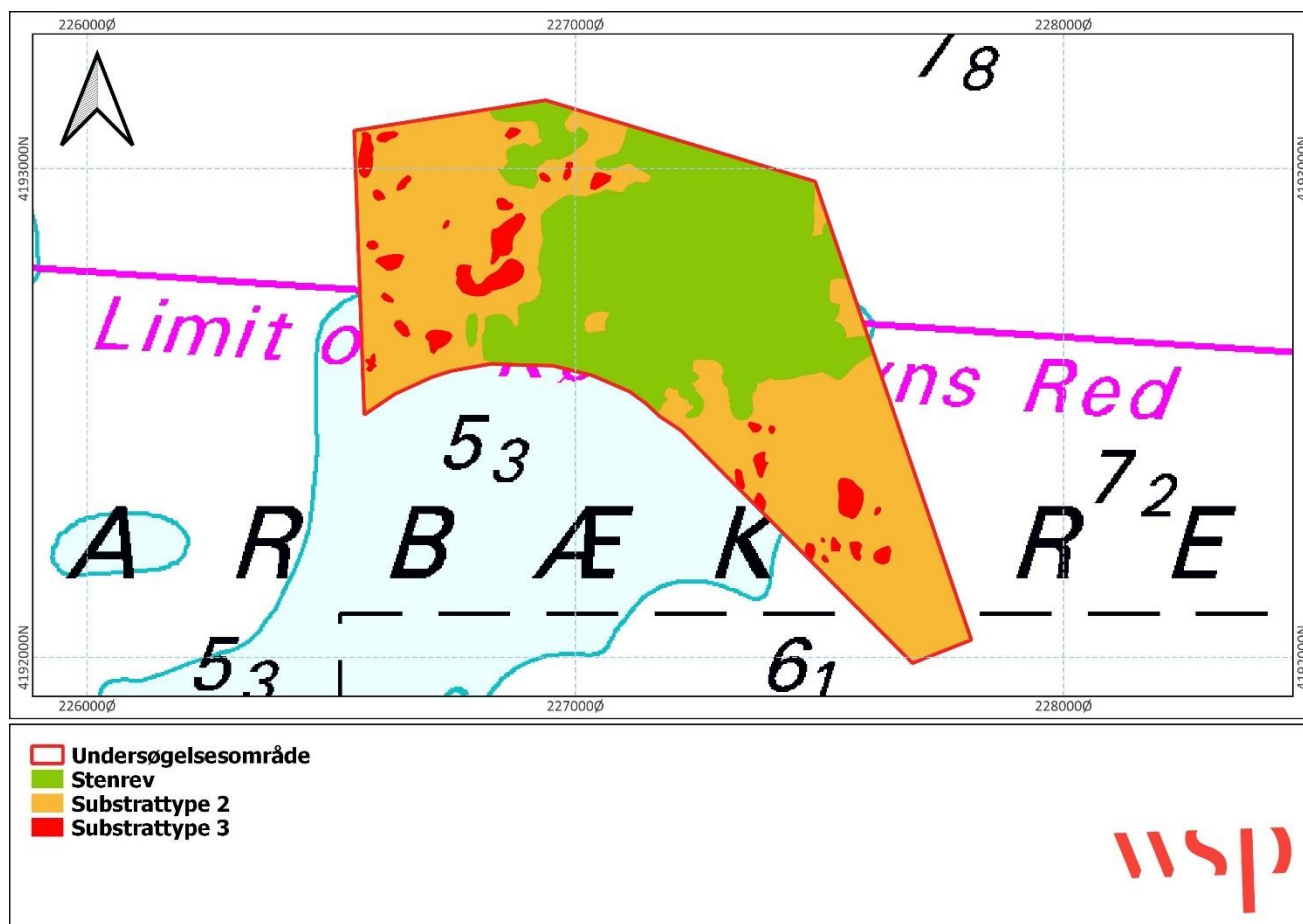
Den overordnede arealfordeling af substrattyperne inden for undersøgelsesområdet kan ses i nedenstående Tabel 6-1. Baseret på tolkningen af SSS-data kan det dermed konkluderes, at havbunden inden for undersøgelsesområdet udelukkende består af stenede substrater. Havbunden inden for undersøgelsesområdet er udbredt fast/hårdt substrat, og vil dermed kunne bære et stenrev. For flere detaljer om stabiliteten og bæreevnen af havbunden henvises til kapitel 7.

Tabel 6-1. Arealfordeling af substrattyper indenfor undersøgelsesområdet.

Undersøgelsesområdet		
Substrattype	km ²	%
Type 2	0,37	53
Type 3	0,20	28
Type 4	0,13	19
Total	0,70	100

Udbredt i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet er substrattype 3 i direkte kontakt med substrattype 4, hvorved det samlet betragtes som et stenrev. På nedenstående Figur 6-17 vises den samlede

udbredelse af stenrev, som samlet udgør et areal på ca. 0,3 km². Undersøgelsesområdet er dermed domineret af et større sammenhængende område med stenrev. Uden for det kortlagte stenrev ses spredte forekomster af substrattype 3. Det vil sige, at ca. 43% af undersøgelsesområdet er dækket af stenrev (dækning af sten >10 cm på mere end 25%). Samtidig viser kortlægningen, at 85% af den kortlagte udbredelse af substrattype 3 er omfattet af stenrev.



Figur 6-17. Oversigt med samlet udbredelse af stenrev, hvor den kortlagte udbredelse af substrattype 3 er i direkte kontakt med substrattype 4. Baggrundskortet er søkort fra GST.

Tilstedeværelsen af makrolager på havbunden viser, at

6.4 SEISMISK ANALYSE

Baseret på de indsamlede seismiske data er der foretaget en tolkning af de overfladenære geologiske lag. De lavfrekvente data er overvejende anvendt til kortlægning af reflektiviteten af havbunden og de overfladenære geologiske lag, hvorved udbredelsen af sten på havbunden, stenrev med relief og sedimentære strukturer i undergrunden er kortlagt. Ved anvendelse af de højfrekvente seismiske data var det muligt at kortlægge udbredelsen af makroalger på havbunden. Kortlægningen af makroalger ud fra de seismiske data har vist sig at være særlig nyttig i forhold til udpegningen af områder til reetablering af stenrev, idet stor tæthed af eksisterende makroalger er en god miljøindikator. Disse resultater er nærmere beskrevet i afsnit 6.6.

Tolkningen af de seismiske data har fokus på tilstedeværelsen af sedimentære strukturer i undergrunden, udbredelsen af moræneaflejringer, store sten på havbunden og forekomster af stenrev med relief. For at illustrerer de overordnede tolkninger af de overfladenære geologiske lag, er der præsenteret en række seismiske profiler. Disse seismiske eksempler illustrerer de væsentlige strukturer i undergrunden og på havbunden, der er identificeret ved nærværende seismiske tolkning (se Figur 6-20 til Figur 6-23).

Den seismiske analyse viser, at havbundsreflektoren gennemgående for hele undersøgelsesområdet er meget markant (høj reflektivitet). Høj reflektivitet viser, at havbunden består af hårdt substrat, som typisk er stenet. Det vil sige, at størstedelen af den seismiske impuls reflekteres ved havbunden, hvorved meget lidt trænger ned gennem den hårde havbund. Det betyder, at den underliggende geologi kun er ringe opløst ved kortlægningen. Generelt viser de seismiske data, at de overfladenære geologiske lag forventelig består af moræneaflejringer, som de fleste steder direkte er blotlagt på havbunden.

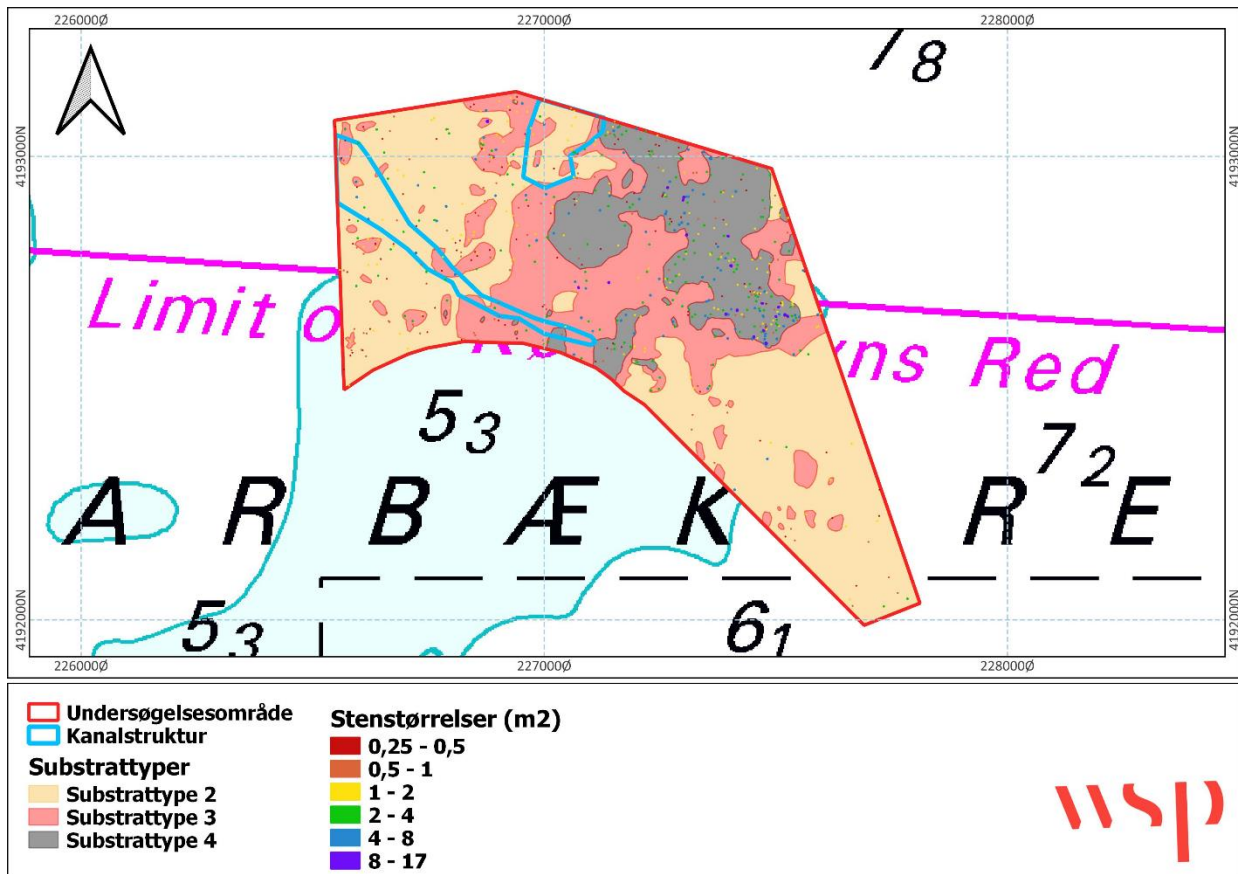
De seismiske data bekræfter, at havbunden i størstedelen af undersøgelsesområdet består af stenede aflejringer. De mest stenede områder forekommer i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet, hvor de seismiske data entydigt indikerer mange større sten på havbunden, som stedvist er meget store (>2-3 meter i diameter) (Figur 6-20 og Figur 6-21). De stærkt stenede områder i den centrale og østlige del af undersøgelsesområdet kortlagt på de seismiske data er sammenfaldende med den kortlagte udbredelse af substrattype 3 og 4, som dominerer dette område (Figur 6-13). I den nordøstlige del af undersøgelsesområdet er der flere steder kortlagt stenrev med relief (substrattype 4), hvor der er tegn på huledannende strukturer på havbunden (Figur 6-26). De seismiske data viser, at stenrevet flere steder rager op til en meter op over den omkringliggende havbund (Figur 6-21). Desuden viser de seismiske data, at der inden for undersøgelsesområdet findes meget store sten på havbunden, som stedvist rager op til en meter op over den omkringliggende havbund (Figur 6-21). Resultaterne i forhold til fordelingen og størrelsen af de kortlagte sten på havbunden er præsenteret i afsnit 6.5. Samlet viser tolkningen, at stabiliteten og bæreevnen af undergrunden er størst i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet, hvilket er nærmere behandlet i kapitel 7.

I den sydøstlige del af undersøgelsesområdet, som er domineret af lidt større vanddybde (Figur 6-3), er havbundsreflektoren knap så markant. Samtidig forekommer der i dette område færre større sten på havbunden, og der forekommer flere større sammenhængene områder, hvor stendækningen er lavere (substrattype 2) (Figur 6-13). Havbunden med færre sten ses i den sydlige del af seismisk profil 1 (Figur 6-20). Dette område karakteriseres som værende mindre stabilt i relation til reetablering af stenrevet. Denne betragtning medtages i vurderingen vedrørende undersøgelsesområdets egnethed i forhold til udlægningen af nye sten på havbunden (kapitel 7 og 8).

I den vestlige del af undersøgelsesområdet viser de seismiske data, at stendækningen generelt også er lidt lavere sammenlignet med den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet, se seismisk eksempler Figur 6-22 og Figur 6-23. Dette område er generelt domineret af substrattype 2 – sandbund med enkelte store sten (Figur 6-13) og vanddybden stiger overordnet mod nordvest (Figur 6-3). Den vestlige del af undersøgelsesområdet er desuden karakteriseret ved stor tæthed af makroalger på havbunden (se afsnit 6.6 om vegetation), hvorved den nøjagtige dækning af større sten på havbunden er vanskelig at fastsætte.

