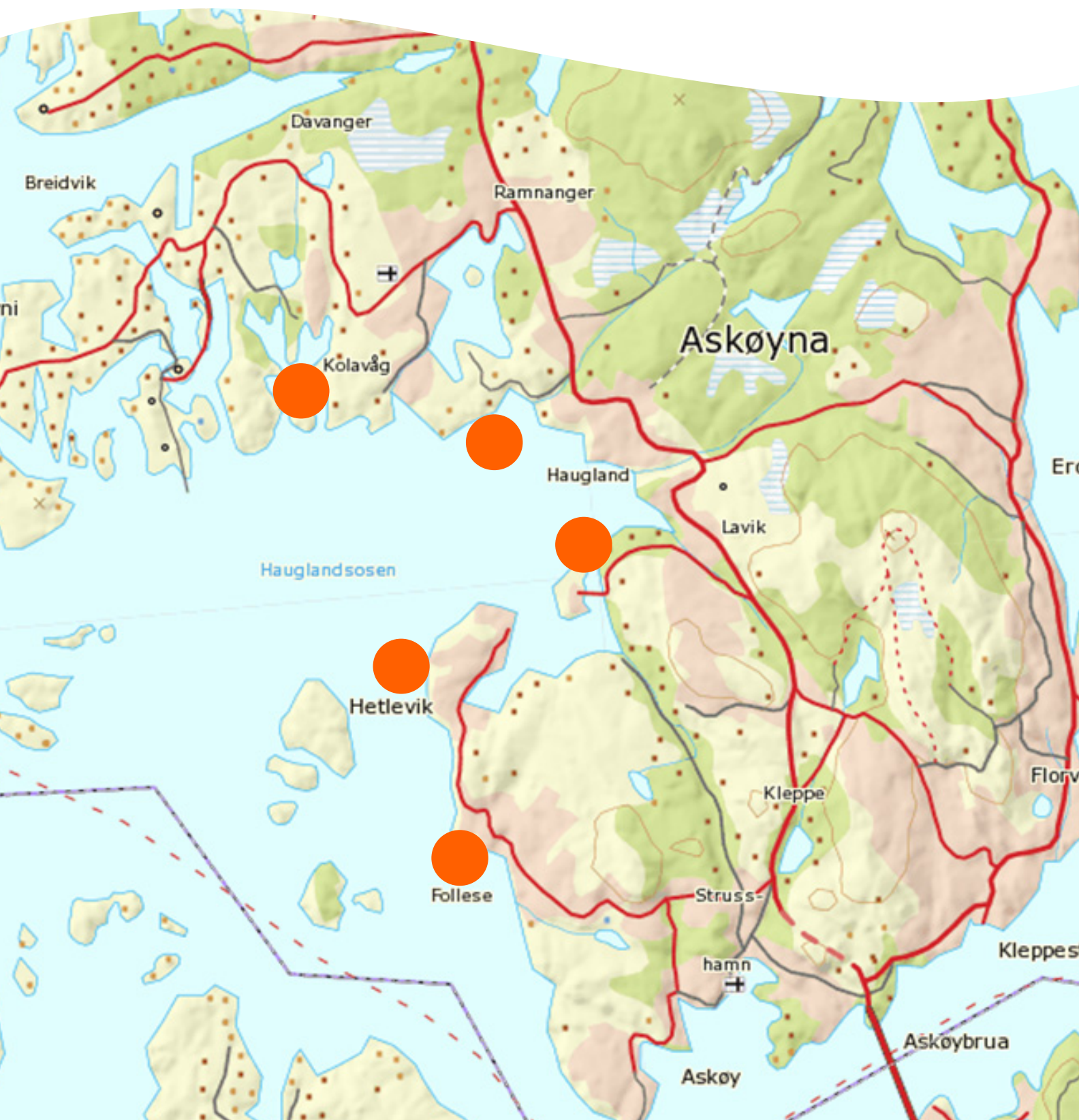


Undersøkelse av resipienter i Askøy kommune 2009



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt. 53D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Undersøkelse av resipienter i Askøy kommune 2009	Løpenr. (for bestilling) 5936-2010	Dato 07.04.2010
	Prosjektnr. Undernr. 29247	Sider Pris 150
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen, Kjersti L. Daae, Erling Heggøy (Uni Research), Per-Otto Johansen (Uni Research), Are Pedersen	Fagområde Marin økologi/ Oseanografi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Askøy kommune, 5323 Kleppestø	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Undersøkelsen er gjennomført i Hauglandsosen som er resipient for flere av Askøys kommunale avløp. Ved de fem planlagt gjenværende utslippene til området (Kollevåg, Hauglandshella, Juvik, Hetlevik (Eide), Folllese (Haugadalen)) er det gjennomført ROV-undersøkelser for nøyaktig posisjonsangivelse, registrering av dybde for endepunktene for utslippene og for dokumentasjon av resipienttilstand i form av videoopptak. Ved Hauglandshella og Juvik er det gjennomført strømmålinger som, kombinert med hydrografidata og data for rørdimensjoner og estimerte vannmengder for utslipp i 2007 og 2030, er benyttet for modellering av innlagingsdyp og fortykning av avløpsvann. På dette grunnlag er det gitt anbefalinger om utslippsdyp med og uten diffusor. Et grovt stoffbudsjett viser at næringsalter fra utslippene utgjør en relativt liten andel av totale tilførsler av næringsalter, men understreker samtidig viktigheten av dyp innlagring av avløpsvannet. Vannkvalitetsmålinger i Hauglandsosen viste Tilstandsklasse I "Meget god" for de fleste parametere, men totalt fosfor og fosfat var i tilstandsklasse II "God" og III "Mindre god"). Klassifisering av miljøtilstand ved bruk av makroalger ga "God" og "Meget God" tilstand for alle 5 undersøkte stasjoner fra Bekkenes i nordvest til Erdal i nordøst. Med unntak av Juvik hvor tilstanden var "Dårlig" (Tilstandsklasse V), sannsynligvis pga. et 1-2 mnd urensset utslipp, viste bløtbunnsundersøkelser i Hauglandsosen Tilstandsklasse I "Meget god" for alle stasjoner. Beregninger basert på foreliggende datamateriale viser at det ikke forventes negative påvirkninger på miljøet i Hauglandsosen fram til 2030, dersom utslippenes arrangement gjennomføres slik som anbefalt i denne rapporten.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Hauglandsosen	1. Hauglandsosen
2. Resipientvurdering	2. Recipient evaluation
3. Kommunalt avløpsvann	3. Municipal waste water
4. Modellering	4. Model calculations


Torbjørn M. Johnsen
Prosjektleder


Mats Walday
Forskningsleder


Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Undersøkelse av resipienter i Askøy kommune 2009

Forord

Denne rapporten er utarbeidet for Askøy kommune med Norconsult som Askøys konsulent for avløpsplanleggingen.

Prosjektet har vært gjennomført med innsats fra flere institusjoner og personer. Takk rettes til Bjarte Indrevær, Norconsult, for innsamling av vannprøver for vannkvalitetsanalyser. Skipper Leon Pedersen ombord på M/F "Solvik" takkes for hyggelige tokt både under ROV-kjøringene, utsetting og opptak av strømrigger og under innsamling av bløtbunnsmateriale. Bløtbunnsundersøkelsen er utført av Uni Research og ansvarlige for bløtbunnsdelen av rapporten har vært Per-Otto Johansen og Erling Heggøy, men her har mange andre medhjelpere bidratt. H. Grønning takkes for partikkelfordelingsanalyser og bestemmelse av organisk innhold i sedimentet. Takk rettes til R. Tveiten, T. Ensrud, G. Nilsen, S.C. Tumu, N. Korablava, T. Kvernstad, M.E. Eilertsen og R. Budvytyte for sortering av bløtbunnsprøver og P. Johannessen for artsbestemmelse av bunnfauna. En takk rettes også til G. Vassenden og E. Heggøy for deltagelse på bløtbunnstokt.

Hos NIVA har forsker Kjersti Lundmark Daae vært ansvarlig for målinger og rapportering av strøm og modellering og vurderinger av utslipp av kommunale utslipp. Forsker Are Pedersen har hatt ansvaret for gjennomføring og rapportering av undersøkelser av makroalger på grunt vann. Forsker Torbjørn M. Johnsen har vært ansvarlig for undersøkelser ved bruk av ROV, vannkvalitet i Hauglandsosen og beregninger av næringssalttilførsler, og han har også vært prosjektleder, kontaktperson mot Norconsult AS og ansvarlig for utarbeidelse av sluttrapport. En spesiell takk går til seniorforsker Jarle Molvær, NIVA, som ledet prosjektets planleggingsfase og som senere har bidratt med uvurderlige råd og veiledninger.

Hos Norconsult AS har seksjonsleder Willy-Andre Gjesdal vært vår kontaktperson, og vi takker for et godt og konstruktivt samarbeid gjennom hele prosjektet.

Bergen 25.05.2010

Torbjørn M. Johnsen

Innhold

Sammendrag	6
Summary	9
1. Bakgrunn og formål	12
2. Beskrivelse av framtidige utslipp	14
3. Undersøkelser av utslipp ved bruk av ROV	15
3.1 Formål	15
3.2 Metodikk	15
3.3 Resultater	16
3.3.1 Kollevågen	16
3.3.2 Hauglandshella	16
3.3.3 Juvik	16
3.3.4 Eide (Hetlevik)	19
3.3.5 Haugadalen (Follese)	19
4. Strømforhold og vannutskiftning i Hauglandsosen	21
4.1 Strømmålinger	21
4.1.1 Juvik	23
4.1.2 Hauglandshella	25
5. Beregninger av innlagring og fortynning av avløpsvann	27
5.1 Metodikk og data	27
5.2 Resultater	30
5.2 Resultater	30
5.2.1 Vertikal sjiktning i Hauglandsosen	30
5.2.2 Innledende om modellberegningene	31
5.2.3 Juvik	32
5.2.4 Hauglandshella	36
5.2.5 Eide	40
5.2.6 Kollevåg	44
5.2.7 Haugadalen	46
5.2.8 Erdal	49
5.2.9 Florvåg	52
5.2.10 Kleppestø	55
5.2.11 Strusshamn	58
5.2.12 Primærfortynning	61
6. Vannkvalitet i Hauglandsosen	62
6.1 Innledning	62
6.2 Metodikk og datainnsamling	62
6.3 Klorofyll a	63
6.4 Næringssalter	65

6.5 Oksygen i dypvannet	70
6.6 Samlet vurdering vannkvalitet	71
7. Tilførsler av næringsalter fra land og sjø	73
7.1 Innledning	73
7.2 Metoder	73
7.3 Resultater	73
8. Makroalger på grunt vann	76
8.1 Innledning	76
8.2 Typologi	76
8.3 Indeks - Bruk av marine algesamfunn	77
8.4 Metodikk – feltarbeid	78
8.5 Resultater	80
9. Bløtbunnsfauna og sedimenter i Hauglandsosen	82
9.1 Innledning	82
9.2 Materiale og metoder	82
9.2.1 Undersøkellesområdet	82
9.2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	86
9.2.3 Prøvetakingsutstyr	86
9.2.4 Sediment	86
9.2.5 Bunndyr	86
9.3 Resultater og diskusjon	88
9.3.1 Sediment	88
9.3.2 Bunndyr	92
9.4 Samlet vurdering basert på bløtbunnsundersøkelsene	99
10. Oppsummering	100
11. Litteratur	103
Vedlegg A. Primærfortynning ved utslippspunktene	105
Vedlegg B. Stasjonsbeskrivelser og artslister fra stasjoner for beregning av indekser ved bruk av makroalger.	114
Vedlegg C. Vedlegg fra bløtbunnsundersøkelser.	122

Sammendrag

I forbindelse med at Askøy kommune utarbeider søknad om tillatelse for utslipp av kommunalt avløpsvann hvor dagens 43 utslipp skal samles til 11, er det gjennomført resipientundersøkelse på Askøys vestsida i tillegg til nye beregninger for innlagring og fortynning av utslipp på Askøys sør- og østside.

Formålet med undersøkelsene har vært å framskaffe grunnlag for Fylkesmannens miljøvernavdeling for å avgjøre om primærrensing er tilstrekkelig for de 11 utslippene. 5 av de planlagte utslippene – Kollevåg, Hauglandshella, Juvik, Hetlevik (Eide) og Follese (Haugadalen) ligger på Askøys vestsida, og denne undersøkelsen har vært konsentrert om resipienten til disse utslippene da tidligere undersøkelser på Askøys øst- og sørsida er blitt ansett som tilstrekkelig kartlagt gjennom tidligere undersøkelser. For hvert utslipp har det vært nødvendig med dokumentasjon av dagens tilstand og effekter av dagens utslipp på miljøet slik at det kan vurderes om primærrensing er tilstrekkelig. Resultatene fra undersøkelsene skal danne grunnlag for videre overvåking av resipientene.

Som et ledd i dokumentasjonen av resipienttilstanden, dybdeangivelse og nøyaktig posisjonsangivelse av endepunktene for de kommunale utslippene og kontroll av utslippsledningenes tilstand, ble ROV benyttet både til filming, posisjons- og dybdeangivelse. Under ROV-registreringene ble det påvist både ukjente ledningsbrudd, manglende vannføring i utslippsledninger og ordinært utslipp av avløpsvann gjennom overløpsledning - og steintildekket ledning med risiko for skade. Alle forhold ble dokumentert ved filming.

For å gjøre beregninger av fortynning og innlagringsdyp av avløpsvann ble det i perioden 22. juni til 7. august 2009 gjennomført strømmålinger på ca. 30 m dyp ved Juvik og Hauglandshella, som er de to største utslippene i Hauglandsosen. Begge steder var det store variasjoner i strømstyrke og strømretning. Ved Juvik var det dominans av strøm i retning ØNØ og VSV, mens strømretningen ved Hauglandshella var noe mer dreid mot NNØ og SSV. Begge steder var strømstyrken jevnt over svak, og middels strømstyrke var på henholdsvis 2,9 og 2,4 cm/s for Juvik og Hauglandshella. Det ble imidlertid registrert strømstyrker opp mot 13 cm/s.

Sterk strøm gir en positiv effekt for miljøet nær utslippspunkt fordi avløpsvannet har kortere oppholdstid i området, det innlagres dypere enn ved svak strøm og blandingen med omkringliggende vannmasser (fortynningen) kan bli større. Dette ser vi tydelig i modelleringen som er gjort for utslippspunktene. Ved Juvik, Hauglandshella, Haugadalen og Eide vil det være gunstig å legge utløpet til 40 m dyp for å sikre at innlagringen skjer dypere enn 15-20 m. Alternativt kan man legge utslippene rundt 30 m, men bør da legge inn en diffusor for bedre blanding mellom avløpsvann og sjøvann. Ved Erdal, Kleppstø og Strusshamn, hvor det er gjort nye modellberegninger basert på avløpsmengder for 2030, ser det også ut til at en diffusorløsning vil være det beste alternativet for å sikre dyp nok innlagring av avløpsvannet. Ved Florvåg og Kollevåg er det imidlertid liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten, og utslippet kan ligge slik det gjør i dag.

Prøver for klassifisering av vannkvalitet (klorofyll a, totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen, nitrat, ammonium, oksygen) og måling av siktedyp ble tatt i Hauglandsosen og på referansestasjon i Hjeltefjorden. Næringssaltanalysene viste forhøyede konsentrasjoner av både totalt fosfor og fosfat i forhold til upåvirkede områder på begge stasjonene. Totalt fosfor var noe høyere i Hauglandsosen (Tilstandsklasse III "Mindre god") enn på referansestasjonen (Tilstandsklasse II "God"), men forskjellen var liten mellom de to stasjonene. Mengden fosfat var den samme på begge stasjonene. Totalt nitrogen, nitrat og ammonium var alle innen Tilstandsklasse I "Meget god", men konsentrasjonene var litt høyere i Hauglandsosen enn på referansestasjonen. Klassifiseringen basert både på klorofyll a og siktedyp ga også Tilstandsklasse I "Meget god" for begge stasjonene, men miljøforholdene var litt dårligere i Hauglandsosen enn på referansestasjonen i Hjeltefjorden. I dypvannet i Hauglandsosen var oksygenkonsentrasjonen høy og tilsvarte Tilstandsklasse I "Meget God".

Et grovt stoffbudsjett er satt opp basert på næringssaltkonsentrasjoner på referansestasjonen i Hjeltefjorden, modellberegnete lokale utslipp av nitrogen og fosfor (TEOTIL), målte strømhastigheter i indre Hauglandsosen, beregnede vannvolum i Hauglandsosen og målte avstander. Stoffbudsjettet viser at de største tilførslene av næringsalter til Hauglandsosen skjer gjennom vannutvekslingen med Hjeltefjorden. Denne stofftransporten vil variere både med størrelsen av vannutvekslingen og med næringssaltkonsentrasjonene, og beregningene er derfor utført både for antatt kort og lang oppholdstid. Dersom det antas at alle de kommunale utslippene fra Follese til Kollevågen innlagres i de øvre 20 meterne av vannsøylen i Hauglandsosen, utgjør i dag nitrogen- og fosformengden i disse utslippene hhv. mellom 4-18 % og 6-24 % av totalmengden. En antatt utslippsøkning på ca. 30 % i 2030 fører til at andelene fra kommunalt avløpsvann vil øke til 5-22 % for nitrogen og 8-29 % for fosfor. Oppholdstiden for vannmassen i 0-20 m dyp i Hauglandsosen er sannsynligvis så kort (2-3 døgn) at utslippene i liten grad vil medføre oppbygging av høy planktonisk algebiomasse (klorofyll a) i området. Dersom utslippsvannet kan innlagres på 15 meter eller dypere i planktonalgens vekstsesong, vil lyset bli en sterkt begrensende vekstfaktor. Dette sammen med vannets relative korte oppholdstid i Hauglandsosen, vil føre til liten påvirkning på vannkvaliteten i de øvre 20 meterne i Hauglandsosen. Miljøbelastningen i vannets overflatelag (0-20 m) i Hauglandsosen som følge av de kommunale utslippene, vil dermed reduseres vesentlig.

Makroalger på grunt vann er i denne undersøkelsen benyttet for kartlegging av miljøtilstand mht. overgjødning. Undersøkelsen er basert på den nye klassifiseringsveilederen som skal harmonisere norsk vannforvaltning med EUs vanndirektiv (VD) og fokusere på en helhetlig forvaltning av alle våre norske vannforekomster fra elver, innsjøer og kystvann. 5 stasjoner fra Bekkenes i nordvest til Erdal i nordøst er undersøkte. Alle stasjoner lå i vanntype "Beskyttet fjord/kyst", men for denne vanntypen eksisterer det foreløpig ikke en fjæreindeks. En modifisert indeks basert på indeks interkalibrert mellom Norge, England og Irland er derfor benyttet. Klassegrensene er satt ut fra skjønn og data fra tilsvarende undersøkelser i regionen. Selv om klassegrensene må sees på som preliminare, vil likevel vannkvaliteten i overflatelaget for alle stasjonene i undersøkelsesområdet falle innen vannkvalitetskategoriene "God" eller "Meget god".

Bløtbunnsundersøkelser har vært foretatt ved de 5 utslippsstedene for kommunalt avløpsvann, i tillegg til tidligere benyttede referansestasjoner i Hauglandsosen.

Ved utslippspunktene var det organiske innholdet i sedimentet lavt (2,9 - 8,2 %) med unntak av Juvik hvor innholdet var høyt på stasjon Ju 1 med 32,4 % organisk materiale. På den ene referansestasjonen (A 24) hadde det organiske innholdet økt i forhold til 1998 og var i 2009 på 11,6 %. Det organiske materiale (14,7 %) på den andre referansestasjonen Ha 10 var på nivå med målinger fra 1993.

Bunnfaunaen viste gode forhold ved de fleste utslippspunktene med unntak av Juvik hvor det over en periode på 1-2 måneder hadde vært urensset utslipp. Ved Hetlevik, Kollevåg og Follese var det gode bunnforhold tilsvarende Klifs Tilstandsklasse I. Ved Hauglandshella var det vanskelig å få kvantitative prøver pga. bratt fjellgrunn, men prøver tatt i nærområdet viste gode forhold. Bunnfaunaen på referansestasjonene viste meget gode forhold og i forhold til undersøkelser utført på 1990-tallet var det kun mindre endringer.

Undersøkelsen har vært designet for å dokumentere tilstanden ved utslippene, vurdere rensbehovet og legge grunnlaget for overvåking. Resultatene fra den gjennomførte resipientundersøkelsen viser gode forhold i resipienten Hauglandsosen. På bakgrunn av strømmålinger, antatte økninger i de kommunale utslippene, vannmengder, tilknytningsprosenter osv, er det utført beregninger for å finne hvilke utslippsdyp og hvordan bruk av diffusorer vil gi innlagingsdyp av utslippsvannet som sikrer god vannkvalitet i de øvre 15-20 meterne i Hauglandsosen. En forventet modernisering av primærrensanleggenes silsystemer vil dessuten øke uttaket av organisk materiale fra avløpsvannet i forhold til dagens utslipp og dermed redusere miljøbelastningen. Konklusjonen er derfor at de 5 planlagte kommunale utslippene ikke vil påvirke miljøet i resipienten Hauglandsosen fram til 2030. Forutsetningene for denne konklusjonen er at antagelsene om økningene i utslippsmengder,

vannmengder, tilknytningsprosjekter osv. fram mot 2030 er riktige, og at tiltakene blir gjennomført slik som anbefalt i denne rapporten.

Vanndirektivet setter fokus på hvordan ulike påvirkninger innvirker på økosystemenes helsetilstand. Dette gjenspeiles i den nye klassifiseringsveilederen ved at det er de biologiske kvalitetselementenes økologiske tilstand som styrer klassifiseringen og ikke utvalgte fysisk-kjemiske parametere. Dette bør derfor legges til grunn for framtidig overvåking av økosystemene omkring Askøy. Flere kommuner har felles fjordområder med Askøy, tilhører samme vanntype og bør derfor overvåkes med samme metodikk. Det foreslås derfor at kommunene etablerer en samordnet overvåking av disse fjordområdene med felles kunnskapsbase som sikrer en enhetlig klassifisering og helhetlig forvaltning.

