



Mariagerfjord Vand A/S

Kontrolundersøgelser 2019

Kortlægning og kontrol af påvirkningszone omkring udledningsledningen fra Mariagerfjord Renseanlæg

15-04-2020

Mariagerfjord Vand A/S

Kontrolundersøgelser 2019

Kortlægning og kontrol af påvirkningszone omkring udledningsledningen fra Mariagerfjord Renseanlæg

Kunde	Mariagerfjord Vand A/S
Rådgiver	Orbicon/WSP A/S Simon B. Leonhard John Pedersen Anne Mette Egge Olsen
Projektnummer	
Dokument ID	1321800181-11
Projektleder	Malene Caroli Juul
Kvalitetssikret af	Maren Lyngsgaard
Godkendt af	Malene Caroli Juul
Version	Ver. 1.0
Udgivet	15-04-2020

Indholdsfortegnelse

0.	Sammenfatning	5
1.	Indledning	7
1.1	Formål:	8
2.	Metode	9
2.1	Prøvetagning	11
2.2	Analyser	13
2.2.1	Interne analyser – Mariagerfjord Vand A/S	14
2.3	Bundfauna	15
2.4	Statistisk analyse	15
3.	Resultater	17
3.1	Videoinspektion	17
3.2	Interne analyser	18
3.2.1	Bakteriologiske analyser	21
3.3	Analyser af havvand inden for undersøgelsesområdet	22
3.3.1	Bakterier i havvandet	23
3.3.2	Næringsstoffer i havvandet	23
3.4	Sedimentkarakteristik	24
3.4.1	Næringsstoffer i sedimentet	26
3.5	Bundfauna	28
4.	Diskussion	35
5.	Konklusion	42
6.	Referencer	43
Bilag		45
1.	Prøvetagningsstationer	46
2.	Feltskema	47
3.	Bundfauna – Individtæthed	48
4.	Næringsstoffer, suspenderet stof og bakterier. Havvand	49

5.	Sedimentstruktur og næringsstofindhold	50
5.1	Tekstur	51
6.	Bundfauna Biomasse	58

0. Sammenfatning

I forbindelse med at Mariagerfjord Vand A/S har ansøgt om udvidelse af Mariagerfjord Renseanlæg til en fremtidig kapacitet på 275.000 PE, er der gennemført en kontrolundersøgelse til belysning af effekten på havmiljøet af den nuværende udledning af rensede spildevand og på risikoen for forurening med fækale bakterier af badestrandene i kystområdet ved Als.

Undersøgelserne, der er udført i oktober 2019, er tilrettelagt således, at stationsnettet dækker et modelleret område, der potentielt kan blive påvirket af spildevand i forbindelse med en udvidelse af renselanlægget til 275.000 PE.

Der er foruden data målt på afløbsvandet indsamlet vand- og sedimentprøver på henholdsvis 28 og 31 stationer fordelt inden for det potentielle påvirkningsområde. Vandprøverne er analyseret for indholdet af næringsstoffer, suspenderede stoffer og fækale bakterier. Sedimentprøverne er analyseret for parametre til karakteristik af havbunden, indhold af næringsstoffer samt tilstedeværende fauna. Desuden indgår der en analyse af videoer optaget i forbindelse med kontrolbesigtigelse af diffusoren ved udløbsstedet, der er placeret i ca. 4 ms dybde ca. 3,8 km fra kysten ud for Als.

De fundne værdier er behandlet statistisk og sammenholdt med baggrundsværdier for blandt andet næringsstoffer i vandmiljøet og kendskabet til flora- og faunasammensætning i sammenlignelige områder af Aalborg Bugt.

Stationerne er på baggrund af modellerede værdier for aflejringen af partikulært stof på havbunden inddelt i seks koncentriske elliptiske påvirkningszoner omkring udledningspunktet.

Der er ikke påvist forhøjede værdier af fækale bakterier, da samtlige prøver ligger på eller under detektionsgrænsen. Udledningen af rensede spildevand påvirker derfor ikke badevandskvaliteten selv tæt på udløbet og kan derfor ikke påvirke badevandskvaliteten ved kysten. Værdierne ligger alle under de modellerede værdier for den nuværende udledningsmængde af rensede spildevand.

Der er ikke fundet sammenhænge mellem de modellerede værdier for overkoncentrationer af næringsstofferne kvælstof og fosfor. Analyserne for vandets indhold af fosfor viser alle et indhold under detektionsgrænsen. Det har ikke været muligt at eftervise de modellerede værdier for maksimale overkoncentrationer af kvælstof, idet disse kun udgør 3,5% af baggrundsniveauet for kvælstof i Aalborg Bugt. Der er ikke konstateret forskelle i kvælstofniveauerne på de undersøgte stationer hverken med hensyn til koncentrationer i overflade eller bundvandet eller vandsøjlen herimellem. De målte værdier inden for undersøgelsesområdet ligger inden for det forventede og målte niveau for årstiden i Aalborg Bugt.

Der er påvist et mindre påvirkningsområde i nærområdet lidt syd for udløbsstedet (ca. 200 m), hvor sedimentet har et større indhold af fosfor sammenlignet med de øvrige stationer i undersøgelsesområdet. Her er der også konstateret et lidt forhøjet niveau for nitrat i porevandet. Der er ikke forskelle i sedimentets sammensætning, der ellers kan forklare forskellene i fosforniveauet mellem stationerne.

Etableringen af udløbsledningen har bevirket, at den dominerende naturtype (sandbanke), inden for et meget begrænset areal af den kystnære del af Aalborg Bugt, har skiftet karakter til hård

bund. På ringarmeringen og erosionsbeskyttelsen omkring udløbsledningen er der etableret et begroningssamfund, som kan sammenlignes med det, der findes på hårdt substrat eller stenrev andre steder i Aalborg Bugt.

Begroningssamfundet på dette mini-stenrev er domineret af alger, som den invasive butblæret sargassotang, og dyr, som rurer og sønelliker. Der forekommer dog også en betydelig mængde af fedtmøgalger, som måske favoriseres af udledningen af næringsstoffer med spildevandet. Men udviklingen af begroningssamfundet tiltrækker også flere fisk, som man typisk finder i tilknytning til stenrev, blandt andet stimer af den toplettede kutling, par af havkarusse og savgylte. Der er også observeret større skrubber helt tæt på udløbet.

Ved selve udløbet afviger bundfaunaens sammensætning sig ikke fra det bundfaunasamfund, der er konstateret i den øvrige del af undersøgelsesområdet. Der er dog her konstateret en stor biomasse af dværgkonken, der måske samles i nærheden af begroningssamfundet, som et resultat af, at der her er tilstrækkeligt med føde.

Bundfaunaens sammensætning er fuldt sammenligneligt med, hvad man kan forvente at finde i tilsvarende kystnære og lavvandede områder med en havbund bestående af fint rent sand. Faunaen er her domineret af den almindelige tallerkenmusling og havbørsteorme, blandt andet *Spio filicornis*. På lidt større dybder domineres biomassen af muslinger, som den hvælvede trugmusling og den amerikanske knivmusling.

Bundfaunaens sammensætning er sammenlignelig med tidligere undersøgelser i området. Dybden og indirekte sedimentets indhold af findelt materiale er de parametre, der overordnet er bestemmende for faunaens arts- og individualsammensætning. Der er ikke fundet en sammenhæng mellem de modellerede værdier for sedimentaflejring og de rent faktiske målte værdier af sedimentets indhold af organisk stof eller sammenhængen med bundfaunaens sammensætning.

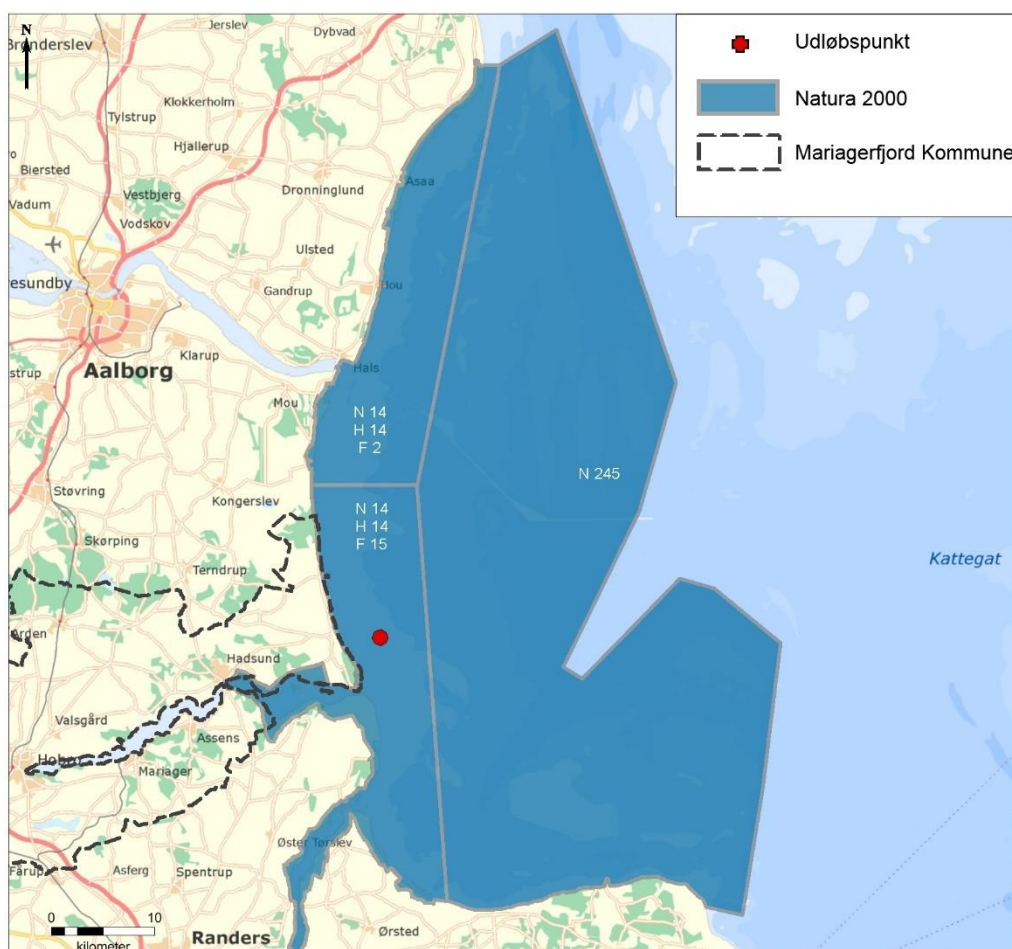
Biomassen og fordelingen af muslinger fundet ved undersøgelsen er sammenlignelig med biomassen i andre kystnære områder og tidligere undersøgelser inden for samme område. Fødegrundlaget for områdets store bestand af havdykænder er derfor ikke påvirket af den nuværende udledning fra renseanlægget.

Den overordnede konklusion er derfor, at der, ved den nuværende udledning, kun er en meget lokal og for naturen og vandkvaliteten ubetydelig påvirkning som følge af udledningen af rensset spildevand fra Mariagerfjord Renseanlæg.

1. Indledning

Mariagerfjord Vand A/S har ansøgt om VVM-tilladelse til udvidelse af Mariagerfjord Renseanlæg i Hadsund til en fremtidig kapacitet på 275.000 PE¹ (Pouplier, 2019). Anlægget har i dag tilladelse til en kapacitet på 75.000 PE, med mulighed for udvidelse til 110.000 PE.

Spildevandet udledes via en havledning med udløb i Kattegat ca. 3,8 km fra land i et område nord for Mariager Fjord og sydøst for Als. Udledningspunktet ligger inden for et Natura 2000-område, hvor der er specifikke krav til hvor meget udledningen må påvirke miljøet og de arter og naturtyper, området er udpeget for at beskytte (Naturstyrelsen, 2016), Figur 1-1.



Figur 1-1. Placeringen af udledningspunktet for Mariagerfjord Renseanlæg i Kattegat sydøst for Als. På kortet ses afgrænsningen af de internationale naturbeskyttelsesområder "Natura 2000-område N14" og "Natura 2000-område N245".

Området langs hele Kattegatkysten fra Als Odde og nordpå til nord for Øster Hurup har stor rekreativ værdi på grund af gode badestrande og kystområdets værdi som fiskevand for fritidsfiskere. Kystområdet har også stor turistmæssig værdi, idet der her er et betydeligt antal sommerhusområder.

¹ PE = Personækvivalent

1.1 Formål:

Undersøgelsen har til formål at belyse den nuværende påvirkning af havmiljøet og badevandskvalitet ved en udledning af rensed spildevand svarende til maksimalt 75.000 PE.

Undersøgelsen er delvis et led i den nuværende overvågning af effekten af udledningen af rensed spildevand fra Mariagerfjord Renseanlæg, som meddelt som et overvågningskrav i udledningstilladelsen (Mariagerfjord Kommune, 2012). Resultaterne fra undersøgelsen skal danne grundlag for en fremtidig overvågning af udledningen fra Mariagerfjord Renseanlæg efter den forventede udbygning af renseanlægget til 275.000 PE.

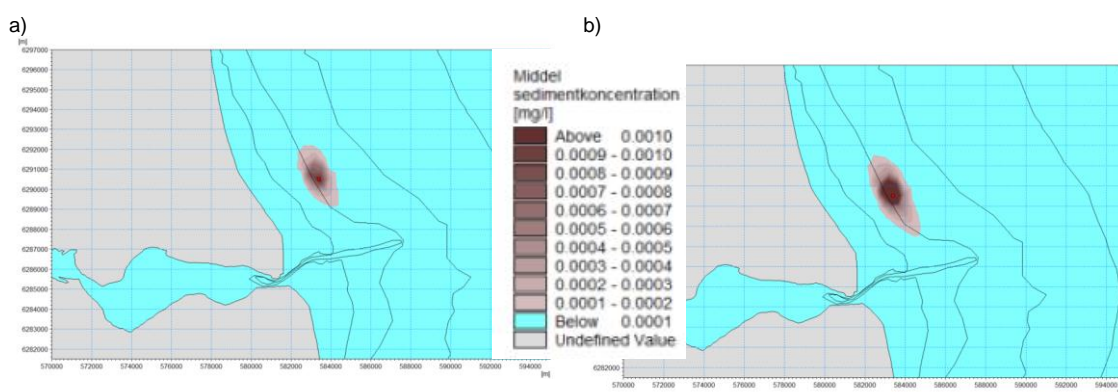


Dronefoto af udløbet fra Mariagerfjord Renseanlæg i Kattegat 2020 © Drone Data / Mariagerfjord Vand A/S.

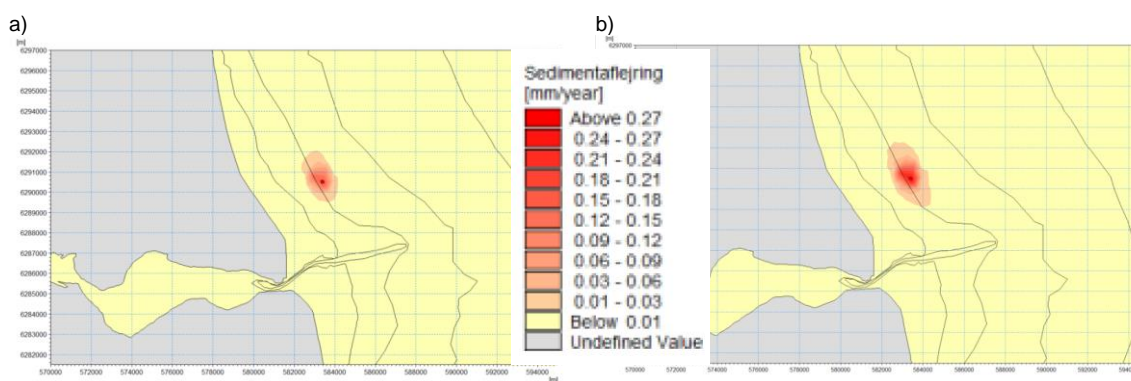
2. Metode

Resultaterne er sammenholdt med modellerede værdier for udbredelse af spildevandsfanen med hensyn til E-coli, næringsstoffer, suspenderet stof og sedimentaflejring. Grundlaget for sammenligningerne er modelberegninger udført af DHI af påvirkningszonerne i forbindelse med udledningen af den maksimalt tilladte mængde rensed spildevand i den nuværende situation ved 75.000 PE.

Stationsnettet for prøvetagningen er tilrettelagt således, at prøvetagningsområdet dækker det maksimalt modellerede påvirkningsområde for parametrene suspenderet stof, sedimentaflejring og fækale bakterier ved en fremtidig udledning svarende til 275.000 PE, Figur 2-1, Figur 2-2 og Figur 2-3.

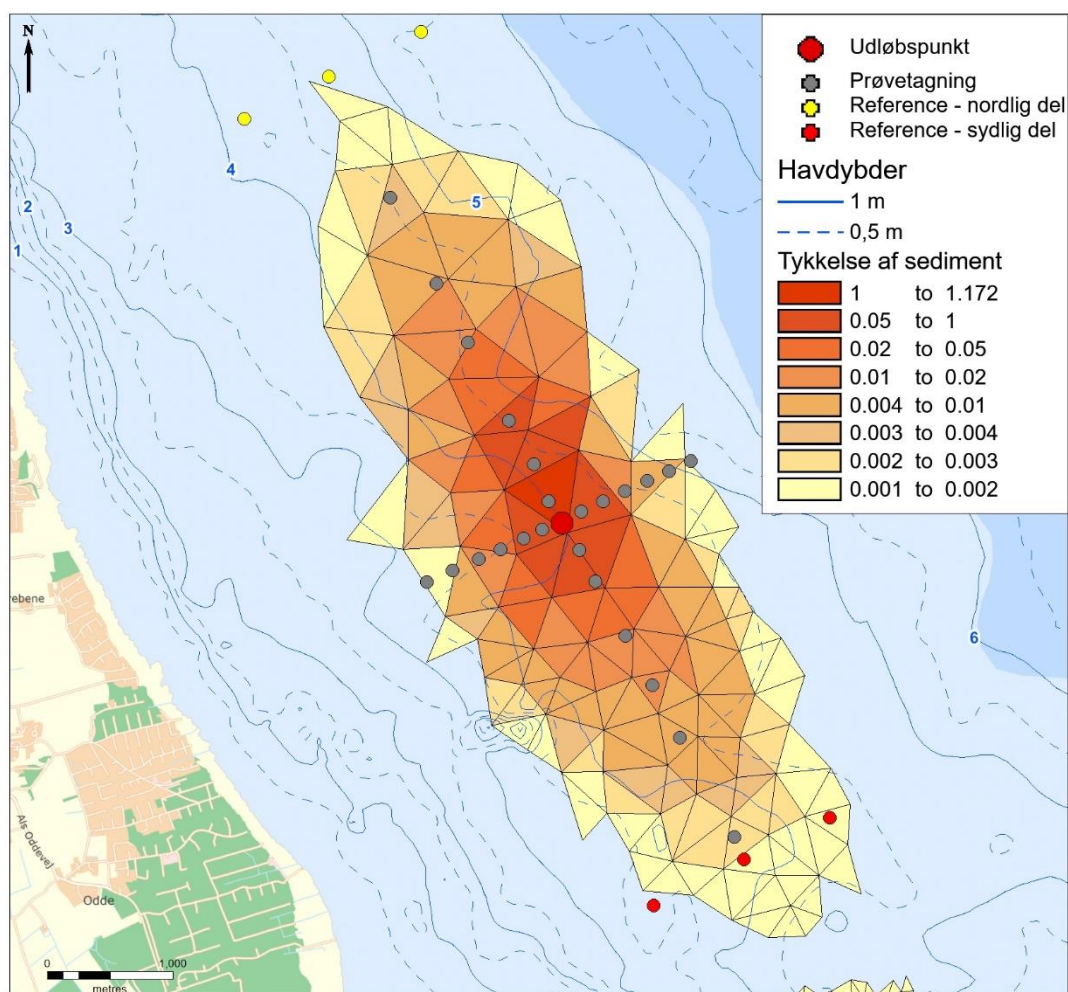


Figur 2-1. Middel overkoncentrationer af suspenderet stof ved og omkring udløbsledningen ved a) den nuværende udledningstilladelse og b) ved den fremtidige udledning af 11 mio. m³ rensed spildevand pr. år til Kattegat.



Figur 2-2. Den årlige sedimentaflejring ved og omkring udløbsledningen ved a) den nuværende udledningstilladelse og b) ved den fremtidige udledning af 11 mio. m³ rensed spildevand pr. år til Kattegat

Der er udlagt 3 referencestationer henholdsvis syd og nord for det forventede påvirkningsområde, Figur 2-3. Referencestationerne er udlagt i forhold til den fremherskende strømretning, som er NV.