Den seismiske tolkning viser, at der kun i meget begrænset omfang forekommer sedimentære strukturer med yngre sediment og/eller interne strukturer i de glaciære aflejringer. I den vestlige del af området er der identificeret områder med sedimentære strukturer i undergrunden. Disse strukturer er forventeligt relateret til interne kanalstrukturer i de glaciære aflejringer, se seismiske eksempler Figur 6-22 og Figur 6-23. Udbredelsen af disse kortlagte sedimentære strukturer kan ses på Figur 6-18. Det ses, at de kortlagte sedimentære

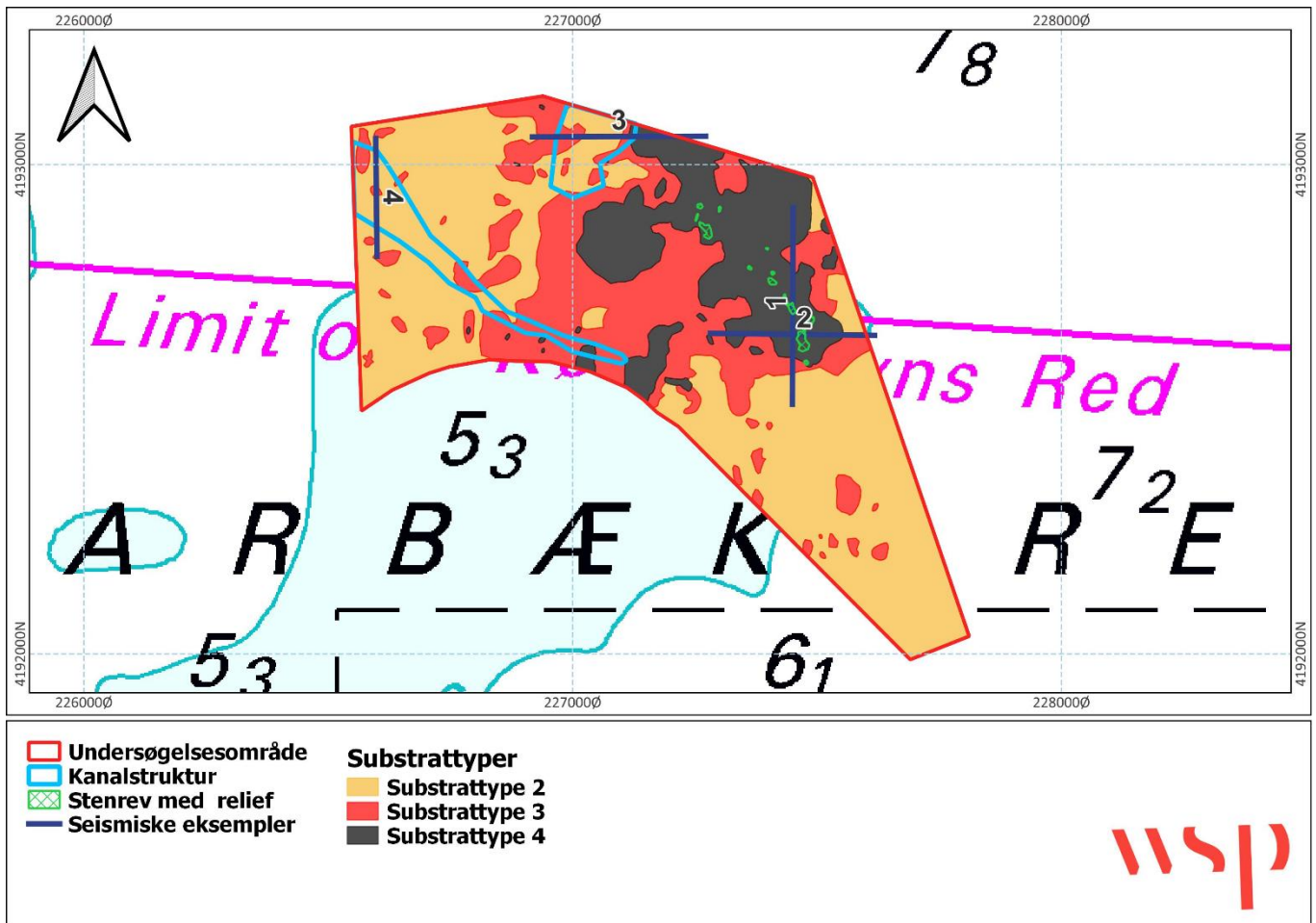
strukturer i undergrunden overvejende er beliggende i områder domineret af substrattype 2 og hvor dækningen af sten større end 0,5 meter i diameter er relativt begrænset.



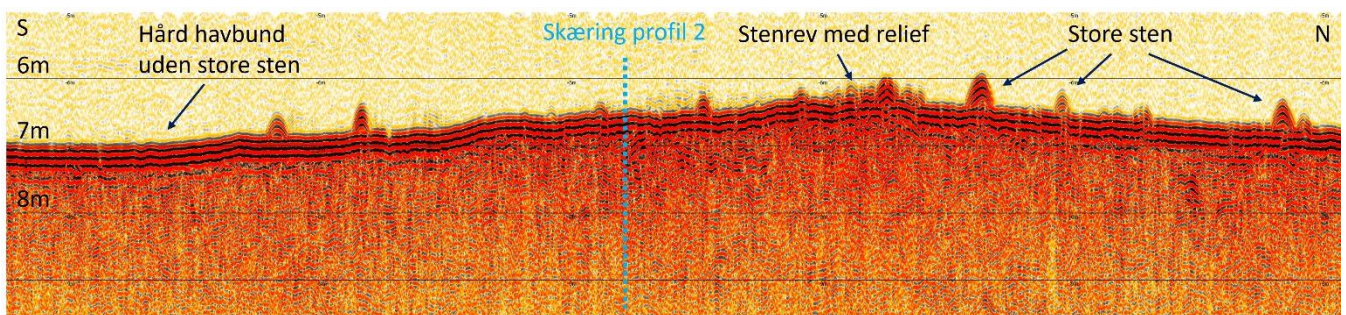
Figur 6-18. Udbredelsen af de kortlagte sedimentære strukturer (kanalstruktur) (jf. de blå markeringer), hvor stabiliteten og bærevnen af havbunden forventelig er mindre sammenlignet med den øvrige havbund i undersøgelsesområdet.

Generelt karakteriseres de kortlagte områder med sedimentære strukturer (blå områder på Figur 6-18) som værende mindre stabile og bærende i relation til reetablering af stenrevet og udlægning af sten sammenlignet med den øvrige havbund i undersøgelsesområdet. Denne betragtning medtages i vurderingen vedrørende undersøgelsesområdets egnethed i forhold til udlægningen af nye sten på havbunden (se kapitel 7 og 8).

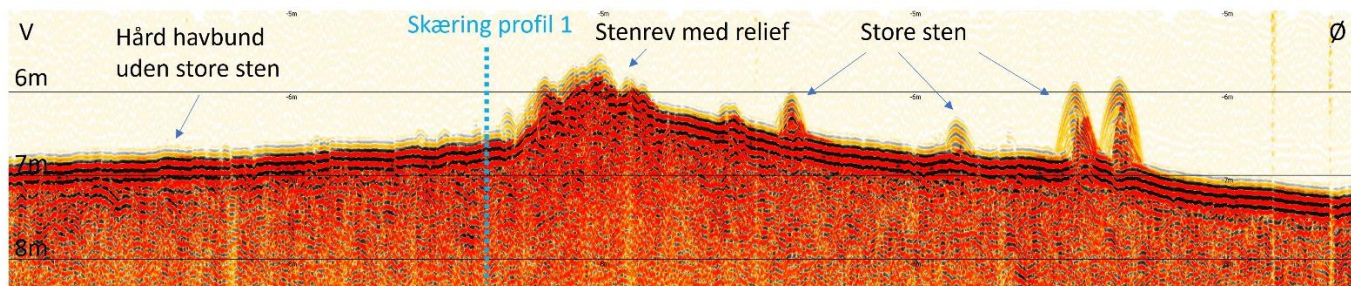
Lokaliteterne for en række seismiske profiler kan ses på nedenstående Figur 6-19 og de seismiske profiler kan ses nedenfor på Figur 6-20 til Figur 6-23.



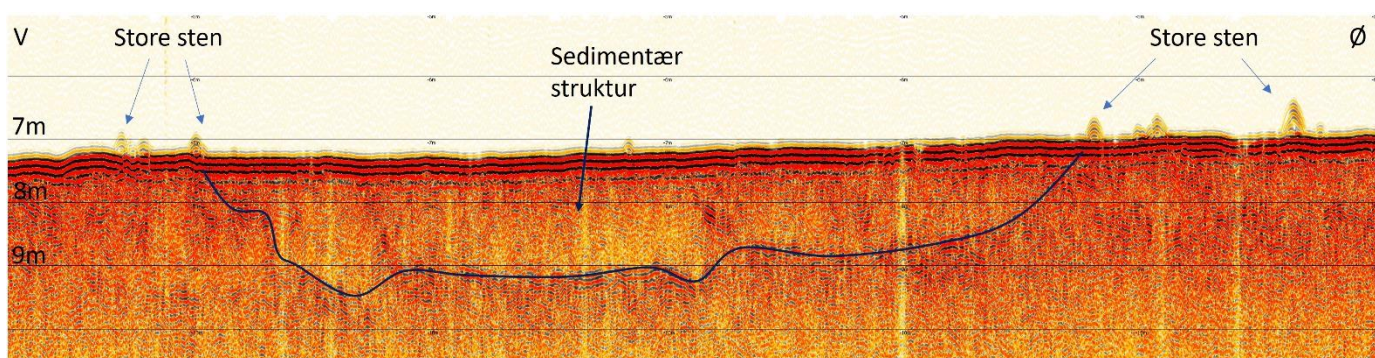
Figur 6-19. Lokalteterne for de seismiske eksempler inden for undersøgelsesområdet (jf. Figur 6-20 til Figur 6-23), der repræsenterer de geologiske forhold i undersøgelsesområdet herunder sedimentære strukturer i undergrunden og stenrev med relief på havbunden, som derved danner grundlag for vurdering af havbundens stabilitet og bæreevne, jf. kap 7.



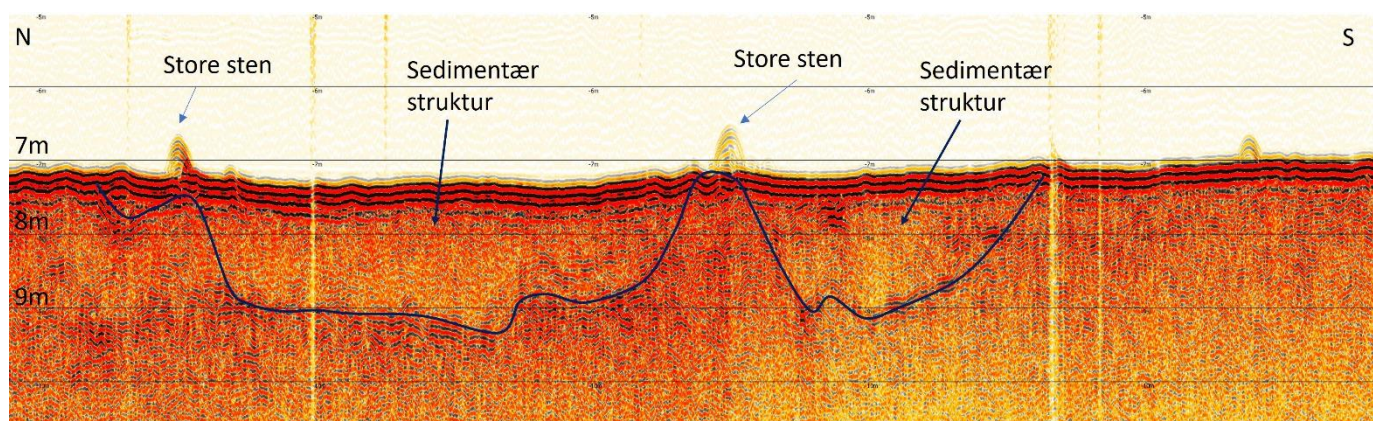
Figur 6-20. Seismisk profil 1 (lavfrekvent data) beliggende i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet orienteret S-N. Eksemplet viser forekomsten af et stenrev med lokalt relief, hvor der lokalt kan være huledannelse. Uden om ses spredte store sten på havbunden. Der ses også områder uden store sten på havbunden, hvor det stadig er hårdt substrat, der dækker havbunden. På figuren er angivet skæring med seismisk profil 2.



Figur 6-21. Seismisk profil 2 (lavfrekvent data) beliggende i den østlige del af undersøgelsesområdet orienteret V-Ø. Eksemplet viser forekomsten af et markant stenrev med relief, der rager over en meter op over den omkringliggende havbund. Uden om ses spredte store sten på havbunden. Der ses også områder uden store sten på havbunden, men hvor det stadig er hårdt substrat. På figuren er angivet skæring med seismisk profil 1.



Figur 6-22. Seismisk profil 3 (lavfrekvent data) beliggende i den nordlige del af undersøgelsesområdet orienteret V-Ø. Eksemplet viser en sedimentær struktur i de glaciære aflejringer, som forventeligt er opfyldt op med yngre og mere løse sedimenter (mindre hårdt substrat). På hver side af strukturen ses spredte store sten på havbunden.



Figur 6-23. Seismisk profil 4 (lavfrekvent data) beliggende i den nordvestlige del af undersøgelsesområdet orienteret N-S. Eksemplet viser en sedimentær struktur i de glaciære aflejringer, som forventeligt er fyldt op med yngre og mere løse sedimenter (mindre hårdt substrat). Uden for strukturen ses spredte store sten på havbunden.

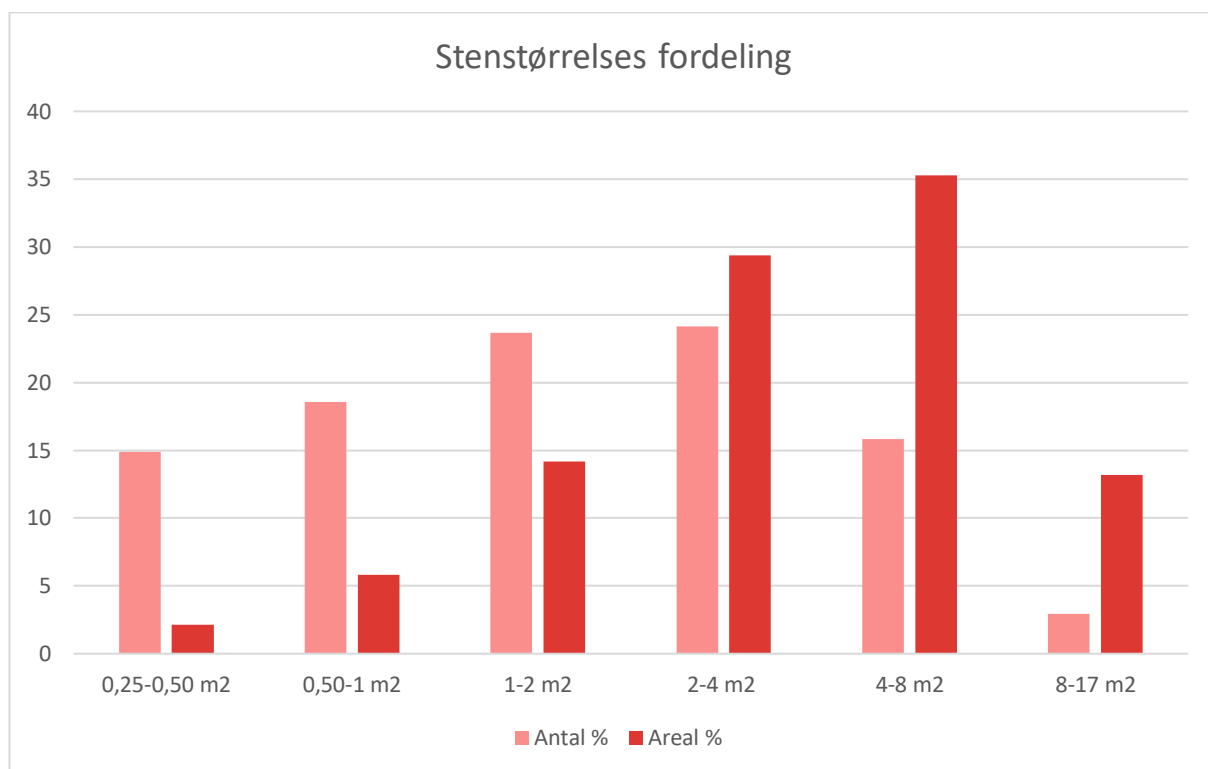
6.5 FORDELING OG STØRRELSE AF STEN

Kortlægningen af fordelingen og størrelsen af sten er hovedsageligt baseret på MBES-data, da det her var muligt at isolere sten med et areal over 0,25 m², hvilket svarer til 0,5 m i diameter. Sten blev også observeret på SBP- og SSS-data, men her er kvantificeringen ikke tilstrækkelig til detaljeret kortlægning. Nedenstående analyse tager udgangspunkt i sten over 0,25 m² (>0,5 m i diameter), da opløsningen af dybdemodellen er 0,5x0,5 m.