Summary

Title: Recipient investigation at the municipality of Askøy

Year: 2010

Author: Torbjørn M. Johnsen, Kjersti L. Daae, Erling Heggøy, Per-Otto Johansen, Are Pedersen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5671-0

The municipality of Askøy is planning to restructure the waste water discharges from 43 existing discharges into 11 larger ones. In association with the permit application, NIVA, together with Uni Research, have investigated the waste water recipients on the western part of Askøy. Additional modelling of discharges on the eastern side of Askøy has been done as an extended part of earlier recipient investigations.

The purpose of the recipient investigation has been to obtain important information concerning the environmental issues of combining the many existing discharges into fewer, but larger systems of waste water. The results of the investigation will form a basis upon which the county governor of Hordaland can decide on whether or not primary treatment of the waste water is sufficient for the 11 discharges. Five of the planned discharges – Kollevåg, Hauglandshella, Juvik, Hetlevik (Eide) and Follese (Haugadalen) are located on the western part of Askøy, which has been the major focus in this investigation. The environmental conditions at each discharge location have been documented, and possible impacts of increased waste water discharges have been examined. The investigation results will also form a basis for future monitoring of the recipients.

Each discharge area was investigated using ROV (Remotely Operated underwater Vehicle). The ROV obtained exact positions and depth of the discharges as well as documenting the bottom conditions around the discharge. The ROV investigations revealed unknown pipe fractures, missing waste water in the discharge pipes, discharges through overflow pipes and pipes covered by rocks. All findings are documented on video.

Model calculations of discharge trapping depths rely on ambient current and hydrographic conditions. Measurements of currents were obtained at Juvik and Hauglandshella during approximately one month (22nd of June to 7th of August 2009), covering a whole tidal cycle. Additional hydrographic profiling was done several times in the period from May to November covering a variety of stratification conditions. Currents were measured at approximately 30 m depth. The current speed and direction varied greatly at both locations. At Juvik the dominating current directions were ENE and WSW, while the directions at Hauglandshella were rotated slightly towards NNE and SSW. The mean current speeds were 2,9 and 2,4 cm/s for Juvik and Hauglandshella respectively. Current speeds up to 13 cm/s were recorded.

Strong currents lead to better environmental conditions in the local discharge areas. The waste water will mix faster with the ambient seawater and is spread over a larger area than what is expected for weak currents. This is clearly seen in the discharge model results. At Juvik, Hauglandshella, Haugadalen and Eide the discharge plumes should be positioned as deep as 40 m in order to avoid discharge water reaching the surface. Alternatively, the plumes can lay at 30 m if diffusors are utilised for increased mixing between discharge water and the ambient. At Erdal, Kleppestø and Strusshamn, where new model calculations governing discharge estimates for 2030 are performed, diffusors are propitious in order to ensure deep enough discharge trapping depth. At Florvåg and Kollevåg the probability of discharge water reaching the surface is very low, and the discharge can most likely be kept as it is today.

Water samples for classification of water quality (chlorophyll a, total phosphorus, phosphate, total nitrogen, nitrate, ammonium and oxygen) and measurements of water transparencies (Secchi depth) were obtained in Hauglandsosen and at a reference location in Hjeltefjord. The nutrient analysis

showed increased concentrations of total phosphorus and phosphate compared to unaffected discharge areas at both locations. The total phosphorus was somewhat higher at Hauglandsosen (class III “Moderate”) compared to the reference station (class II “Good”) according to the Norwegian Climate and Pollution Agency’s (Klif) environmental quality classification system. However, the differences between the locations were small. The amount of phosphate was the same at both locations. For total nitrogen, nitrate and ammonium, the concentrations were slightly higher at Hauglandsosen, but both locations are in class I “Very good”. Similarly, classifications based on chlorophyll a and Secchi depth both resulted in class I “Very good”, with slightly better environmental conditions at the reference station in Hjeltefjord. The oxygen measurements did not indicate poorer classification at Hauglandsosen.

A rough nutrient budget is calculated based on the nutrient concentrations at the reference station in Hjeltefjord, model estimates of the local discharges of nitrogen and phosphorus (TEOTIL), measured current properties in the inner part of Hauglandsosen, estimated volume of water in Hauglandsosen and measured distances. The nutrient budget shows that the water exchange between Hauglandsosen and Hjeltefjorden is the major source of nutrients to Hauglandsosen. The nutrient transport from Hjeltefjord varies with the amount of water exchange and the nutrient concentration of the inflowing water, hence the estimations are done for both short and long retention time. By assuming that the municipal water discharges from Follse to Kollevåg are trapped in the upper 20 m of the water column in Hauglandsosen, the discharges will contribute with between 4–18 % and 6–24 % of the total amount of nitrogen and phosphorus, respectively. If the discharges in 2030 increase by 30 %, the discharge contribution to the total nitrogen and phosphorus will increase to 5–22 % and 8.29 %, respectively. The retention time for the upper 20 m of the water column in Hauglandsosen is very short (2–3 days). The nutrient concentration from the discharges will to a little extent lead to high planktonic algal biomass (chlorophyll a) in the area. If the discharged water is trapped below 15 m depth in the growing season for the planktonic algae, the amount of light will be a strongly limiting growth factor. This, together with the short retention time in Hauglandsosen, gives a small influence on the water quality in the upper 20 m. The environmental impact from the municipal discharges to the surface layers (0–20 m) in Hauglandsosen will thereby be substantially reduced.

Shallow water macro algae is in this investigation used as an indicator of the environmental condition concerning overfertilisation due to waste water discharges. The investigation is based on the new classification guide which is made in order to ease the coordination between the Norwegian water management and the EU Water Framework Directive (WFD) and focus on the overall management of all the Norwegian water resources from rivers, lakes and coastal areas. Five locations, from Bekkenes NW of Askøy to Erdal NE of Askøy are investigated. All locations are in the water type “sheltered fjord/coast”, but for this class, there is currently no index for low tide conditions. The class limits are therefore evaluated for each location based on data from similar investigations in the region and a modified index, intercalibrated between Norway, England and Ireland. Even if the class limits are preliminary, the water quality in the surface layers of each location is considered to be “Good” or “Very good”.

Soft-bottom investigations are performed at all waste water discharges west of Askøy as well as at earlier reference stations in Hauglandsosen. At discharge locations the organic content was low (2,9 – 8,2 %), except from Juvik where the organic matter content was as high as 32,4 % (station Ju 1). At one of the reference stations (A 24), the organic matter content was 11,6 %, an increase compared to previous measurements from 1998. At the other reference station (Ha 10) the organic matter content was similar to measurements from 1993 (14,7 %).

The benthic fauna showed good environmental conditions for the majority of the discharges, except at Juvik where untreated waste water had been discharged during a period of 1–2 months. At Hetlevik, Kollevåg and Follse the benthic conditions were good, corresponding to class I “Very good” in Klif’s classification system. At Hauglandshella it was difficult to obtain good samples due to steep bedrock, but samples from an adjacent location showed good conditions. The benthic fauna at the reference

stations showed good conditions and belong to class I “Very good”. Only slight changes compared to earlier investigations at the reference stations were observed.

This investigation in Hauglandsosen has been designed for documentation of the environmental condition at the discharges; considering the need for cleaning of the waste water and form the basis for later monitoring. The results from the recipient Hauglandsosen shows good conditions. Based on measures of currents, expected increases of discharges of waste water, water flows, etc., model calculations has been carried out to find suitable depths of discharges and how use of diffusors will give trapping depths that will secure good water quality in the upper 15-20 meters in Hauglandsosen. An expected modernization of the sieve systems of the primary cleaning plants will also increase the removal of organic matter from the waste water which will reduce the invironmental impact compared to today’s situation. Therefore, the conclusion is that the 5 planned municipal waste water discharges will not influence the recipient Hauglandsosen in a negative way up to 2030. The premises for this conclusion are that the assumptions about increase of wastewater, water flows, and so on are correct and that the actions are implemented in accordance with the recommendations in this report.

1. Bakgrunn og formål

Askøy kommune er i ferd med å utarbeide søknad om ny tillatelse for utslipp av kommunalt avløpsvann på Askøys sørlige del. Dagens 43 utslipp planlegges samlet til 11 utslipp (**Figur 1**) med primærrensing. Hovedkravet i EUs avløpsdirektiv (1991/271/EF og 1998/15/EF) og i Forurensningsforskriften, del 4 er at dersom utslipp av kommunalt avløpsvann fra tettbebyggelse til sjø har en maksimum ukentlig belastning på over 10.000 PE, skal det være sekundærrensning på utslippet. I henhold til Forurensningsforskriften kan imidlertid Fylkesmannen gi tillatelse til mindre omfattende rensing enn sekundærrensning for utslipp mellom 10.000 og 150.000 PE dersom avløpsvannet har gjennomgått primærrensing og at anleggseier gjennom grundige undersøkelser har vist at de kommunale utslippene ikke har påvirket miljøet i negativ retning og at resipienten dermed kan karakteriseres som mindre følsom,

For at Fylkesmannens miljøvernavdeling skal kunne vurdere om primærrensning ved de 11 planlagte utslippene er tilstrekkelig for å oppnå god miljøtilstand, er det for det første nødvendig å framskaffe kunnskap om de fysiske og biologiske forhold i resipienten. Askøy kommune har tidligere gjennomført tilsvarende undersøkelser på Askøys øst- og sørside (Molvær m.fl. 2007, Dahl-Hansen m.fl. 2007). Etter Fylkesmannens vurdering ga imidlertid ikke de gjennomførte undersøkelsene tilstrekkelig grunnlag for å avgjøre hvilke renskrav som skal stilles for de kommunale utslippene fra tettbebyggelsen på Søre Askøy. Spesielt var datagrunnlaget fra resipientene på Askøys vestsida mangelfulle og behov for dokumentasjon av tilstanden i de framtidige utslippenes nærsone og på referansestasjoner ble etterlyst. Med bakgrunn i dagens tilstand og modellberegninger av framtidige utslipp innlagingsdyp kan effekten av framtidige utslipp anslås og hensiktsmessig rensing vurderes.

For å tilfredsstille krav framsatt av forurensningsmyndighetene i forbindelse med tidligere undersøkelser, har dermed denne undersøkelsen vært designet for å vurdere følgende forhold i Hauglandsosen:

- Dagens tilstand
- Effekter av dagens utslipp
- Effekter fra de planlagte utslippene ved primærrensing av avløpsvannet.

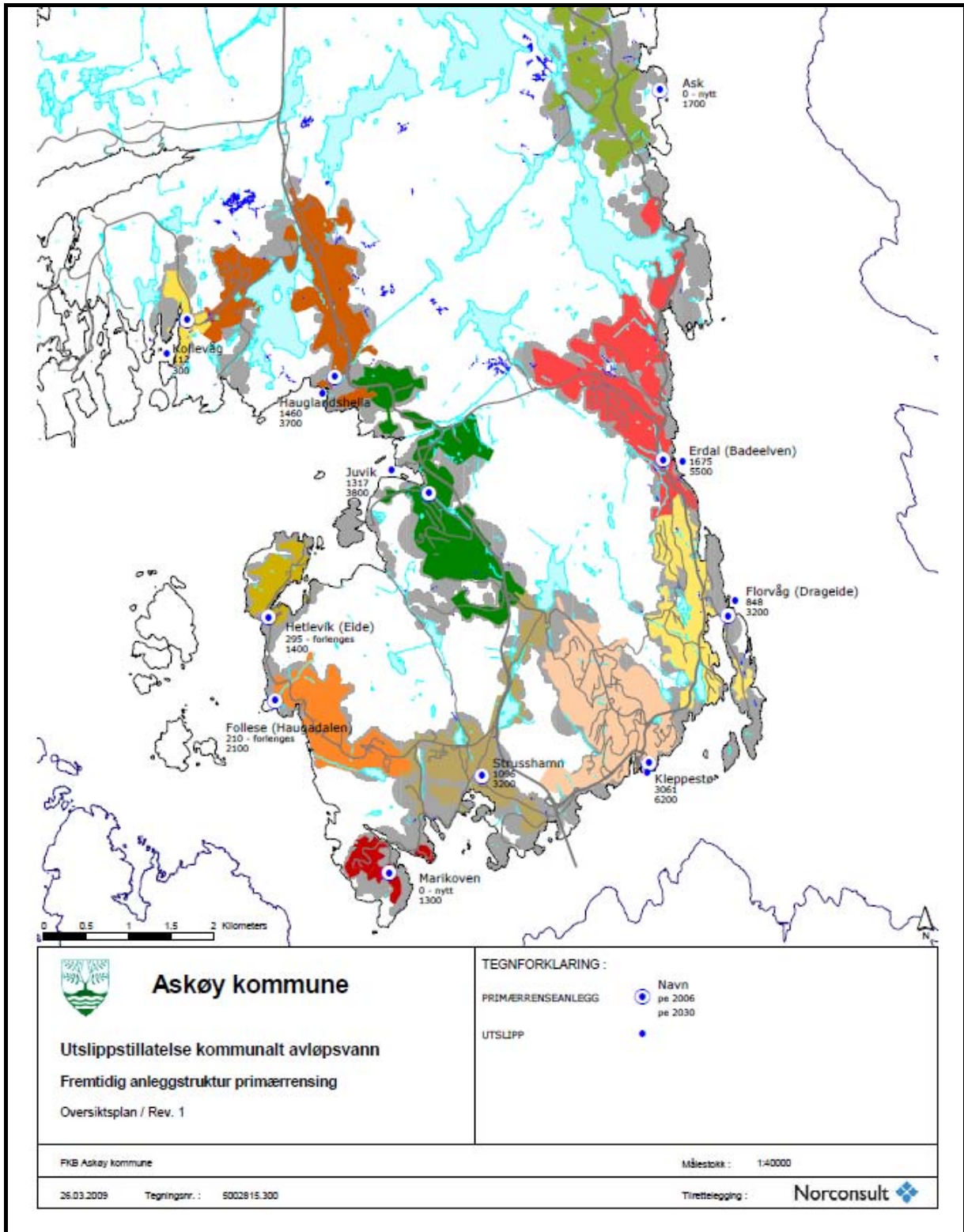
Askøy kommunes planer om å redusere antall utslippssteder til kun 11, vil øke vannmengdene på de ulike utslippsstedene. Dermed måtte nye beregninger av innlagingsdyp og fortynning gjennomføres på grunnlag av nye utslippsmengder for de gjenværende utslippsstedene på Askøys øst- og sørsida.

Fylkesmannen påpekte også at eneste virkningsparameter som ble undersøkt på Askøys øst- og sørsida (Dahl-Hansen m.fl. 2007), var bløtbunnsfauna. Derfor ble det i denne undersøkelsen lagt opp til undersøkelser av makroalger på grunt vann på utvalgte steder både på Askøys øst- og sørsida i tillegg til i Hauglandsosen. Vannkvalitet ble også lagt inn i undersøkelsesprogrammet for Hauglandsosen, mens øst- og sørsiden av Askøy ble ansett som tilfredsstillende kartlagt gjennom "Byfjordundersøkelsene" gjennomført av Universitetet i Bergen (Heggøy m.fl. 2005).

Som et ledd i dokumentasjonen av miljøtilstanden ble videoopptak av bunnforholdene både langs utslippsledningene og i nærsonen ved ledningenes endepunkt utført ved bruk av ROV. Gjentakelse av slik filming etter et visst antall år vil kunne danne grunnlag for vurderinger av eventuelle endringer i resipienten. Formålet med filmingen var også å nøyaktig kartfeste utslippsledningenes endepunkt, å finne utslippenes nøyaktige dybde og å danne grunnlag for planleggingen av bløtbunnsundersøkelsene ved at bunnforholdene på prøvetakingsstedene ble kjent på forhånd.

Beregninger og vurderinger basert på beregninger vil inneha en viss grad av usikkerhet, og det vil derfor alltid være behov for overvåking av tilstanden i resipienten. Resultatene fra undersøkelsene gjennomført i resipientene for Søre Askøy skal derfor være med på å danne grunnlag for planlegging

av framtidig overvåking av disse resipientene, eventuelt samordnet med tilsvarende overvåking for tilstøtende vannområder i Bergen og Fjell kommune.



Figur 1. Framtidig anleggsstruktur med 11 utslipp på søndre Askøy.

2. Beskrivelse av framtidige utslipp

I 2006 bodde 73 % av innbyggerne i kommunen i en bebyggelse fra Ask via Kleppestø til Kollevåg (16 400 mennesker). Disse var fordelt over en kyststrekning på 35 km, med 43 utslipp over 50 pe. Undersøkelsene i 2007 fokuserte på risikoen for gjensidig påvirkning mellom 4 utslipp: Erdal, Florvåg, Kleppestø og Strusshamn.

Undersøkelsene i 2009 skal avklare om dagens utslipp er til skade for miljøet og gi grunnlag for å avgjøre rensesgrad for framtidige utslipp. Undersøkelsen skal utføres i henhold til "Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann", kapittel 4.3: "Undersøkelse for å avgjøre om utslipp etter primærrensing ikke har skadevirkning på miljøet". Utgangspunktet er at antall utslipp reduseres til 11 (**Figur 1** og jfr. **Tabell 1**) ved at:

- 7 utslipp beholdes (Erdal, Florvåg, Kleppestø, Strusshamn, Juvik, Kollevåg, Hauglandshella), men hydraulisk belastning økes vesentlig
- 2 nye utslipp (Ask og Marikoven), der plassering av utslippene ikke er bestemt
- 2 utslipp forlenges og plasseres dypere (Follese og Eide)

Tabell 1. Framtidig avløpsdisponering for søndre Askøy.

Avløpsanlegg		Utslipp > 50 pe			Totalt antall pe			Tilknytning		
		Tilknyttet	Overføres	Sum	Innbyggere	Annet	Sum	%	%	pe
Navn	Utslipp	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2030	2030
Ask	Nytt, ikke bestemt	0	583	583	1125	40	1165	48	83	1700
Erdal, - Badeelven	Eksisterende	1675	933	2608	2967	313	3280	77	92	5500
Florvåg, - Drageide	Eksisterende	848	836	1684	1759	29	1788	94	98	3200
Kleppestø	Eksisterende	3061	155	3216	3246	304	3550	90	97	6200
Strusshamn	Eksisterende	1096	420	1516	1810	52	1862	81	94	3200
Marikoven	Nytt, ikke bestemt	0	519	519	782	18	800	64	88	1300
Follese, - Haugadalen	Eksisterende, forlenges	210	754	963	1206	53	1259	76	92	2100
Eide	Eksisterende, forlenges	295	288	584	855	20	875	66	89	1400
Juvik	Eksisterende	1317	543	1859	2131	83	2214	83	94	3800
Hauglandshella	Eksisterende	1460	67	1527	2230	53	2283	66	89	3700
Kollevåg	Eksisterende	112	0	112	215	4	219	50	83	300
Sum		10074	5098	15172	18326	969	19295	78	93	32400

3. Undersøkelser av utslipp ved bruk av ROV

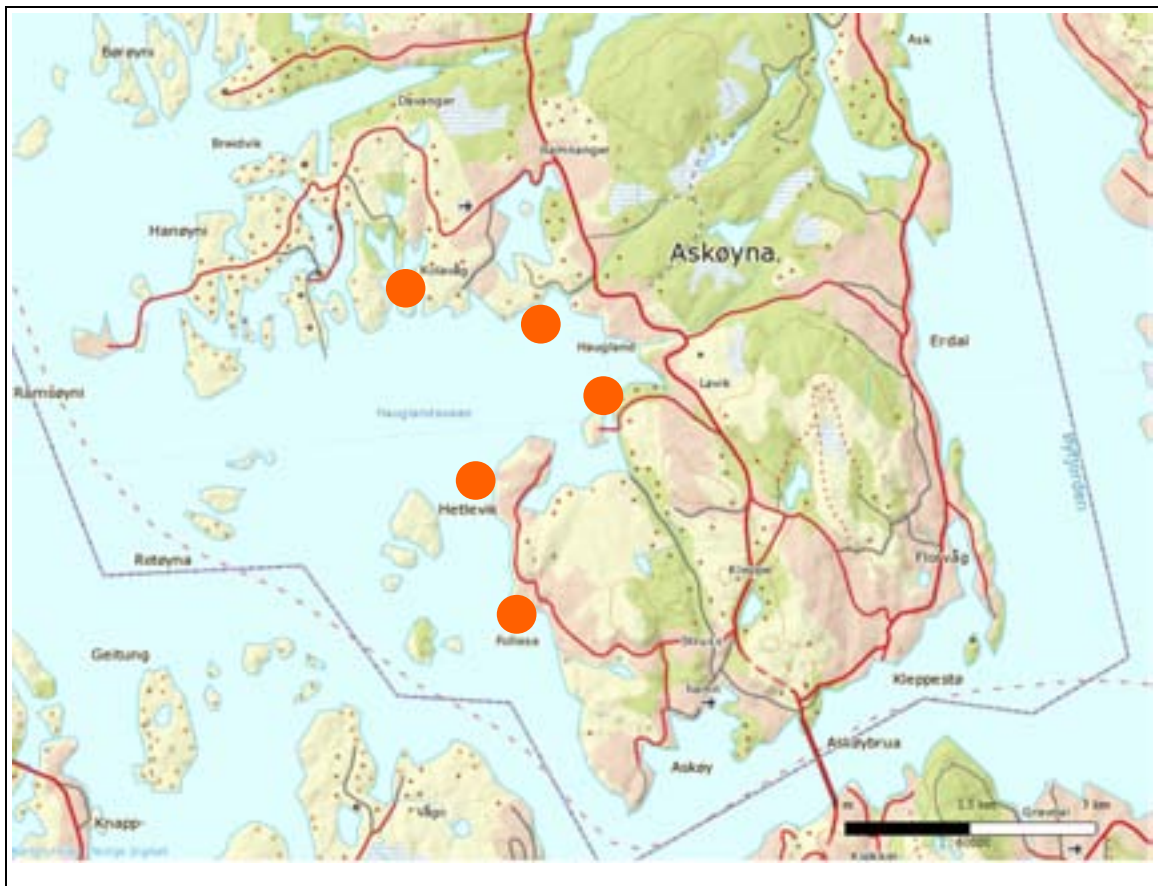
3.1 Formål

En visuell dokumentasjon gjennom bilder eller videoopptak gir som oftest et mer reelt inntrykk av forholdene enn en verbal beskrivelse. Ved denne undersøkelsen var formålet med bruk av undervannsfartøy (ROV) å dokumentere miljøtilstanden langs ledningene, å dokumentere miljø- og bunnforholdene i nærområdet til ledningenes endepunkt, å gi en nøyaktig kartreferanse og dybde for utslippsledningenes endepunkt. Dokumentasjonen av bunnforholdene ved ledningenes nærrområde skulle også danne en god basis for planleggingen av innsamling av materiale for bløtbunnsundersøkelsene ved at prøvetakingsforholdene ved ledningenes endepunkt var kjente på forhånd.