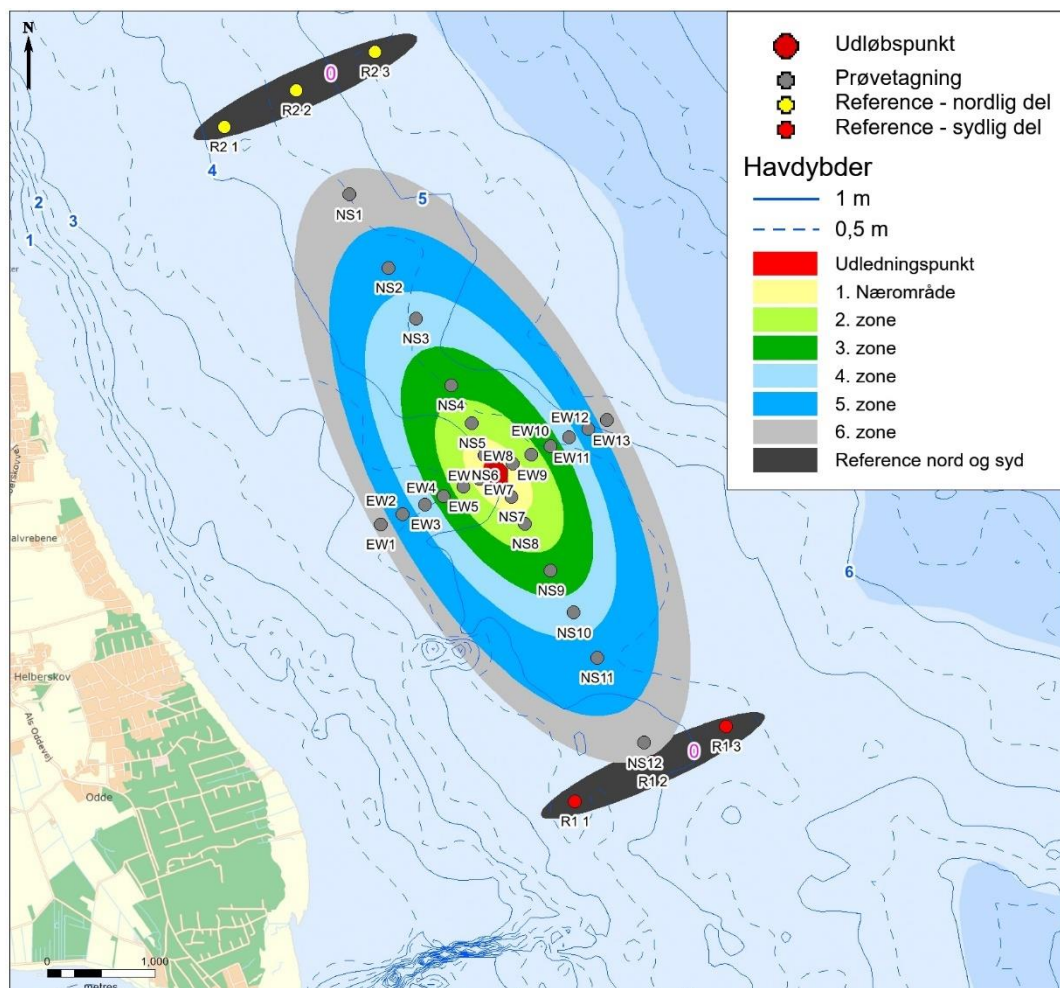


Figur 2-3. Kort over prøvetagningsstationer i forhold til det modellerede påvirkningsområde for parametrene suspenderet sediment, sedimentaflejring og fækale bakterier.

Som følge af, at den fremherskende strømretning er mod nordvest, forventes påvirkningszonen omkring udledningpunktet mere eller mindre at udgøre en ellipse, Figur 2-3, forskudt mod nord. Prøvetagningsdesignet skaber derfor mulighed for at kunne inddele stationerne i seks påvirkningszoner som koncentriske ellipser i stigende afstand, både i nord-syd og øst-vestgående retning omkring udledningsstedet - station EW_7, Tabel 2-1, Figur 2-4.

Tabel 2-1. Inddelingen af prøvetagningsstationer i potentielle påvirkningszoner omkring udledningsstedet.

Zoneinddeling	Stationsbetegnelse	Afstand til udledningpunkt m			
		NV	SØ	ØV	VØ
Reference nord	RF2_1 -RF2_3	4.000			
Udledningpunkt	EW_7	0*			
1 Nærområde	NS_6, NS_7; EW_6, EW_8	150	225	150	150
2. Zone	NS_5, NS_8; EW_5, EW_9	500	550	400	400
3. Zone	NS_4, NS_9; EW_4, EW_10	900	1.050	550	550
4. Zone	NS_3, NS_10; EW_3, EW_11	1.575	1.625	800	800
5. Zone	NS_2, NS_11; EW_2, EW_12	2.100	2.000	1.000	1.000
6. Zone	NS_1, NS_12; EW_1, EW_13	2.900	2.750	1.200	1.200
Reference syd	R1_1-R1_3		3.000		



Figur 2-4. Stationsnet for prøvetagningen i 2019 i kystområdet ud for Als. På baggrund af inddelingen i Tabel 2-1, er de potentielle påvirkningszonerne indtegnet.

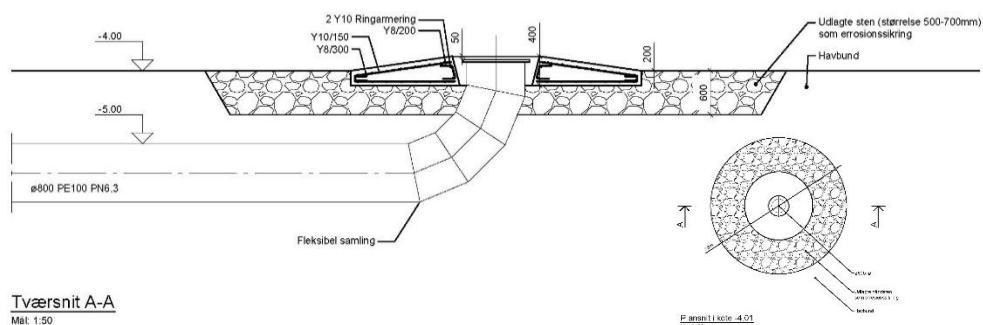
2.1 Prøvetagning

Feltundersøgelserne er udført den 7. oktober 2019.

I udledningsgodkendelsen er der fastsat krav om, at der hvert 3. år gennemføres en kontrol af udløbet i form af en videodokumentation (Mariagerfjord Kommune, 2012). Som et led i denne kontrolundersøgelse, er der i 2019 gennemført en videoinspektion af området omkring diffuseren, Figur 2-5.



Den amerikanske knivmusling (*Ensis leei*) © Biodata ApS.



Figur 2-5. Illustration af konstruktionen af udløbet med diffuser, der er etableret i kote - 4 m. Rørledningens øvre del ligger i kote - 5 m. Omkring udløbet er der etableret dels et fast dæksel (ringarmering) med en diameter på 5 m og deromkring yderligere en 2,5 m bred belægning af sten til beskyttelse mod erosion af havbunden omkring rørledningen. Erosionsbeskyttelsen har en tykkelse på 0,75 m, (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

Videoen er efterfølgende gennemset, og de dominerende arter af begroings-samfundet omkring udløbet er forsøgt identificeret. Udviklingen af begroings-samfundet er ligeledes forsøgt vurderet i forhold til optagelser i 2013 og 2016.

Der er indsamlet vandprøver og prøver af havbundssedimentet på henholdsvis 29 og 31 stationer, Bilag 1. Sediment- og bundfauna-prøverne ved station EW_7 er indsamlet umiddelbart uden for erosionsbeskyttelsen nord for udløbetsstedet.

Dykkere har indsamlet alle sedimentprøver. Ved prøvetagningen er relevante parametre noteret, Tabel 2-2, Bilag 2.

Tabel 2-2. Stations- og prøveoplysninger.

EMNE	Beskrivelse
Position	UTM
Dybde	Ekkolodning (m)
Strømretning og hastighed	Skønnet m/s
Prøvetype – sediment	Haps rør (0,122 m ²) til beskrivelse af fauna, sedimentstruktur /kajak (0,00212 m ²) til bestemmelse af sedimentets indhold af næringsstoffer
Sedimentbeskrivelse	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kernedybde cm 2. Tykkelse af oxideret lag cm 3. Farve 4. Tekstur 5. Største partikel 6. Forekomst af skalgrus
Sedimentoverflade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diatoméer 2. Fækaliær
Vegetation	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ålegræs 2. Makroalger 3. Trådformede alger 4. Fedtmøg
Fauna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Epifauna – blåmuslinger 2. Andet

2.2 Analyser

Der er i alt indsamlet 31 sedimentprøver. Sedimentprøverne er analyseret for:

1. Sedimentets struktur
 - a. Kornstørrelse
 - b. Tørstofindhold
 - c. Indhold af organisk stof (glødetab)
2. Sedimentets indhold af næringsstoffer
 - a. Total-kvælstof
 - b. Vandopløseligt nitrat
 - c. Total fosfor
 - d. Orthofosfat

Der er i alt indsamlet vandprøver på 29 stationer ud af de 31, Bilag 1. Der er ikke udtaget vandprøver på R2-3 og EW12, da disse stationer, ifølge spredningsmodellen enten ligger uden for fanen, eller vil have stor lighed med nærliggende stationer. Der er for nogle stationer indsamlet vandprøver i både overflade, mellemdybden (2 m) og ved bunden. Dette for at undersøge om det udledte spildevand opblandes i hele vandsøjlen. På de resterende stationer er der kun indsamlet en vandprøve i overfladen, da det forventes, at der her sker en fuld opblanding af det udledte spildevand.

Der er indsamlet:

1. 34 prøver til analyse for vandets indhold af fækale bakterier
 - a. Escherichia coli (E. coli)
 - b. Intestinale enterokokker
2. 37 prøver til analyse for suspenderet stof (SS)
3. 25 prøver til analyse for indholdet af næringsstoffer
 - a. Total-kvælstof
 - b. Total-fosfor

Alle prøverne er analyseret på Eurofins laboratorier, Tabel 2-3.

Tabel 2-3. Analyser udført efter standarder.

Analyse	Standard
Sediment	
Tekstur	DS405.9
Tørstof	DS204 mod.
Organisk stof	DS 204:1980 mod
Nitratkvælstof, vandopløseligt	SM 17. udg. 4500-NO3 (H)
Total Nitrogen	Nordforsk 1975:6
Ortofosfat-P (PO4-P)	SM 17. udg. 4500-P (F)
Fosfor, total	DS 259:2003, SM 3120 ICP-OES
Havvand	
Total-N	M-0023 DS/EN ISO11905
Total-P	M-0180 DS 292 Modifieret
Suspenderet stof	M-0178 DS/EN 872
Bakterier	
Escherichia coli	ISO 9308-3:1998
Intestinale enterokokker	ISO 7899-1:1998

Sedimentet kategoriseres i forhold til teksturanalysen efter inddelingen anvendt i det digitale havbundskort, Tabel 2-4, (Leth, et al., 2014)

Tabel 2-4. Inddelingen af de forskellige fraktioner af havbunds sedimenter i klasserne fra ler til groft grus.

Kornstørrelse (diameter) mm						
Ler	Silt	Finsand	Mellemsand	Grovsand	Fin grus	Groft grus
< 0,002	0,002-0,06	0,06-0,2	0,2-0,6	0,6-2	2-20	20-100

2.2.1 Interne analyser – Mariagerfjord Vand A/S

Til brug for sammenligninger mellem målte værdier i det eksterne miljø i havvandet ud for Als og koncentrationerne i udledningen fra Mariagerfjord Renseanlæg er der på renseanlægget udtaget prøver til analyse for følgende:

1. Udløbsmængde
2. Indhold af næringsstoffer
 - a. Total-kvælstof
 - b. Nitrat
 - c. Total fosfor
 - d. Orthofosfat
3. Indhold af iltforbrugende stof (COD)
4. Indhold af partikulært stof (SS)
5. Indhold af fækale bakterier
 - a. Escherichia coli (E-coli)
 - b. Intestinale enterokokker

Måling af ind- og udløbsmængder samt indholdet af forurenende stoffer overvåges løbende gennem renseanlæggets interne kontrolprogram.

I analysen er der derfor også foretaget en vurdering i forhold til de totale mængder udledt fra renseanlægget i 2019.

Alle prøverne er analyseret på Eurofins laboratorier, Tabel 2-5.

Tabel 2-5. Standarder for analyse af prøver udtaget af Mariagerfjord Vand og analyseret af Eurofins.

	Standard
Spildevand	
Total-N	DS EN ISO 11905-1:1998, SM 22. udg. 4500-NO3 (H)
Total-P	DS EN ISO 6878:2004, SM 22. udg. 4500-P (E)
Suspenderet stof	DS/EN 872:2005
COD	ISO 15705
Bakterier	
Escherichia coli	DS 2255:2001
Intestinale enterokokker	ISO 7899-2:2000
Salmonella	DS 266:1988

2.3 Bundfauna

Bundfaunaprøven ved station EW_7 er indsamlet umiddelbart uden for erosionsbeskyttelsen nord for udledningsstedet.

Bundfaunaprøverne er i felten sigtet med en 1 mm sigte. Sigteresten er så vidt muligt drænet for overskydende vand og overført til prøveemballagen. Sigteresten er tilsat 96% ethanol tilstrækkeligt til en slutkoncentration på min ca. 70%.

I laboratoriet er faunaprøven skyllet ved anvendelse af en sigte på 0,5 mm.

Oparbejdningen af bunddyrprøverne er udført i overensstemmelse med gældende forskrifter (Hansen, et al., 2004). Sigterestens indhold af bunddyr er frasorteret, artsbestemt til lavest mulige taxonomiske niveau og optalt. For hver art/taxa er der foretaget bestemmelse af vådvægt.

2.4 Statistisk analyse

Prøvetagningen er tilrettelagt således, at det er muligt efterfølgende at foretage en såkaldt BACI-analyse (**B**efore **A**fter **C**ontrol **I**mpact). Det vil sige, at man ved designet både har et kontrolområde (referencestationerne R1 og R2), en beskrivelse af tilstanden på overvågningsstationerne omkring udløbet ((Stationerne NS og EW) før udvidelsen af renseanlægget (Before, 2019) og efterfølgende et datasæt (After). Datasættet (After) beskriver ved gentagelse af hele prøvetagningsserien situationen efter udbygningen har fundet sted, og renseanlægget har påbegyndt udledningen af rensed spildevand svarende til maksimalt 275.000 PE.

Vandprøverne for 2019 (Before) er analyseret og valideret i forhold til det modellerede sprednings-scenarie for suspenderet stof (SS), bakterier og næringsstoffer ved den nuværende udledning.

For såvel sedimentprøver som for vandprøverne er resultaterne fra overvågningsstationerne sammenlignet med resultaterne fra referencestationerne (Control–Impact) - ANOSIM.

Der er foretaget en statistisk analyse af forskellen i bundfaunaens sammensætning mellem de enkelte stationer med en såkaldt MDS analyseteknik (Multi Dimensional Scaling) ved hjælp af programpakken PRIMER-E 6.1.16 (Massey University, 2017).

Analysen udføres på grundlag af forskelle og ligheder mellem de enkelte prøver eller mellem grupperinger af prøvesæt. Analysen er baseret på en beregnet similaritet, der ud fra den enkelte prøves numeriske oplysninger, f.eks. individantal (abundans) opgjort på enkeltarter, fordeler prøverne mellem yderpunkterne "fuldstændig ens" og "fuldstændig forskellige".

Ved hjælp af forskellige transformationer af abundansen, kan der i similariteten lægges mere eller mindre vægt på abundansens numeriske størrelse. Foruden abundans er der foretaget sammenligninger af faunaindeks udregnet for de enkelte stationer. Der er foretaget bestemmelse af henholdsvis AMBI og DKI (Borja, et al., 2000; Josefson, et al., 2009).

Data er indlæst fra regneark og behandlet med to overordnede transformationer:

1. Kvadratrod (abundans), som i analysen vægter både artsammensætning og abundans, uden at meget individrige prøver dominerer analysen.
2. Log (abundans+1), som hovedsagelig vægter artssammensætning.

Når det drejer sig om biologiske data vælges normalt at anvende Bray-Curtis koefficienten (= Czekanowski koefficienten) som similaritetsmål. Således udregnes similariteten mellem den i'te og den j'te prøve som:

$$BC = \frac{\sum_k |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_k x_{ik} + \sum_k x_{jk}}$$

- hvor x_{ik} = den numeriske oplysning om den k'te art ($k=1,2,\dots,p$) i den i'te prøve ($i=1,2,\dots,n$).

For datasættet er der udregnet en similaritet mellem alle prøver, som efterfølgende danner grundlag for:

1. MDS plots, der bedst muligt repræsenterer de udregnede similariteter i to dimensioner.
2. Clusteranalyse, der grupperer prøverne i forhold til similaritet. Clustrene er efterfølgende afbildet på MDS plottene.
3. SIMPER, som igennem permutationstest oplister de arter, som dels er de karakteriserende indenfor én gruppe og dels er karakteriserende for forskellen mellem grupper. SIMPER er kørt både på stationer og Clustergrupper.

MDS-proceduren forsøger gennem en iterativ proces at konstruere et "kort", der så godt som muligt på én gang afbilder de udregnede afstande mellem prøverne. Den non-metriske udgave arbejder ikke på de absolutte afstande, men derimod på de relative ranks. Så kravet til det konstruerede kort er, at hvis prøve 1 ligner prøve 2 mere end prøve 3, så skal prøve 1 også på kortet være placeret tættere på prøve 2 end 3.

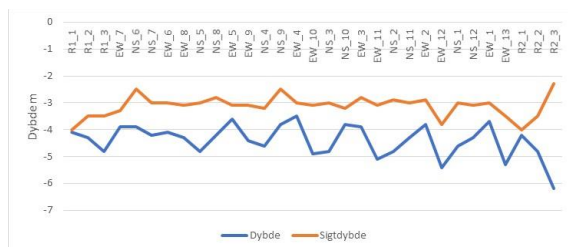
Det er klart, at afstandene på et kort i to dimensioner, ikke kan give en fuldstændig tro afbildning af de udregnede similariteter. Et vigtigt mål for, hvor godt de oprindelige similariteter vises i de todimensionale MDS-plots, gives af den såkaldte stressfaktor. En stress-værdi på nul fortæller, at der opnået en perfekt repræsentation af similariteterne, mens der ved stress-værdier på mere end 0,3 ikke vises meget mere end tilfældige punkter på MDS-plottet.



Procestank på Mariagerfjord Renseanlæg © Mariagerfjord Vand A/S.

3. Resultater

I forbindelse med selve prøvetagningen er der ikke fundet forskelle i vandets klarhed målt som sigtdybden, som kan relateres til stationernes afstand eller nærhed til selve udledningsstedet, Figur 3-1.



Figur 3-1. Sammenhængen mellem dybde og sigtdybde på de enkelte stationer inden for undersøgelsesområdet ud for Als i oktober 2019.

Begrønningssamfund på erosionsbeskyttelsen, bl.a. små eksemplarer af sukkertang i 2013 © Mariagerfjord Vand A/S.

Dybden inden for undersøgelsesområdet varierer fra ca. 3,5 m til godt 6 m. Sigtdybden er mindst på den referencestation, der ligger i den største dybde og længst mod nord (referencestation R2_3), mens der på to andre referencestationer er konstateret en sigt næsten helt til bunden (referencestation R1_1 og R2_1). Der er ikke konstateret sigt ned til bunden på nogle af de øvrige stationer i undersøgelsesområdet.

3.1 Videoinspektion

Inspektionsvideoen viser, at der er aflejret et tyndt lag sand over ringarmeringen omkring udløbsledningen. Sandlaget dækker mere eller mindre fasthæftningsorganerne af de alger, der har etableret sig på fundamentet. Der er observeret rester af løstliggende ålegræs. Der er ikke observeret aflejringer af organisk stof, og der er tilsyneladende kun aflejret rent sand.

På ringarmeringen er der overvejende bevoksninger af butblæret sargassotang (*Sargassum muticum*), som også er den dominerende alge på erosionsbeskyttelsen, Tabel 3-1. Herudover er rurer meget hyppige især på ringarmeringen. Foruden butblæret sargassotang er også rødalgerne ledtang (*Polysiphonia sp.*), og klotang (*Ceramium nodulosum*) hyppige i begroningssamfundet ligesom grønalgene vandhår (*Cladophora sp.*) og brunalgen almindelig vatalge (*Ectocarpus siliculosus*). Den almindelige vatalge dækker generelt større dele af bevoksningerne af butblæret sargassotang.

Der er observeret enkelte skrubber samt stimer af toplettet kutling. Desuden er der observeret både savgylte og havkarusse i området omkring spildevandsudløbet.

Tabel 3-1. Oversigt over de hyppigste arter i begroningssamfundet på erosionsbeskyttelsen og ringarmeringen omkring spildevandsudløbet fra Mariagerfjord Renseanlæg. Identifikationen og hyppighedsangivelsen er angivet på baggrund af videoer optaget i tilknytning til kontrol af spildevandsudløbet i 2013, 2016 og 2019.

Hovedgruppe	Gruppe	Art	Dansk navn	Estimeret hyppighed
Bunddyr	Koraldyr	<i>Metridium senile</i>	Sønelike	**
Bunddyr	Krebsdyr	<i>Balanus spp.</i>	Rurer	****
Bunddyr	Pighud	<i>Asterias rubens</i>	Alm. Søstjerne	*
Bunddyr	Bløddyr	<i>Mytilus edulis</i>	Blåmusling	*
Bunddyr	Havbørsteorm	<i>Spirobranchus triqueter</i>	Trekantsorm	*
Bunddyr	Svampe	<i>Halichondria panicea</i>	Brødkrummesvamp	*
Makroalge	Brunalge	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	Almindelig vatalge	**
Makroalge	Brunalge	<i>Saccharina latissima</i>	Sukkertang	*
Makroalge	Brunalge	<i>Sargassum muticum</i>	Butblæret sargassotang	***
Makroalge	Grønalge	<i>Cladophora sp.</i>	Vandhår	**
Makroalge	Rødalge	<i>Callithamnion corymbosum</i>	Tæt rødsky	*
Makroalge	Rødalge	<i>Ceramium nodulosum</i>	Klotang	**
Makroalge	Rødalge	<i>Polysiphonia sp.</i>	Ledtang	***
Fisk	Fladfisk	<i>Platichthys flesus</i>	Skrubbe	*
Fisk	Kutlinger	<i>Gobiusculus flavescens</i>	Toplettet kutling	**
Fisk	Læbefisk	<i>Symphodus melops</i>	Savgylte	*
Fisk	Læbefisk	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Havkarusse	*



Figur 3-2. Savgylte ved en bevoksning af butblæret sargassotang ved kanten af ringarmeringen (Mariagerfjord Vand A/S, 2016).