I forbindelse med den geologiske kortlægning er der kortlagt sten i størrelsen 0,25 m² og op til 17 m² svarende til en diameter fra 0,5 m op til ca. 4 m. På den baggrund er stenene inddelt i seks størrelseskategorier, hvor hver kategorisering er en fordobling af stenstørrelsen i m². Størrelsesfordelingen af stenene i undersøgelsesområdet er illustreret på nedenstående Figur 6-24. Det højeste antal af sten større end 50 cm ses i størrelseskategorierne 1-2 m² og 2-4 m², som samlet udgør ca. halvdelen af alle kortlagte sten større end 50 cm. Antallet af sten større end 50 cm falder gradvist med faldende stenstørrelse mod 0,25 m². Desuden ses det, at ca. 3% af alle sten større end 50 cm har en diameter større end kvadratroden af 8 m. Arealet af sten større end 50 cm stiger gradvist med stigende stenstørrelse frem til og med 4-8 m². Arealet for stenstørrelsen 2-4 m² og 4-8 m² udgør tilsammen ca. 65% af det samlede stenareal i undersøgelsesområdet. Generelt ses de største arealer for stenstørrelser større end 1 m² (Figur 6-24).

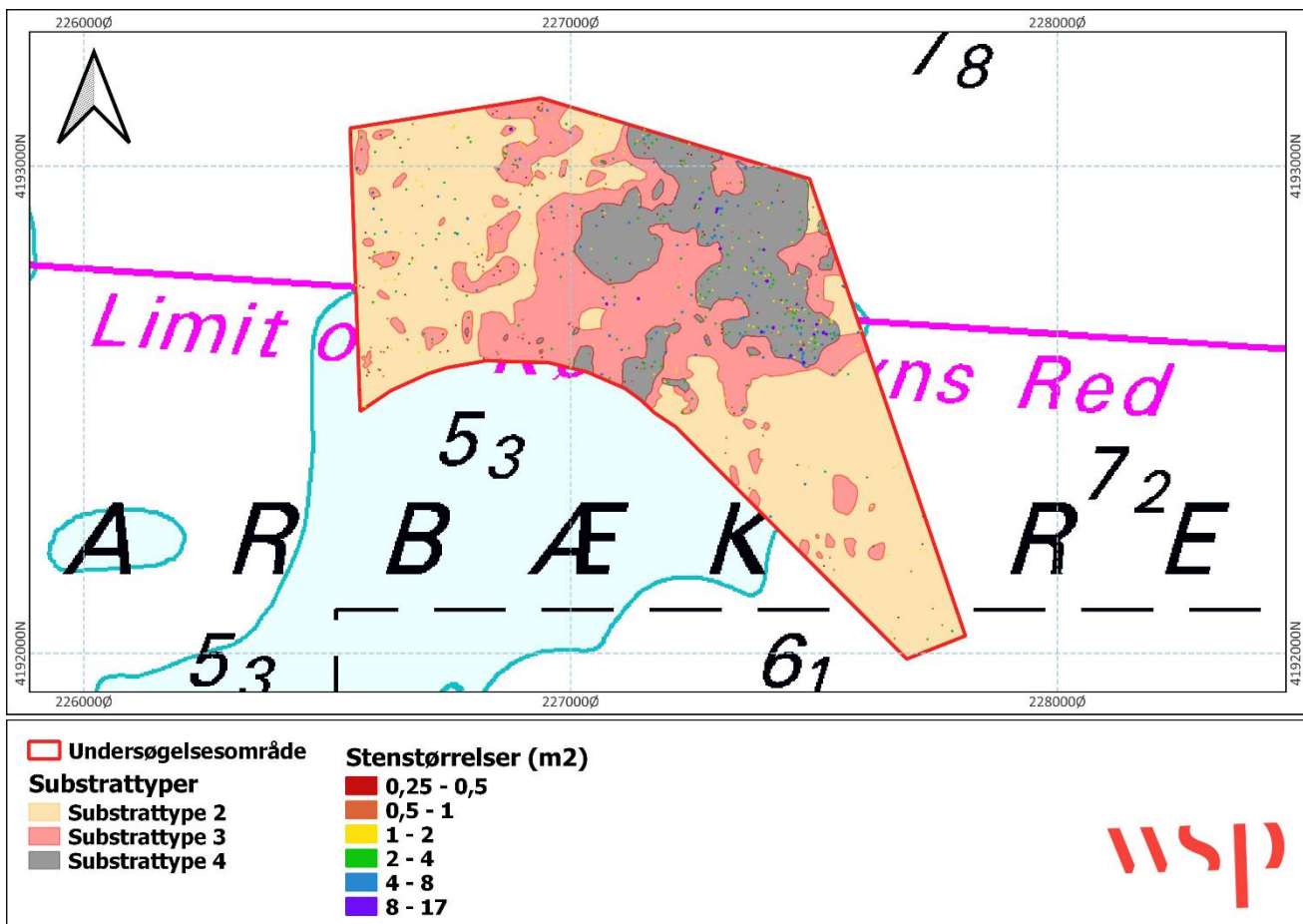
Stenstørrelsesfordelingen er interessant i forbindelse med at verificere om der er tegn på stenfiskeri i området. Naturligt ville man generelt forvente et stort antal mindre sten (eksempelvis 0,25-1 m²) og færre store sten (eksempelvis 2-8 m²), hvorved antallet af sten større end 50 cm gradvist falder med stigende stenstørrelse. Ved nærværende kortlægning i undersøgelsesområdet observeres færre mindre sten (0,25-1 m²) sammenlignet med store sten (1-4 m²). Den kortlagte fordeling af stenstørrelser for undersøgelsesområdet følger derfor ikke den forventede kurve over stenstørrelser. Desuden vil arealet af de mindre sten (0,25-1 m²) forventeligt også naturligt være større.

Dette kan samlet set være tegn på, at der er fisket sten på 0,25-1 m² og også i mindre grad på stenstørrelsen 1-2 m². Alternativt kan det være en general usikkerhed i metoden, hvor større sten nemmere opløses og usikkerheden på antallet af mindre sten er højere. Efter aftale med Miljøstyrelsen undersøges dette yderligere og verificeres i en genanalyse af stenstørrelser mindre end 0,25 m² (hvis muligt ned til 10 cm i stenstørrelse), indenfor et mindre afgrænset område af undersøgelsesområdet, som eftersendes til Miljøstyrelsen i et selvstændigt notat.



Figur 6-24. Fordeling af sten >0,25 m² i undersøgelsesområdet baseret på antal og arealudbredelse.

På nedenstående Figur 6-25 er angivet den geografiske udbredelse af de kortlagte sten større end 50 cm i undersøgelsesområdet. Generelt observeres der få sten større end 50 cm i den sydøstlige del af undersøgelsesområdet. Derudover ses der også relativ lav dækning af sten større end 50 cm i den vestlige del af undersøgelsesområdet. Tætheden af sten større end 50 cm er størst i den centrale og østlige del på undersøgelsesområdet. Generelt ses det, at tætheden af sten større end 50 cm er størst inden for substrattype 3 og 4 og mindre i områder med substrattype 2. Desuden ses det, at stenene med de største arealer (4-8 m²) og (8-17 m²) hovedsageligt er beliggende inden for det tolkede substrattype 4 område i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet (Figur 6-25). Det skal bemærkes, at udbredelsen af de kortlagte sten på Figur 6-25 visuelt kan være lidt svær at tyde, idet udbredelsen af stenene er korrekt målestoksangivet.



Figur 6-25. Fordeling af sten >0,25 m² i undersøgelsesområdet fordelt på substrattyperne. Stenene er angivet i 1:1 målestok. Baggrundskortet er søkort fra GST.

I nedenstående Tabel 6-2 præsenteres en liste over fordelingen af sten større end 50 cm oven på substrattyperne baseret på antallet og arealudbredelsen af stenene.

Tabel 6-2. Fordeling af sten større end 50 cm ift. substrattyperne i undersøgelsesområdet baseret på antal og arealudbredelsen af sten.

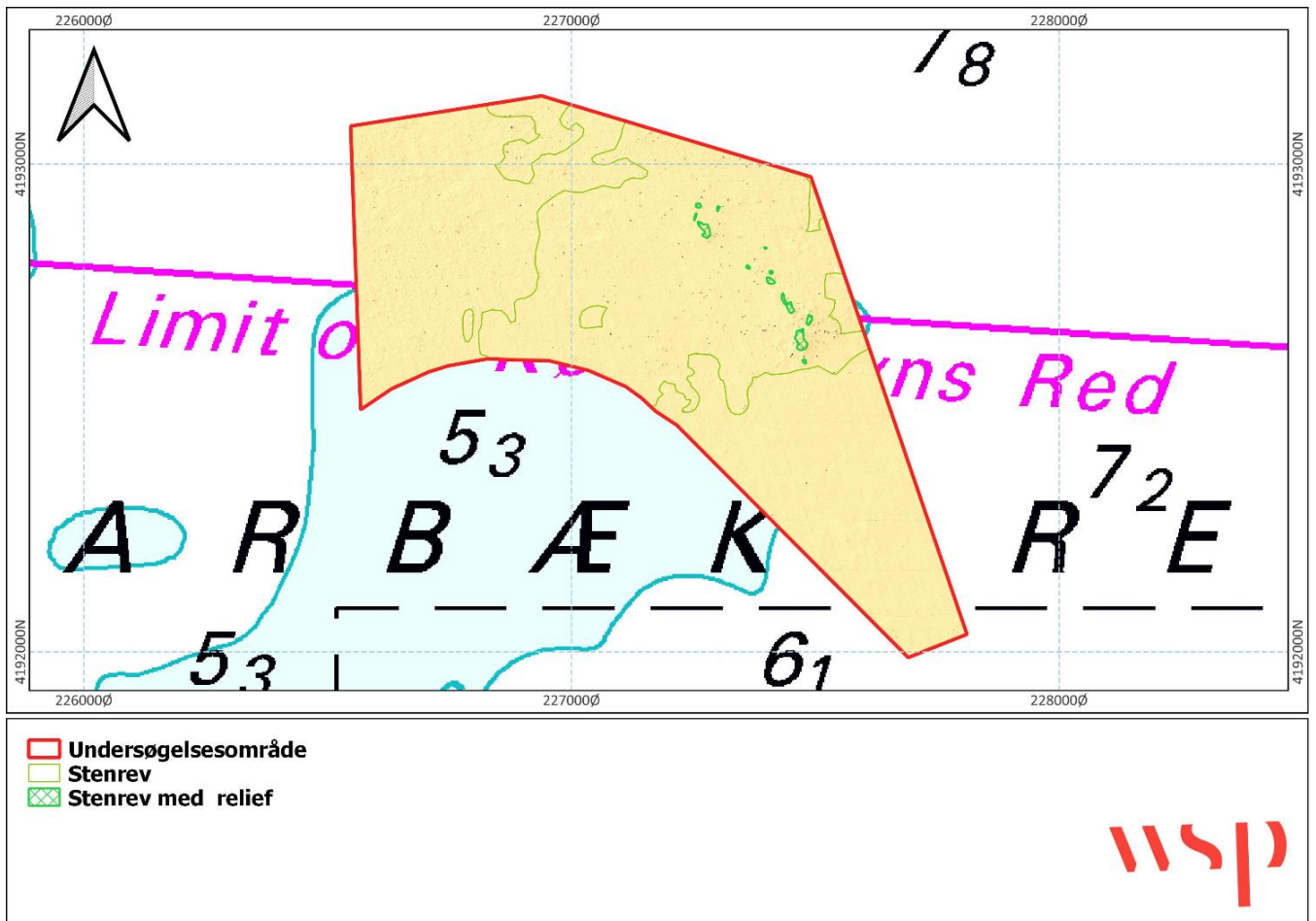
Fordeling af sten i undersøgelsesområdet				
Substrattype	Antal sten >0,25 m ²	Antal %	Areal af sten >0,25 m ² (m ²)	Areal %
Type 2	158	25	271	16
Type 3	197	30	502	30
Type 4	296	45	909	54
Total	651	100	1.682	100

Der er i alt registreret ca. 650 sten i undersøgelsesområdet, som er større end 0,25 m². Samlet udgør de et areal på knap 1.700 m² (Tabel 6-2), hvilket svarer til 2 ‰ af undersøgelsesområdet. Både antallet (45 %) og arealet af sten større end 50 cm (54 %) er dominerende på substrattype 4 på trods af, at det er den mindst dominerende substrattype i undersøgelsesområdet arealmæssigt (Tabel 6-1). Med 30 % af både antallet og

arealet har substrattype 3 næstflest sten større end 50 cm, mens substrattype 2 med henholdsvis 25 % og 16 % har færrest og har den laveste dækningsgrad af sten større end 50 cm. Det er derfor entydigt, at antallet og arealet af sten større end 50 cm i undersøgelsesområdet er størst på de mest stenede substrater. Dækningen af sten større end 50 cm inden for substrattype 4 udgør ca. 7 ‰ af den samlede udbredelse af substrattype 4 inden for undersøgelsesområdet. Generelt bør det nævnes, at placeringen af de anbefalede områder til reetablering af stenrev og stenudlægning i høj grad bør udpeges i direkte forlængelse af substrattype 3 og 4, hvor antallet og arealudbredelsen af sten større end 50 cm er særlig stor. Dette behandles nærmere i kapitel 8.