3.2 Metodikk

Nødvendig dokumentasjonen og kartlegging av utslippsledningene ble framskaffet ved bruk av ROV (Remotely operated underwater vehicle) med kamera og muligheter for videoopptak. 30. april 2009 ble båten "MS Solvik" benyttet som arbeidsplattform for ROV-undersøkelser av Undervannsteknikk, 5305 Florvåg v/Harry Lorentzen med deltakelse fra NIVA, Askøy kommune og Norconsult. Undersøkelsene ble gjort ved følgende 5 utslipp (jfr. **Figur 2**):

- Follese (Haugadalen)
- Hetlevik (Eide)
- Juvik
- Hauglandshella
- Kollevåg



Figur 2. Utslippområder for kommunalt avløpsvann undersøkt ved bruk av ROV.

3.3 Resultater

Ved de kommunale utslippene i Kollevåg, Hauglandshella, Juvik, Eide (Hetlevik) og Haugadalen (Follese) ble nøyaktig posisjon og dyp for endepunktene registrert (**Tabell 2**). I tillegg ble det filmet langs hele ledningens trasé fra endepunktet til land der hvor dette var mulig. Også overløp og eventuelle uregelmessigheter på/ved ledningene ble filmet og registrert. Filmene som ble tatt opp i VOB-format, ble først convertert til avi-format ved bruk av programmet Prism Video Converter. Redigering er utført ved bruk av Windows Movie Maker og lagret og overlevert oppdragsgiver i wmn-format som kan leses av de fleste videoavspillingsprogrammer slik som f.eks. Windows Media Player.

Kort beskrivelse av bunnforhold, hvor avløpsledningene ligger, deres tilstand, tiltak som bør gjennomføres og andre aktuelle opplysninger er gitt i dette kapittelet.

Tabell 2. Posisjoner og dyp for utslipp.

Område	Stasjon	Nord	Øst	Dyp (m)
Askøy	Kollevåg	60° 26,486	5° 06,951	45
	Hauglandshella	60° 26,675	5° 09,291	27
	Juvik	60° 26,189	5° 10,256	33
	Eide (Hetlevik)	60° 25,181	5° 08,622	14
	Haugadalen (Follese)	60° 24,590	5° 08,908	32

3.3.1 Kollevågen

Letingen etter endepunktet for den kommunale avløpsledningen fra Kollevågen ble startet mellom Tussholmen og Vardeneset fordi ROV-operatøren hadde vært engasjert i utleggingen av ledningen. Endepunktet for avløpsledningen ble funnet på 46 m dyp ca 150 m vest for Tussholmen (**Figur 3**). I dette området ligger ledningen på sandbunn som gir fine forhold for prøvetaking med grabb.

Fra utslippspunktet ble ledningen fulgt inn i Kollevågen mot Eide hvor ledningen fortsetter inn på land. I et område nord for Tussholmen var bunnen dekket av gammelt avfall, og i dette området var det bløt bunn. Bunnforholdene videre innover i Kollevågens østlige del virket tilfredsstillende, men i den indre, østlige delen av Kollevågen ble det observert til dels mye døde skjell.

Avløpsledningen så ut til å være i god stand, men den ligger til dels svært svingete som om den skulle vært dregget. Avløpsledningen er skjøtet flere steder, og den krysser vannledning flere steder.

3.3.2 Hauglandshella

Ved Hauglandshella ble endepunktet for avløpsledningen funnet på 25 m dyp ca. 60-70 m fra land (**Figur 4**). Avløpsvann med relativt mye partikler kom ut fra røråpningen. Rundt utslippspunktet var det fin sandbunn og fine forhold for grabbing. Ledningen var intakt og kunne følges fra endepunktet og opp til ca. 10 m dyp utenfor hjørnet på kaien ved Hellehaugen hvor den forsvant inn i sjøbunnen.

3.3.3 Juvik

Søk etter avløpsledning ble startet i det trange sundet mellom holmen og land på Juvikas sørside (**Figur 5**). Ledningen ble funnet liggende på fin sandbunn, og endepunktet ble funnet på 33 m dyp med røråpningen ca. 1 m over bunnen. Det var ingen vannstrøm ut av ledningen. Rett under endepunktet var det en relativt stor haug med organisk materiale (ca. 1 m i diameter). Hvitt belegg på det organiske materialet og gassansamling i haugen tydet på at avløpsledningen hadde vært ute av drift



Figur 3. Kollvågen. Rød firkant markerer utslippspunkt for kommunal avløpsledning. Svart linje viser ledningstrasé.

i relativt lang tid. Rundt utslippet var det bløtbunn med litt sand slik at forholdene for grabbing nær utslippsstedet ble ansett som gode.

ROV-undersøkelsen av ledningen fra holmen og innover mot kaiområdet innerst i Juvik viste at enkelte steder var ledningen blitt tildekket av relativt store steiner. I dette området var det til dels vanskelig å gjennomføre kartleggingen pga. mye ledninger og tauverk fra private kaianlegg. Ledningen var også enkelte steder tildekket av tang og andre makroalger som gjorde det umulig å filme ledningens trasé helt innerst i Juvik.

Vannmassene i den indre delen av Juvik (dvs. øst for holmen) inneholdt store mengder store hvite fnokk-lignende partikler. Overløpsledningens endepunkt ble funnet på 10 m dyp ved enden av molo for etablert kaianlegg (jfr. **Figur 5**, rød pil). I denne indre delen av Juvik var det tydelig kloakk- og H₂S-lukt. Alt avløpsvann ble sluppet ut gjennom overløpsledningen og var årsak til partikkelmengden i vannmassene og den til dels sterke kloakkluften.

Avløpsledningens trasé synes uhensiktsmessig da den først føres ned til ca. 14 meters dyp for så å stige til ca. 2 m dyp i det trange sundet mellom holmen og fastlandet på sørsiden av Juvik. Ledningen bør flyttes og føres i hovedløpet ut fra Juvik og mot dypområdet sør for Risholmen. Det samme gjelder overløpsledningen som har endepunkt i indre del av Juvik og som derfor selv ved små utslipp vil forurense vannmassene i indre Juvik.



Figur 4. Hauglandshella. Rød firkant markerer utslippspunkt for kommunal avløpsledning.



Figur 5. Juvik. Rød firkant markerer utslippspunkt for kommunal avløpsledning, mens rød pil markerer overløpets endepunkt.

3.3.4 Eide (Hetlevik)

Avløpsledningens endepunkt ble registrert på 13 m dyp rett vest for kaienlegget på Eide. Ingen synlig vannstrøm ble registrert ut fra røråpningen.

Ledningen ligger i bratt terreng som fortsetter fra avløpsledningens endepunkt og videre utover til bunnområdet mellom Hetlevik og Skorpo. Grabbing rundt avløpsledningens endepunkt vil være nærmest umulig.

Inne ved land gjorde mye tare kartleggingen av avløpsledningens trasé svært vanskelig.

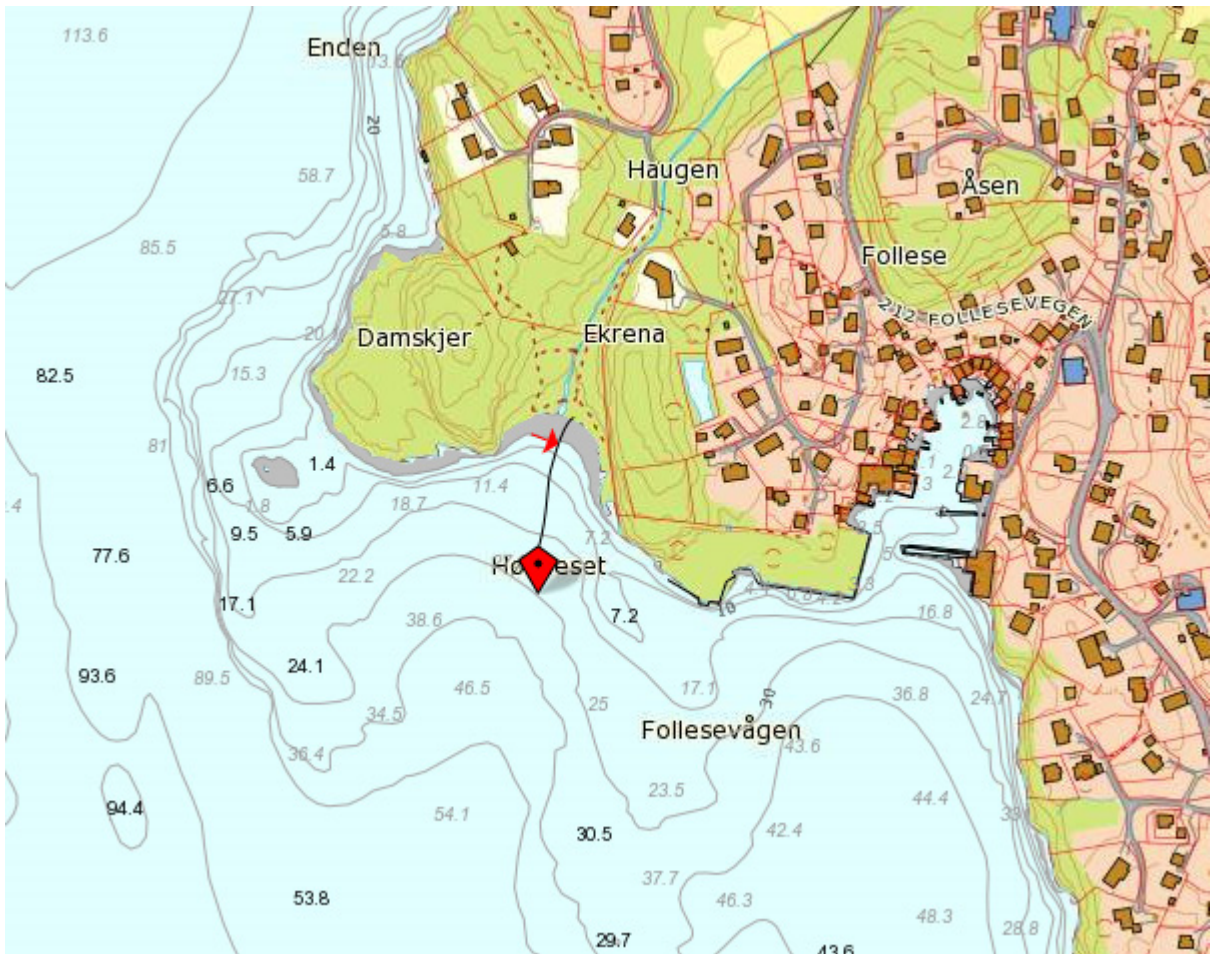


Figur 6. Eide (Hetlevik). Rød firkant markerer utslippspunkt for kommunalt avløp.

3.3.5 Haugadalen (Follese)

Avløpsledningen fra Haugadalen viste seg å være knekt slik at utslippspunktet var ca. 6-7 m fra land på 1-1,5 m dyp (**Figur 7**) og må dermed betegnes som et rent overflateutslipp. Fra røråpningen strømmet det ut avløpsvann som steg mot overflaten. Vannmengden var moderat.

Fra bruddpunktet og ut til endepunktet for avløpsrøret ligger ledningen i skrånende terreng hovedsakelig med sandbunn. Ved ledningens endepunkt på 32-33 m dyp (**Figur 7**) er det fin sandbunn uten synlige spor av sedimenter fra avløpet. Endepunktet ligger ca. 1 m over bunnen og avløpsrøret er kraftig begrodd, hovedsakelig av sekkedyr. Om mangelen på rester ved avløpsrørets endepunkt skyldes at det er lenge siden avløpet har vært i drift eller om det er gode strømforhold ved endepunktet, er vanskelig å avgjøre.



Figur 7. Haugadalen (Follese). Rød firkant markerer utslippspunkt for kommunal avløpsledning. Rød pil markerer observert bruddsted for avløpsledningen.

4. Strømforhold og vannutskifting i Hauglandsosen

4.1 Strømmålinger

Strømhastigheten mellom utslippsdypet og innlagringsdypet for avløpsvann påvirker innlagringsdypet, fortynningen og spredningen avløpsvannet. For å få en oversikt over strømforholdene ved utslippene i Juvik og Hauglandshella, ble det satt ut en strømmåler i ca 30 m dyp i nærheten av hvert utslippspunkt (**Figur 8**). Strømmålerne sto ute mellom 22. juni og 7. august 2009, en periode som er lang nok til å dekke en full tidevannssyklus. Begge instrumentene var satt opp til å logge data hvert 10. minutt.



Figur 8. Kart med plasseringer av strømmålere ved Hauglandshella og ved Juvik. Den røde firkanten viser posisjonen ved Hauglandshella, og den oransje ringen viser posisjonen ved Juvik.

Strømmåleren ved Juvik var av typen RCM9 fra Aanderaa Data Instruments. Ved Hauglandshella ble det benyttet en måler av typen Seaguard RCM, også denne fra Aanderaa data Instruments. Begge instrumentene er punktmålere som måler strømhastighet og retning, i tillegg til temperatur, konduktivitet og turbiditet. Seaguard RCM ved Hauglandshella hadde i tillegg en optode for måling av oksygeninnhold. Strømmålerens parametre og presisjon er listet opp i **Tabell 3**. **Tabell 4** viser posisjonene, bunndypet og instrumentdypet for de to lokalitetene. Riggens konstruksjon er skissert i **Figur 9**. Et bunnlodd sikrer at måleren ikke flytter på seg, mens oppdriftskulene sørger for at strømmåleren står vertikalt i vannsøylen. Begge riggene var fortløyd med landtau.

Tabell 3. Parametre og presisjon for strømmålerne.

Parameter	RCM9 – usikkerhet	Seaguard RCM - usikkerhet
Strømhastighet	± 0,15 cm/s	± 0,15 cm/s
Strømretning	± 5°	± 5°
Temperatur	± 0,05 °C	± 0,03 °C
Konduktivitet	±0,005 S/m	±0,005 S/m
Turbiditet	< 2 % FTU	< 2 % FTU
Oksygen		< 8 µM eller 5 %

Nedenfor vil vi kommentere hovedtrekkene ved strømmålingene, med sikte på forhold som skal brukes i beregningene av innlagringsdyp, spredning og fortykning.

Tabell 4. Posisjoner og dyp for strømmålerne.

Sted	Breddegrad	Lengdegrad	Bunndyp	Instrument	Instrumentdyp
Juvik	60° N 26,202'	5° E 10,052'	52 m	RCM9 sn25	29 – 30 m
Hauglandshella	60° N 26,656'	5° E 9,257'	50 m	Seaguard RCM sn67	29 – 31 m

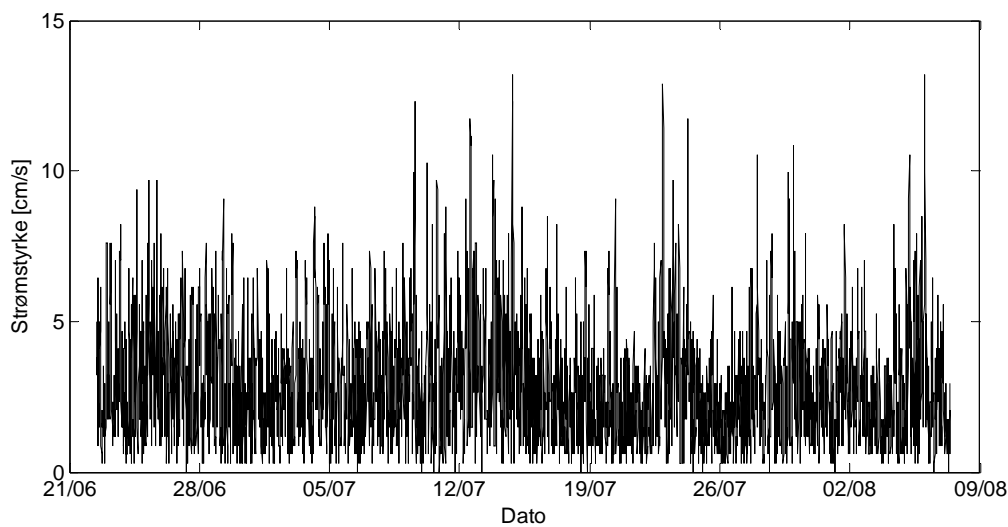
**Figur 9:** Skisse av en typisk strømrigger

4.1.1 Juvik

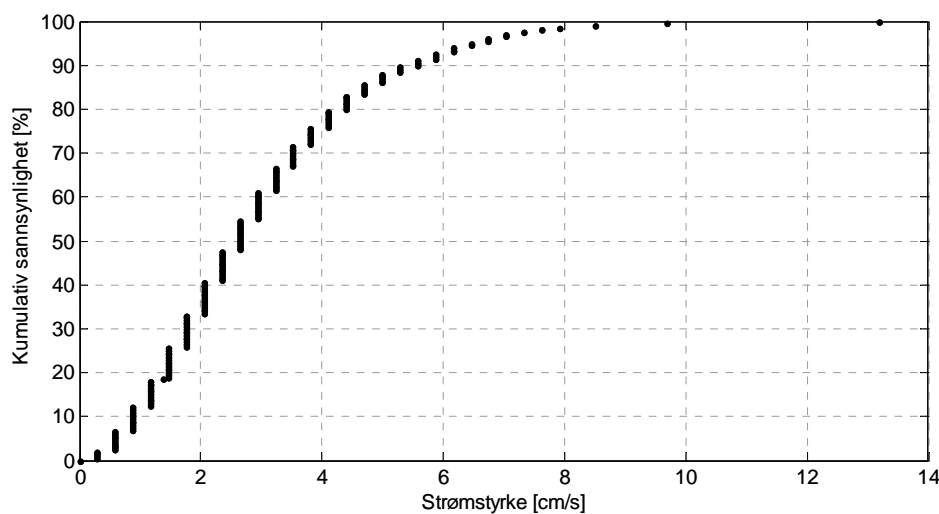
Resultatene for strømmåleren ved Juvik er vist i **Figur 10. - Figur 13**. Strømmen varierer ganske mye både i styrke og retning (**Figur 10.** og **Figur 12**). Den maksimale strømhastigheten som ble registrert var på 13,2 cm/s. Det progressive vektordiagrammet (**Figur 13**) viser at strømrretningen skifter ofte, men ut i fra **Figur 12** ser vi at det samtidig er nordøstlig og sørvestlig retning som dominerer. Opplysninger om posisjoner og dyp for strømmåleren i Juvik er gitt i **Tabell 4**. Statistiske verdier for strømdata i Juvik er gitt i **Tabell 5**.

Tabell 5. Statistiske verdier for strømdata fra 30 m dyp ved Juvik

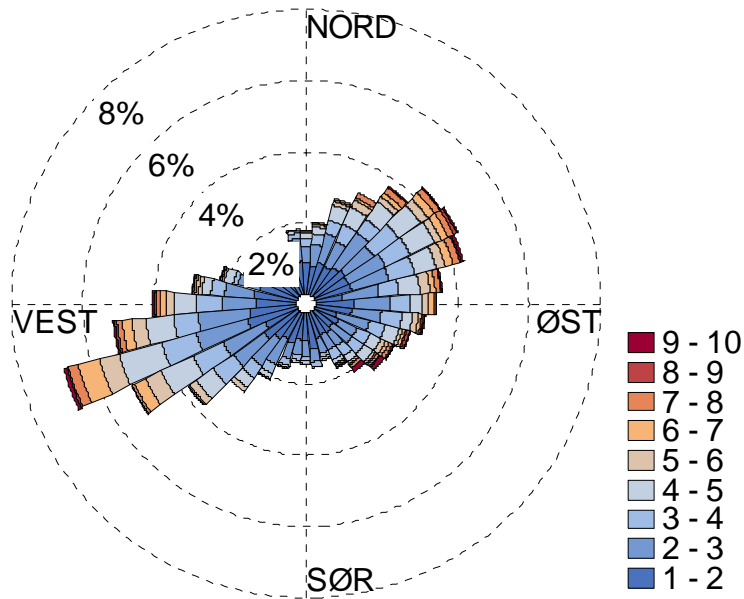
Dominerende strømrretning	Midlere strømfart	Median	Min	Max	10-persentil	90-persentil	Standardavvik
250°	2,9 cm/s	2,6 cm/s	0 cm/s	13,2 cm/s	0,9 cm/s	5,6 cm/s	1,8 cm/s



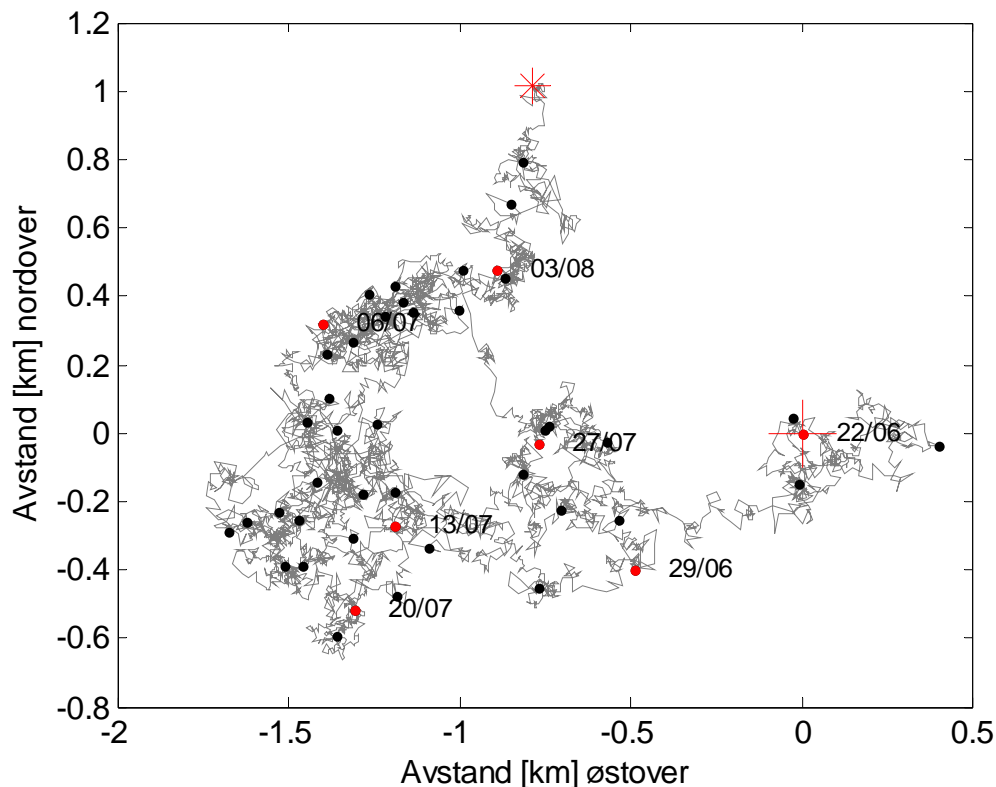
Figur 10. Strømstyrke målt i 30 m dyp ved Juvik.