Figur 3-3. Havkarusse og stimer af toplettet kutling over erosionsbeskyttelsen med bevoksninger af primært butblæret sargassotang overgroet med almindelig vatalge (Mariagerfjord Vand A/S, 2016).

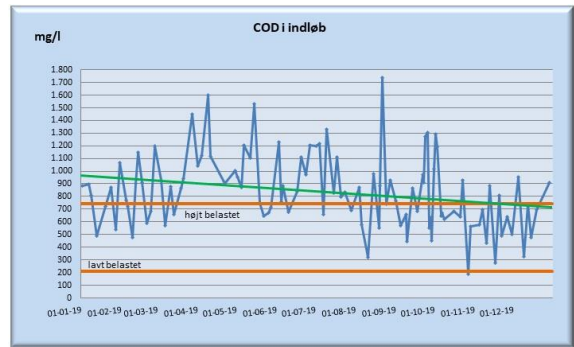
3.2 Interne analyser

Udledningerne fra Mariagerfjord Renseanlæg bærer i 2019 præg af, at renseanlægget i dag er overbelastet, hvilket resulterer i, at rensningen i perioder ikke er optimal. Belastningen var i 2019 i gennemsnit på 88.679 PE (Mariagerfjord Vand A/S, 2020) mod den tilladte kapacitet på 75.000 PE.

Renseanlægget var især i begyndelsen af 2019 stærkt overbelastet, mens belastningen mere eller mindre faldt til et normalt niveau i sidste halvdel af 2019, Figur 3-4.



Afløb processtank © Mariagerfjord Vand A/S.

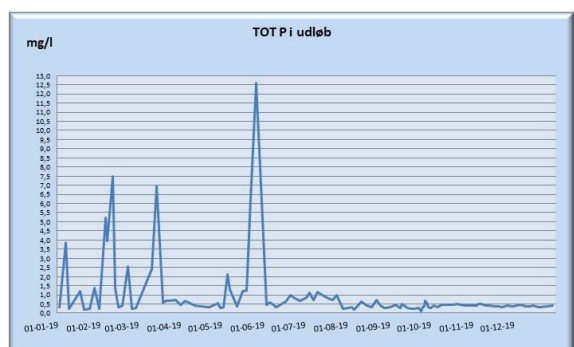
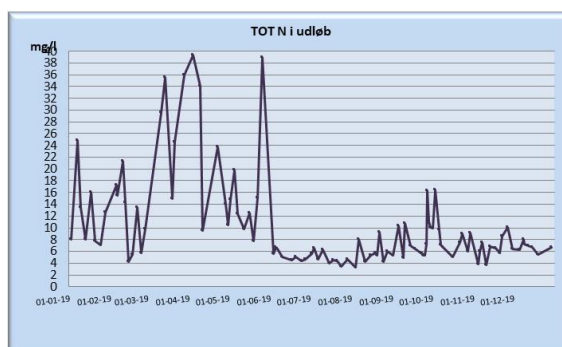


Figur 3-4. Variationen i indløbskoncentrationen af organisk stof målt som det kemiske iltforbrug COD til Mariagerfjord Renseanlæg i 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020). Grøn linje viser tendensen i udviklingen over tid.

I 2019 var udledningen af næringsstofferne kvælstof og fosfor på henholdsvis ca. 55,7 og 5,6 tons, Tabel 4-1. Koncentrationen af stofferne i udløbet varierer betydeligt hen over året, hvilket dog især er tilfældet i første halvår af 2019, Figur 3-5.

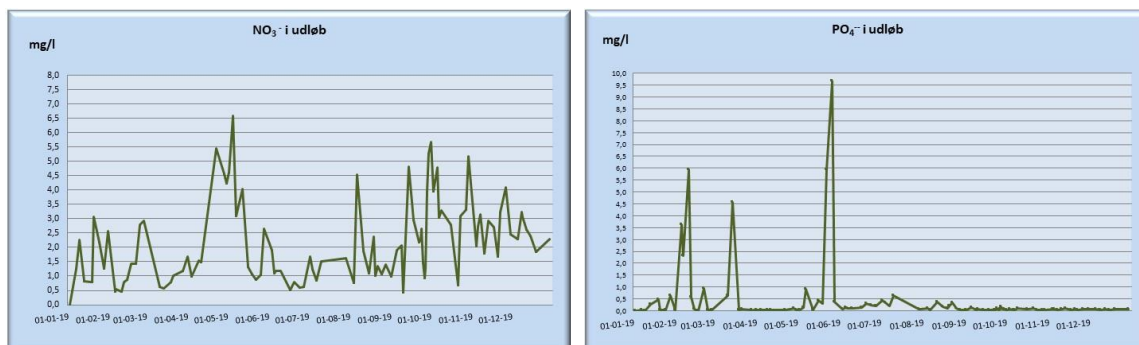
Tabel 3-2. De totale og gennemsnitlige udledningmængder fra Mariagerfjord Renseanlæg for dels 2019, undersøgelsestidspunktet 7. oktober 2019 og for en periode omkring undersøgelsestidspunktet (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

Beskrivelse	Flow			COD	SS	Kvælstof			Fosfor		
	l/s	m ³ /dag	m ³ /år			TOT N	NO ₃ ⁻	TOT P	PO ₄ ⁻		
Total	l/s	m ³ /dag	m ³ /år	kg/år	kg/år	kg/år	mg/l	mg/l	kg/år	kg/år	mg/l
2019	-	-	5.473.540	219.507	77.724	55.762	-	-	5.633	-	-
Gennemsnit	l/s	m ³ /dag		kg/d	kg/d	kg/d	mg/l	mg/l	kg/d	mg/l	mg/l
2019	174	14.995		601,4	212,9	152,8	10,25	2,15	15,4	0,98	0,44
7-10-2019	121	10.482		376,3	114,8	73,9	7,05	3,04	3,7	0,36	0,04
24-sep. – 9 okt. 2019	163	14.042		549,6		140,4	9,22	2,59	5,9	0,4	0,08



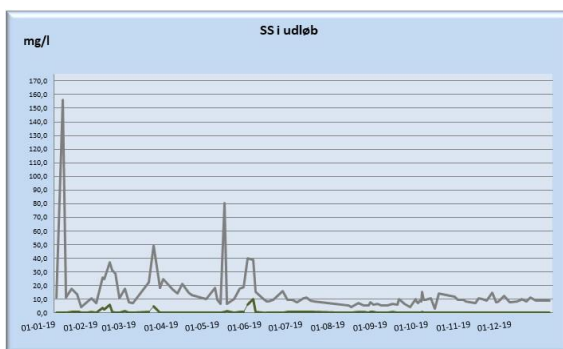
Figur 3-5. Variationen i udløbskoncentrationerne af henholdsvis total-kvælstof og total-fosfor fra Mariagerfjord Renseanlæg i 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

Variationen i udledningen af fraktionerne af kvælstof og fosfor følger generelt mønsteret for udledningen af total-kvælstof og total-fosfor, Figur 3-6.



Figur 3-6. Variationen i udløbskoncentrationerne af henholdsvis nitrat og orthofosfat fra Mariagerfjord Renseanlæg i 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

Med undtagelse af nogle enkelte høje værdier i første halvår af 2019 ligger udløbskoncentrationen af suspenderet stof på ca. 14,2 mg/l, Figur 3-7.

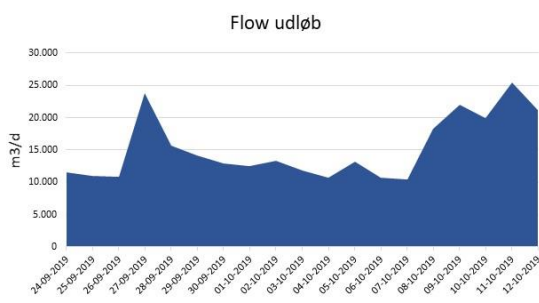


Figur 3-7. Variationen i udløbskoncentrationen af suspenderet stof fra Mariagerfjord Renseanlæg i 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

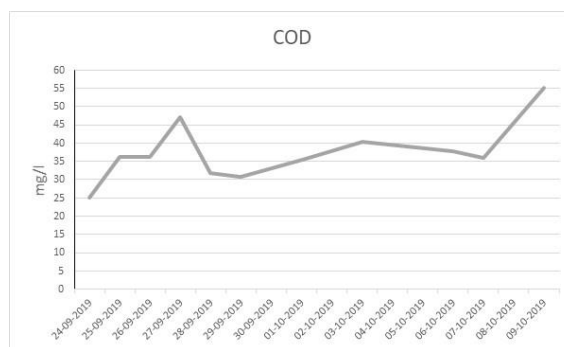


Klaringstank © Mariagerfjord Vand A/S

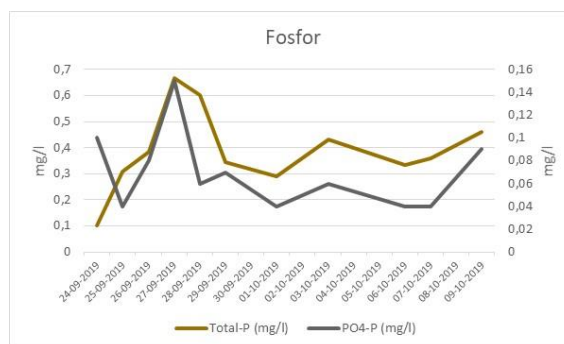
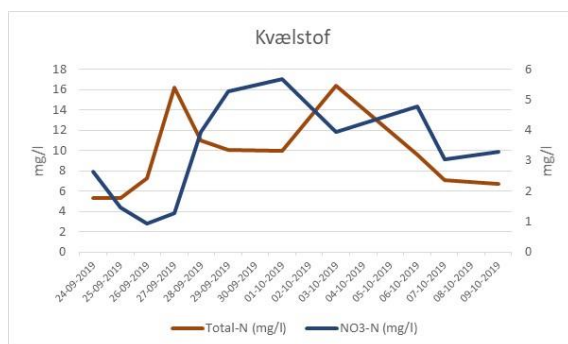
På undersøgelsesdagen den 7. oktober lå de målte værdier betydeligt under middel for hele 2019, mens værdierne for en periode på ca. 10 dage, der lå henholdsvis før og efter selve undersøgelsestidspunktet, mere var på niveauet for gennemsnittet i 2019, Tabel 3-2, Figur 3-8, Figur 3-9 og Figur 3-10 . Dog lå værdierne under, hvilket især var tilfældet for udledningen af total-fosfor, der lå betydeligt under gennemsnittet for 2019, Tabel 4-1, men på niveau for gennemsnittet i sidste halvdel af 2019, Figur 3-5 og Figur 3-10 .



Figur 3-8. Variationen i udløbsmængderne i en periode på ca. 10 dage omkring undersøgelsestidspunktet den 7. oktober 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).



Figur 3-9. Variationen i udløbskoncentrationen af organisk stof mål som det kemiske iltforbrug COD i en ca. 10 dages periode omkring selve undersøgelsestidspunktet den 7. oktober 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020)



Figur 3-10. Variationen i udledningskoncentrationerne af næringsstoffene kvælstof og fosfor i en ca. 10 dages periode omkring selve undersøgelsestidspunktet den 7. oktober 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

3.2.1 Bakteriologiske analyser

På baggrund af de relativt få data der er til rådighed, over ind- og udløbskoncentrationer af spildevandets indhold af fækale bakterier, ses at rensningseffektiviteten for bakterier er på mere end 92%, Tabel 3-3. Der udføres ikke normalt analyser i både indløb og udløb og tallet for rensningsgraden af E. coli er derfor baseret på et øjebliksbillede. Der foreligger ikke brugbare værdier for rensningsgraden af enterokokker.

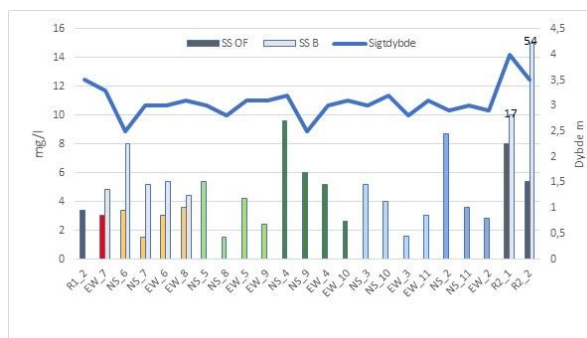
Udløbskoncentrationerne varierer meget, og på tidspunktet for undersøgelsen den 7. oktober 2019 blev der konstateret værdier på mellem 33.000 og 141.000 E. coli/100 ml.

Tabel 3-3. Analyser af indholdet af fækale bakterier i indløbs- og udløbsvand fra Mariagerfjord Renseanlæg i 2018 og 2019 (Mariagerfjord Vand A/S, 2020).

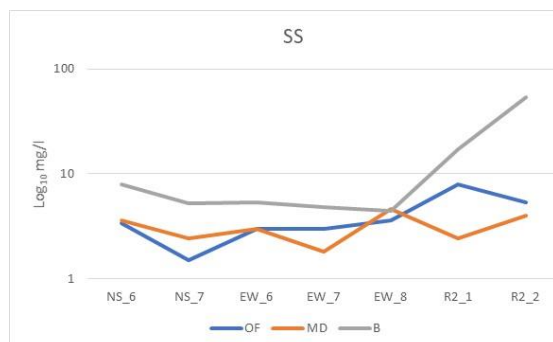
Dato	Indløb			Udløb		
	E. coli	Enterokokker	Salmonella	E. coli	Enterokokker	Salmonella
	MPN/100 ml	MPN/100 ml	/100 ml	MPN/100 ml	MPN/100 ml	/100 ml
2018-03-21				49.000		-
2018-04-06				>160.000		-
2018-08-08				3.300		-
2019-10-04		>1.000	+	33.000	>1.000	+
2019-10-28	>1.600.000	>1.000	+	141.000	>1.000	-

3.3 Analyser af havvand inden for undersøgelsesområdet

Analyserne af vandets indhold af partikulært stof viser, at der kan være relativ stor forskel mellem de forskellige stationer, Figur 3-12. Der ses ikke at være nogen egentlig sammenhæng mellem vandets indhold af partikulært stof og sigtdybde på de enkelte stationer eller med afstanden til udløbet, Figur 3-11.

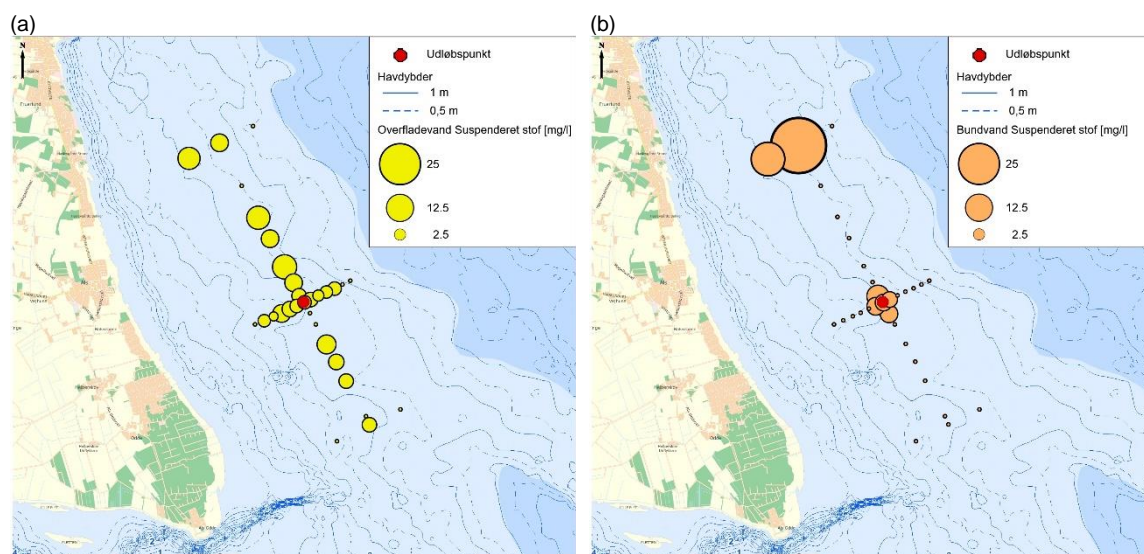


Figur 3-11. Sigtdybde og værdier for indhold af suspenderet stof i overfladevand (SS OF) og bundvand (SS B) på nogle udvalgte overvågningsstationer ud for Als i oktober 2019 grupperet i potentielle påvirkningszoner omkring udløbet EW_7, jf. Tabel 2-1. Bundvandets indhold af suspenderet stof på referencestationerne R2_1 og R2_2 er angivet med den reelle værdi over søjlerne.



Figur 3-12. Indholdet af suspenderet stof i dybdeprofil på nogle udvalgte overvågningsstationer ud for Als i oktober 2019.

De højeste koncentrationer af suspenderet stof er fundet på stationer i zone 4 og 5 på den nord-sydgående linje i nordlig retning. Der er generelt fundet lave værdier nærmest udløbet, Figur 3-13, og på den øst-vestgående linje. Indholdet af suspenderet stof er generelt størst i bundvandet, og her er de største værdier ligeledes fundet på de nordligst liggende referencestationer, Figur 3-12.

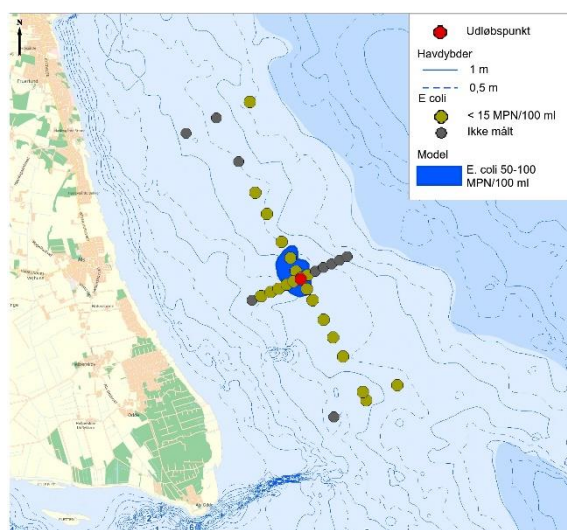


Figur 3-13. Indholdet af suspenderet stof (SS) i henholdsvis (a) overfladevandet og (b) bundvandet på en række lokale overvågningsstationer ud for Als i oktober 2019.

3.3.1 Bakterier i havvandet

Ingen af vandprøverne viser værdier over detektionsgrænsen for hverken E. coli eller intestinale enterokokker, Bilag 3. Det vil sige, at der ikke er forskel på bakterieindholdet mellem vandprøverne udtaget på referencestationer længst fra udløbet og vandprøver udtaget umiddelbart tæt på spildevandsudløbet.

De faktisk målte værdier viser, en betydelig mindre påvirkningszone i relation til badevandskvaliteten end de modellerede værdier ved en udledning af rensset spildevand på 5,6 mio. m³/år svarende til den nuværende godkendte belastning (Lumborg, 2019), Figur 3-14.



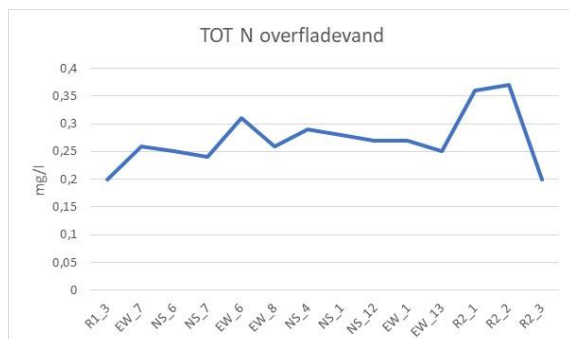
Figur 3-14. Målte værdier af badevandskvaliteten (E. coli) sammenlignet med de modellerede værdier (Lumborg, 2019).



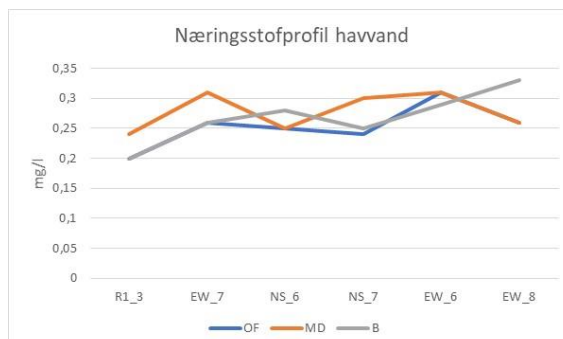
Udsigt over stranden ved Haslevgaarde Bakker © Mariagerfjord Vand A/S © Biodata ApS.