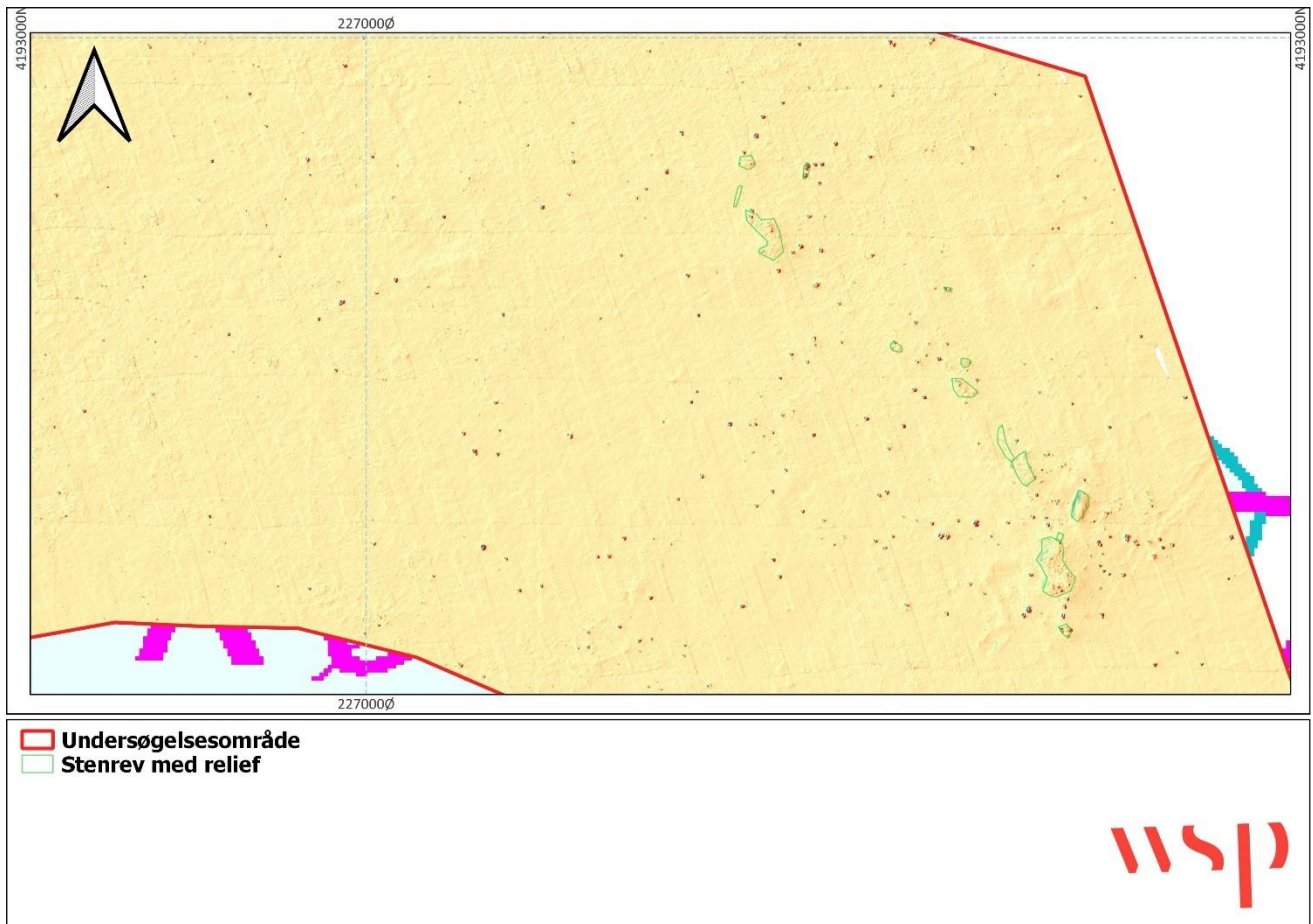
Flere steder i den nordøstlige del af undersøgelsesområder ligger stenene stedvist i flere lag, hvor stenene danner et relief på havbunden og rager op over den omkringliggende havbund. I de områder, hvor stenene danner relief, forekommer der potentielt huledannende strukturer. De kortlagte stenrev med relief er beliggende inden for det store sammenhængende område med stenrev baseret på substrattypekortlægningen. Stenrev med relief er karkersiteret ved substrattype 4. Sten større end 50 cm, som potentielt danner huledannende strukturer, er kortlagt vha. MBES-data samt analyser som hældnings- og skyggekort (slope og hillshade). Udbredelsen af de kortlagte stenrev med relief er præsenteret på nedenstående Figur 6-26 sammen med udbredelsen af det samlede eksisterende stenrev. Tolkningen viser, at udbredelsen af de kortlagte stenrev med relief udgør et areal på ca. 2.005 m², hvilket svarer til ca. 1,5 % af det samlede havbundsareal for substrattype 4 og ca. 0,7 % af det eksisterende stenrev inden for undersøgelsesområdet.

For med sikkerhed at afklare om der forekommer huledannende elementer i undersøgelsesområdet er der behov for videoundersøgelser af havbunden. I princippet kan sten lægge i flere lag uden at være huledannende.



Figur 6-26. Kortlægning af stenrev med relief (potentiel huledannelse) baseret på MBES-opmåling. På kortet er desuden angivet den samlede kortlagte udbredelse af stenrev, hvor der er kortlagt substrattype 4 og substrattype 3, som er i direkte kontakt med substrattype 4. Baggrundskortet er søkort fra GST.

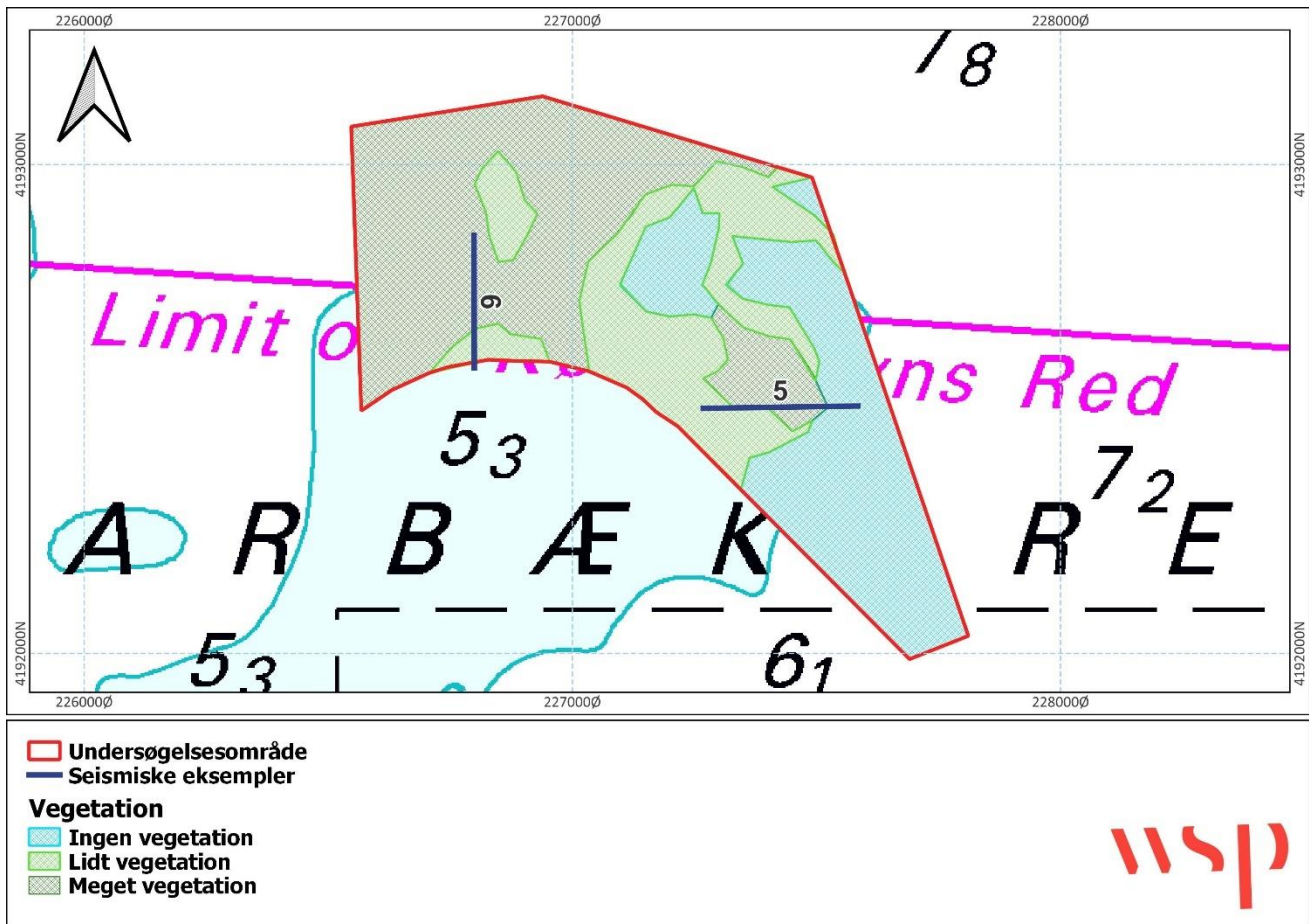
I nedenstående Figur 6-27 er der et detaljeret zoom af multibeamdata i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet, der visuelt giver en større opløsning af de eksisterende stenrev med relief.



Figur 6-27. Zoom af de indsamlede multibeam data i den nordlige del af undersøgelsesområdet, der er anvendt til kortlægning af stenrev med relief.

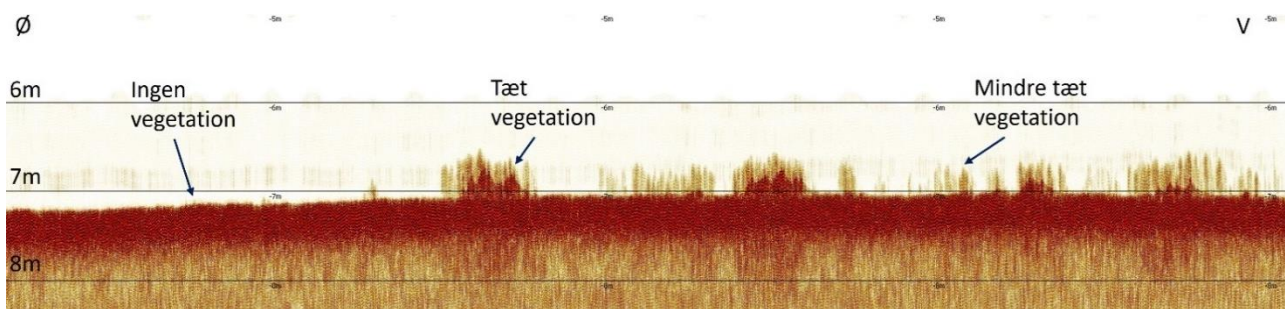
6.6 VEGETATION

Baseret på tolkningen af de højfrekvente seismiske data var det muligt at lave en grov tolkning af områder med dækning af vegetation, som primært forventes at være makroalger på havbunden, der hæfter sig til stenene. Der er ikke foretaget en specifik kvantitativ beregning af dækningsgraderne for makroalger, men en overordnet kvalitativ vurdering af dækningen baseret på tolkningen af de seismiske data. Specifikke kvantitative beregninger af dækningsgraderne kræver mere detaljerede biologiske dykker- eller videundersøgelser af havbunden, jævnfør kapitel 9. Undersøgelsesområdet blev delt op i tre overordnede kategorier i relation til dækningsgrader for vegetation, "Ingen vegetation", "Lidt vegetation", og "Meget vegetation", og den kortlagte udbredelse af vegetationen i undersøgelsesområdet kan ses på Figur 6-28. Generelt er "ingen vegetation" karakteriseret ved stort set ingen dækning af makroalger på havbunden, "lidt vegetation" er karakteriseret ved spredt og varierende dækning, mens "meget vegetation" er karakteriseret ved generelt stor tæthed af makroalger og stedvist fulddækkende forekomst af makroalger på havbunden.

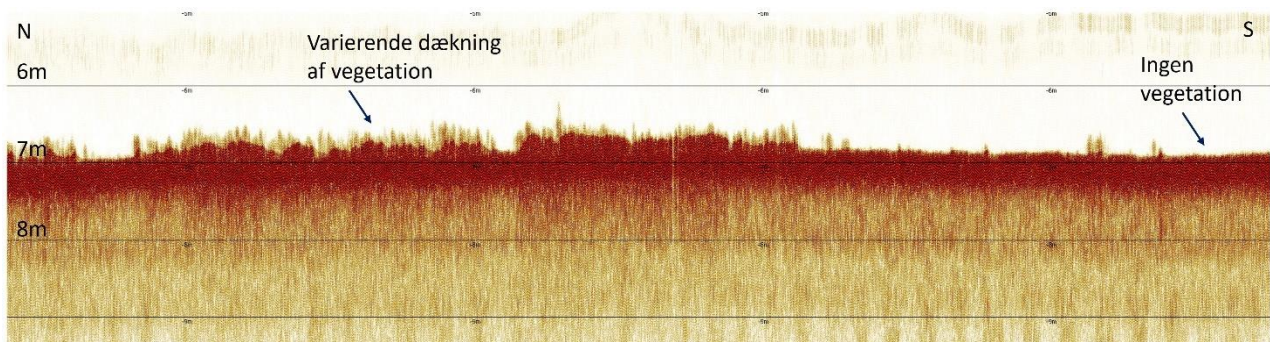


Figur 6-28. Den kortlagte udbredelse af vegetationen i undersøgelsesområdet baseret på tolkningen af de højfrekvente SBP-data. Baggrundskortet er søkort fra GST. På kortet er angivet lokaliteterne for de seismiske eksempler inden for undersøgelsesområdet (jf. Figur 6-29 og Figur 6-30), der illustrerer udbredelsen af makroalger på havbunden.

På nedenstående Figur 6-29 og Figur 6-30 er præsenteret seismiske eksempler, der viser tolkningen og udbredelsen af makroalgerne på havbunden ud fra de seismiske data. På disse seismiske eksempler ses det, at tætheden af makroalger i undersøgelsesområdet varierer betragteligt, hvor der ses områder med både høj tæthed, lav tæthed og ingen tæthed.



Figur 6-29. Seismisk profil 5 (højfrekvent data) beliggende i den sydlige del af undersøgelsesområdet orienteret Ø-V. Lokaliteten for profilet kan ses på Figur 6-28.



Figur 6-30. Seismisk profil 6 (højfrekvent data) beliggende i den vestlige del af undersøgelsesområdet orienteret N-S. Lokaltiteten for profilet kan ses på Figur 6-28.

Kortlægningen viser, at den sydøstlige og østlige del af undersøgelsesområdet generelt er præget af ingen eller meget lidt vegetation på havbunden. Også lokalt i den centrale del af undersøgelsesområdet ses områder, hvor der ikke er registreret vegetation (Figur 6-28).