Figur 11. Kumulativt diagram for strømhastighet målt i 30 m dyp ved Juvik. Medianen er 2,6 cm/s og 90 % er under 5,6 cm/s.



Figur 12. Fordeling av strømhastighet og retning. Lengden på søylene indikerer hvor stor del av tiden (prosentvis) strømmen er i gitt retning. Fargene indikerer styrken på strømmen (cm/s) i den gitte retningen.



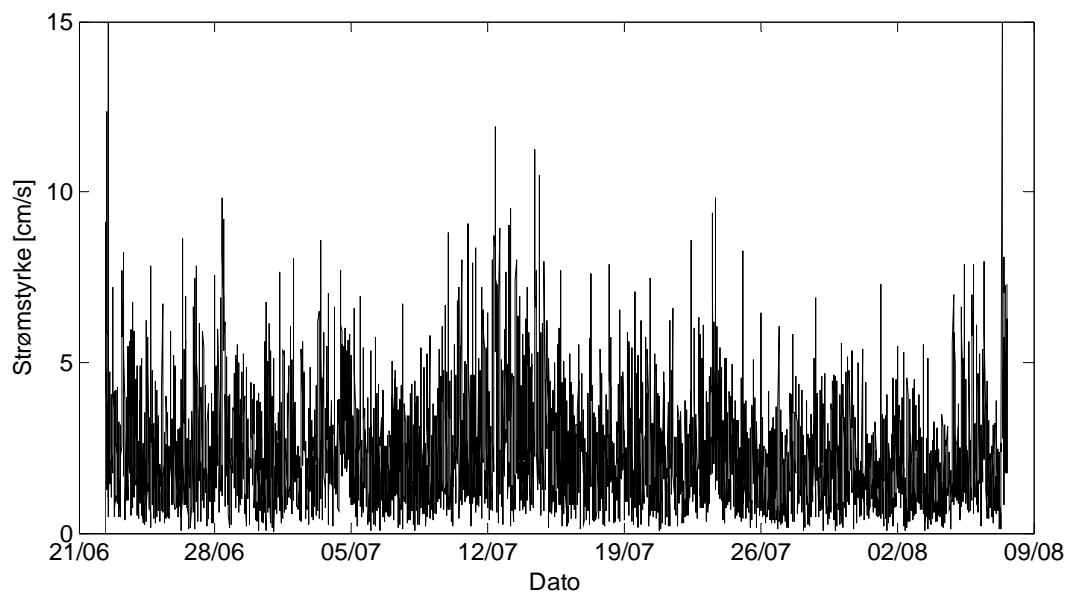
Figur 13. Progressivt vektordiagram for strømmåleren ved Juvik. Den grå linja er en strømmens trajektorie (ruten et gitt vannvolum vil følge dersom strømmen er den samme (styrke og retning) i hele området), med startpunkt i det store røde krysset og sluttunkt i den røde stjerna. Det er én svart prikk per dag. De røde prikkene markerer én uke, og der er også datoen påført.

4.1.2 Hauglandshella

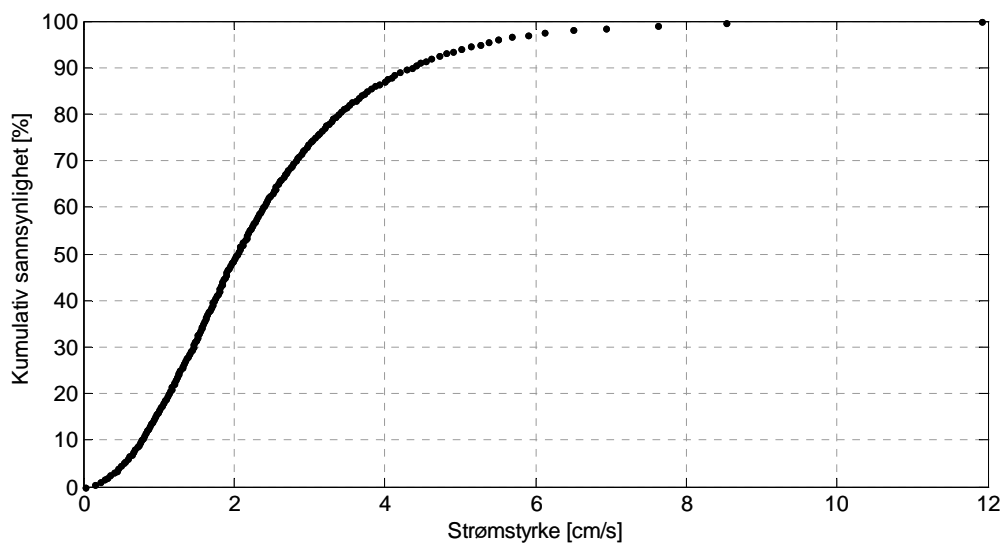
Resultatene for strømmåleren ved Hauglandshella er vist i **Figur 14** til **Figur 17**. Statistiske verdier er gitt i **Tabell 6**. Strømmen varierer ganske mye både i styrke og retning (**Figur 14** og **Figur 16**). Den maksimale strømhastigheten som ble registrert var på 11,9 cm/s. Vi ser av **Figur 16** at også her dominerer nordøstlig og sørvestlig strømrretning. Det er også disse retningene hvor strømmen er sterkest. Dette kommer tydelig fram av det progressive vektordiagrammet (**Figur 17**). I motsetning til ved Juvik (**Figur 13**) ser vi her en mindre kaotisk trajektorie med tydelig retning nordøstover.

Tabell 6. Statistiske verdier for strømdata i 30 m dyp ved Hauglandshella.

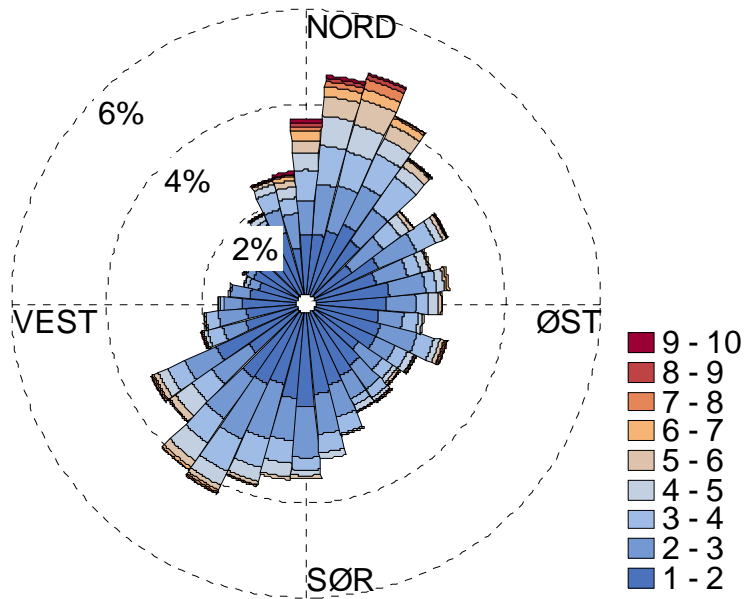
Dominerende strømrretning	Midlere strømfart	Median	Min	Max	10-persentil	90-persentil	Standardavvik
20°	2,4 cm/s	2,0 cm/s	0 cm/s	11,9 cm/s	0,8 cm/s	4,4 cm/s	1,5 cm/s



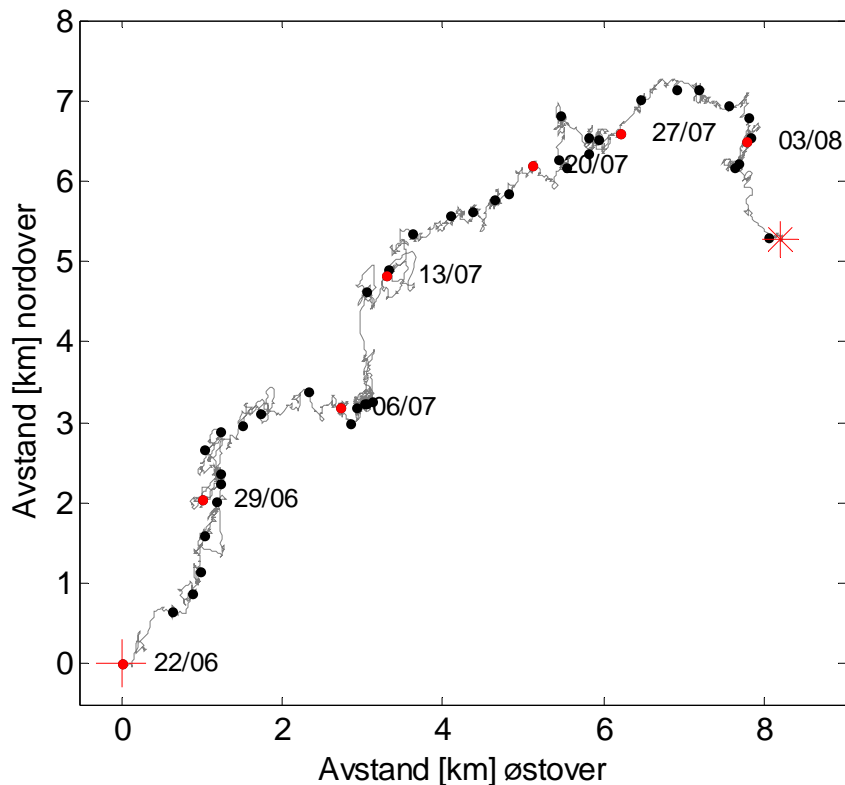
Figur 14. Strømstyrke målt i 30 m dyp ved Hauglandshella.



Figur 15. Kumulativt diagram for strømhastighet målt i 30 m dyp ved Hauglandshella. Medianen er 2.0 cm/s og 90 % er under 4.4 cm/s.



Figur 16. Fordeling av strømhastighet og retning ved Hauglandshella. Lengden på søylene indikerer hvor stor del av tiden (prosentvis) strømmen er i gitt retning. Fargene indikerer styrken på strømmen (cm/s) i den gitte retningen.

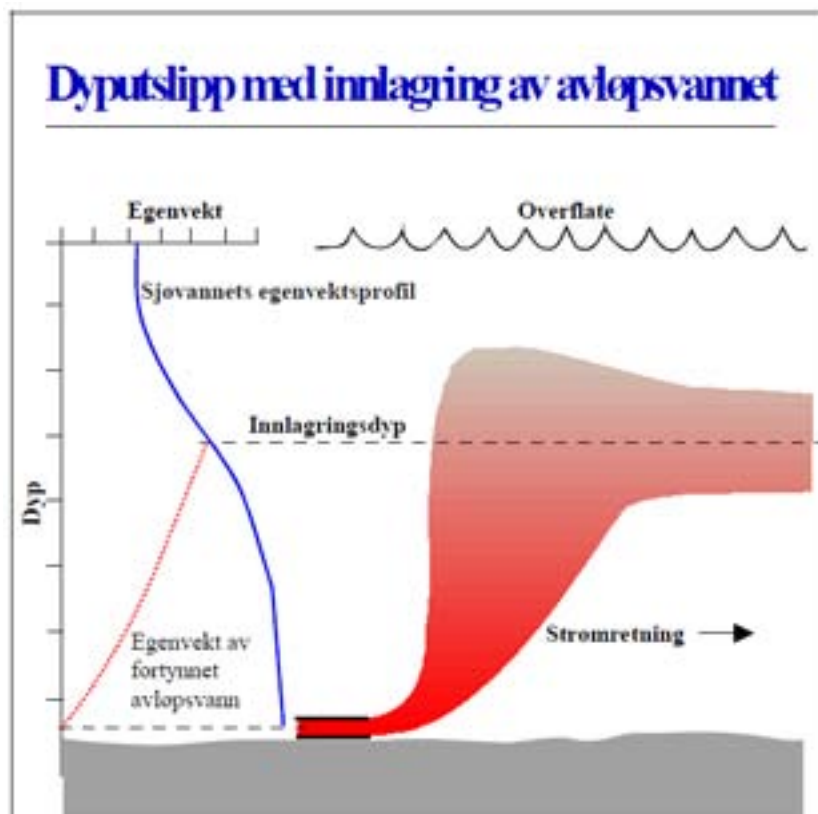


Figur 17. Progressivt vektordiagram for strømmåleren ved Hauglandshella. Den grå linja er strømmens trajektorie (ruta et gitt vannvolum vil følge dersom strømmen er den samme (styrke og retning) i hele området), med startpunkt i det røde krysset. Det er én svart prikk per dag. De røde prikkene markerer én uke, og der er også datoen påført.

5. Beregninger av innlagring og fortynning av avløpsvann

5.1 Metodikk og data

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt (tetthet) som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når det slippes til sjøen på dypt vann vil avløpsvannet derfor begynne å stige mot overflata samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker med dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 18**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres. Dette innlagringsdypet kan beregnes og vi bruker den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001).



Figur 18. Prinsippskisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).

I en fjord er der vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet. Det fortyntede avløpsvannet kan i prinsippet innlagres uten å nå overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre. For beregninger av innlagringsdyp og spredning behøves opplysninger om:

- Ledningsdiameter, utslippsdyp og vannmengder (Q_{middel} og Q_{max} for 2007 og 2030) (jfr. **Tabell 7**).

- Vertikale profiler av temperatur og saltholdighet. Disse gir informasjon om sjiktningen.
- Strømhastighet og strømrretning i innlagingsdypet: for hastighet brukte vi middelstrømfart og 90-persentilen. Innlagringen vil generelt sett bli grunnere ved svak strøm. Vi vurderte å ta med beregninger for 10-persentilen, men det viste seg at siden den midlere strømmen i utgangspunktet var relativt svak, ga ikke 10-persentilen vesentlig forskjellig resultat. Innlagingsdypet var omtrent det samme for 10-persentilstrøm og midlere strøm. Det var kun avstanden fra utslippspunktet hvor avløpsvannet nådde innlagingsdypet som var noe kortere. Beregninger for 10-persentilen er derfor utelatt i rapporten.

Primærfortynning og Innlagingsdyp er to viktige faktorer for å bedømme hvorvidt et utslipp av avløpsvann fungerer etter forutsetningene. Med primærfortynning menes den fortynningen som foregår fra avløpsvannet forlater ledningen og til det innlagres. I denne fasen blir fortynningen bestemt av den samlede effekten av:

- Avløpsvannets bevegelsesenergi
- Avløpsvannet oppdrift
- Den naturlige turbulente blandingen i sjøvannet omkring utslippet

Avløpsvannet gjennomgår oftest en rask og stor primærfortynningen i løpet av noen få minutter, og opphører gradvis mens bevegelsesenergi og oppdrift "forsvinner" pga. blanding med omkringliggende sjøvann. Den videre fortynningen kalles ofte "sekundærfortynning" og bestemmes av den naturlige turbulente blandingen i sjøvannet i området.

Primærfortynningen vil i hovedsak variere med vannmengden og den distansen som "strålen" har opp til innlagingsdypet. Dette betyr i prinsippet at primærfortynningen blir relativt liten ved dyp innlagring, den er større hvis avløpsvannet innlagres nær overflaten – og maksimal hvis avløpsvannet når overflaten. Av konkrete faktorer som har betydning nevnes ellers utslippsdyp, diameter på hull som avløpsvannet strømmer ut av (ett stort hull, eller diffusor med mange små hull), strømforhold og vertikal sjiktning.

I 2007 ble det gjort omfattende målinger og modellberegninger av innlagring og spredning av fire utslipp på Askøys østside (Molvær et.al, 2007). Beregningene gjaldt Strusshamn, Kleppestø, Erdal og Florvåg med utslippsmengder for 2007 og 2020. Disse beregningene er nå gjort om igjen med estimerte vannmengder for 2030. Se Molvær et.al. (2007) for detaljer om datagrunnlaget ved disse avløpene. I tillegg til nye beregninger for disse avløpene, er det gjort beregninger for utslippene på Askøys vestsida. Hovedfokuset for modelleringen har vært utslippene ved Juvik og Hauglandshella, siden disse er de største utslippene. Modellering av utslippene ved Eide, Kollevågen og Haugadalen er basert på måledata fra Hauglandshella/Hauglandsosen. Hydrografien er trolig svært lik, mens strømforholdene forventes å avvike noe grunnet ulik geografi og bunnforhold. Vi har derfor justert strømrretning og strømrstyrke etter skjønn for hvert av disse utslippspunktene. For strømrretningen har vi valgt å legge denne langs topografien. For Eide og Kollevåg som ligger i nord-sørgående sund har vi valgt en nordlig strømrretning, mens rretningen er dreid mer mot NV for Haugadalen. Ved Haugadalen er strømrstyrkene satt lik verdiene fra Hauglandshella. Eide og Kollevåg ligger åpnere til og det er derfor forventet noe høyere strømrstyrker. Ved disse stasjonene har vi beholdt midlere strømrstyrke som for Hauglandshella, mens 90-persentilen er satt opp til 6 cm/s.

I **Tabell 7** finner vi anslåtte utslippsmengder for 2007 og 2030 for hvert av avløpene. For Juvik og Hauglandshella har vi gjort beregninger for innlagingsdyp ved alle disse ulike vannmengdene både ved sterk strøm (90 persentil) og ved midlere strøm. Det ble gjort innledende undersøkelser for innlagring med svak strøm (1 cm/s). Resultatene var relativt like beregningene med midlere strøm, og vi anser dermed beregningene med midlere strøm for å være representative for perioder med noe svakere strøm. Som grunnlag for informasjon om sjiktning har vi brukt profiler av salt og temperatur målt på utslippspunktene (3 profiler for Hauglandshella og 4 profiler for Juvik). For å øke mengden sjiktningsscenarioer har vi også brukt data fra Hauglandsosen (stasjon for kontroll av vannkvalitet). Dette ble gjort etter at en sammenligning av parvise profiler tatt på utslippspunktene og ved stasjonen

ga en korrelasjonskoeffisient på $r > 0.9$ for alle profilparene. Sjøtningen ved Hauglandsosen anses derfor å representere sjøtningen på de to utslippspunktene godt.

I tillegg til å gjøre beregninger av ulik vannmengde og strømstyrke er det kjørt simuleringer der ulike diffusorløsninger er lagt inn. Vi har sett på en diffusor med 10 hull og varierende hull diameter og hullavstand. Vi viser kun resultater fra 2030 med svak strøm, siden det er disse forholdene som gir størst fare for gjennomslag til overflata.

Tabell 7. Beskrivelse av utlippene. Rørdimensjoner og de estimerte vannmengdene for 2007 og 2030 har vi fått fra Norconsult VA-Bergen.