3.3.2 Næringsstoffer i havvandet

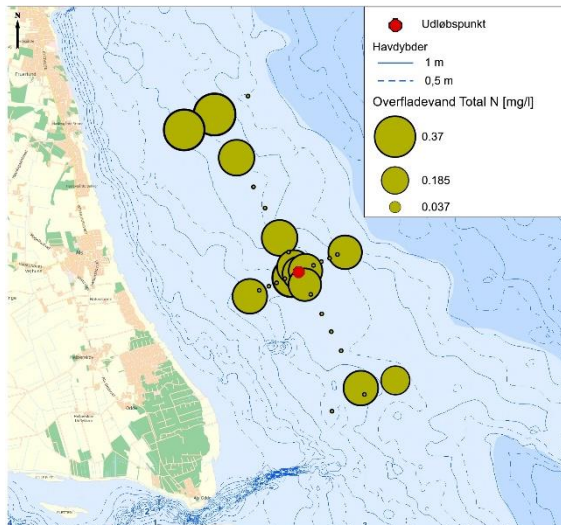
Analyserne af havvandets indhold af næringsstoffer viser ingen tydelige tendenser eller overkoncentrationer af total-kvælstof i området omkring udløbet, hverken i overfladevandet eller dybere i vandsøjlen, Figur 3-15, Figur 3-16 og Figur 3-17.



Figur 3-15. Næringsstofkoncentrationer i overfladevandet (total-kvælstof) på udvalgte stationer.



Figur 3-16. Næringsstofprofiler (total-kvælstof) på udvalgte stationer tæt på havledningens udløb EW_7 sammenlignet med referencestation R1_3.



Figur 3-17. Koncentrationsniveauer af total-kvælstof i overfladevandet fra en række lokale overvågningsstationer ud for Als i oktober 2019.



Samling af søsalat ved udløbet fra Haslevgård Å © BioData ApS.

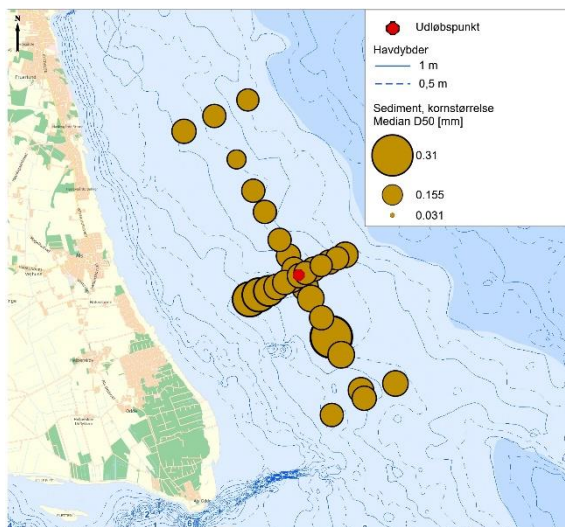
3.4 Sedimentkarakteristik

Sedimentets struktur er ret ensartet i området, og på næsten alle de undersøgte stationer består sedimentet af finkornet sand, med et lille indhold af finpartikulært stof (ler og silt), Bilag 5, og et meget lille indhold af organisk stof vurderet ud fra sedimentets glødetab. Kornstørrelsen på de fleste stationer ligger på 0,17 – 0,2 mm.

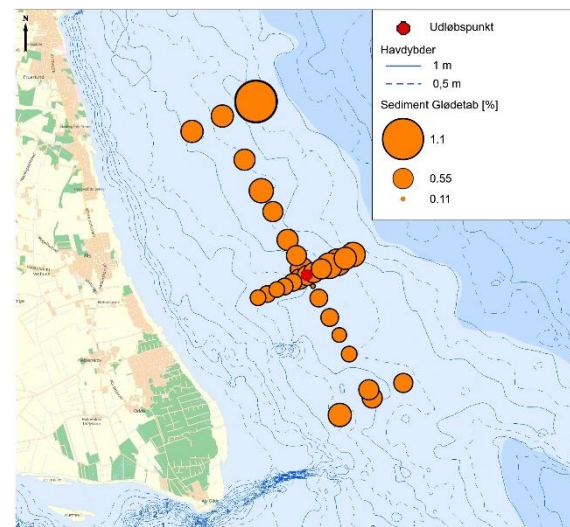
Der er en svag korrelation (0,27) mellem sedimentets karakter og dybden, der afspejles i, at der generelt er en faldende middelhornstørrelse, et stigende indhold af finpartikulært materiale (silt/ler) og et stigende indhold af organisk stof med stigende dybde, Figur 3-18, Figur 3-19 Figur 3-20.



Barriere ø bestående af fint sand i området syd for Øster Hurup Havn © BioData ApS.

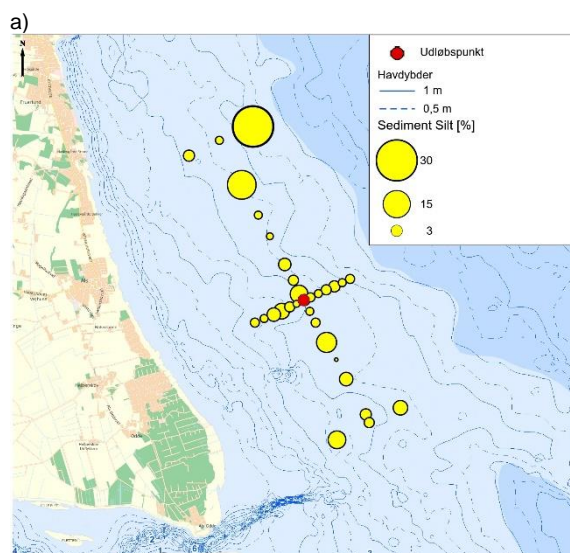


Figur 3-18. Sedimentets kornstørrelsesfordeling på de undersøgte stationer ud for Als, oktober 2019.

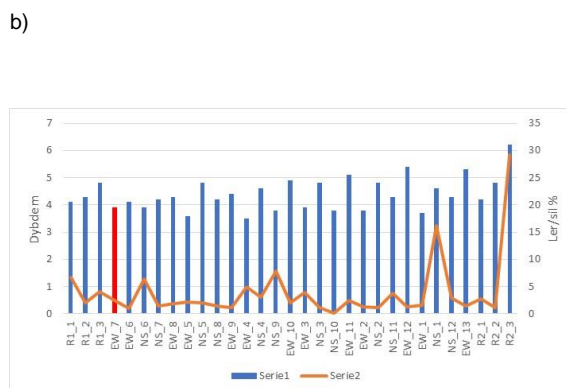


Figur 3-19. Sedimentets indhold af organisk stof på de undersøgte stationer ud for Als, oktober 2019.

Der er dog inden for den generelle beskrivelse af sedimentets karakter i området en relativt stor variation i sedimentets sammensætning mellem de enkelte stationer, hvilket blandt andet afspejles i indholdet af finkornet materiale (ler/silt), Figur 3-20, men også i sedimentets grundlæggende struktur som kornstørrelsen.



Figur 3-20.a) Sedimentets indhold af finpartikulært stof på de undersøgte stationer ud for Als, oktober 2019, b) set i sammenhæng med dybden på de enkelte stationer omkring udløbspunktet.



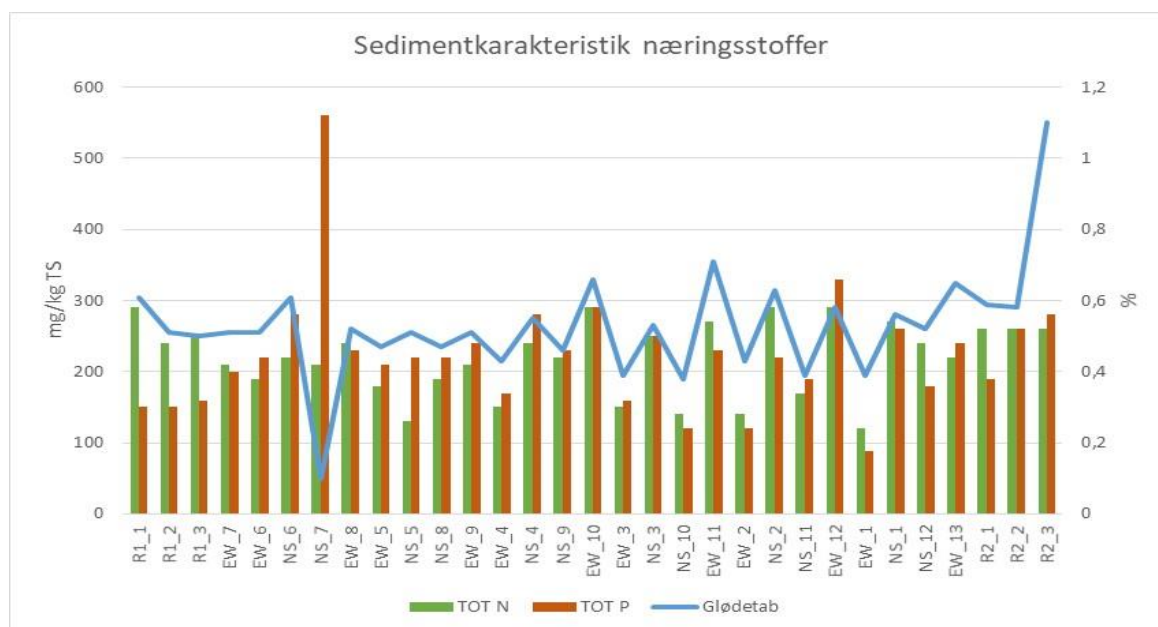
På station R1_1 beliggende i 4,1 m's dybde syd for udløbet har sedimentet et lavt tørstofindhold, mens der på station R2_3 beliggende i den dybeste del af prøvetagningsområdet i 6,2 m's dybde nord for udløbet er registreret et højt indhold af finkornet materiale med et større indhold af organisk stof. På station NS_1 i 4,5 m's dybde er sedimentet også mere finkornet med et højere indhold af

finpartikulært stof. På station NS_10 i 3,8 m's dybde kan sedimentet, med en kornstørrelse på 0,32 mm, betegnes som mellemsand. Her er der konstateret et meget lavt indhold af ler/silt og et meget lavt indhold af organisk stof.

Der er kun en meget svag sammenhæng (0,18), som kan tilskrives afstanden til udledningspunktet. Her skal det bemærkes, at denne sammenhæng også kan skyldes, at der er registret et stort indhold af finpartikulært stof i sedimentet på referencestation R2_3. Der er ingen korrelation (0,15) mellem sedimentets sammensætning og den modellerede sedimentaflejring (Lumborg, 2019).

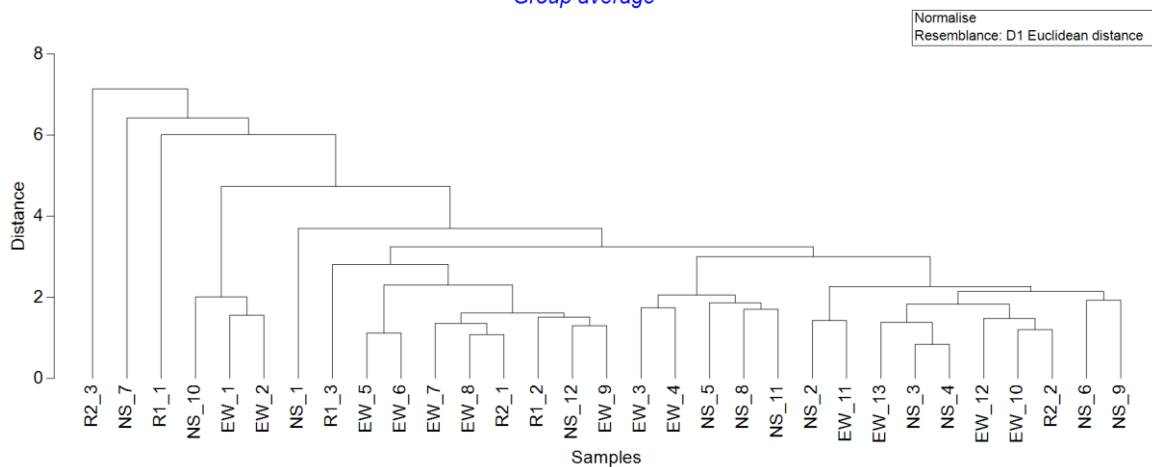
3.4.1 Næringsstoffer i sedimentet

Med undtagelse af et markant højere indhold af fosfor på stationen (NS_7), umiddelbart syd for udløbet, er der ingen væsentlige forskelle på sedimentets indhold af næringsstoffer, Figur 3-21. På denne station er indholdet af vandopløseligt nitrat også 0,2-0,5 mg/kg TS højere end på referencestationerne til trods for, at der her er fundet det laveste indhold af organisk stof, Figur 3-21 og Bilag 5.



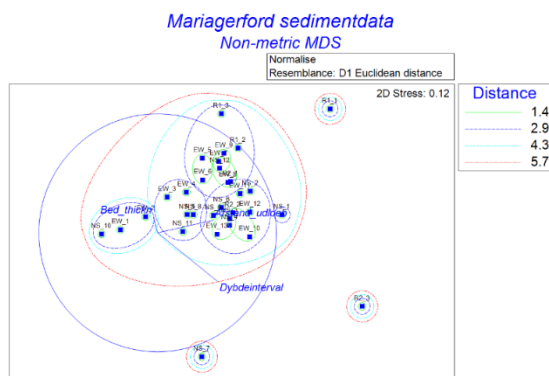
Figur 3-21. Sedimentets indhold af organisk stof og næringsstoffer. Stationerne er grupperet i zoner omkring udledningen EW_7 (nærzonen EW_6, NS_6, NS_7 og EW_8,) og dernæst i de efterfølgende zoner 2-6 i større og større afstand fra udledningspunktet (zone 2: EW_5, NS_5, NS_8, og EW9), (zone 3: EW_4, NS_4, NS_9; og EW_10), (zone 4: EW_3, NS_3, NS_10; og EW11), (zone 5: EW_2, NS_2, NS_11; og EW_12) og (zone 6: EW_1, NS_1, NS_12; og EW_13). Referencestationerne R1 og R2 er arrangeret så de sydligste stationer ligger mod venstre og de nordligste til højre.

Mariagerford sedimentdata
Group average

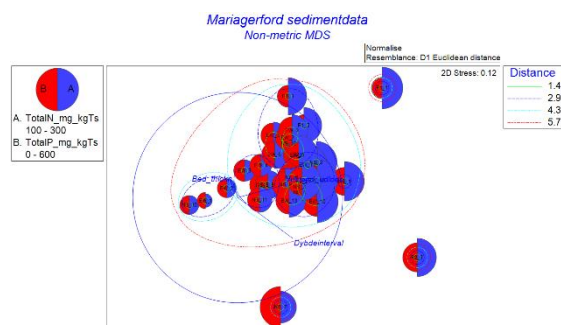


Figur 3-22. Clusterdiagram over ligheden mellem stationer organiseret efter dybde og sedimentkarakteristik på parametrene, middeldornstørrelse, indholdet af fine partikler, glødetab, indhold af næringsstoffer (TOT N, TOT P og vandopløseligt nitrat og orthofosfat).

Den statistiske gruppering viser mere eller mindre samme tendens, selv om der kun er meget små forskelle mellem de enkelte stationer. Station NS_7 og referencestationerne R2_3 og R1_1 skiller sig ud fra de øvrige stationer, Figur 3-23.

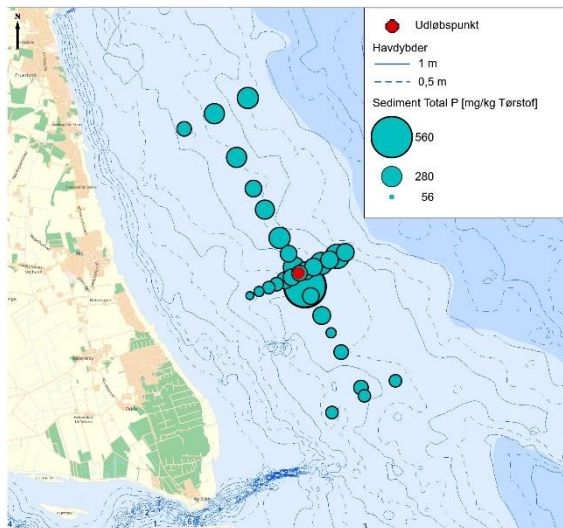


Figur 3-23. Ligheden mellem stationer med hensyn til sedimentkarakteristik og sammenlignelige baggrundsdata som dybde, afstand til udløbet og den modellerede sedimentaflejring. De forskellige "afstande" angivet ved farvede ringe på plottet svarer til y-aksen i Figur 3-22.

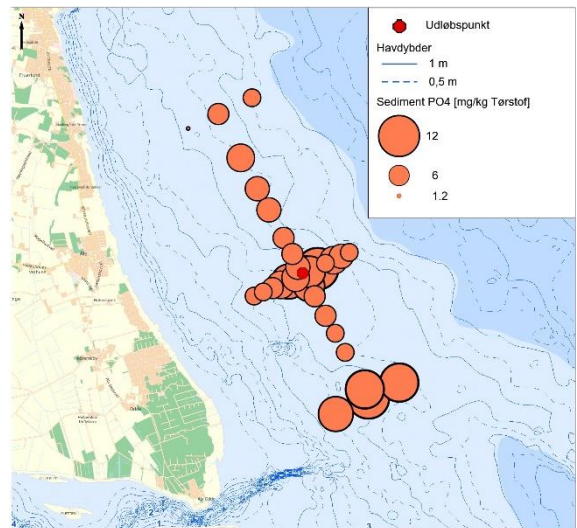


Figur 3-24. Ligheden mellem stationer med hensyn til sedimentets indhold af næringsstoffer målt som total-kvælstof /TOT N) og totalfosfor (TOT P). Øget ligheden giver sig til udtryk i kortere afstand mellem stationerne på MDS plottet.

På station NS_7 er der som nævnt et højt fosforindhold i sedimentet, og fosforindholdet er her meget større end indholdet af kvælstof, hvorimod indholdet af kvælstof i sedimentet generelt overstiger fosforindholdet på de øvrige stationer, Figur 3-24, Figur 3-25. Også indholdet af vandopløseligt fosfor (orthofosfat) på stationerne tæt på udløbet synes at være højere end på hovedparten af de øvrige undersøgte stationer, Figur 3-26. Her grupperer stationerne sig i henholdsvis nord-syd og øst-vest liggende stationer, hvor indholdet af vandopløseligt fosfor tilsyneladende er lidt større på de øst-vest liggende, Figur 3-27. Indholdet af orthofosfat er dog på samme niveau på de sydlige referencestationer.

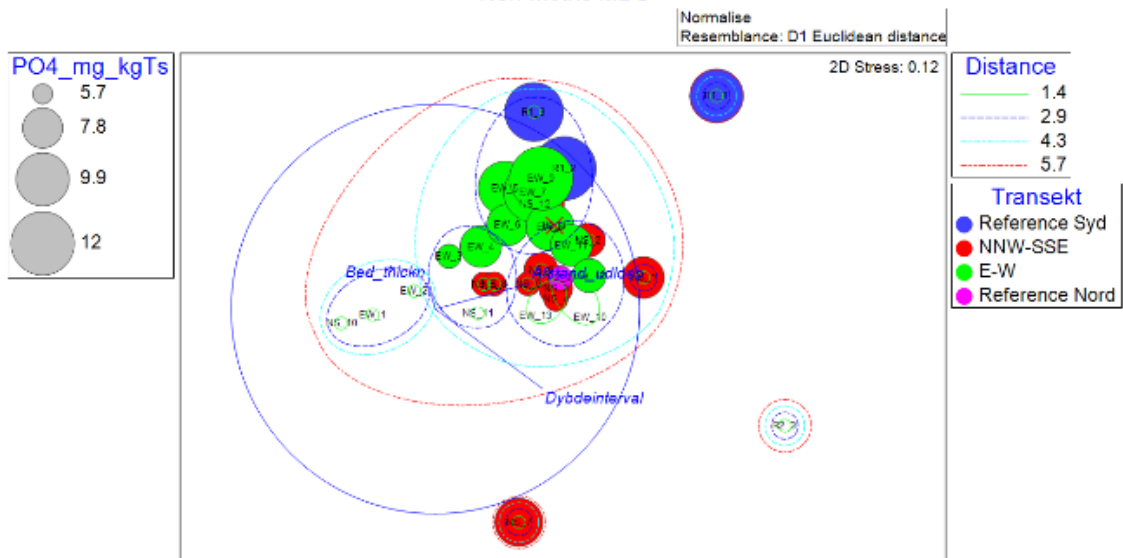


Figur 3-25. Sedimentets indhold af - total-fosfor - på de undersøgte stationer.



Figur 3-26. Sedimentets indhold af vandopløseligt fosfor - orthofosfat - på de undersøgte stationer.

Mariagerford sedimentdata Non-metric MDS



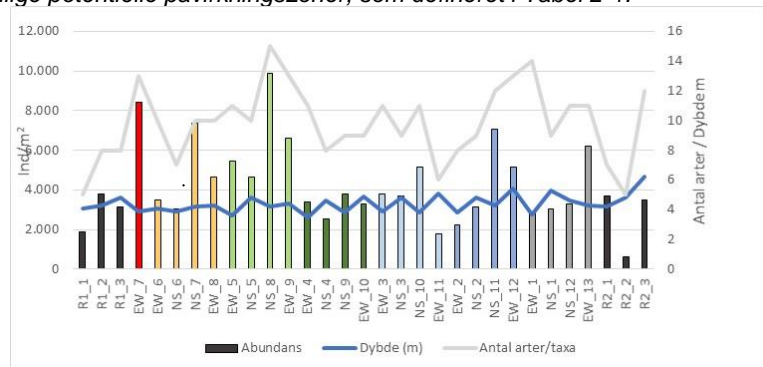
Figur 3-27. Grupperingen af stationer i forhold til sedimentets indhold af vandopløseligt fosfor.