I den vestlige del af undersøgelsesområdet er der generelt kortlagt stor tæthed af vegetation repræsenteret ved seismisk profil 6 (Figur 6-30). Der er også kortlagt et mindre område med stor tæthed af vegetation på havbunden i den østlige del af undersøgelsesområdet (Figur 6-28) repræsenteret ved den østlige del af seismisk profil 5 (Figur 6-29).

Ud fra den kvalitative vurdering af dækningen af makroalger er der i Tabel 6-3 foretaget en beregning af den arealmæssige udbredelse af vegetationen i undersøgelsesområdet.

Tabel 6-3. Arealfordeling af kortlagt vegetation på havbunden indenfor undersøgelsesområdet.

Undersøgelsesområde		
Vegetation	km ²	%
Ingen	0,22	32
Lidt	0,17	24
Meget	0,31	44
Total	0,70	100

Baseret på ovenstående arealmæssige fordeling af den kortlagte vegetation ses det, at der forekommer vegetation på havbunden (lidt eller meget vegetation) på størstedelen af den samlede havbund indenfor undersøgelsesområdet (Tabel 6-3). Inddelingerne for lidt og meget vegetation fylder tilsammen ca. 68% af undersøgelsesområdet, hvoraf meget vegetation udgør 44 %, og er den mest dominerende inddeling. Dette indikerer, at området generelt er karakteriseret ved høj dækning af vegetation.

Baseret på de seismiske data ses det, at højden på vegetationen mange steder er over 0,5 meter og enkelte steder er højden op mod 1 meter. Den relativ store højde på makroalgerne tyder på, at der er tale om en sund og veletableret bestand af makroalger. Sammenholdt med, at udbredelsen af makroalgerne er meget stor og danner flere større, sammenhængende områder, betyder det, at makroalgerne forventeligt er flerårige. I forhold til udlægningen af nye sten på havbunden og reetableringen af stenrevet anbefales det, at disse kortlagte bede med veletablerede makroalger friholdes fra overdækning med nye sten. I områder med

eksisterende stor tæthed af makroalger, må miljøtilstanden vurderes at være god, hvorved det ikke giver mening at forstyrre disse områder i forhold til udlægning af sten. Det vurderes derfor hensigtsmæssigt at reetablere stenrevet og koncentrerer stenudlægningen i områder med ingen eller lav tæthed af eksisterende makroalger. Dette uddybes i kapitel 8.

Makroalgerne hæfter sig til både mindre og større sten på havbunden. Områder med tæt dækning af makroalger vurderes generelt at være relateret til områder med høj dækning af sten (> 10 cm). Som tidligere beskrevet er der grundet usikkerheden i tolkningen af stendækning i områder med høj dækning af makroalger potentielt underestimering af sten på havbunden. Dette kan eksempelvis være tilfældet for den vestlige del af undersøgelsesområdet, hvor dækningen af makroalger udbredt er stor (Figur 6-28), mens der udbredt er identificeret substrattype 2 (Figur 6-13). Baseret på kortlægningen af større sten ses det, at der forekommer en del spredte sten større end 50 cm i hele den vestlige del af undersøgelsesområdet (Figur 6-25), hvor makroalgerne kan hæfte sig på. Derudover forekommer der forventeligt en del sten i størrelsen 10-50 cm, som makroalgerne ligeledes hæfter sig på. På substrattypekortet ses det, at der i den vestlige del af undersøgelsesområdet forekommer enkelte spredte områder med substrattype 3 (Figur 6-13). Grundet den potentielle underestimering af stendækningen og "skyggeeffekten" fra makroalgerne kan den reelle udbredelse af substrattype 3 i den vestlige del af undersøgelsesområdet være større. Det kan heller ikke udelukkes, at der lokalt kan forekomme lokale forekomster af stenrev.

Et andet eksempel er området syd det eksisterende stenrev ved seismisk profil 5 (Figur 6-29), hvor der er høj dækning af makroalger (Figur 6-28) og udbredt forekomst af substrattype 2 (Figur 6-13). I dette område kan der også være en underestimering af stendækningen, hvorved det faktiske substrat eksempelvis kan være substrattype 3 eller lokalt substrattype 4.

6.7 MENNESKELIG AKTIVITET OG ANDRE OBSERVATIONER

I følge Kulturstyrelsens database "Fund og Fortidsminder" findes der inden for undersøgelsesområdet ingen registreringer af fortidsminder. I forbindelse med de geologiske undersøgelser blev der heller registreret nogen spor af menneskelig aktivitet på havbunden i undersøgelsesområdet.

6.8 SAMMENSTILLING MED ARKIV DATA

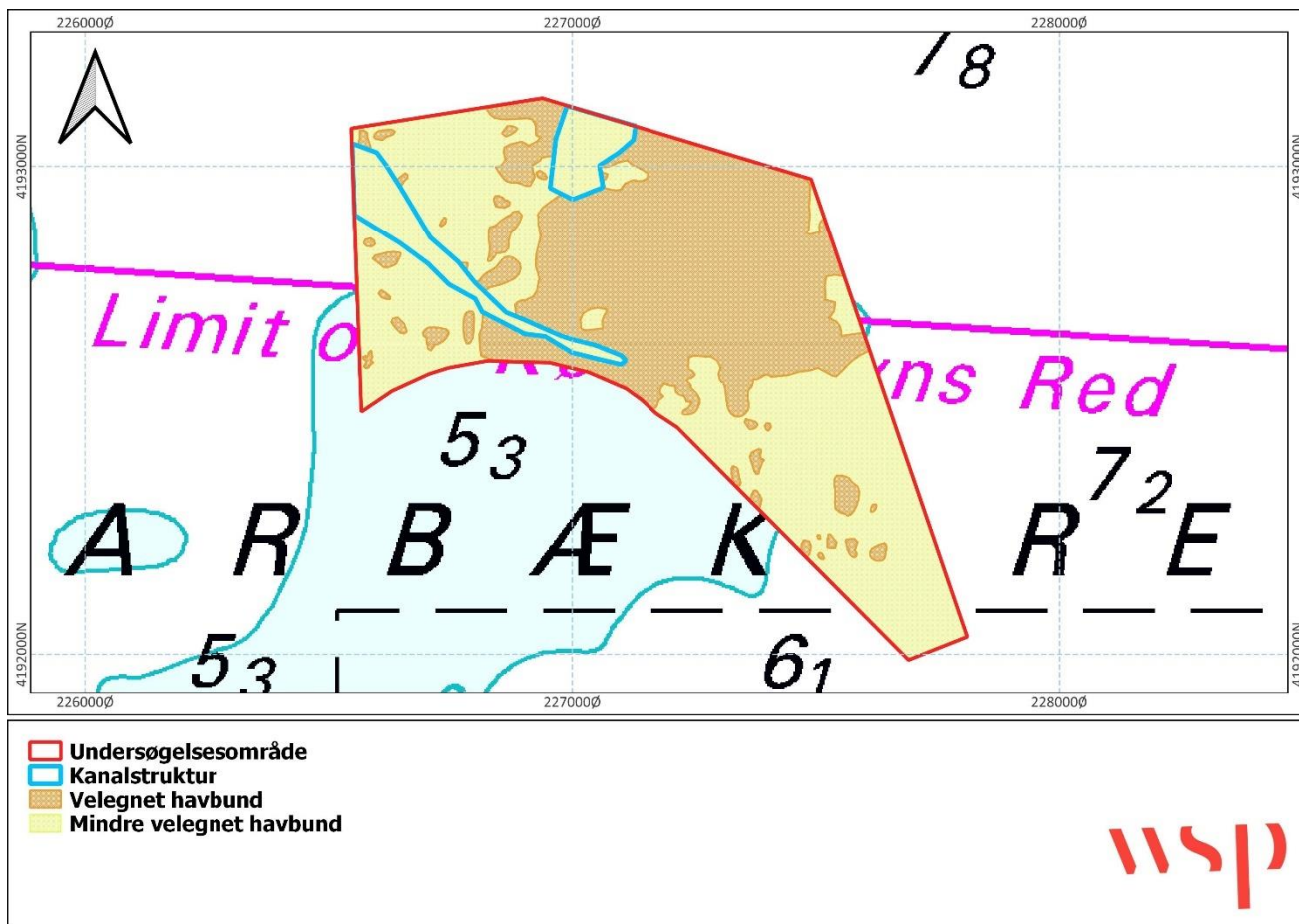
For at verificere de tolkede substrattyper sammenstilles de med eksisterende data. Som beskrevet i kapitel 4, er mængden af eksisterende data i området begrænset til GEUS' havbundssedimentkort og enkelte arkivboringer i nærområdet. GEUS' havbundssedimentkort viser, at undersøgelsesområdet er domineret af moræneaflejringer og grus og groft sand (Figur 4-1). Arkivboringerne fra Jupiter (Tabel 4-1) viser også, at nærområdet er domineret af moræne og postglacialt sand. Dette stemmer fint overens med tolkning af de geologiske data, som viser, at området er domineret af stenet hård bund.

7 VURDERING AF UNDERSØGELSESONDRÅDETS EGNETHED TIL REETABLERING AF STENREV

Den geologiske kortlægning viser entydigt, at undersøgelsesområdet udbredt er karakteriseret ved hårdt substrat. Inden for undersøgelsesområdet består havbunden udelukkende af stenede substrattyper (substrattype 2, 3 og 4), som generelt øger stabiliteten og bæreevnen af undergrunden i forhold til reetableringen af stenrevet og udlægningen af sten. Inden for hele undersøgelsesområdet forekommer der i varierende grad store spredte sten på havbunden, som flere steder ligger i flere lag og danner stenrev med relief. Dog ligger stenene i hovedparten af undersøgelsesområdet i ét lag på havbunden. Samlet betyder det, at havbundens stabilitet og bæreevne inden for undersøgelsesområdet som udgangspunkt er velegnet til reetablering af stenrev. Inden for undersøgelsesområdet forekommer der dog variationer i stabiliteten og bæreevnen af havbunden og de overfladenære geologiske lag, som i det følgende beskrives. Baseret på ovenstående behandling af de geologiske data er der foretaget en overordnet tolkning og vurdering af havbundens stabilitet og bæreevne inden for undersøgelsesområdet, som kan ses på nedenstående oversigtskort (Figur 7-1)

Overordnet viser tolkningen af de geologiske data, at stabiliteten og bæreevnen af havbunden er størst i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet. I dette område forekommer der udbredt et stærkt stenet substrat (substrattype 3 og 4), hvor disse substrattyper tilsammen danner et stort sammenhængende stenrev med dækning af sten >10 cm på over 25% og lokale forekomster af stenrev med relief med potentiel huledannelse. Arealudbredelsen af det eksisterende stenrev med substrattype 4 og hvor substrattype 3 og 4 danner sammenhængende områder på havbunden, er givet ved ca. 0,3 km². Udbredelsen heraf kan ses på Figur 6-17. Samlet er der tolket et større sammenhængende område, hvor havbunden vurderes at være særlig velegnet til reetablering af stenrev med tilstrækkelig stabilitet og bæreevne til formålet (Figur 7-1)

Til sammenligning er stabiliteten og bæreevnen af havbunden lidt svagere i den sydøstlige og vestlige del af undersøgelsesområdet, hvor vanddybden er lidt større og tætheden af sten større end 50 cm er mindre (typisk substrattype 2). I disse områder forekommer der ikke eksisterende stenrev, hvor substrattype 3 og 4 ligger i forlængelse af hinanden og der forekommer kun mindre isolerede områder med substrattype 3. I den vestlige del af undersøgelsesområdet er der desuden kortlagt områder med sedimentære strukturer, som formodentlig indeholder mere løse sedimenter og hvor stabiliteten og bæreevnen forventes at være mindre. Samlet betyder det, at den sydøstlige og vestlige del af undersøgelsesområdet vurderes at være mindre egnet til reetablering af stenrev og udlægning af større sten på havbunden. For udbredelsen af disse områder henvises til nedenstående Figur 7-1.



Figur 7-1. Kort over bæreevnen af havbunden, baseret på substrattypenkortlægningen og den seismiske analyse. Det bemærkes, at havbunden som udgangspunkt er velegnet til udlægning af sten i hele undersøgelsesområdet, men med interne variationer. Baggrundskortet er søkort fra GST

Det kan dermed konkluderes, at havbunden er mest stabilt og bærende til reetablering af stenrev og udlægning af sten i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet i umiddelbar nærhed af det eksisterende stenrev. Det vurderes derfor hensigtsmæssigt at udpege et område til udlægning af sten på havbunden, der ligger direkte i forlængelse af det eksisterende stenrev og stenrev med relief, samt hvor tætheden af eksisterende makroalger er begrænset. Dette behandles nærmere i kapitel 8.

8 ANBEFALINGER TIL STENUDLÆGNING

For at kunne udpege et velegnet område til placering af det reetablerede stenrev er det i første omgang væsentligt at se på de ønskede fysiske rammer for reetableringen af stenrevet angivet af Miljøstyrelsen. Disse fysiske rammer danner grundlaget for udpegningen af de anbefalede områder til stenudlægning.

Samtlige relevante kort og tilhørende GIS filer, der illustrerer udpegningen af de anbefalede områder og resultaterne fra de geologiske undersøgelser, er fremsendt til Miljøstyrelsen.

8.1 FYSISKE RAMMER FOR REETABLERINGEN OG UDLÆGNING AF STEN

Som anført af Miljøstyrelsen forventes stenrevet at blive anlagt som en flade, hvor stenene hovedsageligt ligger i ét lag med en dækningsgrad på mindst 25%. Inden for samme område planlægges anlæggelse af 5-6 stentoppe, hvor der skabes huledannende struktur (sten i flere lag). Toppene forventes at blive formet som en keglestump med en højde på ca. 2 meter, radius af bundfladen 4 meter og radius af topfladen på 2 meter. Det forventes, at et større udbredt område med enkeltlag af sten samt huledannende toppe vil skabe grundlaget for et diversst makroalgensamfund samt skabe grundlag for tilstedeværelsen af en masse forskellige arter såsom fisk, krebsdyr og andre invertebrater.

Sten til revet må ikke være mindre end 0,5 m i diameter på den mindste led og der må gerne være enkelte meget store sten, men også sten af varierende størrelse. Det er vigtigt, at de enkeltliggende sten er store nok til at sikre stabilitet til de makroalger, der efterfølgende vil påhæfte sig disse sten.

Baseret på den geologiske kortlægning udpeges de mest egnede steder til reetablering af stenrevet og udlægning af nye sten med en størrelse på ca. 100.000 m² – svarende til en syvendedel af det samlede undersøgelsesområde. Som tidligere nævnt bør revet som udgangspunkt ikke anlægges således, at der bliver lavere end 5 meters dybde. For at sikre denne dybgang til skibstrafikken efter reetableringen af revet baseres udpegningen af de anbefalede områder ligeledes på vanddybder større end 6 meter.