Sted	Strømstyrke (cm/s)		Retning (°)		Innvendig rørdiameter (mm)	Vannmengde Q (l/s)			
	Gj.snitt	Sterk 90%	Retning			2007		2030	
			Strøm	Rør		Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
Juvik	2,9	5,6	250	30	355	11	44	22	88
Hauglandshella	2,4	4,6	20	270	355	9	35	21	86
Eide	2,4	6	0	270	222	2	7	8	32
Kollevåg	2,4	6	0	200	142	1	2	2	7
Haugadalen	2,4	4,6	315	225	279	1	5	12	40
Erdal	2,5	5,5	280	270	397	15	40	19	95
Florvåg	2,5	5,5	280	280	279	6	20	11	56
Kleppestø	3,0	6,5	290	200	441	15	71	22	108
Strusshamn	3,0	7,0	350	270	279	6	32	11	56

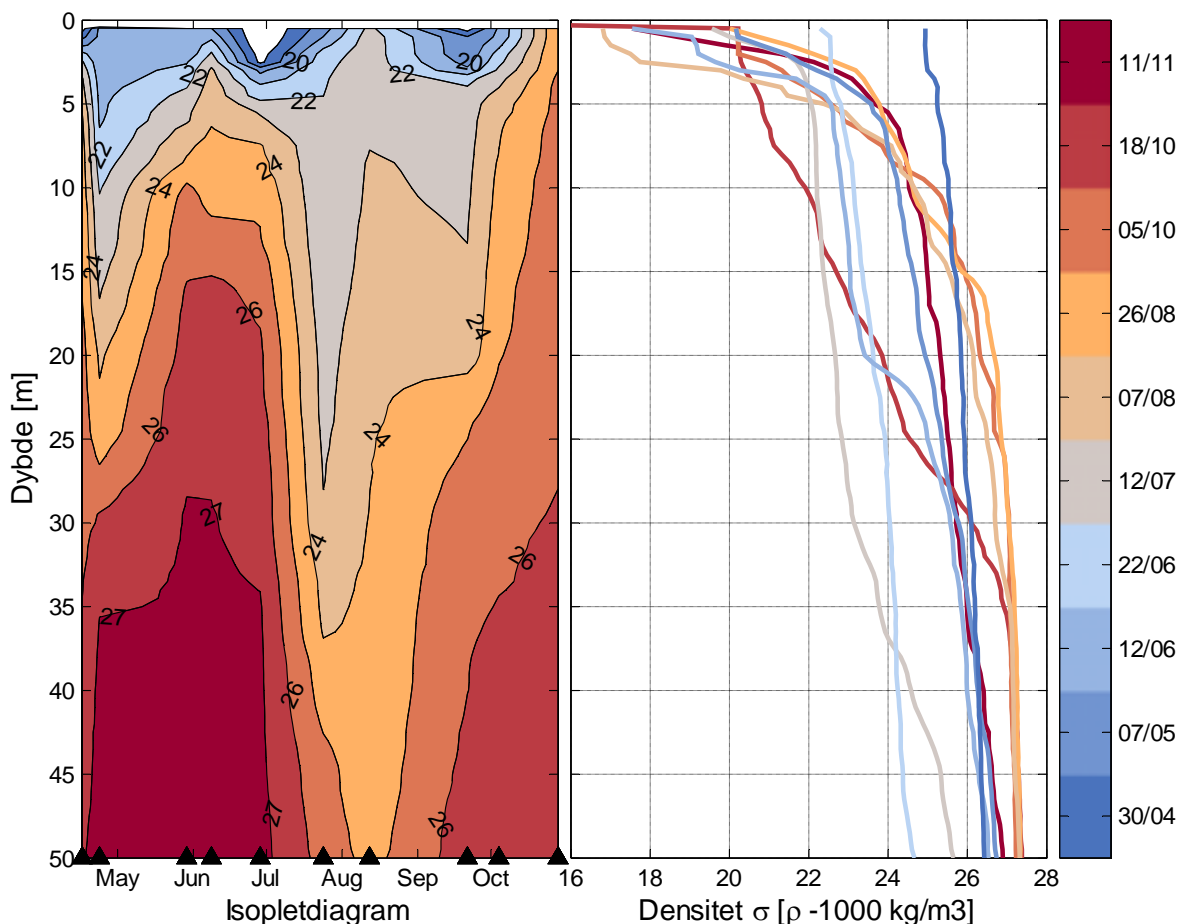
5.2 Resultater

5.2.1 Vertikal sjiktning i Hauglandsosen

Figur 19 viser beregnet tetthet (densitet) i Hauglandsosen i tidsrommet 30. april til 11. november 2009. Vi ser tydelig at sjiktningen er sterkest om sommeren (juni/juli). Sterk sjiktning er som oftest en følge av ferskvannstilsig i forbindelse med nedbør og snøsmelting. Om sommeren vil også oppvarming av de øverste vannmassene være med på å skape sjiktning. Den svakeste sjiktningen finner vi den 30. april.

Vi har kjørt modellberegninger for utslippene ved Juvik og Hauglandshella med alle sjiktningsscenarioene fra **Figur 19**. For de tidspunktene hvor det eksisterte målinger fra utslippsstedene er disse benyttet i stedet for målingene fra Hauglandsosen. Som nevnt over, var parvis korrelasjon mellom målingene ved utslippene og ved Hauglandsosen høy ($r > 0.9$). Vi har derfor ikke vist tetthetsprofilene fra utslippsstedene.

Hydrografidataene som er brukt for modellberegninger ved Erdal, Florvåg, Kleppestø og Strusshamn er beskrevet i Molvær m.fl. 2007.

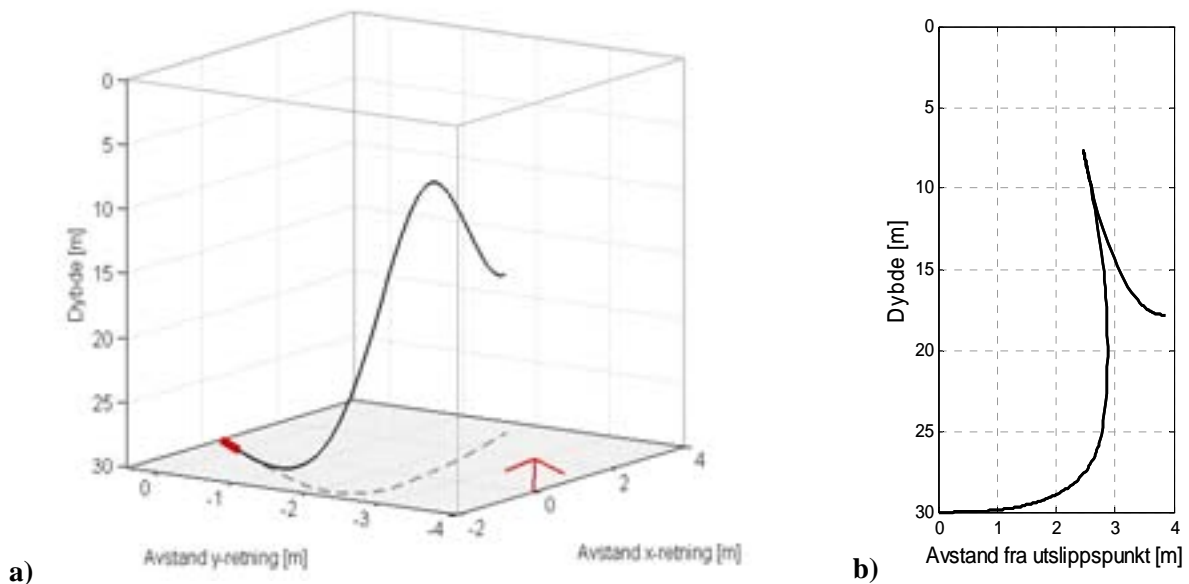


Figur 19. Densitet (tetthet) målt ved Hauglandsosen ved ulike tidspunkt. Til venstre ser vi et isopletdiagram av densitet (enhet: ρ -1000 kg/m³). De svarte trekantene indikerer tidspunkt for målingene. Til høyre ser vi tilhørende densitetsprofiler, hvor fargeskalaen angir dato for målingene.

5.2.2 Innledende om modellberegningene

Resultatene fra modellberegningene av innlagringsdyp fra de ulike lokalitetene er vist i det følgende. For at det skal være lettere å skille figurene fra hverandre er resultatene fra middels strømstyrke vist med blå linjer og resultatene fra sterk strøm er vist med røde linjer. I de tilfellene vi vil anbefale diffusorløsning, er resultatene fra beregninger med diffusor vist med grønne linjer.

Det er viktig å merke seg at beregningene er gjort i 3 dimensjoner, mens figurene er framstilt i 2 dimensjoner. Dette er gjort for at det skal være lettere å lese av hvor høyt utslippsvannet når og hvor det innlagres. I stedet for to horisontale akser (øst og nord) er det i figurene kun én horisontal akse som viser avstand fra utslippspunktet. I de tilfellene hvor strømretningen og utslippsrøret er motsatt rettet, vil utslippsstrålen dreie, og dette vil kunne se litt rart ut i figurene pga dimensjonsredueringen. Eksempel på dette er vist i **Figur 20**. Den røde pila i figuren til venstre indikerer strømretningen. Utslippsvannets bane er vist som en svart strek, mens den grå, hakkete linja viser bevegelsen projisert ned i horisontalplanet. Vi ser at utslippsvannet følger en krum bane mens det stiger til ca 8 m før det synker og innlagres. I figuren til høyre er horisontalplanet komprimert til én dimensjon. Her er det mye lettere å lese av hvor høyt utslippstrålen når og hvor det innlagres, men banen ser litt rar ut pga dimensjonsreduksjonen.

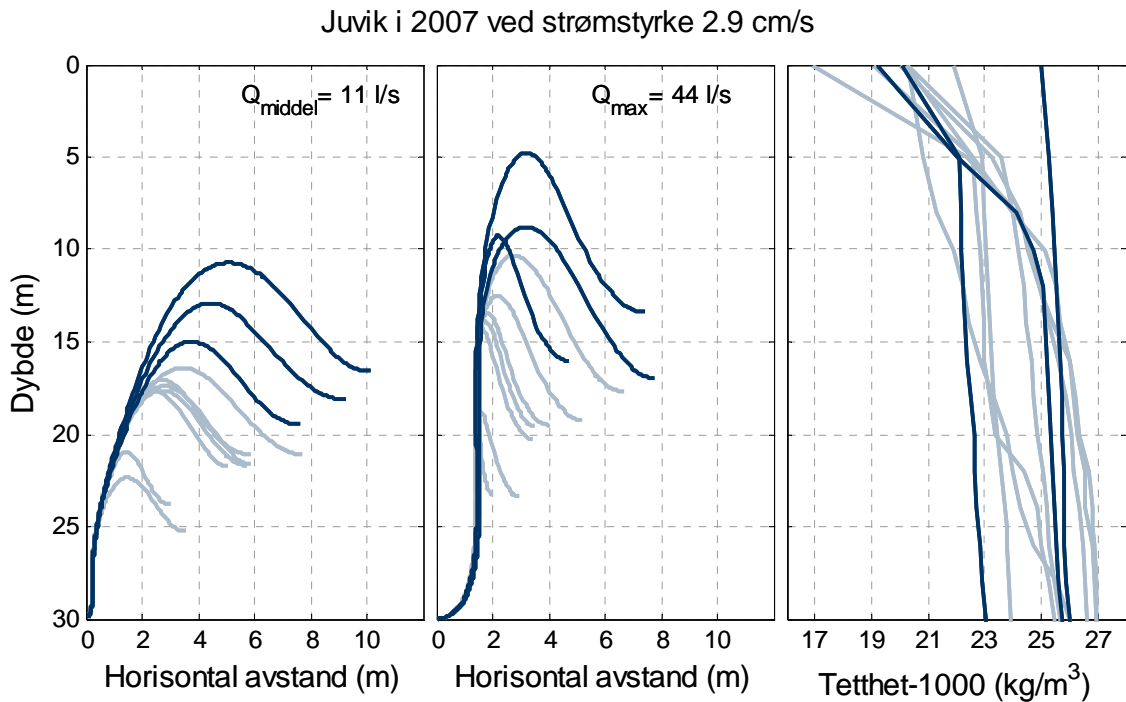


Figur 20. Eksempel hvordan utslippsvannet beveger seg framstilt i a) 3 dimensjoner og b) 2 dimensjoner. I a) vises utslippsrøret med rød farge og strømretningen er vist ved en rød pil.

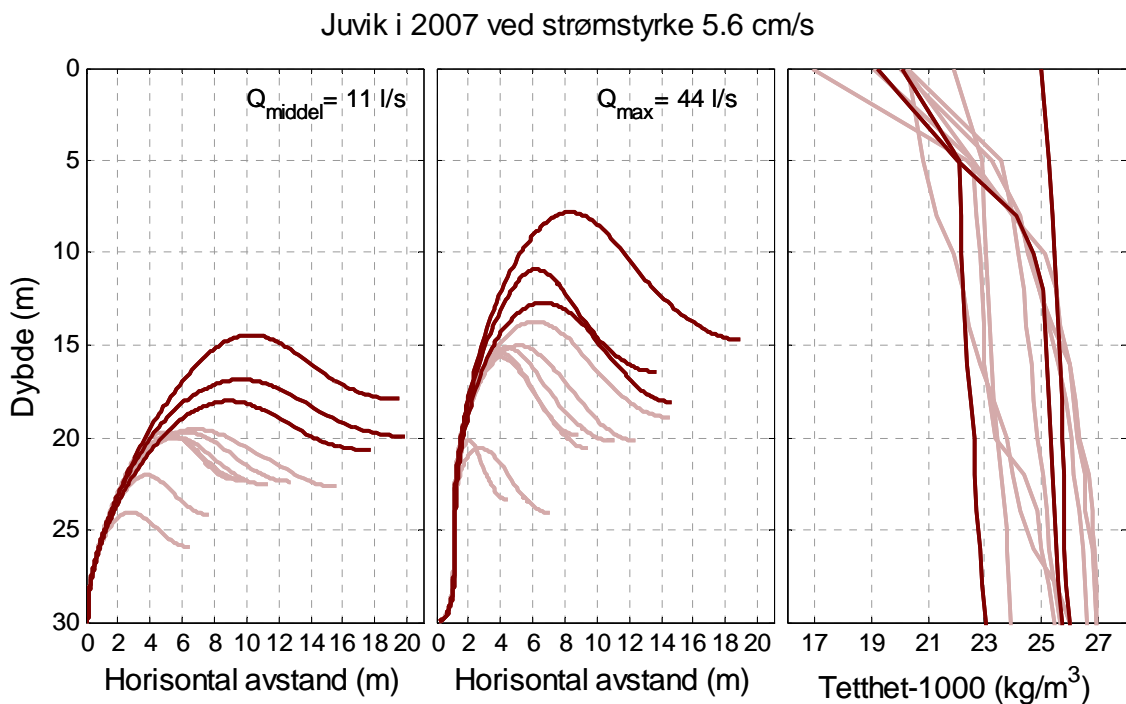
5.2.3 Juvik

Innlagringsdyp for aktuelle vannmengder i 2007 og 2030 er vist i **Figur 21.** til **Figur 26.** Her følger en sammenfatning av resultatene:

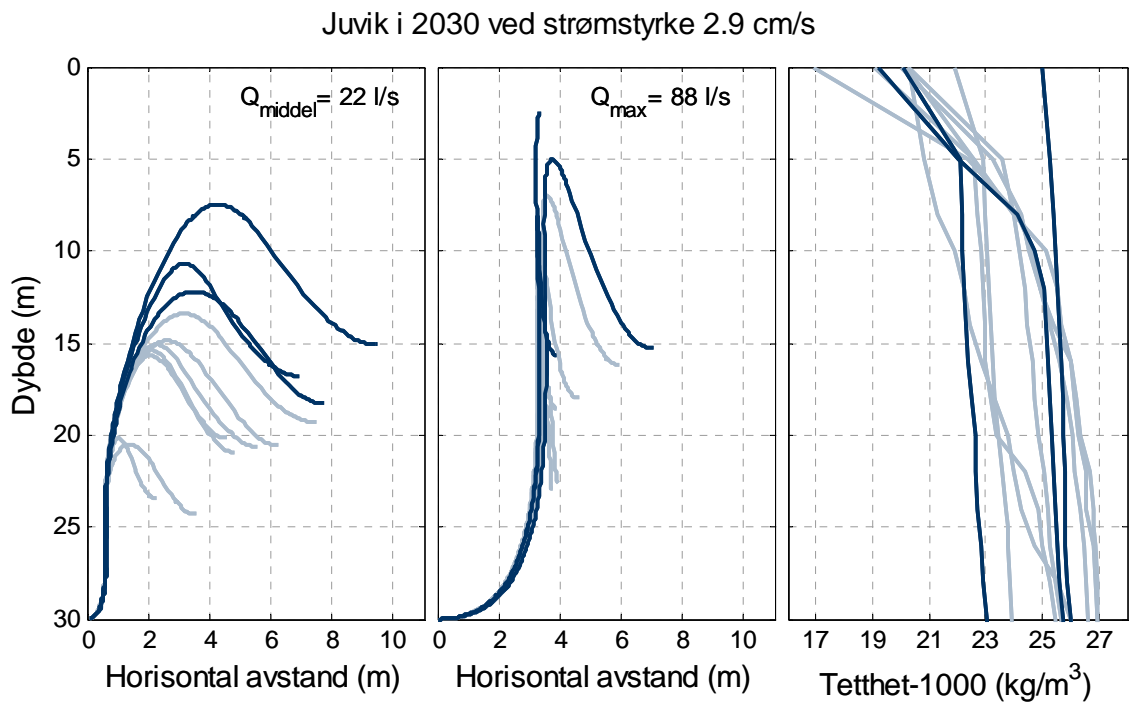
- Innlagringsdypet varierer både med vertikal sjiktning, vannmengde og strømstyrke. Strømstyrken har minst betydning.
- For de fleste scenariene skjer innlagringen dypere enn 5 m både i 2007 og i 2030. Det er imidlertid ønskelig med innlagring dypere enn 10 m – spesielt i sommerhalvåret. Vi ser at ved midlere strøm og maksimal vannmengde vil fire av sjiktningsscenariene (30.april, 7.aug, 26.aug og 11.nov) gi innlagringsdyp som er grunnere enn 10 m i 2030 (**Figur 23**). Ved disse scenariene er det relativt homogene vannmasser fra 15 m dyp og nedover. Innlagringsdypet vil bli betydelig dypere dersom man senker utløpet til 40 m (**Figur 25**) eller legger inn en diffusor (**Figur 26**). Diffusorløsningen som er benyttet for beregningene, er basert på 10 hull à 8 cm i diameter og 3 m mellom hullene. Det ble gjort beregninger for flere ulike diffusorløsninger. Antall hull ble variert fra 5 til 15 og hullavstanden varierte fra 0,5 til 5 m avstand. Utformingen som er vist her, antas å vise et minimum av antall hull, avstand og diameter hullåpning som er nødvendig for tydelig forbedring av innlagringsdypet. Innlagringsdypet vil senkes ytterligere om man øker antall hull, minker hulldiameter eller øker hullavstanden.
- Ved å benytte diffusor vil også faren for gjennomslag til overflaten reduseres betydelig. Vi ser at ingen av scenariene gir vannstråler som stiger høyere enn 5 m fra overflaten.
- Konklusjon: Senking av utslippet til ca. 40 m - eller utslipp på ca. 30 m med bruk av diffusor - gir tilfredsstillende innlagringsdyp.



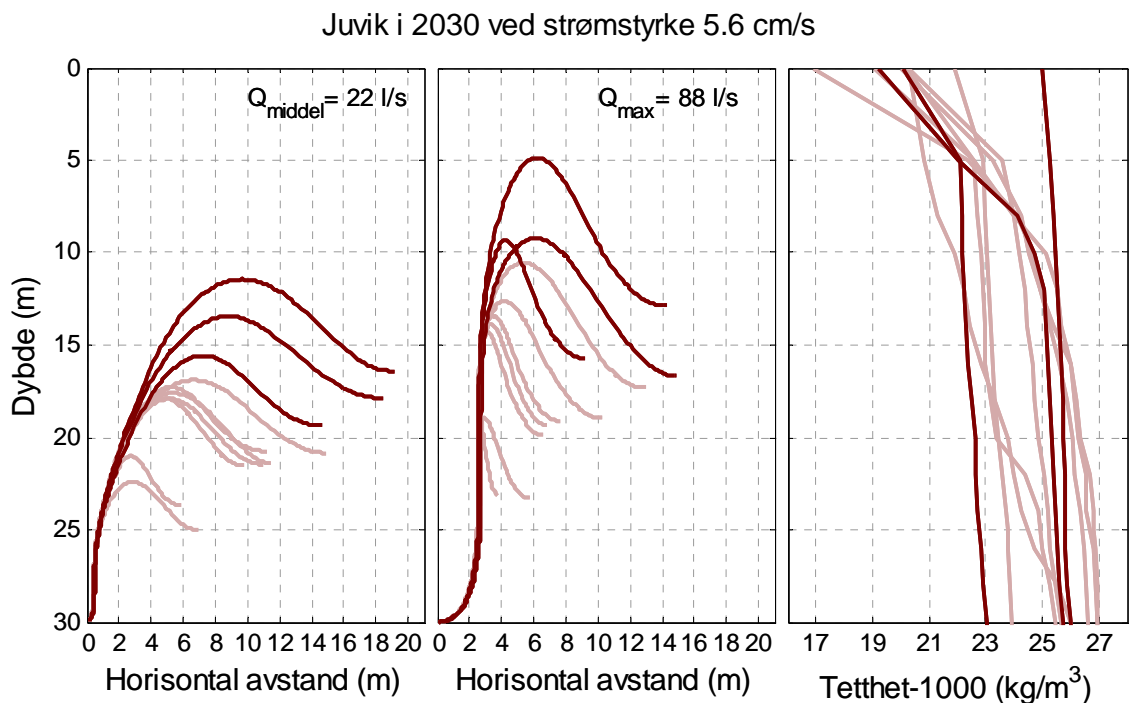
Figur 21. Innlagringsdyp ved Juvik for utslippsmengder i 2007, utslipp i 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp er markert med en mørkere blåfarge.



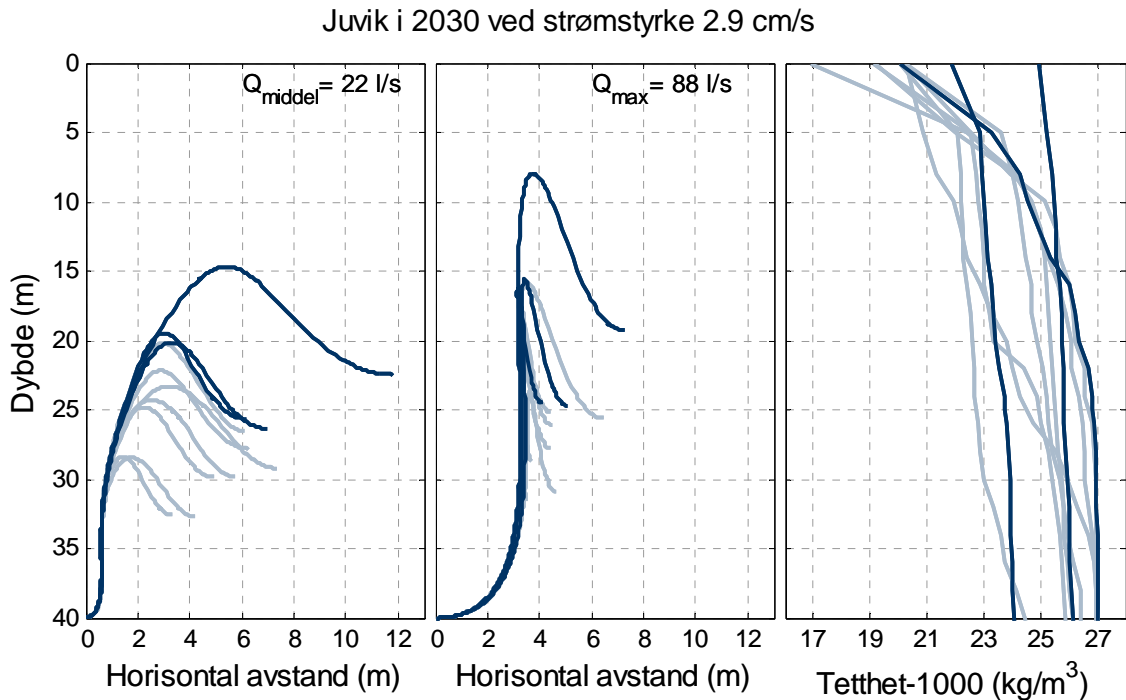
Figur 22. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).