3.5 Bundfauna

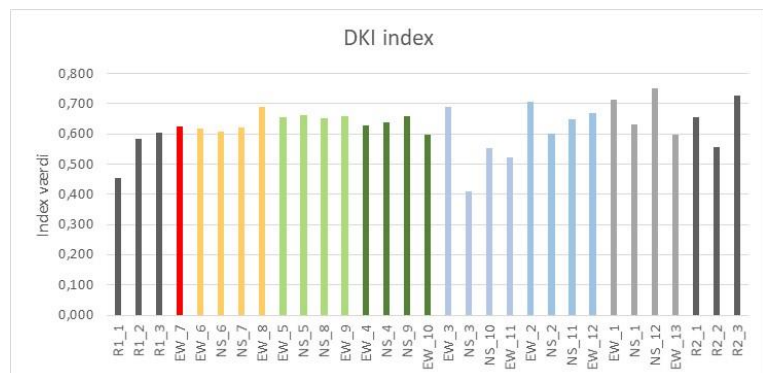
I oktober 2019 er der registreret i alt 44 forskellige arter/taxa i blødbundsfaunaen i det lokale område af Kattegat ud for Als, Bilag 3. Antallet af arter/taxa på hver station varierer mellem 5 og 15, mens individtætheden eller abundansen varierer mellem 631 og 9.891 individer/m², og Tabel 3-4 og Figur 3-28.

Tabel 3-4. Oversigt over antal arter og individer på de enkelte stationer i undersøgelsesområdet med tilsvarende DKI indeksværdier. DKI-indekset anvendes i vurderingen af miljøkvaliteten ud fra artsdiversiteten, hvori indgår antal arter og antal individer. Stationerne i figurene er arrangeret omkring referencestationerne henholdsvis syd R1 og nord R2 (grå) og dernæst fra venstre mod højre i de seks forskellige potentielle påvirkningszoner, som defineret i Tabel 2-1.

Station	DKI	DKI gennemsnit
R1_1	0,455	
R1_2	0,584	0,548
R1_3	0,605	
EW_7	0,624	0,624
EW_6	0,618	
NS_6	0,608	
NS_7	0,621	0,634
EW_8	0,688	
EW_5	0,655	
NS_5	0,662	0,656
NS_8	0,651	
EW_9	0,657	
EW_4	0,629	
NS_4	0,638	
NS_9	0,660	0,631
EW_10	0,596	
EW_3	0,691	
NS_3	0,409	
NS_10	0,554	0,544
EW_11	0,521	
EW_2	0,708	
NS_2	0,602	0,656
NS_11	0,647	
EW_12	0,667	
EW_1	0,714	
NS_1	0,632	0,673
NS_12	0,749	
EW_13	0,598	
R2_1	0,654	
R2_2	0,558	0,647
R2_3	0,728	



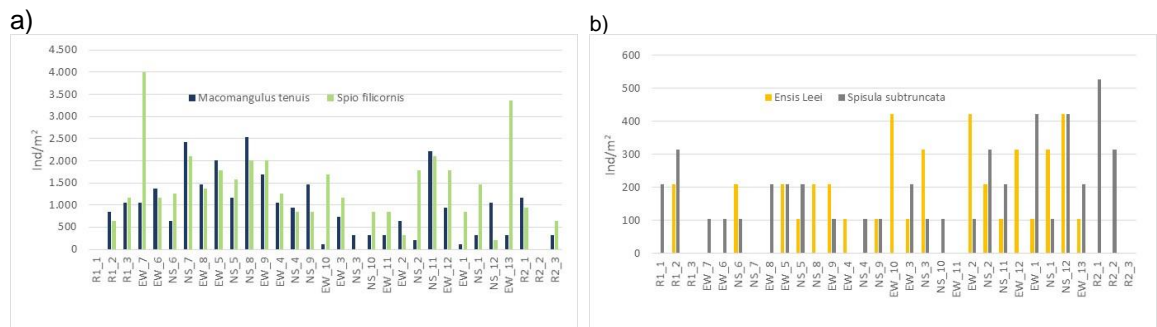
Figur 3-28. Antallet af arter og individtæthed på de enkelte undersøgelsesstationer ud for Als, oktober 2019.



Figur 3-29. DKI-indekset beregnet på sammensætningen af bundfaunaen på de enkelte stationer ud for Als, oktober 2019. Indekset er beregnet dels for de enkelte stationer og dels samlet for stationerne beliggende i de forskellige potentielle påvirkningszoner omkring udløbet. Høje og lave værdier (1,0-0,1) af indekset indikerer henholdsvis god og dårlig økologisk tilstand.

På nogle stationer i nærområdet, herunder stationen tættest på udløbet EW_7, er der registreret nogle af de største individtætheder, men også høje artsantal. Der er dog ikke registreret forskel i indekseværdierne for bundfaunaens økologiske tilstand mellem disse stationer, hvor indekseværdierne ligger på et gennemsnit på 0,62-0,63, og hovedparten af de øvrige stationer i undersøgelsesområdet inklusive referencestationerne, hvor indekseværdierne tilsvarende ligger på gennemsnit fra 0,55-0,67, Figur 3-29.

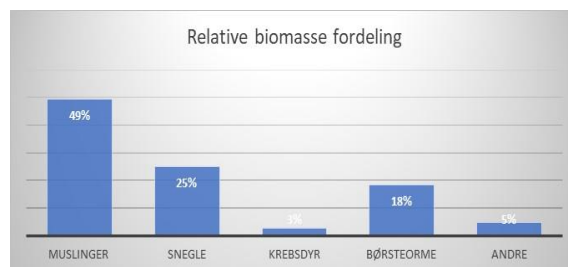
De hyppigste og mest talrige arter er den almindelige tallerkenmusling (*Macomangulus tenuis*), der med undtagelse af nogle få stationer i referenceområderne, R1_1 og R2_1, er registreret på samtlige stationer, og havbørsteormen *Spio filicornis*, der foruden ovennævnte stationer tillige heller ikke er registreret på station NS_3, Figur 3-30. *Spio filicornis* er specielt talrig på station EW_7 ved udløbningsstedet.



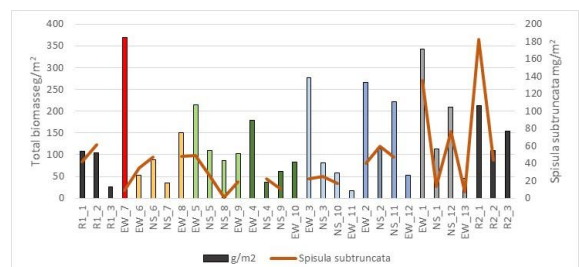
Figur 3-30. Individfordelingen af nogle af de hyppigste og karakteristiske arter registreret i området ud for Als - oktober 2019. *Spio filicornis* udgør 30%, *Macomangulus tenuis* 22%, *Spisula subtruncata* 4% og *Ensis leei* 3% af det totale individantal registreret.

Andre muslinger som den hvælvede trugmusling (*Spisula subtruncata*) og den amerikanske knivmusling (*Ensis leei*) er også meget almindelig og hyppige i området, og der er en tendens til, at de største tætheder og biomasser registreres på de stationer, der ligger i størst afstand og sydlig retning fra udløbet, Figur 3-30 og Figur 3-32.

Muslingerne og specielt den hvælvede trugmusling bidrager generelt med den største andel af den samlede biomasse, Figur 3-31, men som for de øvrige arter er der stor variation i biomassen af denne musling mellem de enkelte stationer. Som nogle af de hyppigste muslinger bidrager den almindelige tallerkenmusling og den amerikanske knivmusling ligeledes med en stor andel af bundfaunaens samlede biomasse.



Figur 3-31. Den relative fordeling af biomassen på hovedgrupper.

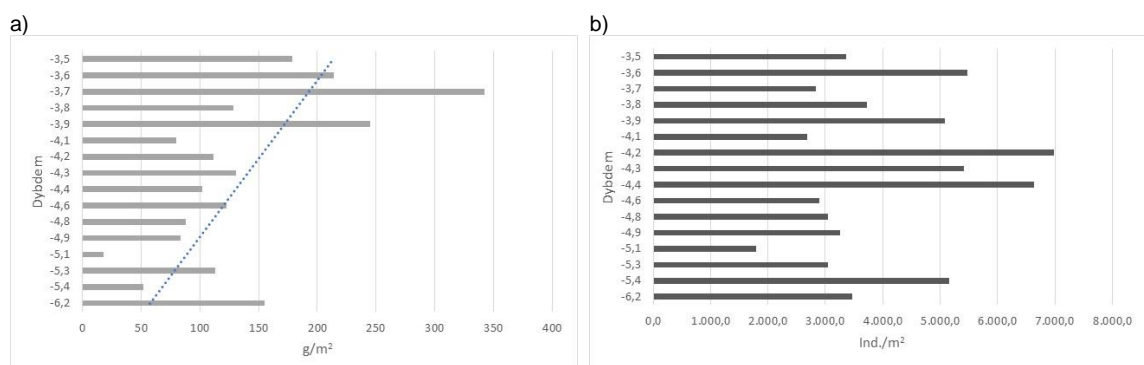


Figur 3-32. Fordelingen af biomassen af *Spisula subtruncata* i forhold til den samlede biomasse på de enkelte stationer ud for Als - oktober 2019.

Mellem de enkelte stationer er der store variationer i biomassen, der varierer fra 18 g/m² til 370 g/m². Den største biomasse er registreret på den station (EW_7), der ligger tættest på spildevandsudløbet. På denne station er der, i forhold til de øvrige stationer, registreret et forholdsvis stort antal og biomasse af dværgkonken (*Tritia reticulata*).

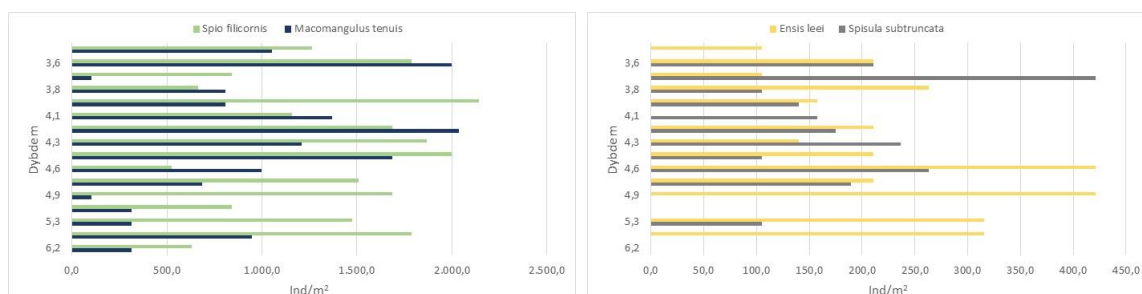
Den statistiske analyse viser ingen signifikante forskelle i fordelingen af arts- og individsammensætningen mellem de enkelte stationer. Der er dog konstateret en svag signifikans (95%) i biomassen mellem de stationer, der ligger inden for nærområdet ca. 100 m fra spildevandsudløbet og de stationer, der ligger i en afstand på ca. 1.500- 3.000 m fra udløbet. Denne forskel forsvinder dog, når der kompenseres for dybden, idet der er en tendens, men ikke signifikant korrelation mellem

dybde og biomasse, hvilket især relaterer sig til sedimentets indhold af organisk stof, Figur 3-33a, Figur 3-37b. Samme relation ses ikke med hensyn til individtætheden på stationerne, Figur 3-33b.



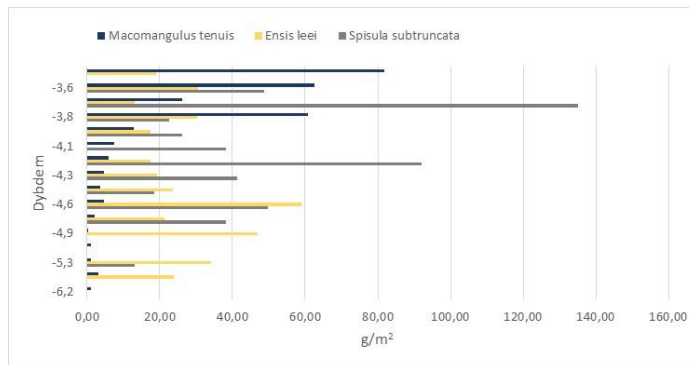
Figur 3-33. Fordeling af den gennemsnitlige biomasse (a) og individtæthed (b) i forhold til vanddybden inden for prøvetagningsområdet.

Relationerne kan relateres til individfordelingen og biomassefordelingen af de dominerende arter, som dog udviser individuelle fordelingsmønstre. Der er tendenser til, at både individtætheden og biomassen af den mest almindelige art tallerkenmuslingen (*Macomangulus tenuis*) aftager med stigende vanddybder, mens det modsatte synes at være tilfældet for den amerikanske knivmusling (*Ensis leei*). De største individtætheder og biomasse for den hvælvede trugmusling (*Spisula subtruncata*) synes mere at findes i mellemdybderne i området, selv om der er en faldende tendens med stigende dybde. For den mest almindelige art *Spio filicornis* kan der ikke identificeres et egentligt fordelingsmønster i relation til dybdeforholdene inden for undersøgelsesområdet.

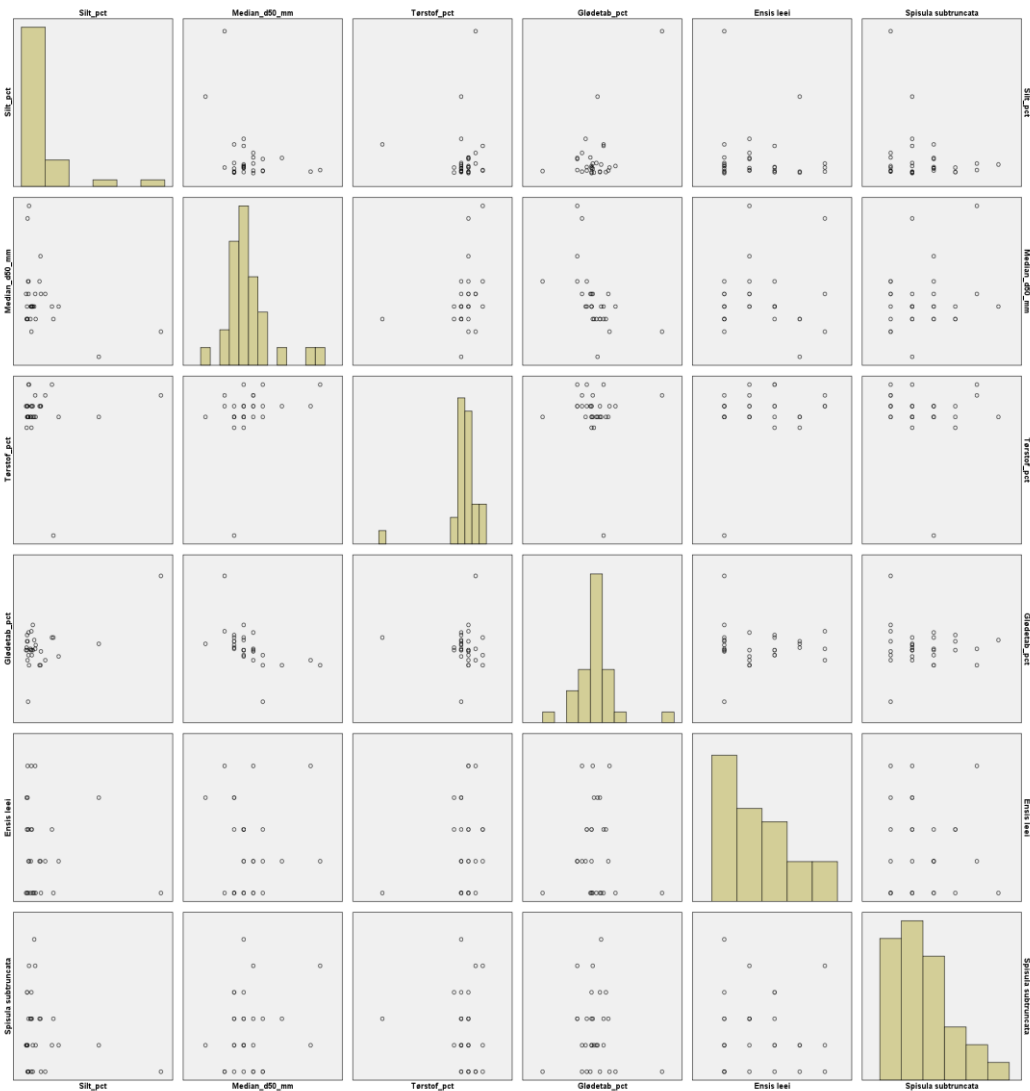


Figur 3-34. Fordelingen af den gennemsnitlige individtæthed i relation til dybdeforhold for (a) den almindelige tallerkenmusling og havbørsteormen *Spio filicornis* og (b) for den hvælvede trugmusling og den amerikanske knivmusling.

Der er ikke konstateret nogen signifikante sammenhænge mellem bundfaunaens sammensætning og sedimentets karakter. For den hvælvede trugmusling og den amerikanske knivmusling er der foretaget en specifik analyse, som heller ikke viste signifikante forskelle i fordelingen af disse muslinger i relation til sedimentets karakter, Figur 3-36.

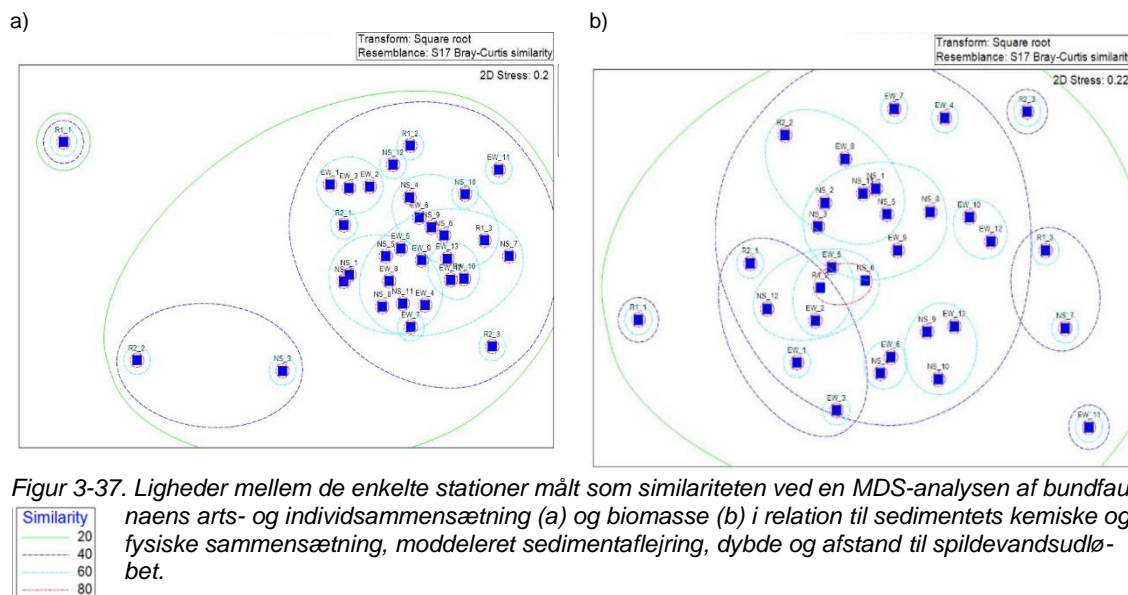


Figur 3-35. Fordelingen af biomassen i relation til dybdeforholdene for den almindelige tallerkenmusling (*Macomangulus tenuis*), den hvælvede trugmusling (*Spisula subtruncata*) og den amerikanske knivmusling (*Ensis leei*). Den hvælvede trugmusling er vist på fotoet © Biodata ApS.



Figur 3-36. Korrelationen mellem sedimentparametre og individtætheden af henholdsvis *Spisula subtruncata* og *Ensis leei*.

Selv om der ikke er signifikante forskelle i arts- og individsammensætningen og biomassefordelingen mellem de enkelte stationer, kan der være tendenser, forskelle og ligheder i bundfaunaens sammensætning de enkelte stationer imellem, Figur 3-37.



Det er karakteristisk, at referencestationen R1_1 ikke ligner nogen af de øvrige stationer med hensyn til arts- og individfordeling. Der er her konstateret nogle af de laveste arts- og individantal registreret i forbindelse med undersøgelsen. Skønt der er forekomst af den hvælvede trugmusling, er der dog her konstateret en stor individtæthed af stor dyndsnegl *Peringia ulvae*, hvilket ikke er sammenligneligt med nogen af de øvrige stationer.