Hensigten med udlægning af sten er både en reetablering af Taarbæk Rev og at Danmark får et større areal med stenrev. På den baggrund ønsker Miljøstyrelsen fokus på udvidelse af sammenhængende områder med substrattypen 3 og 4, som i dag opfylder kriteriet for stenrev. Derudover vil tilførsel af flere sten større end 50 cm inden for eksisterende stenrev (sammenhængende områder med substrattypen 3 og 4) betegnes som en reetablering, da der sandsynligvis har været stenfisket på substrattypen 3 og 4. Anbefalingen til udpegningen baseres både på udvidelse af arealet for eksisterende stenrev og øgning af stendækningen inden for eksisterende stenrev. Samlet vil reetableringen forventeligt forbedre betingelserne for vækst af makroalger.

Efter aftale med Miljøstyrelsen er det valgt at udpege et samlet anbefalet område til udlægning af sten, som er arealmæssigt større end de skitserede 0,1 km² i opgaveskrivelsen. Dette er for at imødekomme ønsket om både at reetablere eksisterende stenrev og udvide arealet for eksisterende stenrev.

8.2 SAMMENFATNING OG OVERORDNET ANBEFALING

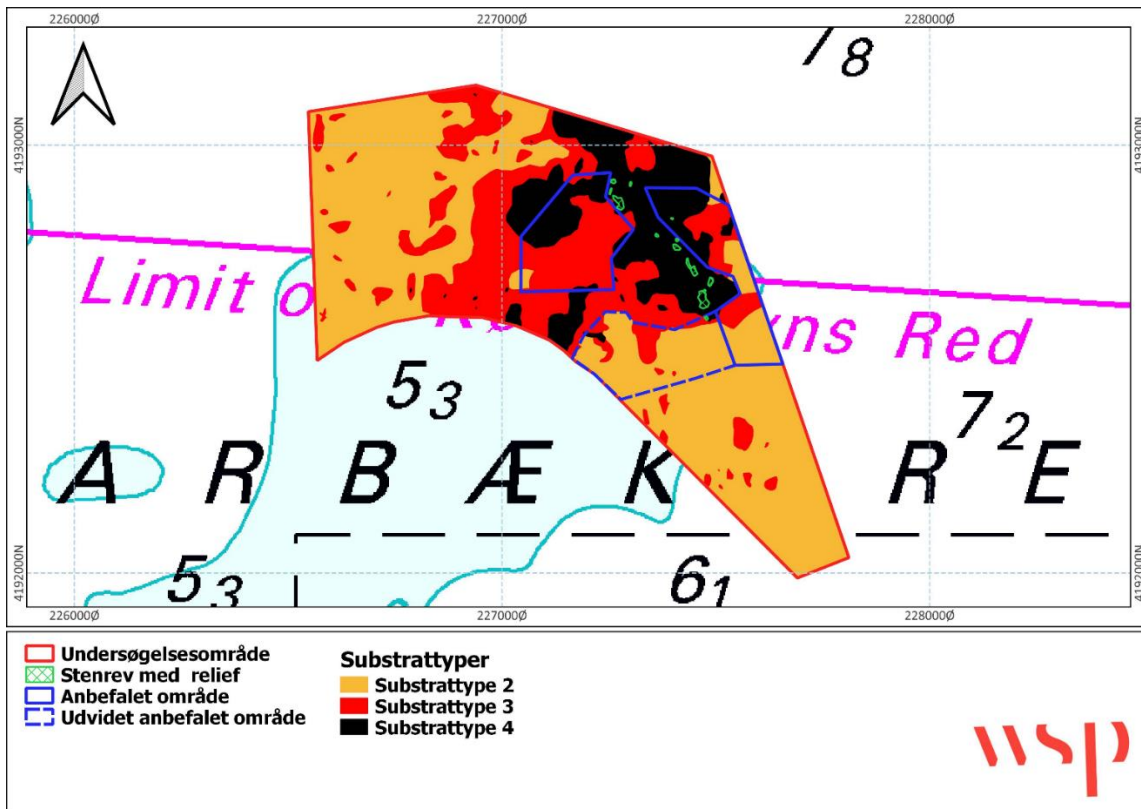
Den geologiske kortlægning viser, at havbunden er mest velegnet til udlægning af sten i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet. Området med velegnet havbund udgøres centralt af stenrev med relief. Det vurderes mest hensigtsmæssigt at placere de anbefalede områder i direkte forlængelse af de eksisterende stenrev med relief, der er beliggende i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet. Afgrænsningen af de anbefalede områder til udlægning af sten og reetablering af stenrevet er placeret i områder, hvor havbunden er vurderet tilstrækkelig stabil og bærende til formålet.

De anbefalede områder er opdelt i tre delområder, som er stort set lige store (et vestligt, et østligt og et sydligt delområde). Det sydlige delområde er betegnet "udvidet anbefalet området" og har til hensigt at øge arealet for stenrev, mens det vestlige og østlige delområde primært har det formål at reetablere det eksisterende stenrev.

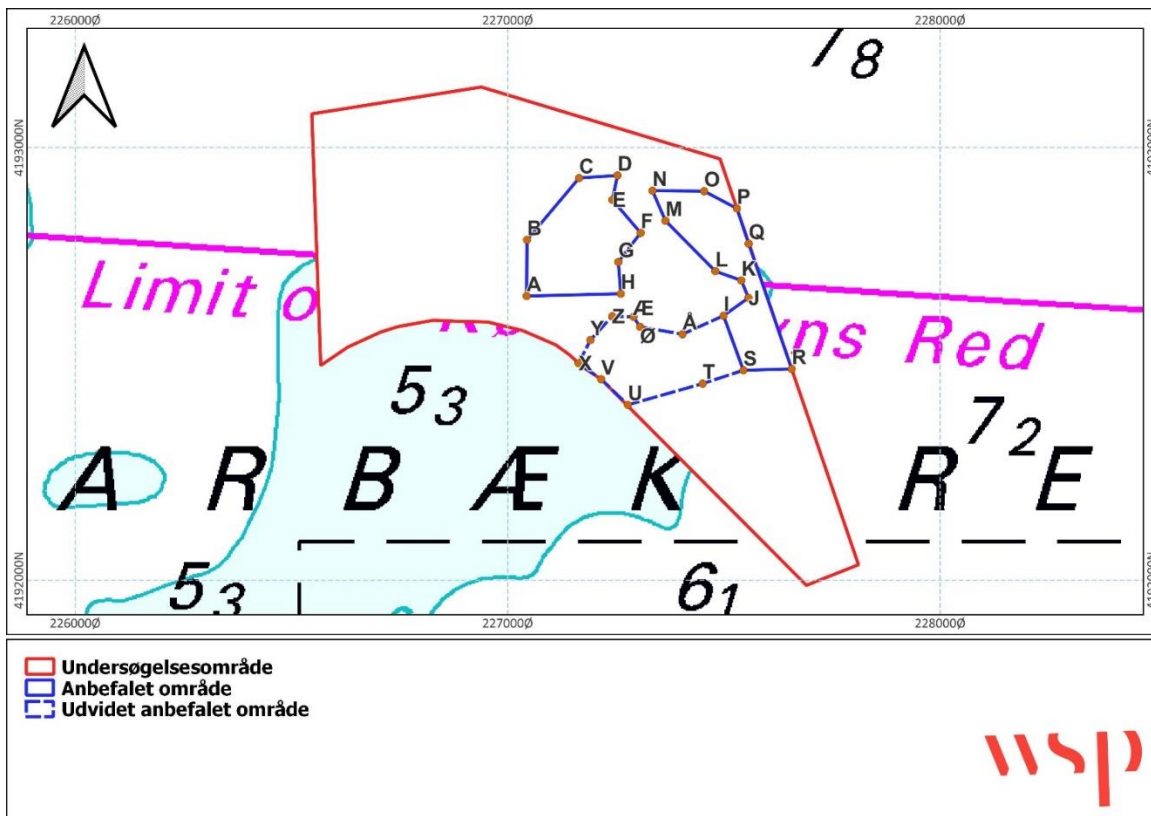
Det sydlige delområde er en udvidelse af det anbefalede område på omkring 50.000 m², som er beliggende i den sydlige del af undersøgelsesområdet i området syd for det eksisterende stenrev (Figur 8-1). Det udvidede område er udpeget med henblik på at inkludere mere substrattype 2, så det reetablerede stenrev vil forøge arealet af substrattype 3 og 4.

Tilsammen udgør det vestlige og østlige delområde et areal på 100.000 m², inklusiv udvidelsen af det anbefalede område mod syd er det samlede areal ca. 150.000 m². Det vestlige delområde er beliggende i den centrale del af undersøgelsesområdet inden for det eksisterende stenrev oven på substrattype 3 og 4 vest for de kortlagte stenrev med relief. Det østlige delområde er beliggende i den østlige del af undersøgelsesområdet øst for de kortlagte stenrev med relief. Den nordlige del af delområdet ligger inden for det eksisterende stenrev, mens den sydlige del er beliggende uden for stenrevet på en substrattype 2 bund (Figur 8-1).

Hjørnekoordinater for de anbefalede områder er angivet på nedenstående Figur 8-2. Samlet koordinatliste for hjørnepunkterne til de anbefalede områder er angivet i Bilag 12.1. Samlet koordinatliste for de anbefalede områder fremsendes til Miljøstyrelsen både i UTM 33N EUREF89 og WGS84 decimalminutter.



Figur 8-1. Anbefalede områder til placering af reetableret stenrev angivet i forhold til udbredelsen af de tolkede substrattyper og områder med eksisterende stenrev med relief.

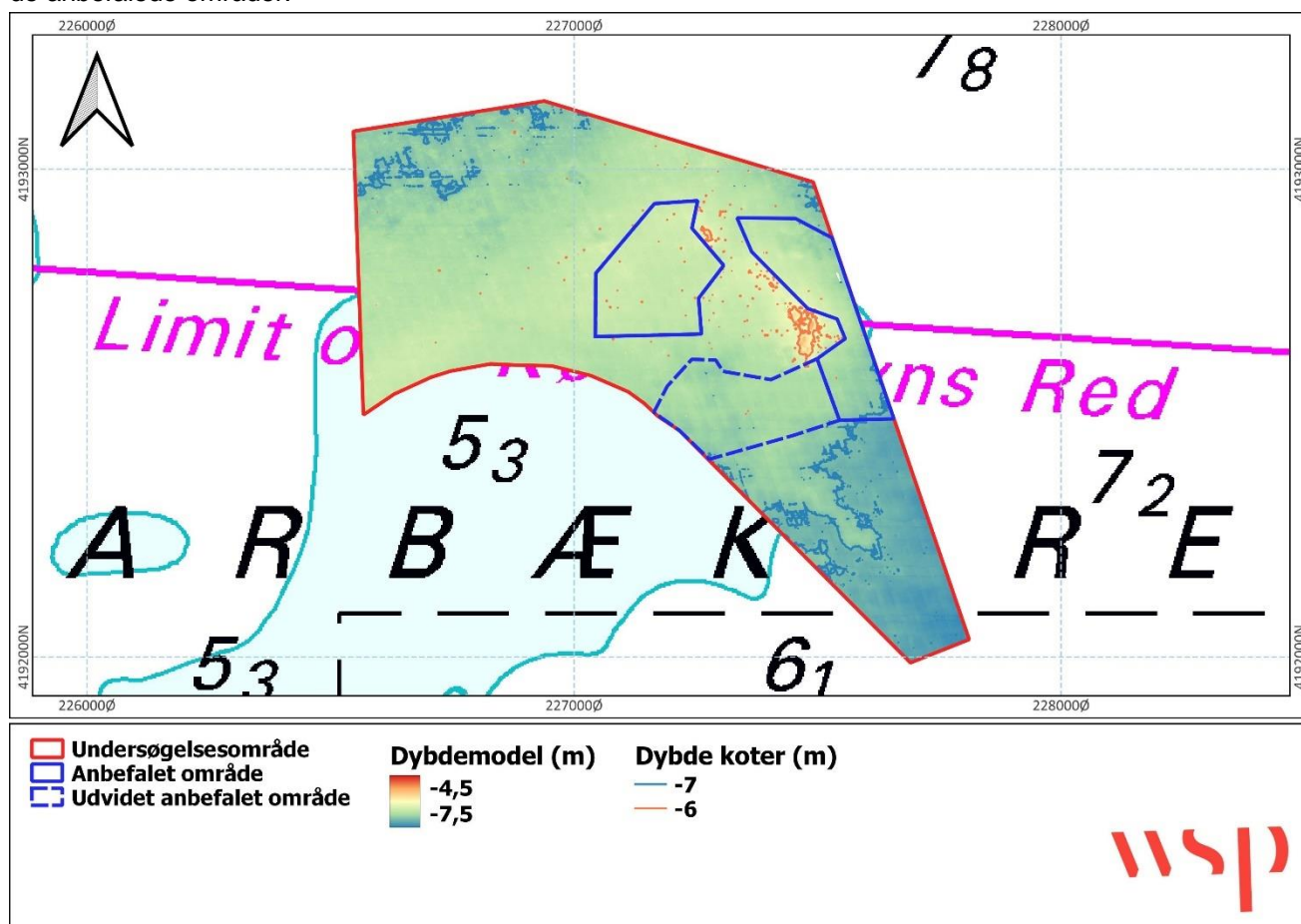


Figur 8-2. Hjørnekoordinater for de anbefalede områder til reetablering af stenrev i undersøgelsesområdet.

I nedenstående redegøres der yderligere for, hvorfor de anbefalede områder er velegnede til reetablering af stenrev og udlægning af sten på havbunden. I den forbindelse præsenteres de relevante resultater fra tolkningen af de geologiske data i forhold til placeringen af de anbefalede områder.

I første omgang er udpegningen af de anbefalede områder baseret på de overordnede dybdeforhold. Da revet ikke bør anlægges således, at der efter reetableringen af stenrevet ikke bliver lavere end 5 meters dybde, er det vigtigt, at det anbefalede område er beliggende på nuværende vanddybder større end 6 meter. Det skal bemærkes, at vanddybden omkring Taarbæk Rev er relativt flad. Omkring det eksisterende rev er vanddybden overvejende 6-7 meter. Det betyder, at det bliver vanskeligt at overholde ønsket om udlægning af stentoppe med en højde på ca. 2 meter, hvorved der samtidig skal sikres en frihøjde på 5 meter i forhold til sejladsikkerhed. I den sammenhæng bør det nævnes, at de eksisterende stentoppe (stenrev med relief) i undersøgelsesområdet kun har en højde på ca. 1 meter – disse kan dog være negativt påvirket af stenfiskeri.