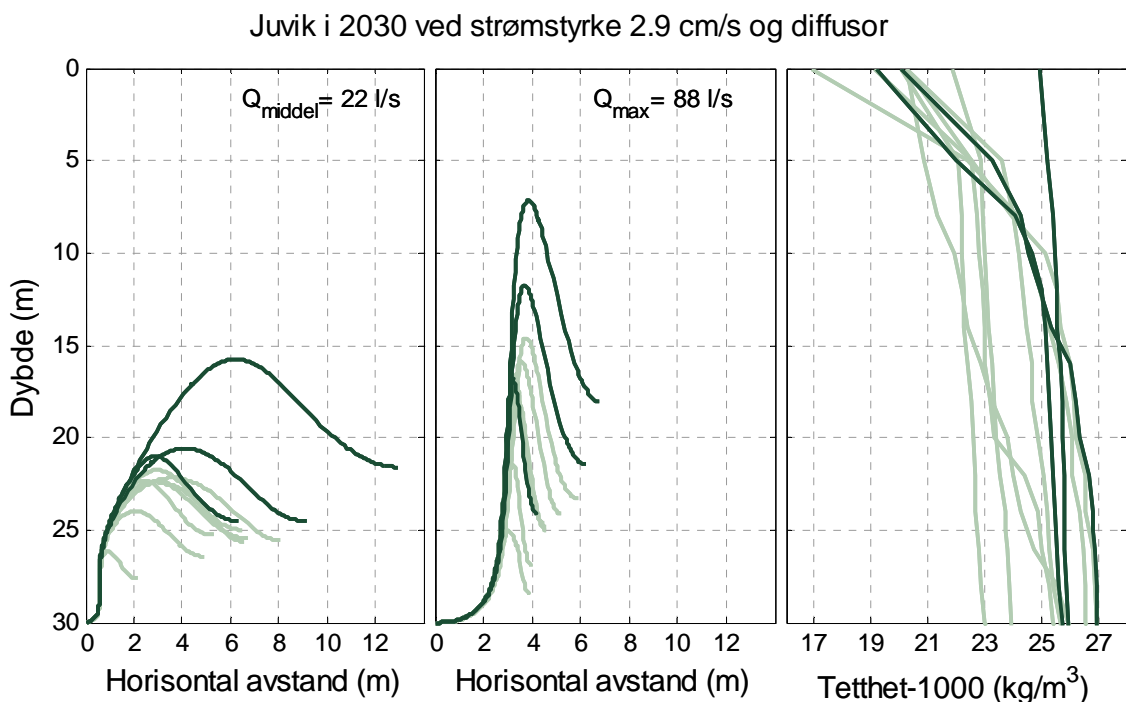
Figur 23. Innlagringsdyp ved Juvik for utslippsmengder i 2030, utslipp i 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



Figur 24. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).



Figur 25. Innlagringsdyp ved Juvik for utslippsmengder i 2030, utslipp i 40 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.

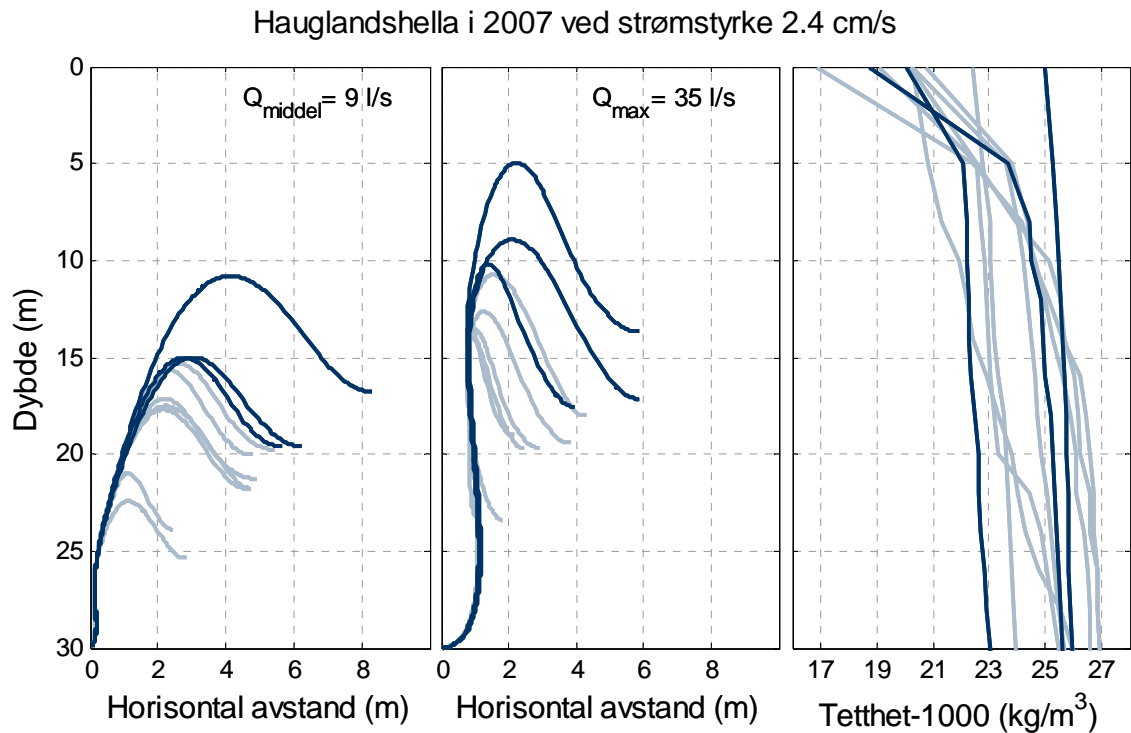


Figur 26. Innlagringsdyp ved utslipp fra 30 m gjennom en diffusor med 10 hull à 8 cm i diameter og 3 m mellom hvert hull.

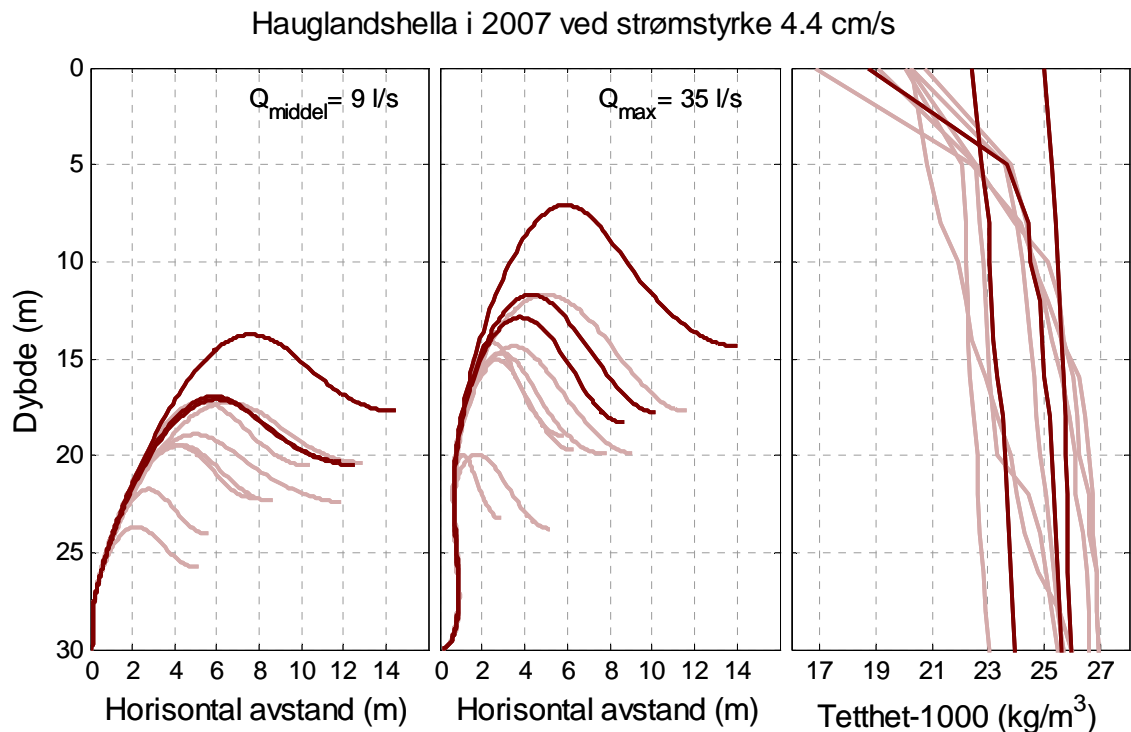
5.2.4 Hauglandshella

Innlagringsdyp for aktuelle vannmengder i 2007 og 2030 er vist i **Figur 27-Figur 34**. Her følger en kortfattet oppsummering av resultatene:

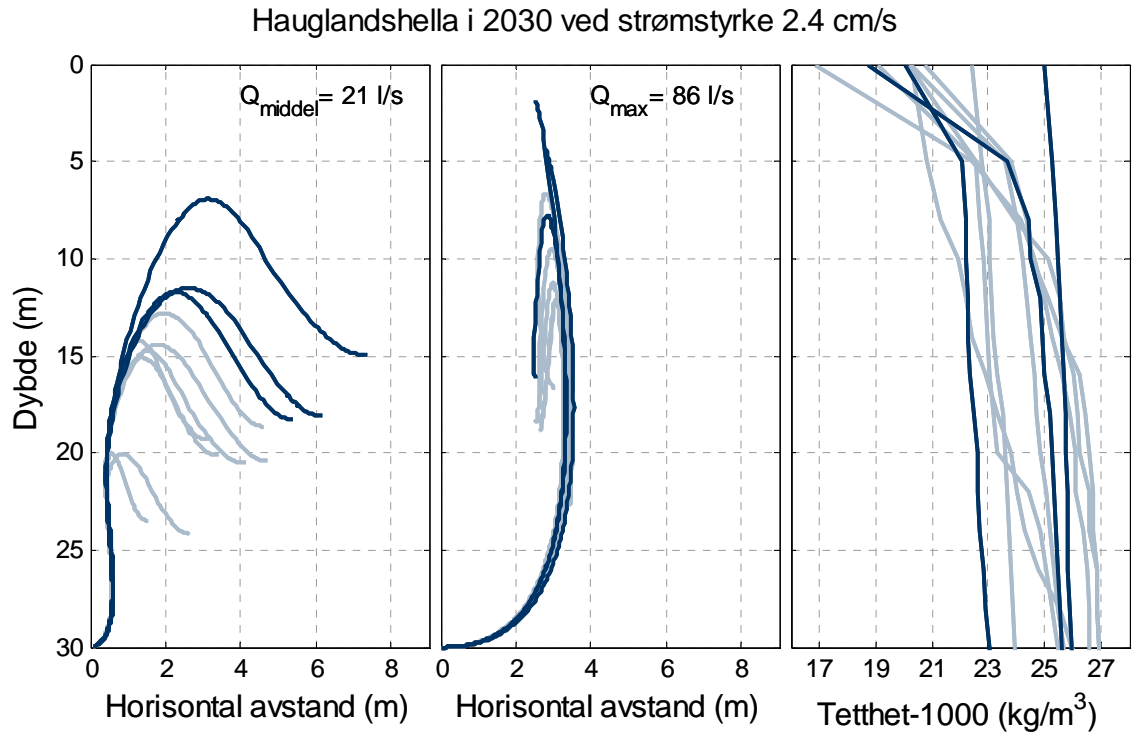
- Dagens vannmengder gir liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten (**Figur 27-Figur 28**). De fleste scenariene gir innlagringsdyp under ca 10 m.
- Ved midlere vannmengde vil innlagringen skje ved ca 10 m eller dypere for de fleste scenariene i 2030. Ved maksimal vannmengde vil det derimot bli vesentlig grunnere innlagring for tilfellene med svakest sjiktning. Dette gjelder særlig ved midlere strøm. To av scenariene (7.aug og 11.nov) gir innlagring grunnere enn 5 m og utgjør en risiko for gjennomslag til overflaten.
- Resultatene blir noe bedre om man senker utløpet til 40 m (**Figur 31**), eller legger inn en diffusor tilsvarende den ved Juvik (**Figur 32**). Da vil ingen av scenariene gi gjennomslag til overflaten, og innlagringsdype blir dypere enn 10 m for de fleste scenariene.
- For midlere strøm og store vannmengder ser vi at avløpsstrålen skifter retning mot overflaten (**Figur 29, Figur 31, Figur 32**). Dette skyldes trolig at den valgte bakgrunnsstrømmen er motsatt rettet av utslippet. Ved sterk strøm vil bakgrunnsstrømmen raskt endre retningen på avløpsvannet, mens ved svak strøm og stor vannmengde vil tregheten til avløpsstrålen gjøre at det tar lengre tid før vannstrålen retter seg etter bakgrunnsstrømmen.
- Konklusjon: Utslipp på ca. 40 m - eller på ca. 30 m med diffusor - gir tilfredsstillende innlagringsdyp.



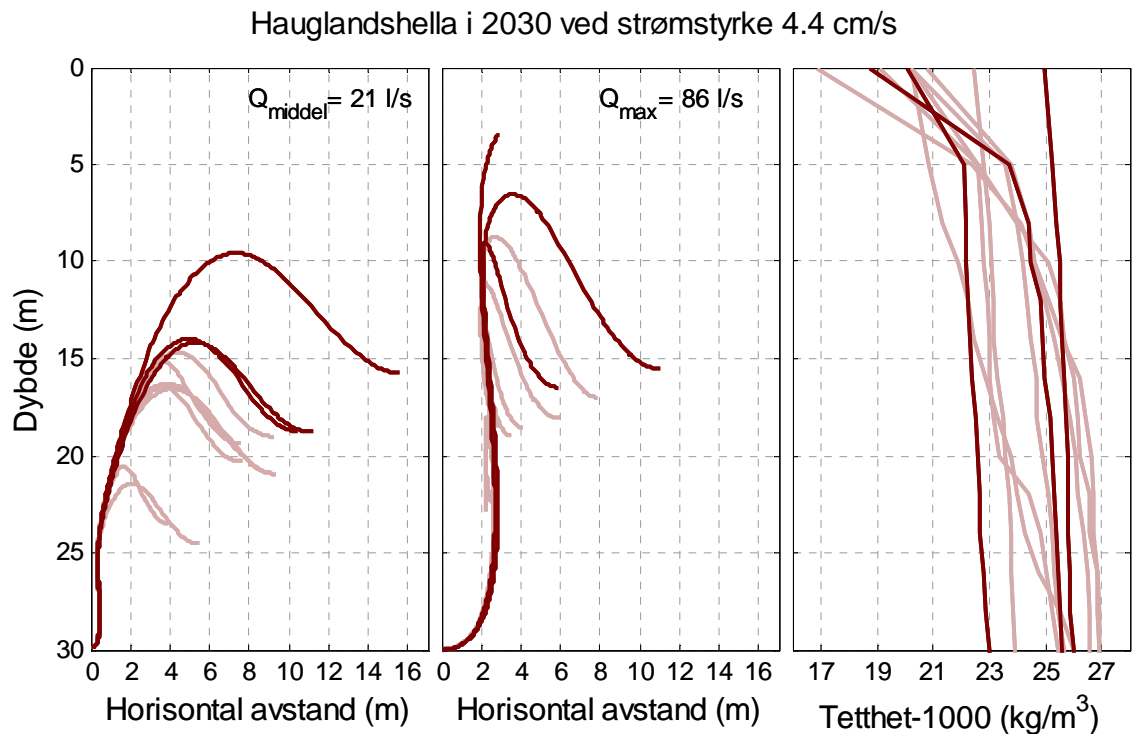
Figur 27. Innlagringsdyp ved Hauglandshella for utslippsmengder i 2007, utslipp fra 30 m og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



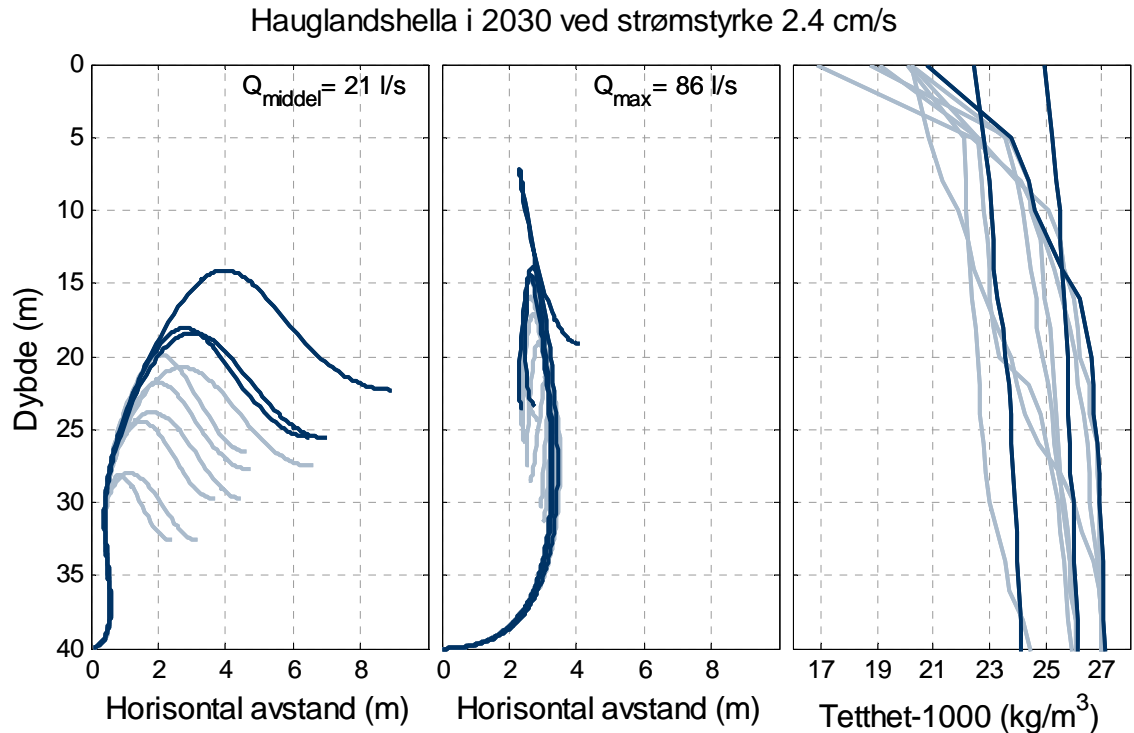
Figur 28. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).



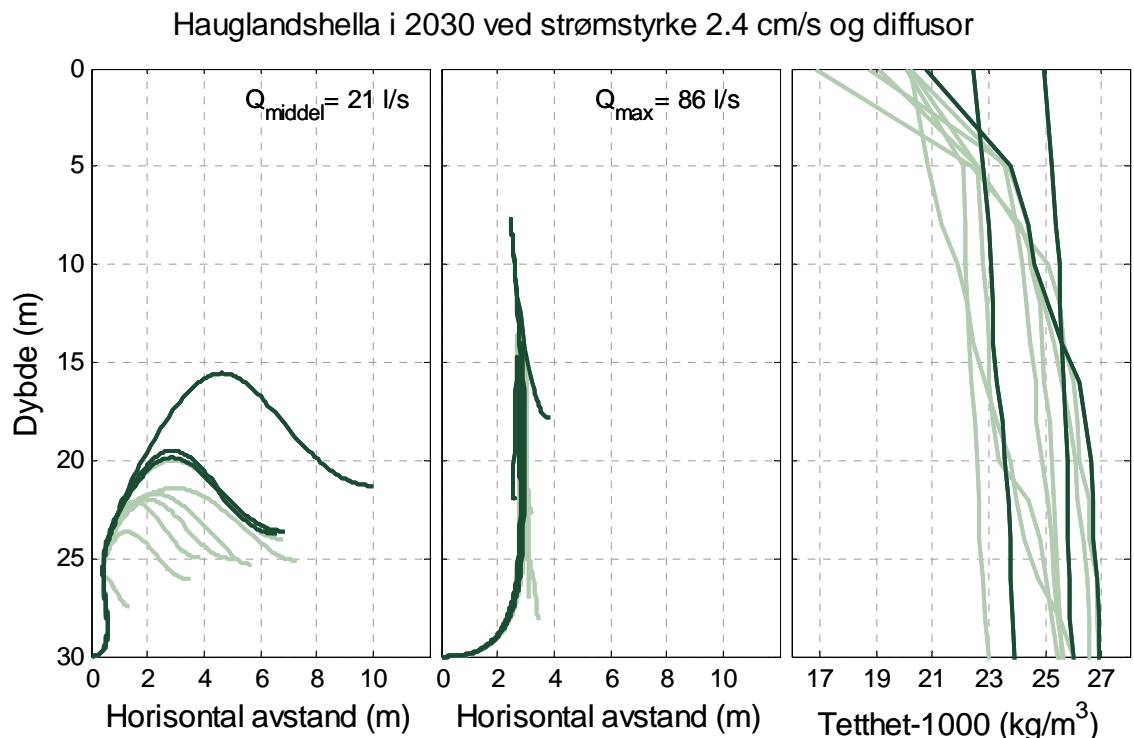
Figur 29. Innlagringsdyp ved Hauglandshella for utslippsmengder i 2030, utslipp fra 30 m og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



Figur 30. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil)



Figur 31. Innlagringsdyp ved Hauglandshella for utslippsmengder i 2030, utslipp i 40 m og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.