Herudover er der to grupper med en indbyrdes lighed på mere end 40%:

1. En gruppe med to stationer R2_2 og NS_3, som er henholdsvis en referencestation og en station i zone 4 begge beliggende nord for udløbet. Kendetegnet for begge stationer er en manglende forekomst af den ellers dominerende børsteorm *Spio filicornis*.
2. De øvrige stationer, der indbyrdes er adskilt i 10 mere eller mindre adskilte undergrupper med mere end 60% lighed mellem stationerne, er karakteriseret ved følgende:
 - I. Heraf 5 grupper med isolerede stationer R1_2, R2_1, R2_3, NS_12, EW_11. Karakteristisk for disse stationer er, at de alle ligger i forskellige dybdezonener i stor afstand fra udløbet, henholdsvis referenceområdet og zonerne 7 og 5. Der kan ikke findes et fællestræk for arts- eller individsammensætningen.
 - II. En gruppe med tre stationer EW_1-3. Karakteristisk for denne gruppe er, at stationerne alle ligger inden for 3,5 m dybdekurven. På alle stationer forekommer de dominerende muslinger og flere børsteorme herunder *Spio filicornis* og en relativ stor individtæthed af børsteorme *Paraonis fulgens*.
 - III. En stor gruppe med 18 stationer, som mere eller mindre har delvis lighed med stationer inden for gruppen eller med stationer uden for gruppen
 - a. Inden for gruppen er stationerne EW_7 og NS_7 delvist isolerede. Disse stationer ligger henholdsvis tættest på og inden for nærzonen af udløbet i sydøstlig retning. Stationerne er karakteriseret ved et stort arts- og individantal med dominans af de hyppigst forekommende arter i områder, heraf *Spio filicornis* og delvist *Macomangulus tenuis*.

- b. En gruppe med tre stationer EW_10, EW_12 og EW_13. Disse stationer ligger i et område med stigende vanddybder over 4.5 m. Karakteristisk for disse stationer er forekomst af *Ensis leei*, *Macomangulus tenuis* og børsteormen *Scoloplos armiger*.
- IV. To grupper som omfatter dels stationer uden for og inden for gruppe III
- a. En gruppe hvor stationerne NS_1 og NS_2 har større indbyrdes lighed end med de øvrige stationer inden for gruppe III. Disse stationer ligger i ca. 4,5 m's dybde i henholdsvis zone 6 og zone 5. Disse stationer er kendetegnet ved bl.a. forekomst af de dominerende muslinger *Ensis leei*, *Macomangulus tenuis* og *Spisula subtruncata* samt en beskeden repræsentation af dværgkonken *Tritia reticulata*.
 - b. En gruppe med isolerede stationer NS_4 og NS_10. Disse stationer ligger i 4-4,5 m's dybde henholdsvis NV og SØ i zone 3 og zone 4 i en afstand på 1.000-1.200 m fra udløbet. Her forekommer bl.a. *Macomangulus tenuis*, *Spisula subtruncata* og *Spio filicornis*.

Ved sammenligning af biomassens fordeling på arterne, stationerne imellem, ses til dels samme mønster som for fordelingen af arts- og individsammensætningen, Figur 3-37.

Til trods for at alle stationer har en indbyrdes lighed på mere end 20%, er der dog fire grupper, der falder uden for en større hovedgruppe med mere end 40% lighed.

Fire grupper med individuelt adskilte stationer

- V. Tre individuelt adskilte stationer R1_1, R2_3 og EW_11. Stationerne er henholdsvis referencestationer og en station i zone 4, som er delvis kendetegnet ved, at de ligger i det dybe område af undersøgelsesområdet med forholdsvis lave biomasser af muslinger. Biomassen på station EW_11 er den laveste registreret.
 - VI. En gruppe med to stationer R1_3 og NS_7 med mere end 40% lighed. Stationerne ligger henholdsvis i nærområdet og i referenceområdet langt fra udløbet, men begge i sydlig retning. Begge stationer er kendetegnet ved en lav biomasse af især muslinger.
3. En større gruppe med
- I. Fem individuelt adskilte stationer R2_1, EW_1, EW_3, EW_4 og EW_7. Stationerne ligger alle i et dybdeinterval på 3,5-4,0 m og er karakteristisk repræsenteret ved en relativ stor biomasse af *Macomangulus tenuis*, delvis *Spisula subtruncata* og *Ensis leei*.
 - II. Tre individuelt adskilte grupper
 - a. Stationerne EW_10 og EW12. Stationerne ligger i et område med en dybde på ca. 5 m og relativt langt fra udløbet i zonerne 3 og 5. Stationerne er karakteriseret ved forholdsvis høje biomasser af *Ensis leei*, krebsdyret *Ampelisca brevicornis* og af havbørsteormen *Nephtys hombergii*.
 - b. NS_9, NS_10 og EW_13. Stationerne ligger spredt i en vis afstand fra udløbet med lave biomasser delvist domineret af *Spisula subtruncata*, *Macomangulus tenuis* og *Spio filicornis*.
 - c. EW_6 og NS_4. Stationerne ligger dels tæt på og i nogen afstand fra udløbet i zonerne 3,4 og 6. Stationerne er kendetegnet ved lave biomasser domineret af *Macomangulus tenuis* og *Spisula subtruncata*.
 - III. Fire grupper med i alt 14 stationer, som mere eller mindre har delvis lighed med stationer inden for egen gruppe med mere end 60% lighed, eller med stationer i en anden gruppe, gruppen eller med stationer uden for gruppen
 - a. Inden for denne gruppe er der en enkelt gruppe med tre stationer NS_6, EW_5, og R1_2 med mere end 80% indbyrdes lighed. Med undtagelse af referencestationen ligger stationerne henholdsvis inden for og lige uden for nærområdet. Stationerne er karakteriseret ved en forholdsvis stor biomasse domineret af især *Ensis leei* og *Macomangulus tenuis*.

4. Diskussion

Etableringen af udløbsledning har medført en meget lokal ændring på ca. 80 m² af havbunden som følge af etableringen af ringarmeringen og erosionsbeskyttelsen omkring selve udløbsrøret. Havbunden består naturligt af sand, hvilket er medvirkende til, at det relativt store fladvandede kystområde ud for Als, som en del af et større Natura-2000-område, er beskyttet af bestemmelserne i habitatdirektivet (EC, 1992; Miljø- og Fødevarerministeriet, 2016a).

På grund af det kunstige faste substrat omkring udløbsrøret kan området her beskrives som et mini kunstigt rev, karakteriseret ved et begroningssamfund af fastsiddende alger og bunddyr. Siden etableringen i 2013 har begroningssamfundet udviklet sig til at dække hele arealet med fast substrat i form af cementdækslet (ringarmeringen) og stenene som erosionsbeskyttelsen. Ringarmeringen rengøres med jævne mellemrum, og begroningen her vil derfor konstant være domineret af såkaldte pionerarter, der er hurtigt-voksende, men ikke konkurrencedygtige i forhold til mere langsomt-voksende arter.

Den etablerede vegetation og dyresamfund har mere eller mindre lighed med det begroningssamfund, der forekommer på hård bund eller mindre stenrev, der også findes naturligt i området ud for Als eller som karakteriserer hårdbundssubstrat eller stenrev i andre lavvandsområder af Danmark (Neirup, et al., 2010; Dahl, et al., 2003; Christensen, et al., 2011). Der er således registret flere af de samme arter, der i 2010 er fundet i 3,5 m's dybde på Als Rev. Heriblandt dominans af rurer, forekomst af sønellike, dominans af butblæret sargassotang, forekomst af sukkertang og vandhår. Kendetegnende ved vegetationen omkring udløbsledningen er en forholdsvis tæt påvækst af den næringsstofkrævende og fastsiddende almindelig vatalge.

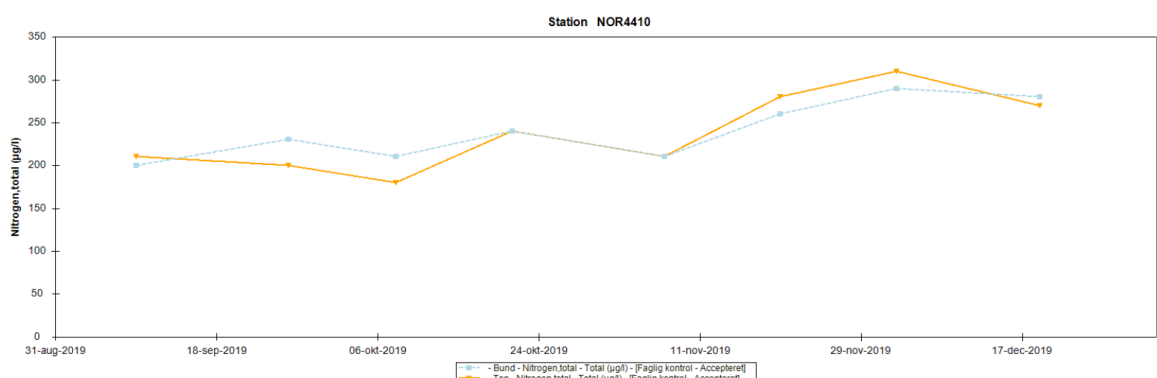


Det nyetablerede begroningssamfund på erosionsbeskyttelsen og ringarmeringen tæt på udløbsrøret. Udløbsrøret og spildevandsfanen ses yderst til højre i billedet. Der ses bl.a. sønelliker (søanemoner) og butblæret sargassotang med påvækst af almindelig vatalge © Mariagerfjord Vand A/S.

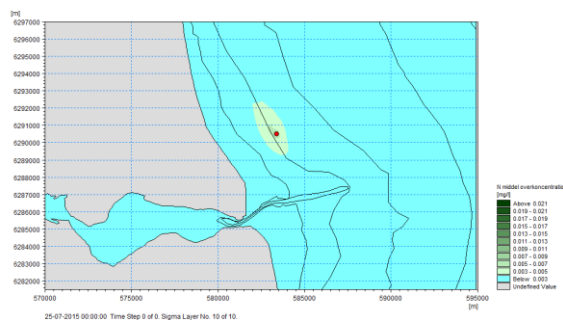
Som det er karakteristisk for andre områder med stenrevslignende strukturer, er der også i det lokale område omkring udløbet registreret forekomst af store stimer af den toplettede kutling, som er en af de mest almindelige små stimefisk på stenrev. Der er tillige observeret par af havkarusse og savgylte, der også hyppigt findes på såvel egentlige stenrev, men også på nyetablerede kunstige substrater, ved havnemoler og havmøllefundamenter (Dahl, et al., 2003; Leonhard, et al., 2011; Carl, et al., 2019). Der er også i forbindelse med rensningen af ringarmeringen observeret flere større skrubber mellem vegetationen på erosionsbeskyttelsen. Dette indikerer, at det nyetablerede hårde substrat, mere eller mindre i mikroskala har samme effekt som et kunstigt rev, der fungerer som tilflugtssted og skjul for fisk, heriblandt fladfisk. Her kan diversiteten af fiskearter være mange gange større, og biomassen af fladfisk kan være op til 4-5 gange større end biomassen på den omkringliggende sandbund (Dahl, et al., 2003; Leonhard, et al., 2011).

Dette betinger dog, at der til stadighed er en relativ god vandkvalitet i området, og at der ikke er risiko for iltsvind, som følge af udledningen af organisk stof.

Der er ikke konstateret forskelle i vandets indhold af næringssalte mellem stationerne eller fordeling i vandsøjlen, der antyder en påvirkning af næringsstoffer i tilknytning til udledningen af rensset spildevand fra Mariagerfjord Renseanlæg. Niveauerne for total-kvælstof målt lige ved udløbet og i hele undersøgelsesområdet ligger på 200-350 µg svarende til mellem 3% og 6% af de stofkoncentrationer, der er målt i udløbsvandet fra renseanlægget. Koncentrationerne af total-fosfor ligger under detektionsgrænsen på 0,01 mg/l. På undersøgelsestidspunktet ligger udløbskoncentrationerne fra renseanlægget inden for de tilladte værdier (Mariagerfjord Kommune, 2012). I løbet af 2019 har der i perioder været overbelastning af anlægget, der har medført større udløbskoncentrationer. De målte niveauer for total-kvælstof svarer til det interval, der er målt i den tilsvarende periode i andre områder af Aalborg Bugt, Figur 4-1. Det har derfor heller ikke været muligt at eftervise den overkoncentration på maksimalt ca. 7 µg/l kvælstof (ca. 3,5 % af baggrundsværdien) ved udløbet, der ifølge næringsstofmodellen vil være konsekvensen ved den nuværende maksimale tilladte udledning fra renseanlægget Figur 4-2.



Figur 4-1. Koncentrationen af total-kvælstof målt på overvågningsstation 4410 i Aalborg Bugt i perioden fra 1. september til 31. december 2019 (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2020).

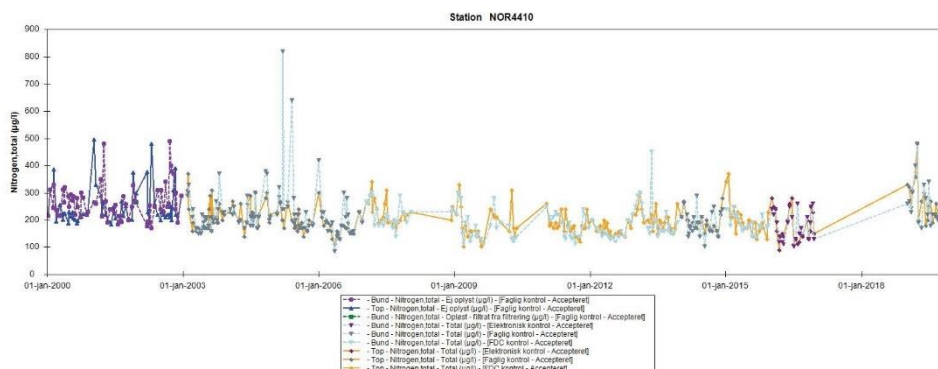


Figur 4-2. Beregninger af den gennemsnitlige overkoncentration af total-kvælstof omkring udledningens punkt i Kattegat – ved den gældende udledningstilladelse (Lumborg, 2019).



Stime af den toplettede kutling mellem alger i begroningssamfundet på erosionsbeskyttelsen omkring rørudløbet fra Mariagerfjord Renseanlæg 2016 © Mariagerfjord Vand A/S.

Udledningen fra renseanlægget har siden starten i 2013 heller ikke haft indflydelse på den generelle vandkvalitet i Aalborg Bugt, idet koncentrationen af kvælstof med årstidsbetingede variationer, ligesom i andre åbne indre danske farvande har ligget stabilt siden år 2001, Figur 4-3 (Hansen, et al., 2019).



Figur 4-3. Koncentrationen af total-kvælstof på overvågningsstation 4410 i 10 m's dybde i Aalborg Bugt siden år 2000 (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2020).

Bortset fra, at der er konstateret en del algevækst af næringsstofkrævende algearter, såkaldte fedtmøgalger, er der ingen andre indikationer på, at begroningssamfundet afviger væsentligt fra, hvad der kan findes på andre hårde substrater i området ud for Als (Neirup, et al., 2010). Det kan ikke afgøres, om forekomsten af fedtmøgalger skyldes en øget tilgængelighed af næringsstoffer i nærområdet omkring udledningens punkt fra Mariagerfjord Renseanlæg. Der er som nævnt ikke målt højere koncentrationer i hverken bundvand eller i den øvrige vandsøjle sammenlignet med andre stationer herunder referencestationerne, og heller ikke højere værdier end der er målt i andre områder af den kystnære del af Aalborg Bugt. Vurderingen er udelukkende baseret på videoptagelser af forskellig kvalitet, hvorfor observationerne ikke kan anvendes som en fuld dokumentation af begroningssamfundets kvalitet i udledningsområdet. En yderligere vurdering af en eventuel påvirkning vil kræve en mere udførlig dokumentation af begroningssamfundet og dokumentation af et "upåvirket" reference-samfund på et andet hårdbundssubstrat i det lavvandede område af Kattegat ud for Als.

Der er ingen indikation på, at suspenderet stof udledt med spildevandet fra renseanlægget har nogen indflydelse på det generelle niveau af suspenderet stof hverken lokalt omkring

udledningsområdet eller inden for undersøgelsesområdet. Der er ikke fundet en sammenhæng med de målte værdier af vandets indhold af suspenderet stof og sigtddybden eller med de modellerede værdier af suspenderet stof fra den nuværende udledning (Lumborg, 2019).

Lysgennemtrængning i vand er ret kompleks og bestemt af en række faktorer, hvoraf især mængden af planktonorganismer, suspenderet partikulært organisk stof og uorganisk stof er de væsentligste faktorer, men også vandets indhold af især farvet opløst organisk stof og vandets fysiske egenskaber har betydning for, hvor stor lysdæmpningen er, og hvor meget lys der kan nå vegetationen på havbunden (Sand-Jensen, et al., 1994; Batiuk, et al., 2000), som eksempelvis i det kystnære område af Kattegat. Der er imidlertid ingen tilgængelige værdier for baggrundskoncentrationen af suspenderet stof i Aalborg Bugt (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2020).

I de mere lavvandede kystnære områder består en væsentlig del af det suspenderede stof af uorganiske partikler ler og silt, der af strøm og bølger er hvirvlet op fra havbunden, og som hermed kan påvirke sigtddybden (Hansen, 2015), mens hovedparten af det udledte suspenderede stof fra renseanlægget vil være partikulært organisk stof. Da der ikke kan ses en sammenhæng mellem de målte værdier af suspenderet stof og sammenhæng med udledningen fra renseanlægget, vil den modellerede maksimale overkoncentration af suspenderet stof på 0,001 mg/l ved den nuværende maksimalt tilladte spildevandsmængde ikke kunne verificeres hverken ved udledningspunktet eller i den øvrige del af undersøgelsesområdet. Udledningen af suspenderet stof fra renseanlægget vil ikke kunne forårsage en lysdæmpning, der vil hindre en fortsat vækst i begroingsamfundet på det kunstige substrat omkring udløbsledningen eller på nogen nærtliggende større eller mindre områder med stenrevslignende strukturer eller områder med forekomster af ålegræs.

En del af den mængde suspenderet stof, der udledes med spildevandet, vil sedimentere i området. Det er således modelleret, at der vil ske en sedimenttilvækst på maksimalt ca. 0,3 mm pr. år ved den nuværende maksimalt tilladte udledning, Figur 2-2 (Lumborg, 2019). Da en stor del af det udledte suspenderede stof er organisk stof, vil det føre til en berigelse af havbunden med iltforbrugende stoffer, målt som glødetab i forbindelse med de sedimentundersøgelser, der er udført i 2019. Der er ingen relation fundet mellem den modellerede sedimentaflejring og sedimentkarakteren på de enkelte stationer inden for undersøgelsesområdet, hverken hvad angår mængden af organisk stof eller afstanden til udløbspunktet. Sedimentets indhold af både organisk stof og findelt uorganisk stof relaterer sig mere til dybden, idet der er konstateret en stigende andel af disse stoffer i sedimentet med stigende dybder, hvilket er det, der generelt kendetegner havbundens struktur i kystnære områder.

Derimod afviger en enkelt station, NS_7, beliggende inden for nærzonen umiddelbart syd for udledningspunktet, med hensyn til sedimentets indhold af næringsstoffer fra alle andre stationer. Den eneste forklaring er, at sedimentet på denne station er påvirket af udledningen fra renseanlægget. Her er der konstateret signifikant forhøjede værdier af total-fosfor. Andelen af nitrat i sedimentet er også forhøjet sammenlignet med de øvrige stationer, til trods for at sedimentet her har det laveste indhold af organisk stof sammenlignet med de øvrige stationer. Det påviste påvirkningsområde ligger syd for udløbet og ikke nord for, hvilket er i modstrid med antagelsen af den resulterende strømretning er nordgående. Årsagerne kan være, at der ved en vestlig vind er en kystnær sydgående strøm, som åbenbart kan være den lokalt fremherskende strømretning. På undersøgelsestidspunktet blev det da også observeret, at strømretningen var sydvest.

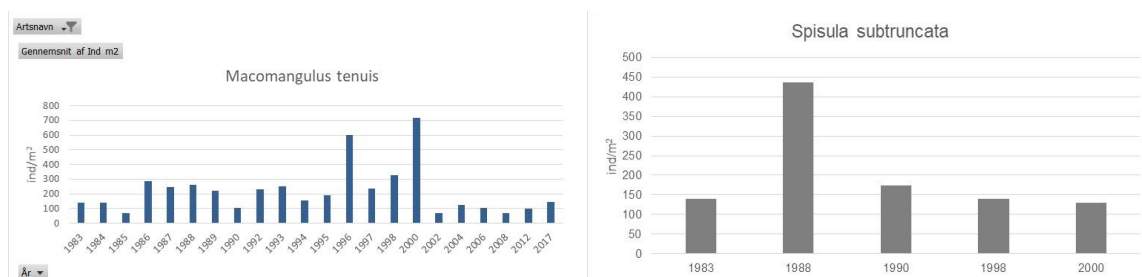
På station NS_7 er der også konstateret et noget forskelligt bundfaunasamfund sammenlignet med de øvrige stationer, selv om der for ingen af stationerne er registreret signifikante forskelle eller relationer til sedimentets karakter. Dette gælder tillige for den station EW_7, der ligger tættest på udløbet. Karakteristisk for begge stationer er relativt høje arts- og individantal, mens der er stor forskel i biomassen mellem de to stationer. På begge stationer er faunaen domineret af de to mest udbredte og hyppigst forekommende arter henholdsvis den almindelige tallerkenmusling (*Macomangulus tenuis*) og havbørsteormen *Spio filicornis*. Disse arter forekommer sammen i varierende individtætheder og biomasser på næsten samtlige stationer i området med udtagelse af station NS_3 og referencestationen R2_2, hvorfor forskellen i faunasammensætningen mellem stationerne NS_7 og EW_7 til de øvrige stationer ikke er væsentlig forskellig. Forskellen i individsammensætningen og biomassen afspejler sig i, at der på station EW_7 er registreret et meget højt antal af *Spio filicornis*, mens en stor biomasse total er domineret af dværgkonken *Tritia reticulata*. Dværgkonken er et rovdyr der hurtigt flokkes om et fødeemne, og derfor ofte ses meget klumpet fordelt i et område. Det er muligt, at der er let tilgængelige fødeemner i nærheden af udløbsledningen og begroningssamfundet, og at forekomsten af dværgkonken kan være en afledt effekt

På station NS_7 er der modsat registreret en af de laveste biomasser i undersøgelsesområdet, hvilket skyldes, at der her, ikke udover tallerkenmuslingen, er registreret nogle af de øvrige dominerende muslinger. Disse dominerende muslinger repræsenteret ved henholdsvis den hvælvede trugmusling *Spisula subtruncata* og den amerikanske knivmusling *Ensis leei* er heller ikke registreret i prøverne fra enkelte andre stationer med lave biomasser i undersøgelsesområdet - blandt disse referencestation R1_3 og EW_11.