Dybdekonturerne på nedenstående Figur 8-3 viser, at de anbefalede områder er beliggende på mere end 6 meters dybde og generelt befinder sig på dybder mellem 6-7 meter. Det samme er gældende for det udvidede anbefalede område mod syd. På den baggrund sikres det, at der selv oven på meget store udlagte sten med en højde på 1 meter højde, fremadrettet stadig vil være en frihøjde i vandsøjlen på minimum 5 meter inden for de anbefalede områder.



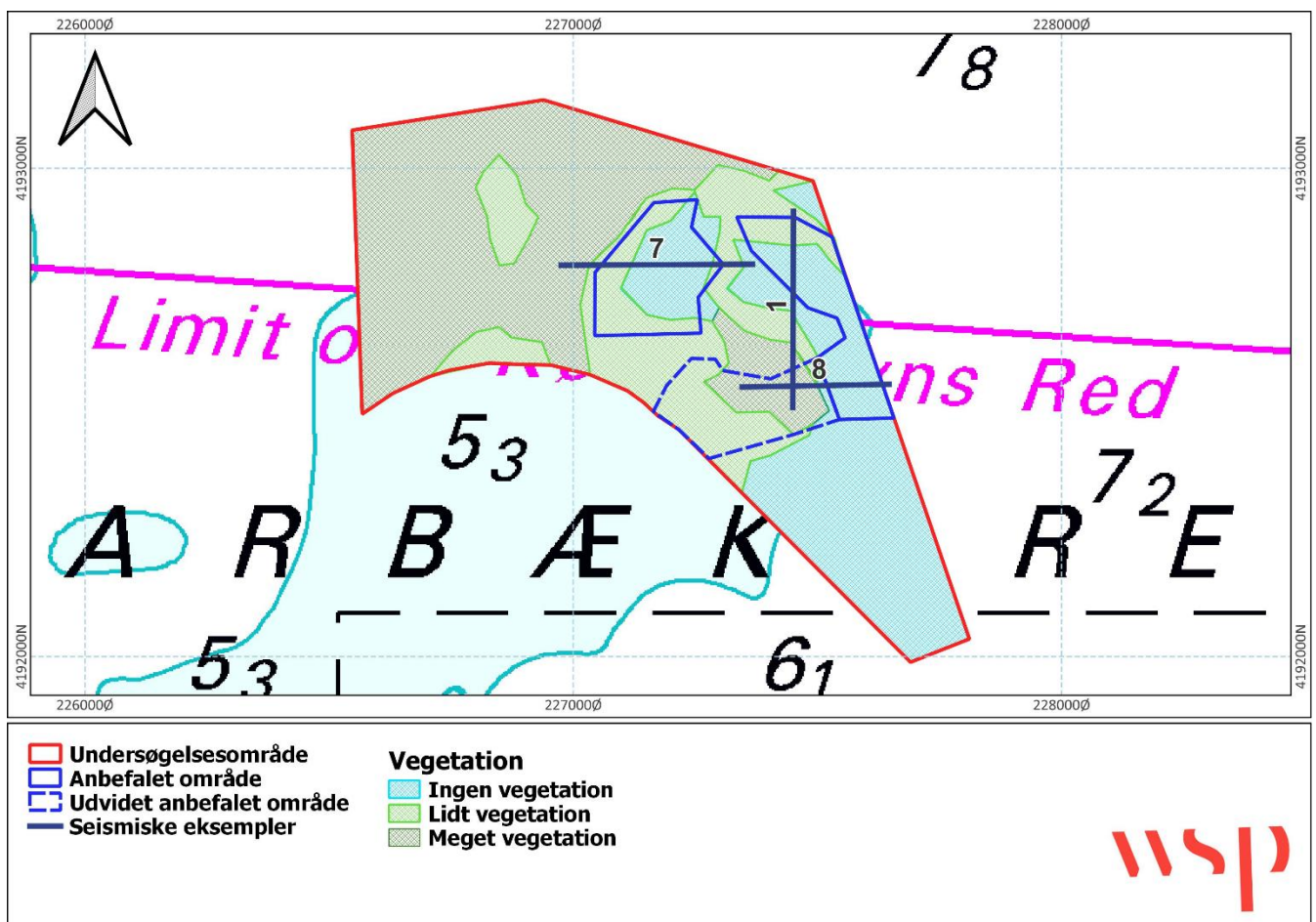
Figur 8-3. Placering af de anbefalede områder i forhold til de overordnede dybdeforhold i undersøgelsesområdet.

Udpegningen af de anbefalede områder er i høj grad også baseret på udbredelsen af makroalger på havbunden. Afgrænsningen af de anbefalede områder til reetablering af stenrev og udlægning af sten på

havbunden er tilrettelagt således, at havbunden indenfor de anbefalede områder hovedsageligt er domineret af ingen eller meget få makroalger på havbunden (Figur 8-4). Dette medfører, at en reetablering af stenrevet og udlægning af nye sten i de anbefalede områder ikke i væsentligt omfang vil forstyrre den lokale og eksisterende bestand af makroalger, hvor god miljøtilstand hersker.

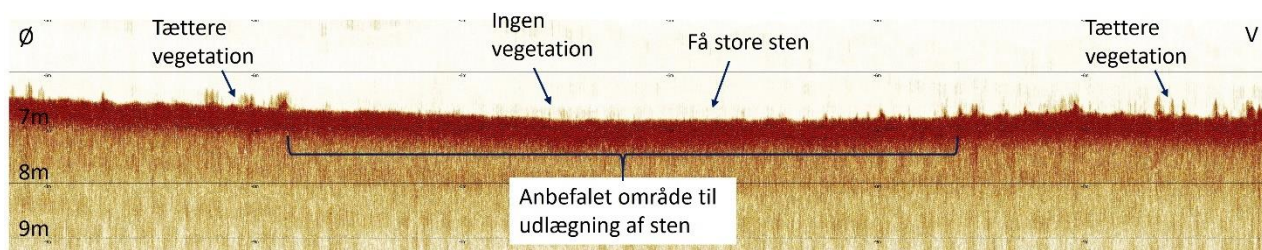
I den forbindelse skal det nævnes, at de udbredte forekomster af substrattype 2 beliggende længere mod vest i undersøgelsesområdet (Figur 8-1), som udgangspunkt er vurderet velegnet til stenudlægning, men det vurderes uhensigtsmæssigt at foretage stenudlægge netop her, da udbredelsen og tætheden af makroalger i området er høj (Figur 8-4).

I det udvidede anbefalede område er der dog et mindre område med stedvist meget vegetation, dog er udbredelsen af makroalger her væsentlig mindre end i den vestlige del af undersøgelsesområdet. Generelt er kortlægningen af makroalger ved nærværende undersøgelse usikker, og for at kunne kvantificere dækningsgraden af makroalger i området bør der foretages detaljerede biologiske undersøgelser (se kapitel 9).

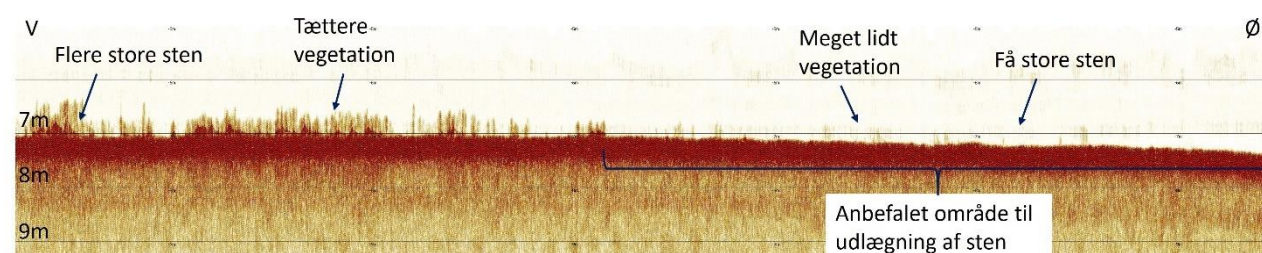


Figur 8-4. Afgrænsningen af de anbefalede områder til reetablering af stenrev og udlægning af sten på havbunden i forhold til tolket udbredelse af makroalger. På kortet ses desuden lokaliteterne for de seismiske profiler (Figur 8-5 til Figur 8-7), som illustrerer den specifikke udpejning af de anbefalede områder.

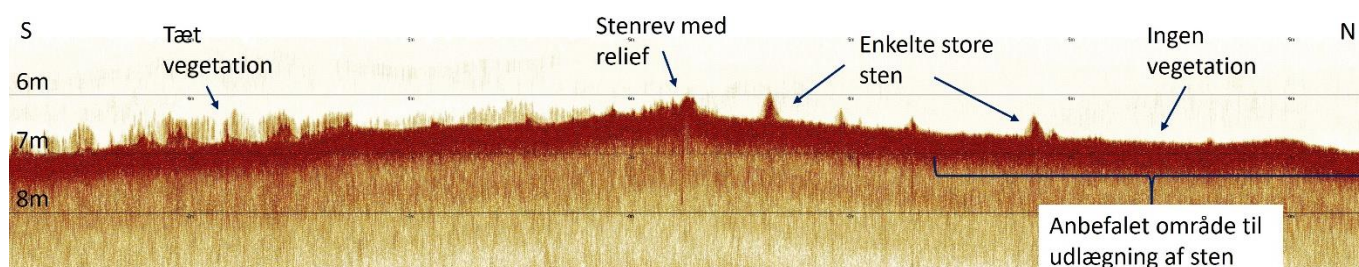
De nedenstående seismiske profiler (Figur 8-5, Figur 8-6 og Figur 8-7) illustrerer afgrænsningen af de anbefalede områder i forhold til reetableringen af stenrev og udlægning af sten på havbunden baseret på udbredelsen af makroalgerne. De seismiske profiler illustrerer således, hvorledes udbredelsen af makroalgerne på havbunden konkret er anvendt til afgrænsning og placering af de anbefalede områder, hvor der er ingen eller meget lidt tilstedeværelse af makroalger på havbunden.



Figur 8-5. Seismisk profil 7 (højfrekvent data) beliggende i den centrale del af undersøgelsesområdet orienteret Ø-V. Lokalteten for profilet kan ses på Figur 8-4.

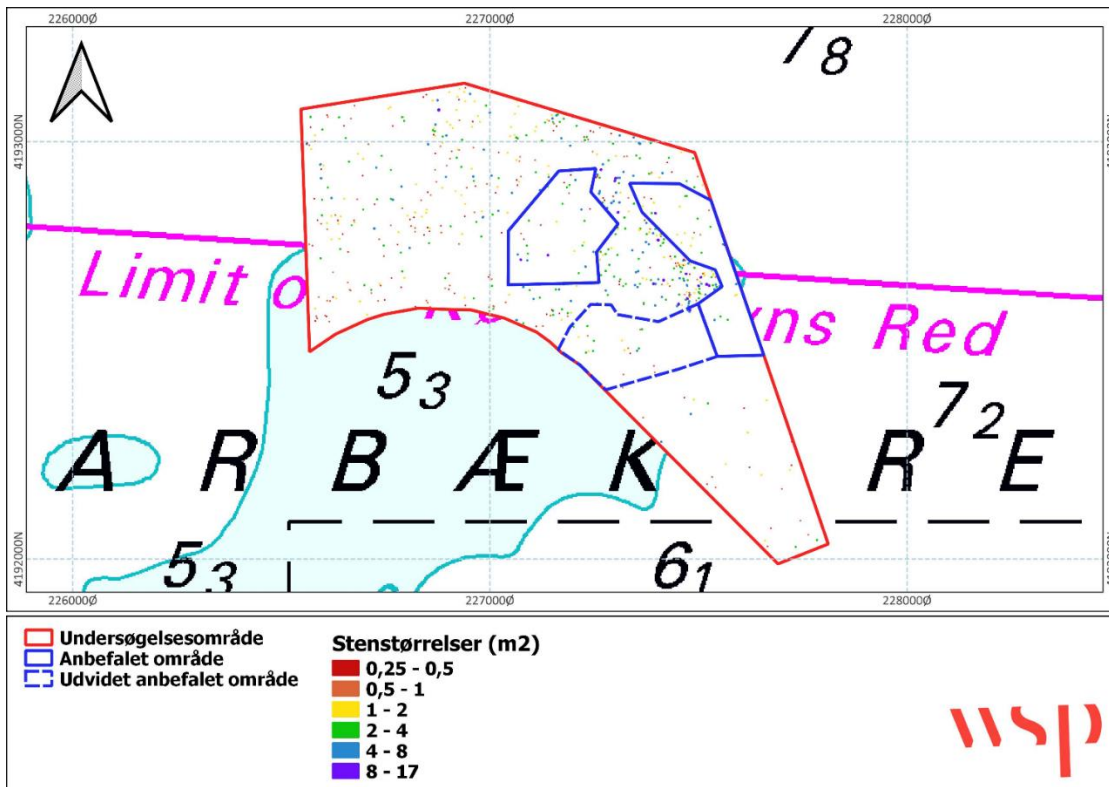


Figur 8-6. Seismisk profil 8 (højfrekvent data) beliggende i den østlige del af undersøgelsesområdet orienteret V-Ø. Lokalteten for profilet kan ses på Figur 8-4.

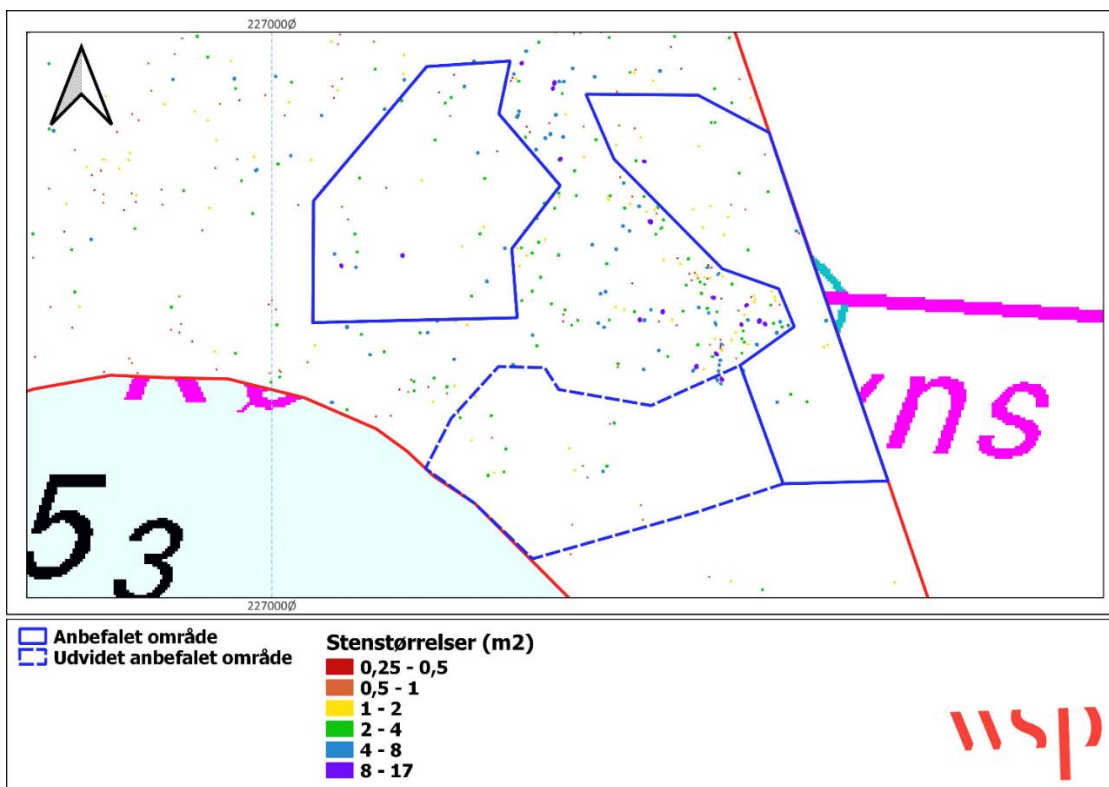


Figur 8-7. Seismisk profil 9 (højfrekvent data) beliggende i den østlige del af undersøgelsesområdet orienteret S-N. Lokalteten svarer til seismisk profil 1 på Figur 8-4.