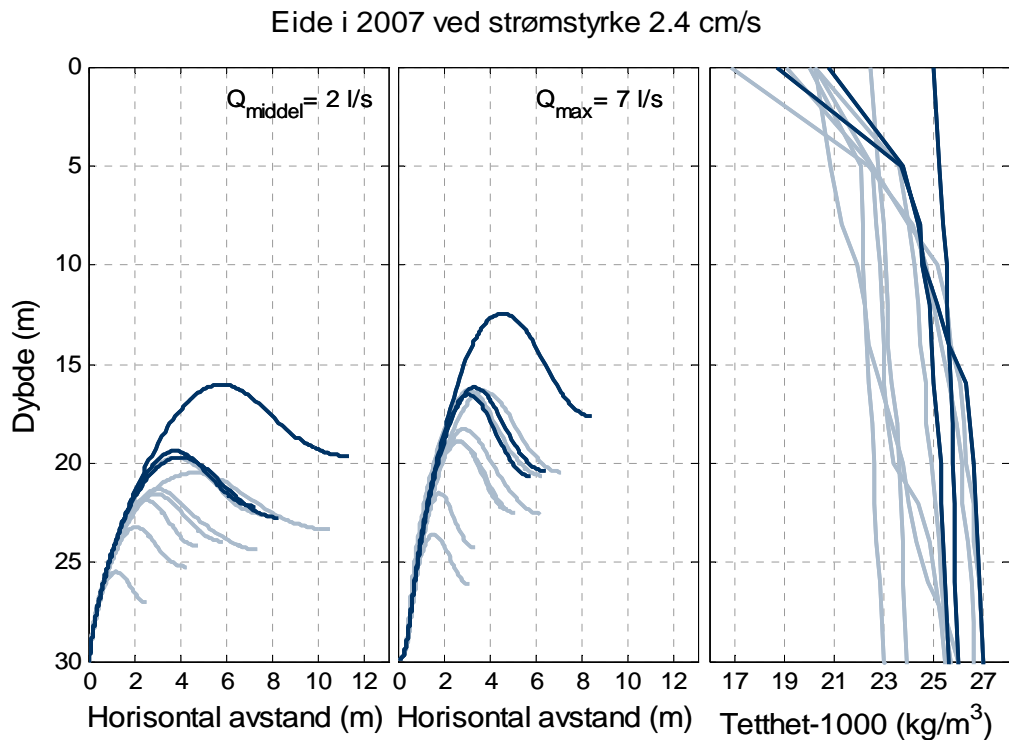


Figur 32. Innlagringsdyp ved utslipp fra 30 m gjennom en diffusor med 10 hull à 8 cm i diameter og 3 m mellom hvert hull.

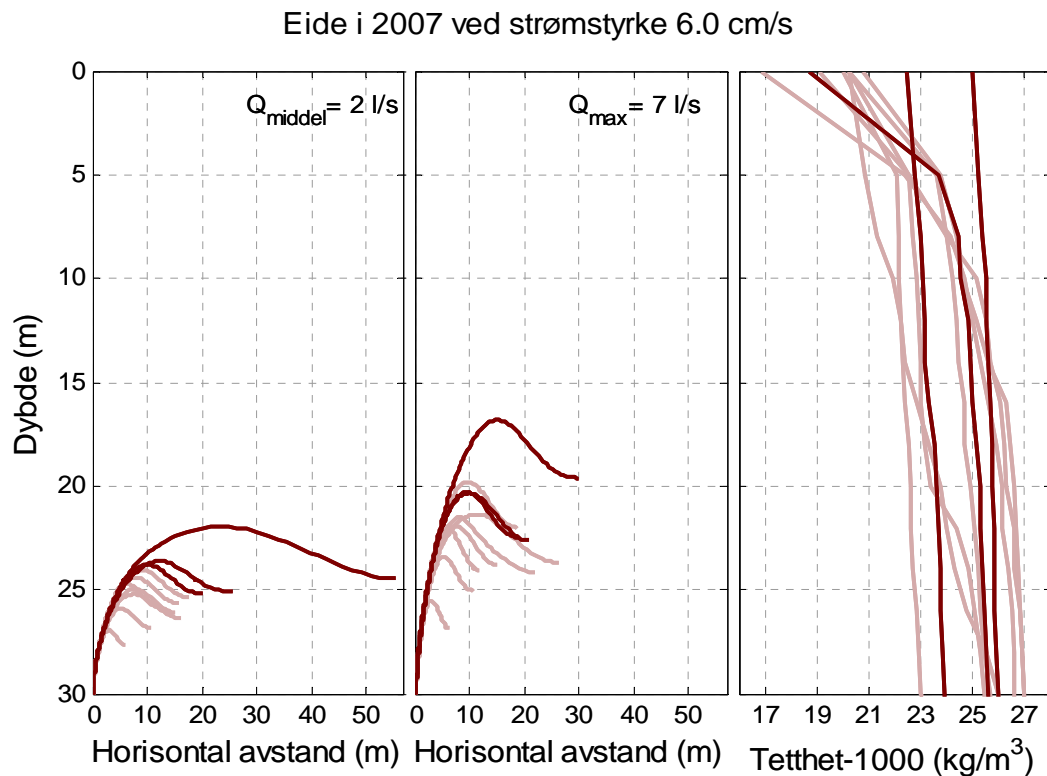
5.2.5 Eide

Innlagringsdyp for aktuelle vannmengder i 2007 og 2030 er vist i **Figur 33-Figur 38**. Her følger en kortfattet oppsummering av resultatene:

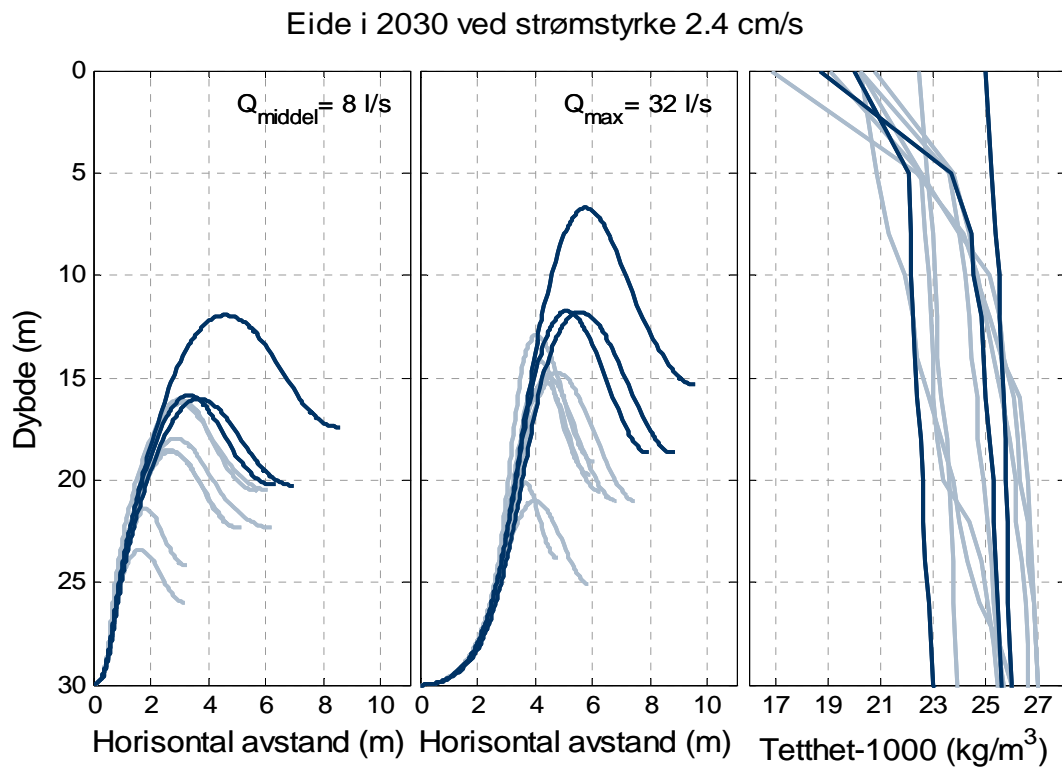
- De fleste scenariene gir innlagingsdyp under 15 m for vannmengder i 2007 (**Figur 33-Figur 34**). Innlagingsdypet øker noe for vannmengder i 2030, særlig ved svak strøm og stor vannmengde (**Figur 35-Figur 36**).
- For å sikre innlagring dypere enn 10 m uavhengig av sjiktningsforhold, vil det være tilstrekkelig å senke utslippet til 40 m eller å benytte en diffusor (**Figur 37-Figur 38**).
- Konklusjon: Utslipp på ca. 40 m - eller ca. 30 m med diffusor - gir tilfredsstillende innlagingsdyp.



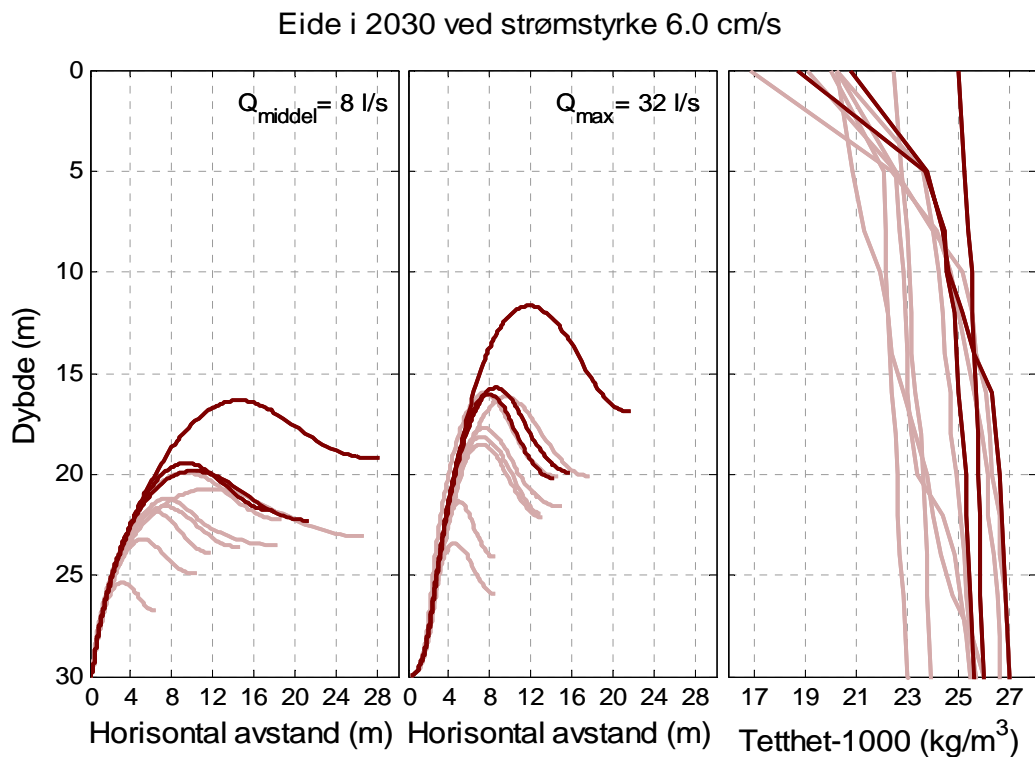
Figur 33. Innlagringsdyp ved Eide for utslippsmengder i 2007, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



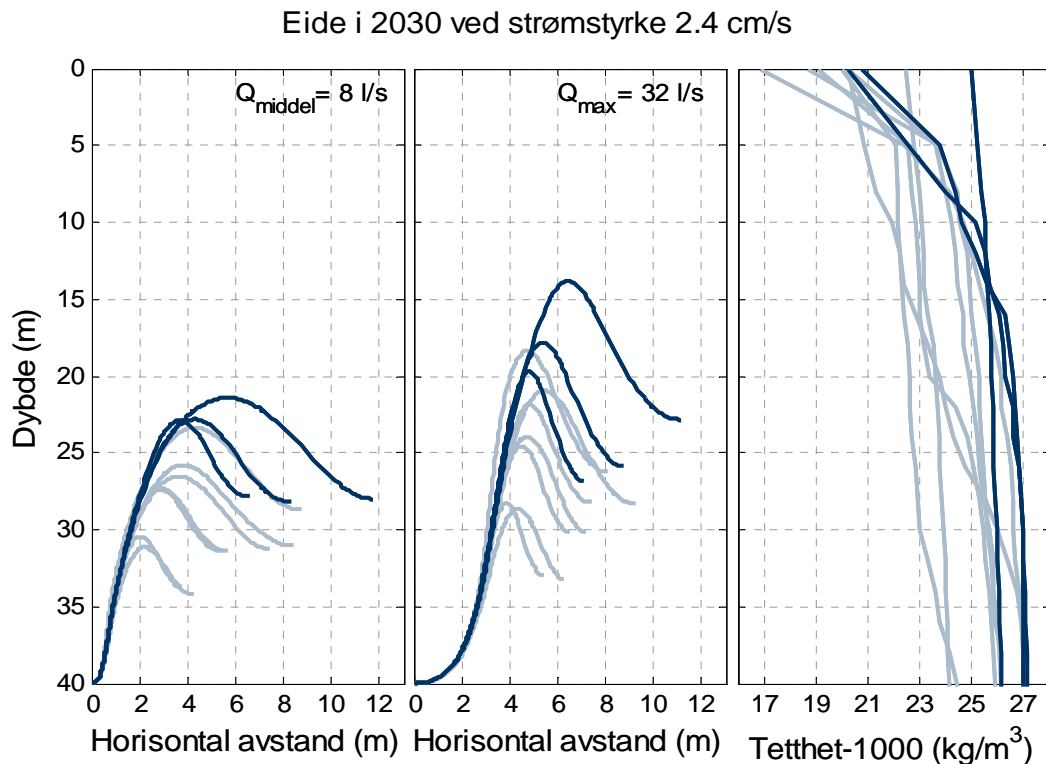
Figur 34. Samme som over, men ved sterk strøm (90% persentil).



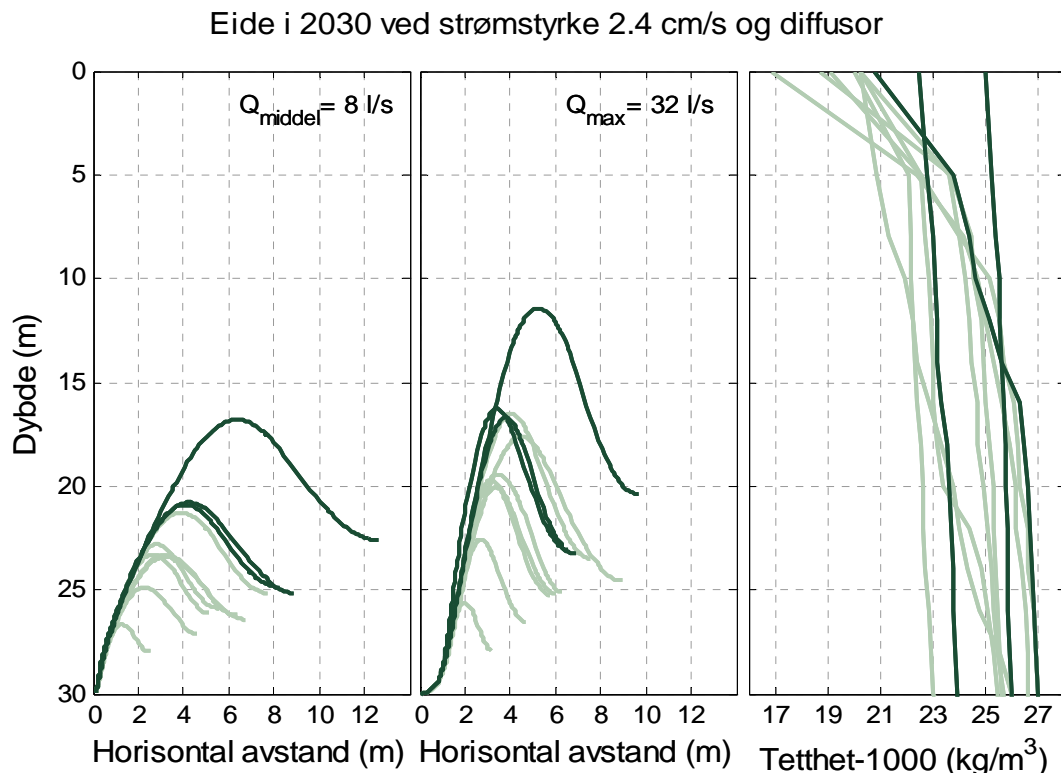
Figur 35. Innlagringsdyp ved Eide for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



Figur 36. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil)



Figur 37. Innlagringsdyp ved Eide for utslippsmengder i 2030, utslipp i 40 m og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.

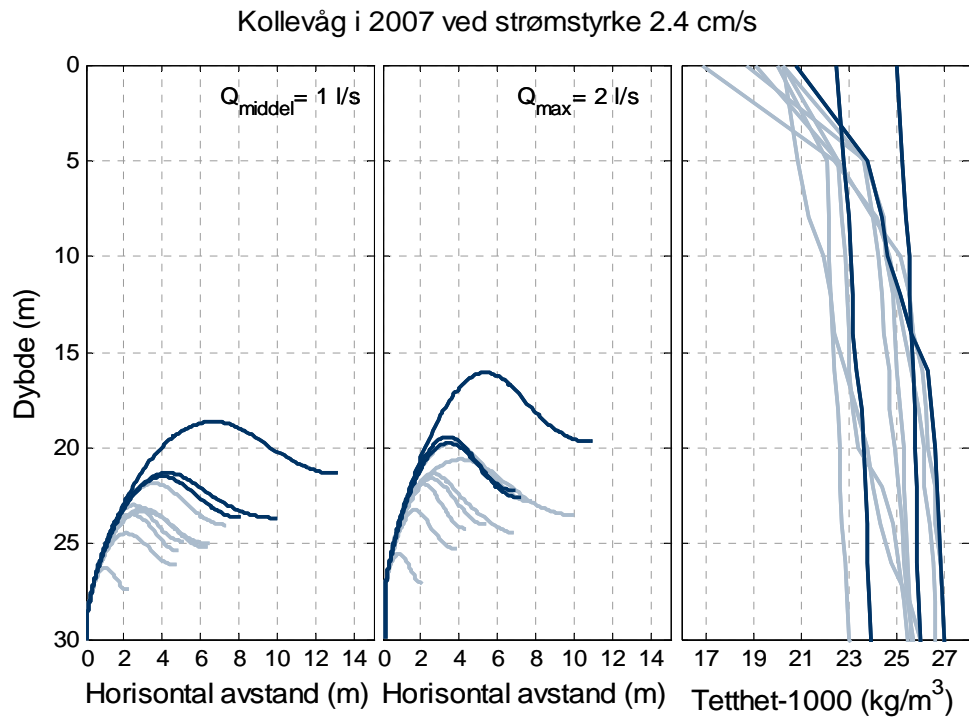


Figur 38. Innlagringsdyp ved utslipp fra 30 m gjennom en diffusor med 10 hull à 8 cm i diameter og 3 m mellom hvert hull.

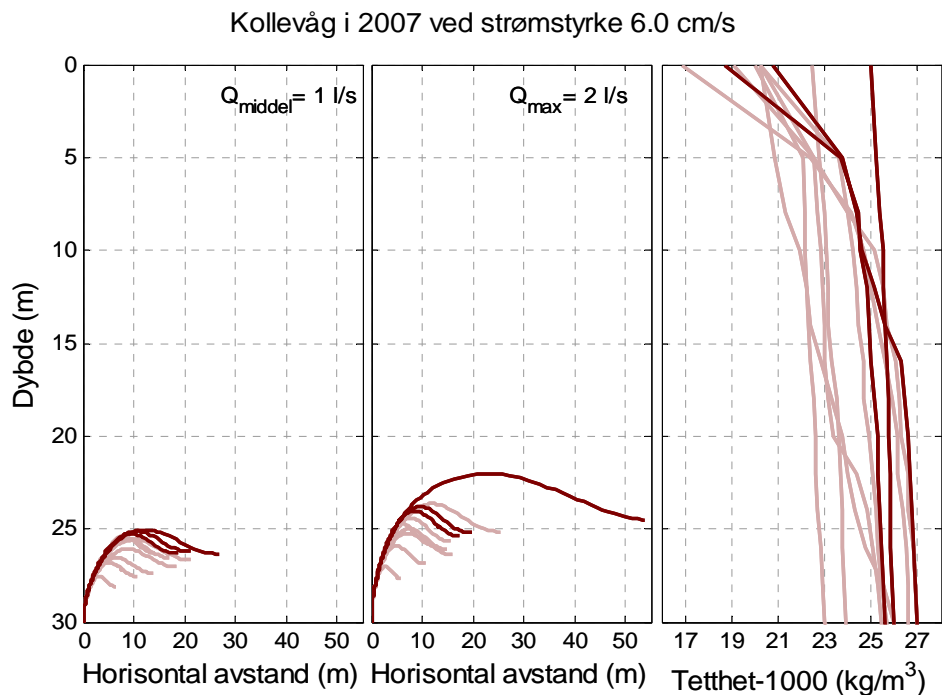
5.2.6 Kollevåg

Beregnet innlagring for Kollevåg er vist i **Figur 39-Figur 42**. Utslippet ser ut til å være lite nok til at innlagringen blir dypere enn 10 m uavhengig av strømstyrke og anslåtte vannmengde.