Generelt kan faunasammensætning karakteriseres som typisk for sandbanker i lavvandede områder. På sådanne sandbanker med finkornet sand med et lavt indhold af silt og organisk stof, som også er den fremherskende sedimenttype i og omkring udløbsledningen, finder man et typisk samfund, der kan karakteriseres som et lavvandssamfund domineret af den almindelige tallerkenmusling og forskellige havbørsteorme, som bl.a. *Spio filicornis* (Tillin & Ashley, 2018). *Spio filicornis* er en pionerart, der hurtigt koloniserer forstyrrede substrater, men som også mere eller mindre er tolerant over for påvirkning med organisk stof, men ikke nødvendigvis er mere tolerant end de øvrige arter i lavvandssamfundet (Ager, 2007). Den almindelige tallerkenmusling kan som filtrator profitere på en forøgelse af suspenderet organisk stof i vandfasen. Arterne, der karakteriserer samfundet, lever i et omskifteligt miljø, som er et af kendetegnene for habitattypen sandbanker, og arterne er derfor ret robuste over for påvirkninger af forskellig art (Tillin & Ashley, 2018). Samme samfundstype er fundet i indtil 4 m's dybde i området ud for Frederikshavn (Rambøl, 2019), og er også tidligere blevet beskrevet netop for Aalborg Bugt (Århus Amt, 2007).

Fra de tidligste bundfaunaundersøgelser i Aalborg Bugt er den almindelige tallerkenmusling også kun fundet på lavt vand i et forholdsvis begrænset antal (Petersen, 1913). Faunasammensætningen har også stor lighed med hensyn til dominansforhold med de tidligere undersøgelser, der er foretaget i forbindelse med etableringen af Mariagerfjord Renseanlæg og en undersøgelse af bundfaunaen i forsommeren 2018 (Mariagerfjord Kommune, 2010a; Dolmer, et al., 2018). Ved begge disse undersøgelser ligger stationsnettet dog betydeligt mere spredt i forskellige dybdezoners. I 2010 og 2018 var faunaen domineret delvis af de samme arter som i 2019, især i 2010, hvor der er fundet sammenlignelige tætheder og biomasser af den almindelige tallerkenmusling og den hvælvede trugmusling, til trods for en større variation i dybden på de undersøgte stationer.

På overvågningsstation 4404 beliggende i 4m's dybde i Aalborg Bugt nord for Øster Hurup forekommer den almindelige tallerkenmusling i varierende individantal, men den er registreret hvert år siden 1988, Figur 4-4. Den forekommer dog normalt i mindre tætheder end registret i området ud for Als. Dette skal ses i relation til forskelle i prøvetagningstidspunktet, da der hen over vinteren og det tidlige forår er en markant dødelighed i muslingesamfundene, som følge af bl.a. prædation fra de store flokke af dykænder, der hvert år samles her (Skov, et al., 2011; Naturstyrelsen, 2016). Muslinger udgør specielt en føderessource for dykænderne (Fox, 2003).



Figur 4-4. Den gennemsnitlige Individtæthed af henholdsvis den (a) almindelige tallerkenmusling (*Macomangulus tenuis*) og (b) den hvælvede trugmusling (*Spisula subtruncata*) på en fast national overvågningsstation (4404) nord for Øster Hurup i perioden fra 1983 til 2017 (Deding, 2019). Prøverne på overvågningsstationen er fortrinsvis indsamlet i det sene forår.

På lidt større dybder end tallerkenmuslingesamfundet finder man typisk et samfund karakteriseret ved den hvælvede trugmusling og en børsteorm - *Nephtys hombergii* (Tillin, 2016; JNCC, 2020). Sidstnævnte er også meget almindelig i Aalborg Bugt. Karakteristisk for dette samfund er at sedimentet har et lidt større siltindhold (finkornet uorganisk materiale). Den hvælvede trugmusling er ofte tillige tilknyttet områder med meget mobilt sand, som karakteriserer sandbanker (Skov, et al., 2008). Den hvælvede trugmusling kan på sandbanker forekomme i store mængder. Den er et af hovedfødeemnerne for sortanden (Fox, 2003; Skov, et al., 2008). Også den amerikanske knivmusling udgør et vigtigt fødegrundlag for sortanden, og både denne og den hvælvede trugmusling er de arter, der i den undersøgte del af Aalborg Bugt, udgør den største biomasse. Fødegrundlaget for dykænder er derfor upåvirket af udledningerne fra Mariagerfjord Renseanlæg.

Referencestationen R1_1 synes at skille sig ud fra de øvrige stationer i området ved blandt andet et forholdsvis lavt arts- og individantal. Faunaen er her totalt domineret af den store dyndsnegl *Peringia ulvae*, der i øvrigt kun er registreret fåtalligt i den øvrige del af området. Den store dyndsnegl er specifik karakteristisk for naturtypen flodmundinger, hvor den kan optræde i store tætheder i områder med aflejring af findelt organisk stof (Århus Amt, 2007). Det er muligt, at faunaen på denne station er påvirket af udløbet af Mariager Fjord.

Generelt kan det siges, at faunaen i hele området og tæt på udløbsledningen har stor lighed både med hensyn til faunasammensætning, dominansforhold og biomasse og individtætheder med det samfund, der er karakteristisk for naturtypen sandbanker, og som er naturligt forekommende langs kysten af Kattegat (Hansen, 2016).

Der kan heller ikke identificeres forskelle i bundfaunaens økologiske tilstand mellem de enkelte stationer og zoner, som kan relateres til en eventuel effekt af udledningen af rensed spildevand fra Mariagerfjord Renseanlæg. Bundfaunaens tilstand kan i hele området betegnes som moderat

grænsende til god Tabel 2-1 (Miljøstyrelsen, 2019), hvilket svarer til den generelle tilstand i hele den kystnære del af Kattegat (Miljøstyrelsen, 2019).

Tabel 4-1. Dansk kvalitetsindeks for (blødbundsfauna) (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016a). Typeområde OW2 anvendes for Kattegat.

Typeområde	Økologisk kvalitetsratio			
	Grænse høj/god	Grænse god/moderat	Grænse moderat/ringe	Grænse ringe/dårlig
OW 1, 2, 3b og 3c	0,84*	0,68*	0,45	0,23
OW 3a	0,86*	0,72*	0,48	0,24
OW 4b og 5	0,67*	0,53*	0,35	0,18
O 4	0,84	0,68	0,45	0,23
M 1, 2, 3 og 4	0,84	0,68	0,45	0,23
P 1, 2, 3 og 4	0,84	0,68	0,45	0,23
Slusefjorde	0,84	0,68	0,45	0,23

* Værdi fastsat i Kommissionens afgørelse 2013/480/EU.

Der har fra beboere, langs Kattegat kysten omkring Als og Øster Hurup, specielt været bekymringer om, hvordan udledningen ville påvirke badevandskvaliteten ved en udvidelse af renseanlægget. Som en følge heraf er der i kontrolundersøgelserne medtaget analyser af bakterietallet i vandet. Denne undersøgelse viser, til trods for, at der internt på renseanlægget er målt høje koncentrationer af bakterier i udløbsvandet, at alle målingerne ved havledningen og rundt omkring denne ligger under detektionsgrænsen. Dette viser, at der er en meget stor opblanding ved diffuseren og formodentlig et stort henfald af E. coli gennem spildevandsledningen fra renseanlægget til udløbet i Kattegat. Forhøjede værdier af E. coli, svarende til den modellerede påvirkningszone (Lumborg, 2019), har ikke kunnet eftervises ved målingerne i havvandet omkring selve udløbet. Der vil derfor ikke være nogen påvirkning af badevandskvaliteten ved kysten som et resultat af den nuværende udledning.



Udsigt til badebroen ved Novo stranden syd for Øster Hurup © BioData ApS.

5. Konklusion

Der er ingen effekt af udledningen på vandets indhold af fækale bakterier. Alle målte værdier ligger på eller under detektionsgrænsen inklusive for stationer, der ligger lige ved udløbsledningen. Der er ingen risiko for forringelse af badevandskvaliteten hverken umiddelbart ved udløbet eller ved badestrandene ved kysten.

Der er konstateret en meget begrænset påvirkningszone umiddelbart ved udløbet og umiddelbart syd herfor. Her er der målt forhøjede koncentrationer af fosfor i sedimentet samt konstateret mindre forskelle i faunasammensætningen, som kan tillægges effekter fra udledningen af dels næringsstoffer og dels organisk stof.

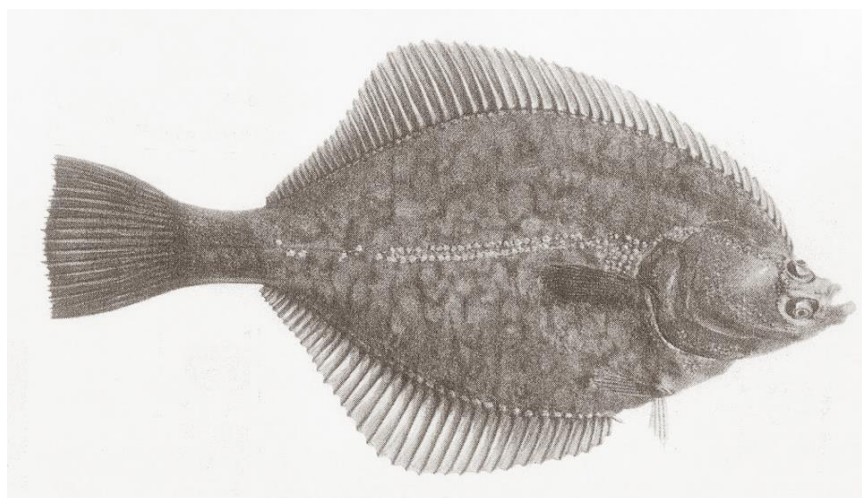
Etableringen af havledningen har medført en ændring af havbunden til et hårdt substrat i et meget begrænset område af sandbanken ud for Als. Dette område kan karakteriseres som et mini-stenrev. Det etablerede begroningssamfund er sammenligneligt med begroningssamfundet på stenrev i den øvrige del af det kystnære område ud for Als med hensyn til forekomsten af alge- og dyrearter inklusive fisk. Forekomst af fedtmøgalger i det nyetablerede begroningssamfund kan muligvis delvis tilskrives udledningen af næringsstoffer fra renseanlægget.

Der er ikke konstateret forhøjede værdier af næringsstoffer i vandfasen, der kan relateres til udledningen. De målte værdier ligger på et naturligt niveau og er sammenlignelige med baggrundsværdierne for næringsstofferne i Kattegat.

Der er ikke konstateret forhøjede værdier af suspenderet stof eller aflejringer af organisk stof, der kan tillægges udledningen.

Faunaen inden for hele undersøgelsesområdet afviger ikke fra et naturligt samfund i andre kystnære områder.

Mængden af potentielle fødeemner for områdets store bestand af havfugle er ikke påvirket af udledningen fra renseanlægget.



Skrubbe (ukendt kunstner) © Biodata ApS.

6. Referencer

- Ager, O., 2007. *Spio filicornis* A bristleworm. MarLIN Marine Life Information Network. *Biology and Sensitivity Key Information Reviews*. [Online]
Available at: DOI <https://dx.doi.org/10.17031/marlinp.1698.2>
- Batiuk, R. et al., 2000. *Chesapeake Bay Submerged Aquatic Vegetation Water Quality and Habitat-Based Requirements and Restoration Targets A Second Technical Synthesis*, s.l.: United States Environmental Protection Agency. Chesapeake Bay Program.
- Borja, A., Franco, J. & Pérez, V., 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), pp. 1100-1114.
- Carl, H., Christiansen, S. & Møller, P., 2019. *Savgylte. I Atlas over danske saltvandsfisk*. s.l.: Statens Naturhistoriske (online udgivelse, december 2019).
- Christensen, P. et al., 2011. *Havets Planter - på oplevelse i en ukendt verden*. s.l.: Aarhus Universitetsforlag.
- Dahl, K., Lundsteen, S. & Helmig, S., 2003. *Stenrev - havbundens oaser*. København: Gads Forlag.
- Deding, J., 2019. *Bundfaunadata DCE station 4404*. s.l.: s.n.
- Dolmer, P. et al., 2018. *Kortlægning af marin bundfauna mellem Øster Hurup og Als Odde. Statistisk sammenligning med 2010*, s.l.: Mariagerfjord Vand A/S.
- EC, 1992. *Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter*. s.l.: Europa Kommissionen.
- Fox, A., 2003. Diet and habitat use of scoters *Melanitta* in the Western Palearctic - a brief overview. *Wildfowl*, Issue 54, pp. 163-182.
- Hansen, J. (., 2015. *Marine områder 2013. NOVANA.*, s.l.: Aarhus Universitet, .
- Hansen, J.W. & (red.), H. S., 2019. *Marine områder 2018. NOVANA.*, s.l.: Aarhus Universitet.
- Hansen, J., Josefson, A. & Jensen, J., 2004. *NOVANA Teknisk anvisning for marin bundfauna. 4.1 Blødbundsfauna*, s.l.: Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Hansen, J. W., 2016. *Marine områder 2015*, s.l.: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.
- JNCC, 2020. *Spisula subtruncata and Nephtys hombergii in shallow muddy sand*. [Online]
Available at: <https://mhc.jncc.gov.uk/biotopes/JNCCMNCR00000005>
- Josefson, A. et al., 2009. *Udvikling af indikatorer og tilstandsvurderingsværktøj for marine Natura 2000-områder. Lavvandede bugter og vige*, s.l.: Aarhus Universitet.
- Leonhard, S., Stenberg, C. & Støttrup, J. (., 2011. *Effect of the Horns Rev 1 Offshore Wind Farm on Fish Communities. Follow-up Seven Years after Construction*, s.l.: The Environmental Group through contract with Vattenfall Vindkraft A/S..
- Leth, J. et al., 2014. Nyt digitalt havbundssedimentkort. *Geoviden*, Issue 2, pp. 9-11.
- Lumborg, U., 2019. *Mariagerfjord sedimentspredning*, s.l.: DHI.

- Mariagerfjord Kommune, 2010a. *Nyt renseanlæg og oplevelsescenter. VVM-redegørelse og miljørapport*, s.l.: Mariagerfjord Kommune.
- Mariagerfjord Kommune, 2012. *Udledningstilladelse for Mariagerfjord Renseanlæg*, s.l.: Mariagerfjord Kommune.
- Mariagerfjord Vand A/S, 2016. *Kontrolundersøgelse - videoinspektion 2016*. s.l.:Mariagerfjord Vand A/S.
- Mariagerfjord Vand A/S, 2020. *Egenkontrolmålinger og oplysninger*. s.l.:s.n.
- Massey University, 2017. *Primer-e Multivariate statistics for ecologists*. [Online]
Available at: <http://www.primer-e.com/>
- Miljø- og Fødevareministeriet, 2016a. *BEK 1001. Overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder*. s.l.:Miljø- og Fødevareministeriet.
- Miljø- og Fødevareministeriet, 2020. *Overfladevandsdatabasen ODA*. [Online]
Available at: <https://odaforalle.au.dk/topic.aspx?id=h&t=p>
- Miljøstyrelsen, 2019. *MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021..* [Online]
Available at: <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>
- Naturstyrelsen, 2016. *Natura 2000-basisanalyse 2016-2021 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord Natura 2000-område nr. 14 Habitatområde H14 Fuglebeskyttelsesområde F2 og F15*, s.l.: Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen.
- Neirup, L., Skindhøj, E. & Schmedes, M., 2010. *Nyt renseanlæg i Mariagerfjord kommune. Kortlægning af marinbiologiske forhold i et kystnært område af Kattegat mellem Øster Hurup og Als Odde*, s.l.: Mariagerfjord Kommune.
- Petersen, C., 1913. Havets Bonitering II. Om Havbundens Dyresamfund og om disses Betydning for den marine Zoogeografi. *Den Danske Biologiske Station*, Årgang XXI, pp. Tillæg 1-68.
- Pouplier, J., 2019. *Udbygning af Mariagerfjord Renseanlæg. Miljøkonsekvensrapport*, s.l.: Mariagerfjord Vand A/S.
- Rambøjl, 2019. *Miljøkonsekvensrapport Nyt Havne og værftsområde i Frederikshavn*, s.l.: Rambøjl.
- Sand-Jensen, K., Nielsen, S., Borum, J. & Geertz-Hansen, O., 1994. *Fytoplankton- og makrofytudvikling i danske kystområder*, s.l.: Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Skov, H. et al., 2008. *Horns Rev II Offshore Wind Farm - Food Basis for common Scoter. Baseline Studies 2007-2008*, s.l.: Dong Energy A/S.
- Skov, H. et al., 2011. *Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea*. København: Nordic Council of Ministers.
- Tillin, H., 2016. *Spisula subtruncata and Nephrys hombergii in shallow muddy sand*. [Online]
Available at: http://plymsea.ac.uk/id/eprint/8649/1/marlin_habitat_1132_2019-03-12.pdf
- Tillin, H. & Ashley, M., 2018. *Polychaetes and [Angulus tenuis] in littoral fine sand*. [Online]
Available at: DOI <https://dx.doi.org/10.17031/marlinhab.1170.1>
- Århus Amt, 2007. *Natura 2000 - Basisanalyse*, s.l.: Miljøcenter Århus.

Bilag

Projektnummer:

Dokument ID: 1321800181-11

Version: Ver. 1.0

1. Prøvetagningsstationer

Tabel 1-1. Koordinater for prøvetagningsstationer. Indsamling af specifikke prøver på stationer mærket med X. Prøver til analyse for bakterier er indsamlet i OF (overflade), MD (middeldybde 2 m) og B (bund).

ID	Transekt	Nummer	UTMX	UTMY	Sediment	N & P	Fauna	Bakterier	Vandprøver N & P	Suspenderet stof SS
1	Reference Syd	R1_1	584131,129	6287483,951	x	x	X	-	-	-
2	Reference Syd	R1_2	584848,3608	6287849,886	x	x	X	OF, MD, B	-	OF
3	Reference Syd	R1_3	585528,9975	6288179,219	x	x	X	-	OF, MD, B	-
4	NNW-SSE	NS1	582043,3554	6293094,319	x	x	X	-	OF	-
5	NNW-SSE	NS2	582409,0668	6292413,947	x	x	X	OF	-	OF
6	NNW-SSE	NS3	582660,3342	6291947,772	x	x	X	OF	-	OF
7	NNW-SSE	NS4	582985,0226	6291329,798	x	x	X	OF	OF	OF
8	NNW-SSE	NS5	583179,8306	6290982,529	x	x	X	OF	-	OF
9	NNW-SSE	NS6	583297,4988	6290684,999	x	x	X	OF, MD, B	OF, MD, B	OF, MD, B
10	NNW-SSE	NS7	583544,4042	6290299,458	x	x	X	OF, MD, B	OF, MD, B	OF, MD, B
11	NNW-SSE	NS8	583671,0851	6290050,838	x	x	X	OF	-	OF
12	NNW-SSE	NS9	583908,2438	6289618,876	x	x	X	OF	-	OF
13	NNW-SSE	NS10	584119,9971	6289229,256	x	x	X	OF	-	OF
14	NNW-SSE	NS11	584340,2106	6288814,23	x	x	X	OF	-	OF
15	NNW-SSE	NS12	584770,05	6288027,21	x	x	X	OF	OF	-
16	E-W	EW1	582334,8213	6290046,399	x	x	X	-	OF	-
17	E-W	EW2	582535,22	6290137,631	x	x	X	OF	-	OF
18	E-W	EW3	582746,7672	6290228,882	x	x	X	OF	-	OF
19	E-W	EW4	582917,4809	6290305,277	x	x	X	OF	-	OF
20	E-W	EW5	583099,3265	6290392,799	x	x	X	OF	-	OF
21	E-W	EW6	583249,071	6290465,044	x	x	X	OF, MD, B	OF, MD, B	OF, MD, B
22	E-W	EW7	583421,4256	6290547,567	x	x	X	OF, MD, B	OF, MD, B	OF, MD, B
23	E-W	EW8	583555,7999	6290607,145	x	x	X	OF, MD, B	OF, MD, B	OF, MD, B
24	E-W	EW9	583730,2243	6290687,249	x	x	X		-	OF
25	E-W	EW10	583904,6569	6290767,352	x	x	X		-	OF
26	E-W	EW11	584079,0812	6290847,466	x	x	X	-	-	OF
27	E-W	EW12	584253,5055	6290927,57	x	x	X	-	-	-
28	E-W	EW13	584427,9299	6291007,674	x	x	X	-	OF	-
29	Reference Nord	R2_1	580887,1479	6293717,812	x	x	X	-	OF	OF, MD, B
30	Reference Nord	R2_2	581553,61	6294057,113	x	x	X		OF	OF, MD, B
31	Reference Nord	R2_3	582285,0164	6294413,08	x	x	X	OF, MD, B	-	-

2. Feltskema

Tabel 2-1. Skema anvendt til lokalitetsbeskrivelse

LOKALITETSBEKRIVELSE					
Dato:					
Lokalitet			Stationsnr.:		
Position			Dybde m		
			Prøvetager:		
Strømretning			Strøm m/s		
Prøvetype	Haps		Kajak		
Sedimentbeskrivelse	Kernedybde cm		Foto		
Oxideret lag mm			Svovlbrintelugt		
Farve	Sort		Lys		
Tekstur Sten		Grus		Grovsand	
	Finsand		Silt/ler	Største partikel mm	
	Lagdelt		Skaller		
Sedimentoverflade	Diatoméer		Trådformede alger		
	"Fedtmøg"		Makroalger		
	Ålegræs		Fækalier		
Epifauna	Blåmuslinger				
	Andre				
Kommentar					

4. Næringsstoffer, suspenderet stof og bakterier. Havvand

Tabel 4-1. Analyser af indholdet af næringsstofferne kvælstof (TOT N) og fosfor (TOT P), suspenderet stof (SS og fækale bakterier *E. coli* (*Escherichia coli*) og *Int. ent.* (*Intestinale enterokokker*) i havvand udtaget på de enkelte stationer. OF = overflade, MD = middeldybde (2m); B = lige over bunden.