Herudover er afgrænsningen af de anbefalede områder også baseret på kortlægningen af fordelingen og størrelsen af sten på havbunden. Afgrænsningen af de anbefalede områder er tilrettelagt således, at dækningen af sten over 0,25 m² er generelt er lavere sammenlignet med den omkringliggende havbund i den centrale del af undersøgelsesområdet, men eksempelvis højere end den sydlige og vestlige del af undersøgelsesområdet (Figur 8-8 og Figur 8-9). Dette bekræfter, at de anbefalede områder kan bære udlægningen af nye sten større end 50 cm, og at en tilførsel af flere sten større end 50 cm vil medføre en reetablering af eksisterende stenrev, da der sandsynligvis har været stenfisket på disse stenstørrelser inden for eksisterende stenrev.



Figur 8-8. Afgrænsning af de anbefalede områder til stenudlægning i forhold til fordeling og størrelse af eksisterende sten på havbunden større end 50 cm.



Figur 8-9. Zoom af de anbefalede områder til stenudlægning i forhold til fordeling og størrelse af eksisterende sten på havbunden større end 50 cm, hvorved der opnås større visuel opløsning af stenstørrelserne i området.

Det kan dermed konkluderes, at de anbefalede områder til reetablering af stenrevet og udlægning af nye sten på havbunden er udvalgt baseret på ovenstående analyser og tolkninger. Baseret på resultaterne af de geologiske undersøgelser vurderes de anbefalede områder entydigt at være velegnet til formålet og dokumentationen for stabiliteten og bærevnen af havbunden vurderes fyldestgørende.

Afgrænsningen af de anbefalede områder til reetableringen og udlægning af sten er derfor et resultat af et komplekst samspil mellem havbundens stabilitet og bærevne, udbredelsen af substrattyperne, udbredelsen af makroalger på havbunden, fordelingen og størrelsen af sten på havbunden og de overordnede dybdeforhold i undersøgelsesområdet.

I den sammenhæng kan det påpeges, at hvis der ønskes en yderligere udvidelse af arealet for eksisterende stenrev (sammenhængende områder med substrattype 3 og 4) foreslås det, at de anbefalede områder udvides mod syd, hvor dækningen af makroalger er lav, og hvor vanddybden desuden tillader etablering af stentoppe på ca. 2 meter i højden. Hvis der ønskes yderligere områder til reetablering af eksisterende stenrev foreslås udvidelse til området mellem det vestlige og sydlige delområde, hvor tætheden af makroalger er relativt begrænset og tætheden af sten større end 50 cm er relativt lav.

9 DISKUSSION AF USIKKERHEDER OG UDFORDRINGER

I det følgende redegøres for nogle af de væsentligste usikkerheder og udfordringer opstået i forbindelse med nærværende tolkning og afrapportering.

Baseret på manglende ROV verifikation og verificering af bundsubstratet er der en reel usikkerhed i substrattypetolkningen og kortlægningen af sten baseret på SSS data. Usikkerheden forstærkes yderligere af, at der inden for undersøgelsesområdet angiveligt forekommer høje dækningsgrader af makroalger og blåmuslinger på havbunden, som forstyrrer det akustiske signal. Makroalgerne hæfter sig på sten af varierende størrelse og vil "skygge" for særligt de mindre sten på havbunden under makroalgeveksten. I forbindelse med tolkningen af substrattyperne kan der således i områder med høj dækning af makroalger være en underestimering af stendækning, hvorved havbunden består af mere stenet substrat. Udbredelsen af makroalger og blåmuslinger på havbunden er ikke verificeret. Det skal påpeges, at det er normal procedure ved tilsvarende marine kortlægningsopgaver, at der foretages en marinbiologisk undersøgelse umiddelbart efter de geologiske undersøgelser, hvorved de fysiske forhold på havbunden verificeres. På den baggrund afrapporteres de verificerede substrattyper. Mangel på verifikation i form af eksisterende data, som f.eks. borer, har også øget usikkerheden vedrørende tolkningen af SSS data. Det vurderes dog, at de overordnede tolkninger i forbindelse med nærværende geologiske undersøgelser er valide og tilstrækkelige til en overordnet udpegning af de anbefalede områder til reetablering af stenrev og udlægning af sten på havbunden ved Taarbæk Rev. Det vurderes ikke, at konsekvenserne af de beskrevne usikkerheder i substrattypetolkningen og kortlægningen af sten baseret på SSS data vil medføre en væsentlig ændring i forhold til anbefalingen.

Stenstørrelsesfordelingen blev analyseret ved at udregne hældningen mellem cellerne i dybdemodellen, hvilket favoriserer større stenstørrelser og mindre sten kan dermed overses. Dette gør, at usikkerheden på de mindre stenstørrelser er højere, og at de sandsynligvis er underrepræsenteret i resultaterne af fordelingen og størrelse af sten. Dette undersøges yderligere i det eftersendte notat, som genanalyserer stenstørrelser under 0,25 m² i et mindre afgrænset område af undersøgelsesområdet. I forbindelse med "skyggeeffekten" på SSS data grundet tilstedeværelsen af makroalgerne kan dækningen af mindre sten yderligere underestimeres.

Opmålingen af vanddybden i undersøgelsesområdet viser, at området lige omkring det eksisterende stenrev er domineret af en vanddybde på 6-7 meter. Det betyder, at det bliver vanskeligt at overholde ønsket om udlægning af stentoppe med en højde på ca. 2 meter, hvorved der samtidig skal sikres en frihøjde på 5 meter i forhold til sejladsikkerhed. I den sammenhæng bør det nævnes, at de eksisterende stentoppe (stenrev med relief) i undersøgelsesområdet har en højde på ca. 1 meter. Dette skal afklares nærmere ved senere planlægning.

Tolkningen af makroalger på havbunden er dog kun baseret på de seismiske data, og uden ROV verifikation eller lignende biologiske undersøgelser, er det ikke muligt at afgøre de nøjagtige udbredelser og dækningsgrader af makroalger på havbunden samt verificerer tilstanden eller arten af vegetationen. Tolkningen af makroalgerne alene baseret på seismisk data er derfor behæftet med relativ stor usikkerhed. Den kvalitative kortlægning af makroalgerne baseret på de seismiske data har som tidligere nævnt dog været nyttig i forhold til udpegningen af anbefalede områder til reetableringen af stenrevet og udlægning af sten på havbunden.

For med sikkerhed at afklare om der i dag forekommer huledannende elementer i undersøgelsesområdet på det eksisterende stenrev er der behov for videundersøgelser og/eller dykkerundersøgelser af havbunden. I princippet kan sten lægge i flere lag uden at være huledannende.

10 KONKLUSION

De indsamlede felldata fra januar 2022 bestående af multibeam dybde data (MBES), side scan sonar data (SSS) og sub bottom profiler (SBP) er af god kvalitet, og har dannet grundlag for udarbejdelsen af en bathymetrisk model og sidescan mosaik for undersøgelsesområdet af ligeledes høj kvalitet.

De maringeofysiske resultater fra dybdemodellen viser dybder i undersøgelsesområdet på -5,5 til -7,5 m med en gennemsnitsdybde på -6,7 m. De mindste vanddybder blev generelt registreret i den centrale og østlige del af undersøgelsesområdet, som er relateret til stenrev med relief (sten i flere lag). Baseret på tolkningen af SSS-data kan det konkluderes, at havbunden inden for undersøgelsesområdet udelukkende består af stenede substrater og vil dermed kunne bære en reetablering og udlægning af nye sten på havbunden. Udbredt i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet er substrattype 3 i direkte kontakt med substrattype 4, som samlet betragtes som et stenrev. Substrattype 2 dominerer undersøgelsesområdet med en udbredelse på 53 %, efterfulgt af substrattype 3 på 28 % og substrattype 4 på 19 %. Stenrevet dækker ca. 43 % af undersøgelsesområdet, og er udbredt i den centrale og nordøstlige del af undersøgelsesområdet.

Inden for undersøgelsesområdet er der gennemført en fulddækkende seismisk kortlægning. Analysen af de seismiske data bekræfter, at havbunden består af hårdt substrat og at de overfladenære geologiske lag forventeligt består af moræneaflejringer, som de fleste steder direkte er blotlagt på havbunden. Enkelte områder med sedimentære strukturer blev kortlagt, som forventeligt er mindre stabile og bærende i relation til reetablering af stenrevet og udlægning af sten på havbunden sammenlignet med den øvrige havbund i undersøgelsesområdet. Den overfladenære geologi er ikke belyst ved boringsdata. Seismisk data blev også brugt til en kvalitativ kortlægning af makroalgeudbredelsen på havbunden i undersøgelsesområdet, som viste, at der forekommer vegetation på havbunden (lidt eller meget vegetation) på størstedelen af den samlede havbund indenfor undersøgelsesområdet. Inddelingerne for lidt og meget vegetation udgør tilsammen ca. 68% af undersøgelsesområdet, hvoraf meget vegetation udgør 44 %, og er den mest dominerende kategori.

Kortlægningen af fordelingen og størrelsen af sten er hovedsageligt baseret på MBES-data, hvor det var muligt at isolere sten med et areal over 0,25 m², hvilket svarer til 0,5 m i diameter. Det højeste antal af sten større end 50 cm blev observeret i størrelseskategorierne 1-2 m² og 2-4 m², som samlet udgør ca. halvdelen af alle kortlagte sten større end 50 cm. Naturligt ville man generelt forvente et stort antal mindre sten (eksempelvis 0,25-1 m²) og færre store sten (eksempelvis 2-8 m²), hvorved antallet af sten større end 50 cm gradvist falder med stigende stenstørrelse. Ved nærværende kortlægning i undersøgelsesområdet blev der observeret færre mindre sten (0,25-1 m²) sammenlignet med store sten (1-4 m²). Dette kan samlet set være tegn på, at der er fisket sten på 0,25-1 m² og også i mindre grad på stenstørrelsen 1-2 m². Efter aftale med Miljøstyrelsen undersøges dette yderligere og verificeres i en genanalyse af stenstørrelser mindre end 0,25 m² (hvis muligt ned til 10 cm i stenstørrelse), indenfor et mindre afgrænset område af undersøgelsesområdet, som eftersendes til Miljøstyrelsen i et selvstændigt notat.

Baseret på de geofysiske resultater og tolkningsanalyser er der foretaget udpegning af anbefalede områder til reetablering og udvidelse af eksisterende stenrev ved Taarbæk Rev. De anbefalede områder er opdelt i en vestlig og østlig del af ca. samme størrelse, som tilsammen udgør 0,1 km². De anbefalede områder opfylder følgende kriterier 1) en velegnet havbund med høj stabilitet og bæreevne, 2) dybder større end -6 m, 3) lav udbredelse af vegetation. Dertil er tilføjet et udvidet anbefalet område, som er udpeget for at imødekomme ønske fra Miljøstyrelsen om at udvide arealet af stenrev i forbindelse med reetableringen og udlægningen af sten på havbunden. Inden for de anbefalede områder til stenudlægningen er tætheden af sten større end 50 cm generelt lav.

11 REFERENCER

- DCE. (2021). *Naturgenopretning af stenrev i Øresundsregionen - en identifikation af mulige lokaliteter. Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Nr. 200.* Aarhus Universitet.
- Geo og Orbicon. (2011). Efterforskning og kortlægning af sandressourcer. Fase 1B - detailområde 3-2. GEO projekt nr. 33776. Rapport 4, 2011-11-28. Udarbejdet for Kystdirektoratet.
- GEUS. (2022). *Kort over Danmark. En samling af de væsentligste af GEUS' kover over Danmark. Havbundssedimenter.* Retrieved from <https://data.geus.dk/geusmap/?lang=da&mapname=denmark#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=-220795.4549611339,5853282.847812833,1335795.454961134,6596717.152187167&layers=havbundssediment>
- GEUS. (2022). *National boringsdatabase (Jupiter). Landsdækkende database for grundvands- drikkevands-, råstof-, miljø- og geotekniske data.* . Retrieved from <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter>
- Orbicon. (2018). *Stiksugning i det nordlige Øresund. Kortlægning af eksisterende viden om effekter af stiksugning på miljøet med fokus på det Nordlige Øresund.* Miljøstyrelsen.

12 BILAG

12.1 HJØRNEKOORDINATER

Hjørnekoordinater i WGS 84 decimalminutter for de anbefalede områder til reetablering og udlægning af sten inden for undersøgelsesområdet.

Anbefalet område			Udvidet anbefalet område		
Knudepunkt	Østlig længde	Nordlig bredde	Knudepunkt	Østlig længde	Nordlig bredde
A	12°38336'	55°47116'	T	12°38728'	55°47006'
B	12°38337'	55°47186'	U	12°38561'	55°46980'
C	12°38453'	55°47264'	V	12°38502'	55°47012'
D	12°38539'	55°47267'	X	12°38452'	55°47032'
E	12°38527'	55°47236'	Y	12°38478'	55°47061'
F	12°38590'	55°47195'	Z	12°38527'	55°47091'
G	12°38540'	55°47158'	Æ	12°38574'	55°47090'
H	12°38546'	55°47119'	Ø	12°38588'	55°47078'
I	12°38774'	55°47091'	Å	12°38683'	55°47068'
J	12°38830'	55°47114'			
K	12°38813'	55°47135'			
L	12°38756'	55°47147'			
M	12°38645'	55°47210'			
N	12°38616'	55°47248'			
O	12°38731'	55°47247'			
P	12°38804'	55°47225'			
Q	12°38830'	55°47182'			
R	12°38926'	55°47024'			
S	12°38818'	55°47023'			