Stationsnr.	Dybde	TOT N	TOT P	SS	E. coli	Int. ent.
		mg/l	mg/l	mg/l	MPN/100 ml	MPN/100 ml
R1-2	B				< 15	< 15
R1-2	MD				< 15	< 15
R1_2	OF			3.4	< 15	< 15
R1_3	MD	0.24	<0.01			
R1_3	B	0.20	<0.01			
R1_3	OF	0.20	<0.01			
NS_1	OF	0.28	<0.01			
NS_2	OF			8.7	< 15	< 15
NS_3	OF			5.2	< 15	< 15
NS_4	OF	0.29	<0.01	9.6	< 15	< 15
NS_5	OF			5.4	< 15	< 15
NS_6	B	0.28	<0.01	8.0	< 15	< 15
NS_6	MD	0.25	<0.01	3.6	< 15	< 15
NS_6	OF	0.25	<0.01	3.4	< 15	< 15
NS_7	B	0.25	<0.01	5.2	< 15	< 15
NS_7	MD	0.30	<0.01	2.4	< 15	< 15
NS_7	OF	0.24	<0.01	<1.5	< 15	< 15
NS_8	OF			<1.5	< 15	< 15
NS_9	OF			6.0	< 15	< 15
NS_10	OF			4.0	< 15	< 15
NS_11	OF			3.6	< 15	< 15
NS_12	OF	0.27	<0.01		< 15	< 15
EW_1	OF	0.27	<0.01			
EW_2	OF			2.8	< 15	< 15
EW_3	OF			1.6	< 15	15
EW_4	OF			5.2	< 15	15
EW_5	OF			4.2	15	< 15
EW_6	B	0.29	<0.01	5.4	< 15	< 15
EW_6	MD	0.31	<0.01	3.0	< 15	< 15
EW_6	OF	0.31	<0.01	3.0	< 15	< 15
EW_7	B	0.26	<0.01	4.8	< 15	< 15
EW_7	MD	0.31	<0.01	1.8	15	< 15
EW_7	OF	0.26	<0.01	3.0	< 15	< 15
EW_8	B	0.33	<0.01	4.4	< 15	< 15
EW_8	MD	0.26	<0.01	4.6	< 15	< 15
EW_8	OF	0.26	<0.01	3.6	< 15	< 15
EW_9	OF			2.4		
EW_10	OF			2.6		
EW_11	OF			3.0		
EW_13	OF	0.25	<0.01			
R2_1	B			17		
R2_1	MD			2.4		
R2_1	OF	0.36	<0.01	8.0		
R2_2	B			54		
R2_2	MD			4.0		
R2_2	OF	0.37	<0.01	5.4		
R2-3	B				< 15	< 15
R2-3	MD				< 15	< 15
R2_3	OF	0.20	<0.01		< 15	< 15

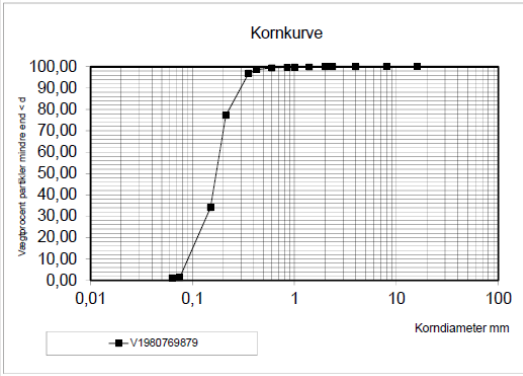
5. Sedimentstruktur og næringsstofindhold

Stationsnr.	KORNSTØRRELSE				NÆRINGSSTOFFER					
	Silt	Median d ₅₀	Tørstof %	Glødetab	TN	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	TP	PO ₄ ³⁻	PO ₄ ³⁻
	%	mm	%	%	mg/kg ts	mg/l	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/l	mg/kg ts
R1_1	6,7	0,17	68	0,61	290	0,07	0,7	150	0,97	10
R1_2	2,1	0,18	78	0,51	240	0,07	0,8	150	1,1	12
R1_3	4,1	0,19	80	0,5	250	0,07	0,5	160	1,4	11
NS_1	16,2	0,14	79	0,56	270	0,07	0,8	260	0,77	8
NS_2	1,2	0,17	79	0,63	290	0,07	0,6	220	0,82	7
NS_3	1,1	0,17	78	0,53	250	0,07	0,8	250	0,58	7
NS_4	3	0,17	79	0,55	240	0,07	0,8	280	0,53	6
NS_5	2	0,18	79	0,51	130	0,07	0,7	220	0,59	6
NS_6	6,4	0,18	82	0,61	220	0,07	0,7	280	0,77	7
NS_7	1,4	0,2	79	0,1	210	0,07	1	560	0,59	9
NS_8	1,5	0,2	82	0,47	190	0,07	0,7	220	0,57	6
NS_9	7,8	0,18	79	0,46	220	0,07	0,7	230	0,57	6
NS_10	0,2	0,31	80	0,38	140	0,07	0,8	120	0,45	5
NS_11	3,8	0,2	80	0,39	170	0,07	0,8	190	0,45	5
NS_12	2,9	0,19	81	0,52	240	0,07	0,8	180	0,96	11
EW_1	1,6	0,26	82	0,39	120	0,07	0,8	89	0,37	5
EW_2	1,3	0,25	80	0,43	140	0,07	0,7	120	0,48	5
EW_3	4	0,22	80	0,39	150	0,07	0,6	160	0,72	6
EW_4	5	0,19	81	0,43	150	0,07	0,7	170	0,78	8
EW_5	2,2	0,18	80	0,47	180	0,07	0,6	210	1,1	10
EW_6	1	0,19	80	0,51	190	0,07	0,6	220	0,97	8
EW_7	2,4	0,18	79	0,51	210	0,07	0,7	200	1,1	11
EW_8	1,9	0,17	79	0,52	240	0,07	0,7	230	0,95	9
EW_9	1,2	0,18	80	0,51	210	0,07	0,8	240	1,1	12
EW_10	2,1	0,16	80	0,66	290	0,07	0,7	290	0,4	5
EW_11	2,4	0,18	80	0,71	270	0,07	0,7	230	0,85	8
EW_12	1,3	0,17	79	0,58	290	0,07	0,7	330	0,7	7
EW_13	1,5	0,19	79	0,65	220	0,07	0,8	240	0,48	5
R2_1	2,7	0,18	79	0,59	260			190		
R2_2	1,2	0,17	80	0,58	260	0,07	0,7	260	0,57	6
R2_3	29,2	0,16	81	1,1	260	0,07	0,6	280	0,36	5

5.1 Tekstur

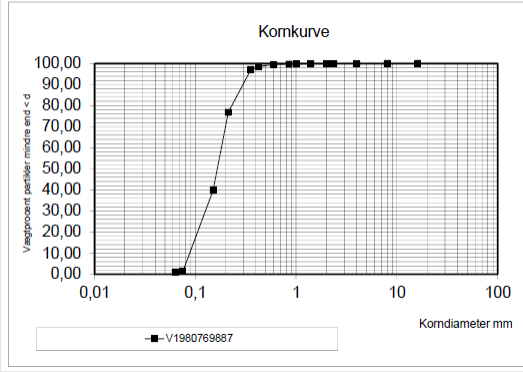
Stationsnr.	Kornkurve	Karakteristik
R1_1		<p>d60 0,18 d10 0,08 d90 0,31 d50 0,17 $U (d60/d10) = 2,22$ Graduering (d90/d10) = 3,79</p>
R1_2		<p>d60 0,20 d10 0,09 d90 0,33 d50 0,18 $U (d60/d10) = 2,08$ Graduering (d90/d10) = 3,51</p>
R1_3		<p>d60 0,20 d10 0,12 d90 0,32 d50 0,19 $U (d60/d10) = 1,74$ Graduering (d90/d10) = 2,81</p>
NS_1		<p>d60 0,16 d10 d90 0,26 d50 0,14 $U (d60/d10) =$ Graduering (d90/d10) =</p>

NS_2



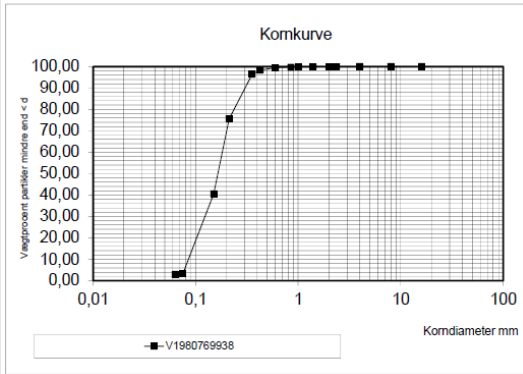
d60 0,19
d10 0,09
d90 0,30
d50 0,17
U (d60/d10)= 1,98
Graduering (d90/d10)= 3,22

NS_3



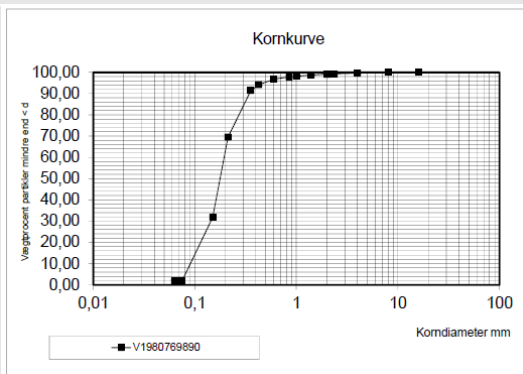
d60 0,18
d10 0,09
d90 0,30
d50 0,17
U (d60/d10)= 2,00
Graduering (d90/d10)= 3,32

NS_4



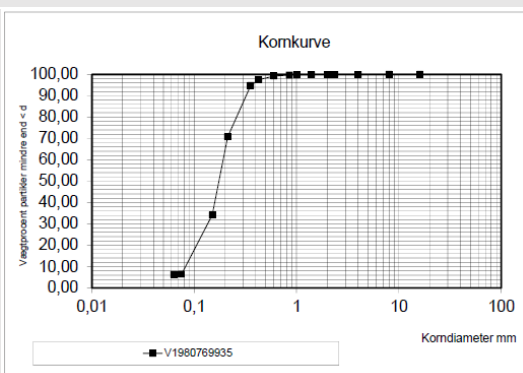
d60 0,18
d10 0,09
d90 0,31
d50 0,17
U (d60/d10)= 2,08
Graduering (d90/d10)= 3,52

NS_5



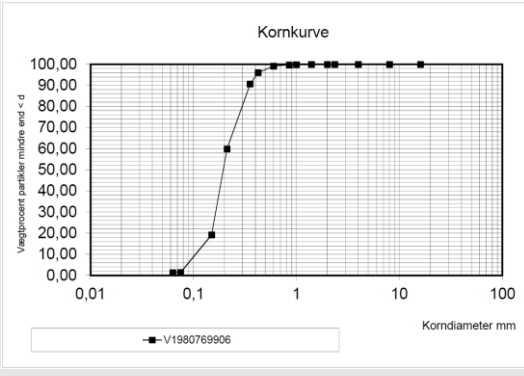
d60 0,20
d10 0,10
d90 0,35
d50 0,18
U (d60/d10)= 2,07
Graduering (d90/d10)= 3,64

NS_6



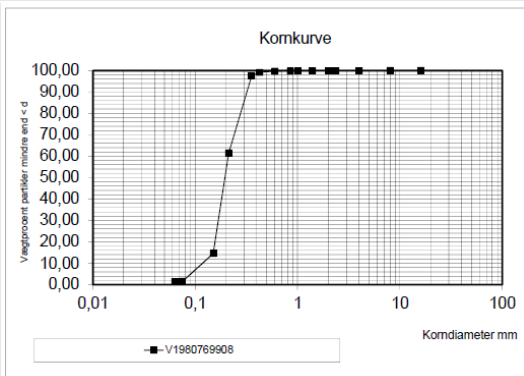
d60 0,19
d10 0,08
d90 0,33
d50 0,18
U (d60/d10)= 2,29
Graduering (d90/d10)= 3,87

NS_7



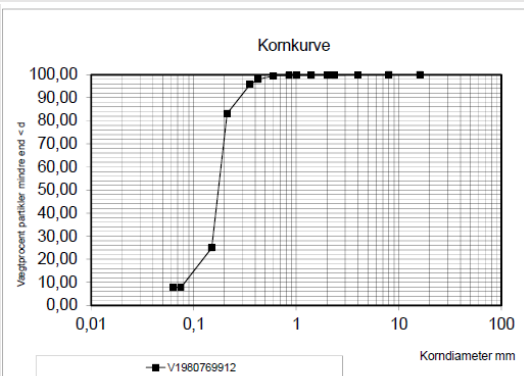
d60 0,21
 d10 0,11
 d90 0,35
 d50 0,20
 U (d60/d10)= 1,91
 Graduering (d90/d10)= 3,17

NS_8



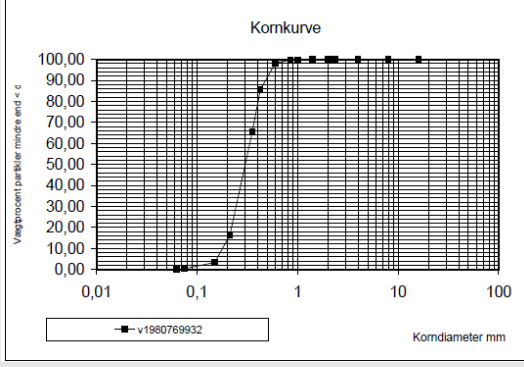
d60 0,21
 d10 0,12
 d90 0,32
 d50 0,20
 U (d60/d10)= 1,70
 Graduering (d90/d10)= 2,63

NS_9



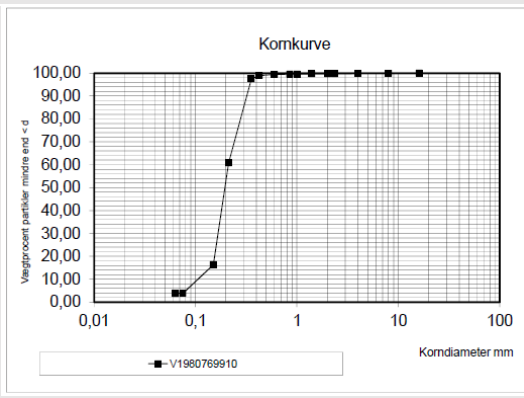
d60 0,19
 d10 0,08
 d90 0,29
 d50 0,18
 U (d60/d10)= 2,22
 Graduering (d90/d10)= 3,43

NS_10



d60 0,34
 d10 0,18
 d90 0,49
 d50 0,31
 U (d60/d10)= 1,86
 Graduering (d90/d10)= 2,67

NS_11



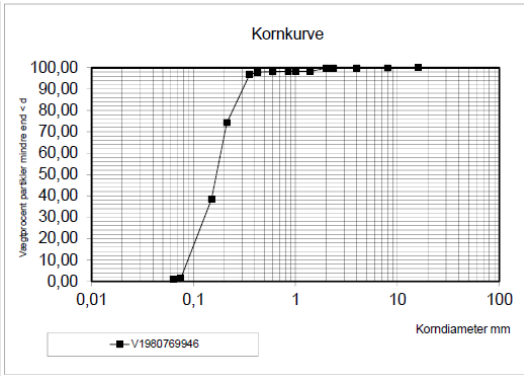
d60 0,21
 d10 0,11
 d90 0,33
 d50 0,20
 U (d60/d10)= 1,89
 Graduering (d90/d10)= 2,92

NS_12	<p>Kornkurve</p> <p>Vægtprocent partikler mindre end < d</p> <p>Korndiameter mm</p> <p>—■— V1980769914</p>	<p>d60 0,20 d10 0,11 d90 0,32 d50 0,19 U (d60/d10)= 1,76 Graduering (d90/d10)= 2,82</p>
EW_1	<p>Kornkurve</p> <p>Vægtprocent partikler mindre end < d</p> <p>Korndiameter mm</p> <p>—■— V1980769930</p>	<p>d60 0,28 d10 0,15 d90 0,37 d50 0,26 U (d60/d10)= 1,82 Graduering (d90/d10)= 2,42</p>
EW_2	<p>Kornkurve</p> <p>Vægtprocent partikler mindre end < d</p> <p>Korndiameter mm</p> <p>—■— V1980769898</p>	<p>d60 0,28 d10 0,16 d90 0,35 d50 0,25 U (d60/d10)= 1,78 Graduering (d90/d10)= 2,22</p>
EW_3	<p>Kornkurve</p> <p>Vægtprocent partikler mindre end < d</p> <p>Korndiameter mm</p> <p>—■— V1988187401</p>	<p>d60 0,25 d10 0,14 d90 0,33 d50 0,22 U (d60/d10)= 1,75 Graduering (d90/d10)= 2,37</p>
EW_4	<p>Kornkurve</p> <p>Vægtprocent partikler mindre end < d</p> <p>Korndiameter mm</p> <p>—■— V1980769926</p>	<p>d60 0,20 d10 0,10 d90 0,31 d50 0,19 U (d60/d10)= 1,97 Graduering (d90/d10)= 3,09</p>

EW_5	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769928</p>	<p>d60 0,20 d10 0,10 d90 0,31 d50 0,18 U (d60/d10)= 1,87 Graduering (d90/d10)= 2,98</p>
EW_6	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769901</p>	<p>d60 0,21 d10 0,11 d90 0,34 d50 0,19 U (d60/d10)= 1,94 Graduering (d90/d10)= 3,16</p>
EW_7	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769933</p>	<p>d60 0,19 d10 0,10 d90 0,31 d50 0,18 U (d60/d10)= 2,00 Graduering (d90/d10)= 3,22</p>
EW_8	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769903</p>	<p>d60 0,19 d10 0,09 d90 0,32 d50 0,17 U (d60/d10)= 2,03 Graduering (d90/d10)= 3,40</p>
EW_9	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769924</p>	<p>d60 0,20 d10 0,10 d90 0,34 d50 0,18 U (d60/d10)= 2,10 Graduering (d90/d10)= 3,55</p>

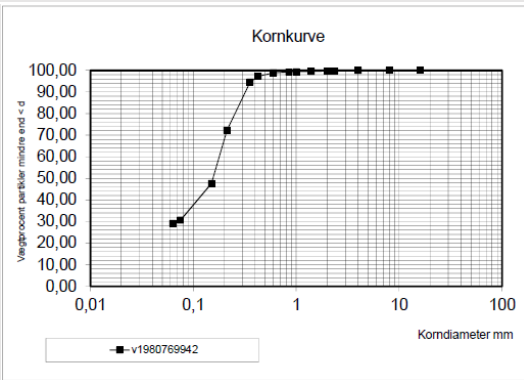
EW_10	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769896</p>	<p>d60 0,18 d10 0,09 d90 0,33 d50 0,16 U (d60/d10)= 2,07 Graduering (d90/d10)= 3,73</p>
EW_11	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769894</p>	<p>d60 0,19 d10 0,09 d90 0,33 d50 0,18 U (d60/d10)= 2,11 Graduering (d90/d10)= 3,62</p>
EW_12	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769892</p>	<p>d60 0,19 d10 0,09 d90 0,34 d50 0,17 U (d60/d10)= 2,07 Graduering (d90/d10)= 3,65</p>
EW_13	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769922</p>	<p>d60 0,21 d10 0,09 d90 0,34 d50 0,19 U (d60/d10)= 2,16 Graduering (d90/d10)= 3,60</p>
R2_1	<p style="text-align: center;">Kornkurve</p> <p style="text-align: center;">—■— V1980769948</p>	<p>d60 0,20 d10 0,09 d90 0,33 d50 0,18 U (d60/d10)= 2,15 Graduering (d90/d10)= 3,53</p>

R2_2



d60 0,19
d10 0,09
d90 0,31
d50 0,17
U (d60/d10)= 2,03
Graduering (d90/d10)= 3,38

R2_3



d60 0,18
d10
d90 0,33
d50 0,16
U (d60/d10)=
Graduering (d90/d10)=