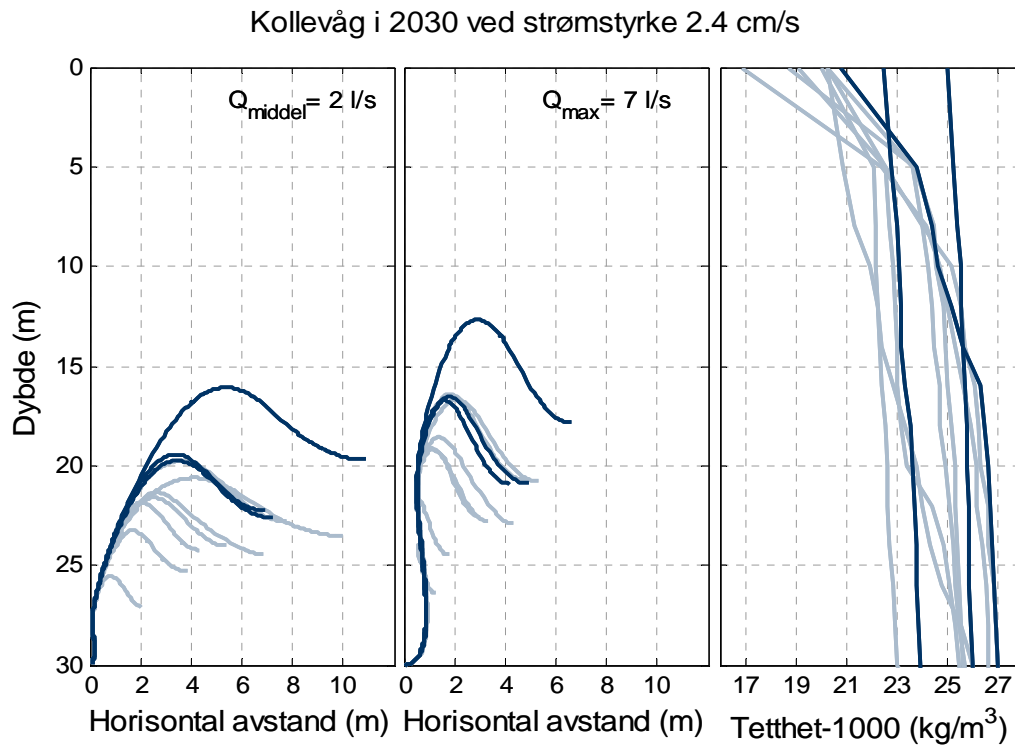
- Konklusjon: Dette utslippet kan beholdes som det er.



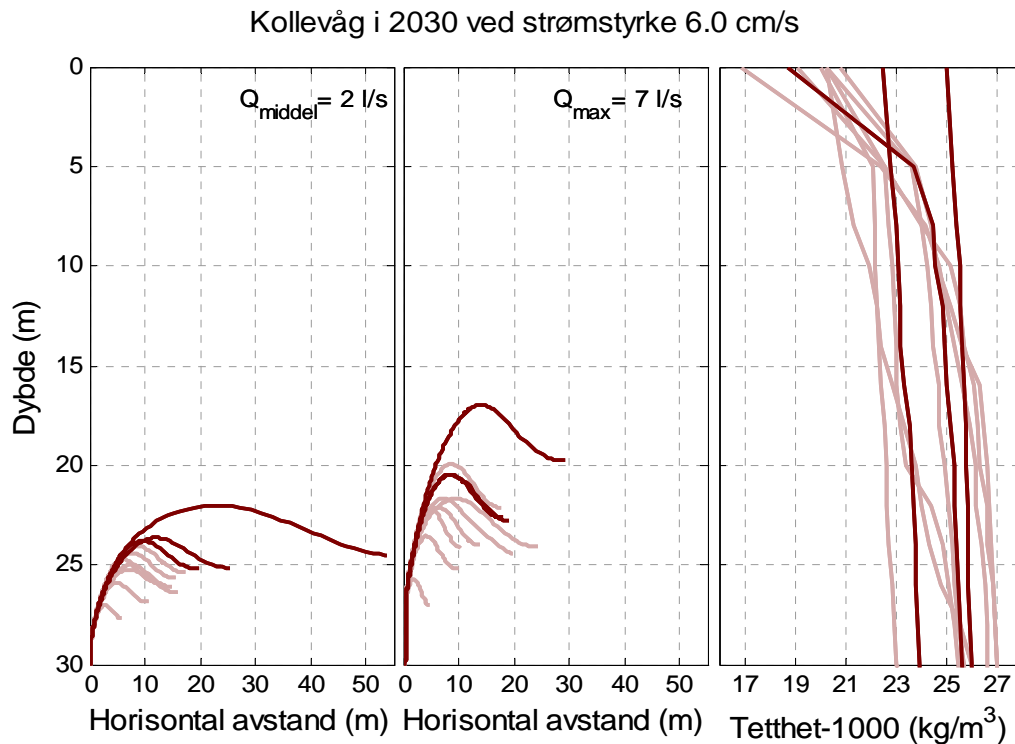
Figur 39. Innlagringsdyp ved Kollevåg for utslippsmengder i 2007, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



Figur 40. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).



Figur 41. Innlagringsdyp ved Kollevåg for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.

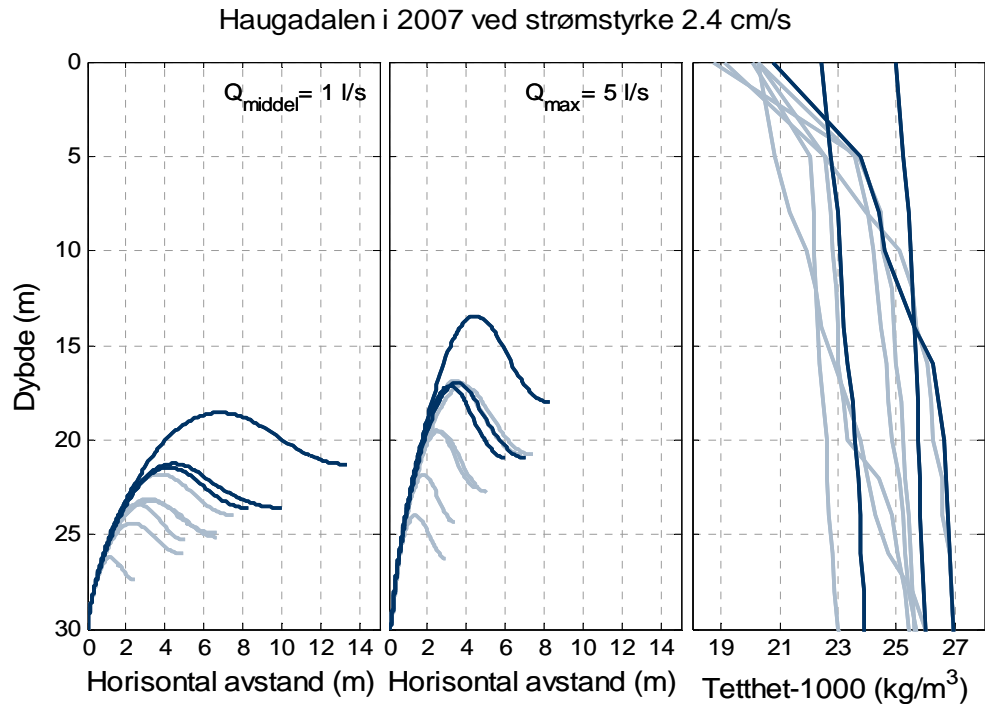


Figur 42. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).

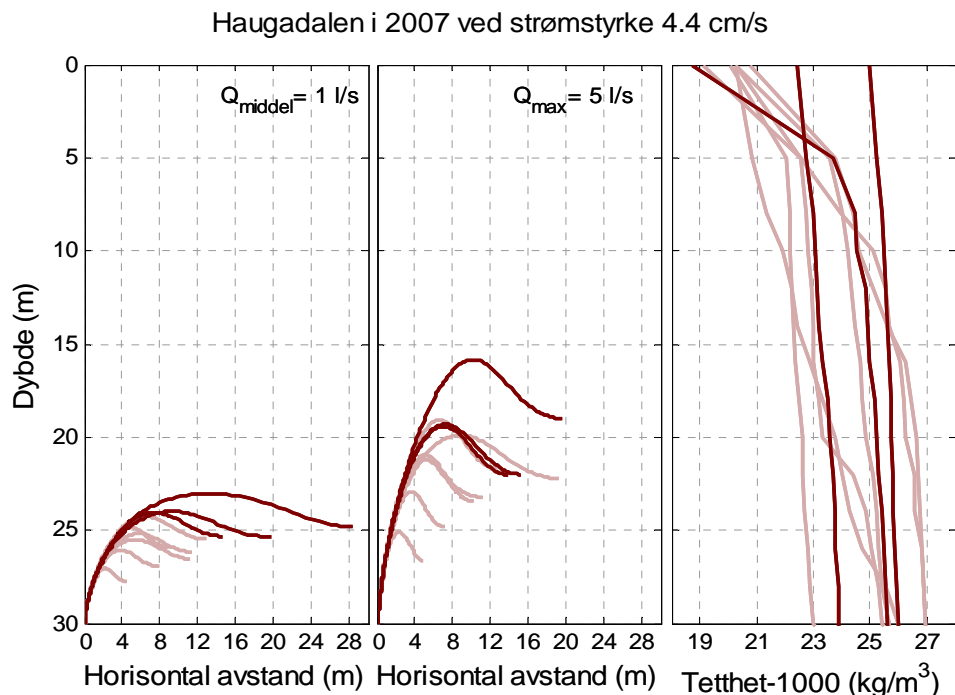
5.2.7 Haugadalen

Ved Haugadalen (**Figur 43-Figur 48**) er forholdene ganske like som ved Eide. Vi ser imidlertid at vi får innlagring grunnere enn 10 m for to av sjikningsscenariene (7.aug og 11.nov) med maksimal vannmengde i 2030.

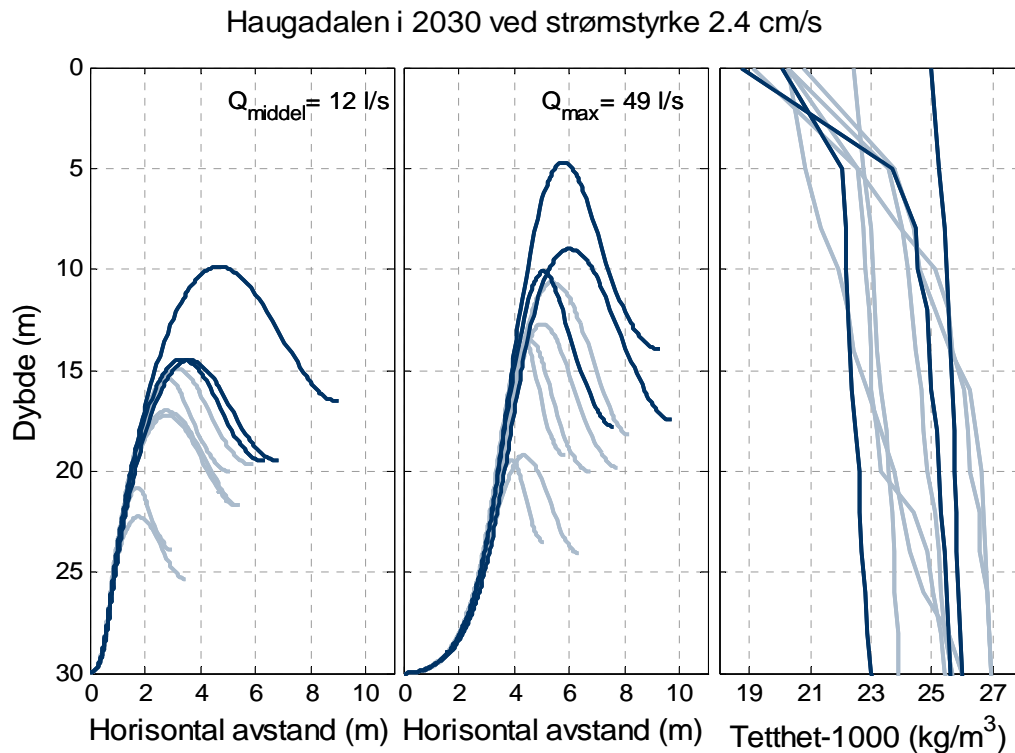
- Konklusjon: Utslippet bør legges til ca. 40 m dyp, eller på ca. 30 m med en diffusorløsning.



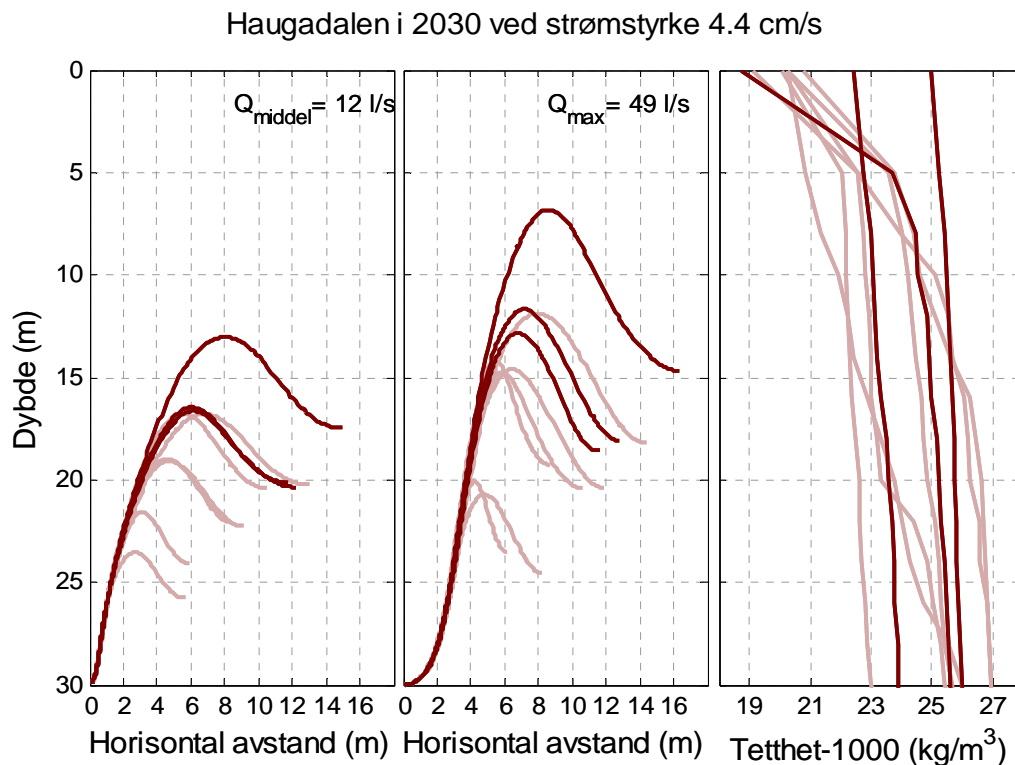
Figur 43. Innlagringsdyp ved Haugadalen for utslippsmengder i 2007, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjikningene ved de ulike scenariene. De tre sjikningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



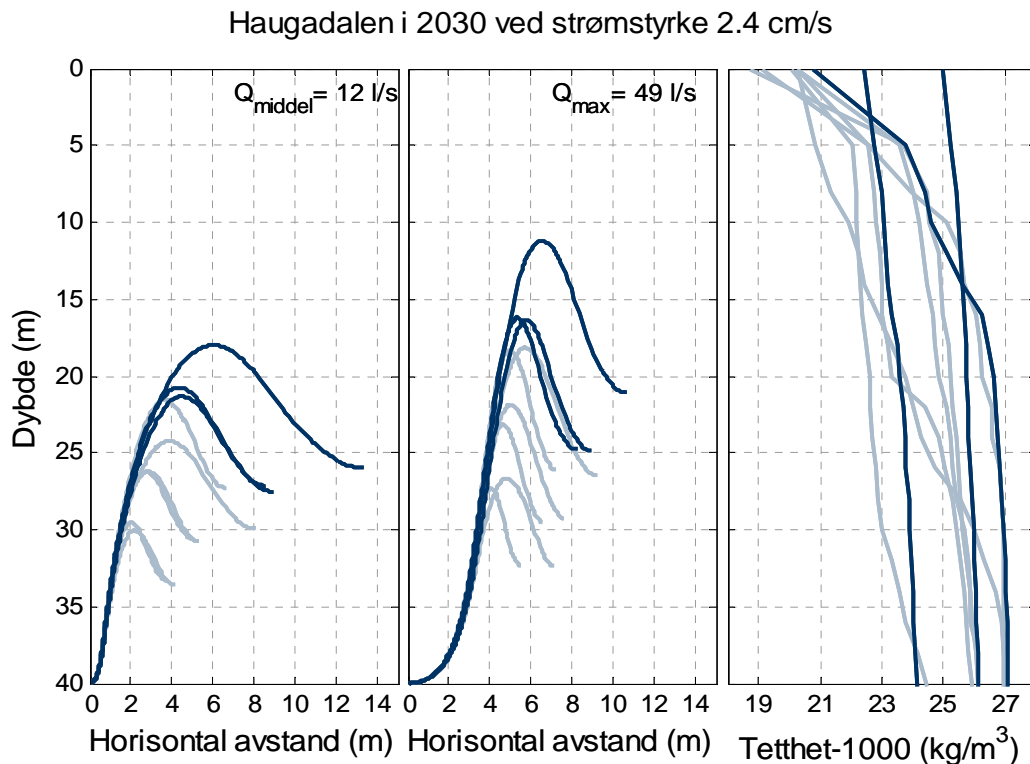
Figur 44. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil).



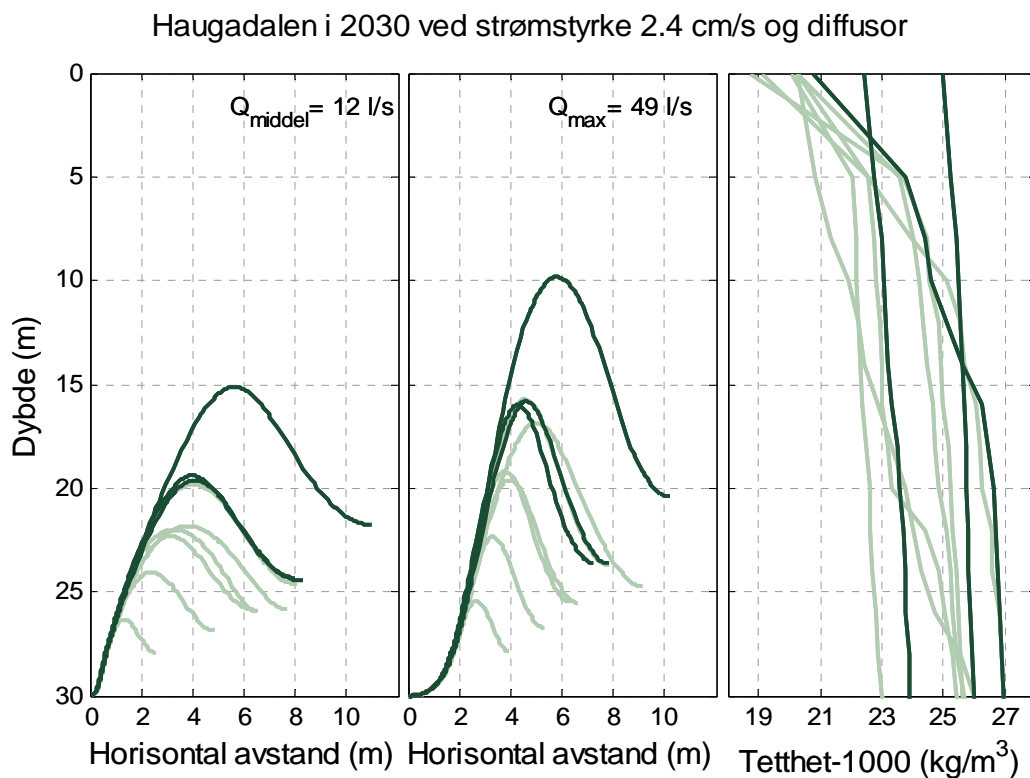
Figur 45. Innlagringsdyp ved Haugadalen for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



Figur 46. Samme som over, men ved sterk strøm (90 persentil)



Figur 47. Innlagringsdyp ved Haugadalen for utslippsmengder i 2030, utslipp i 40 m og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.



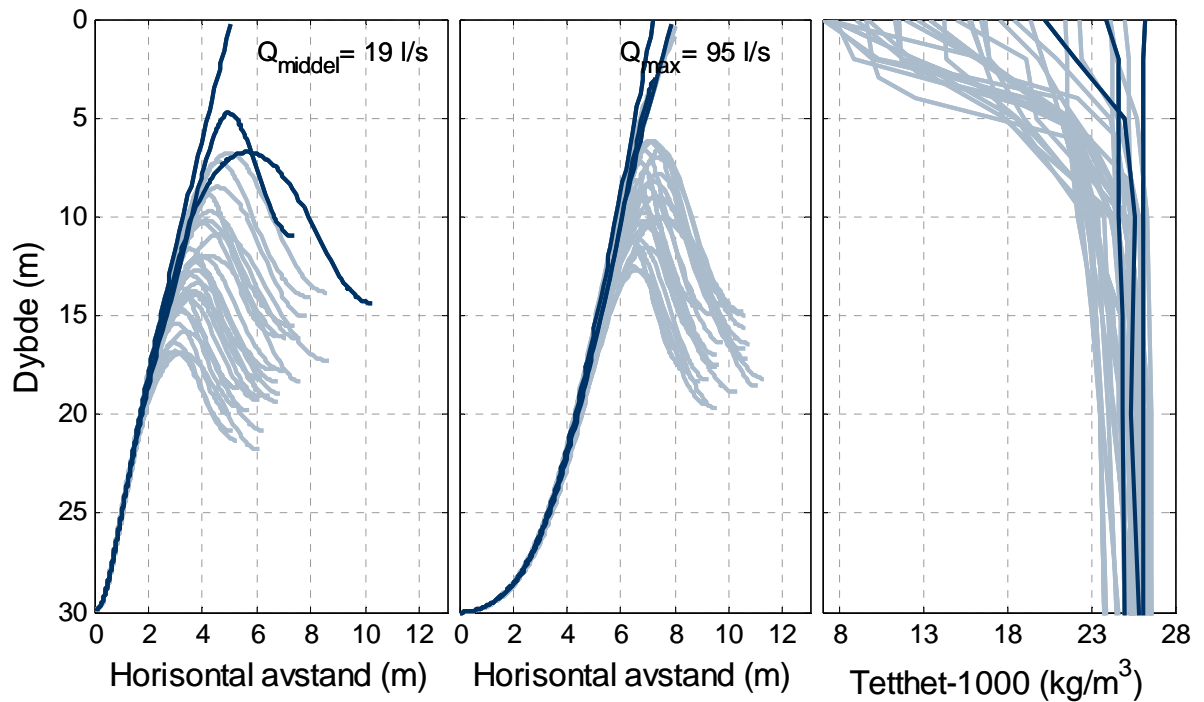
Figur 48. Innlagringsdyp ved utslipp fra 30 m gjennom en diffusor med 10 hull à 8 cm i diameter og 3 m mellom hvert hull.

5.2.8 Erdal

Resultatene av beregningene er vist i **Figur 49-Figur 52**. De kan sammenfattes slik:

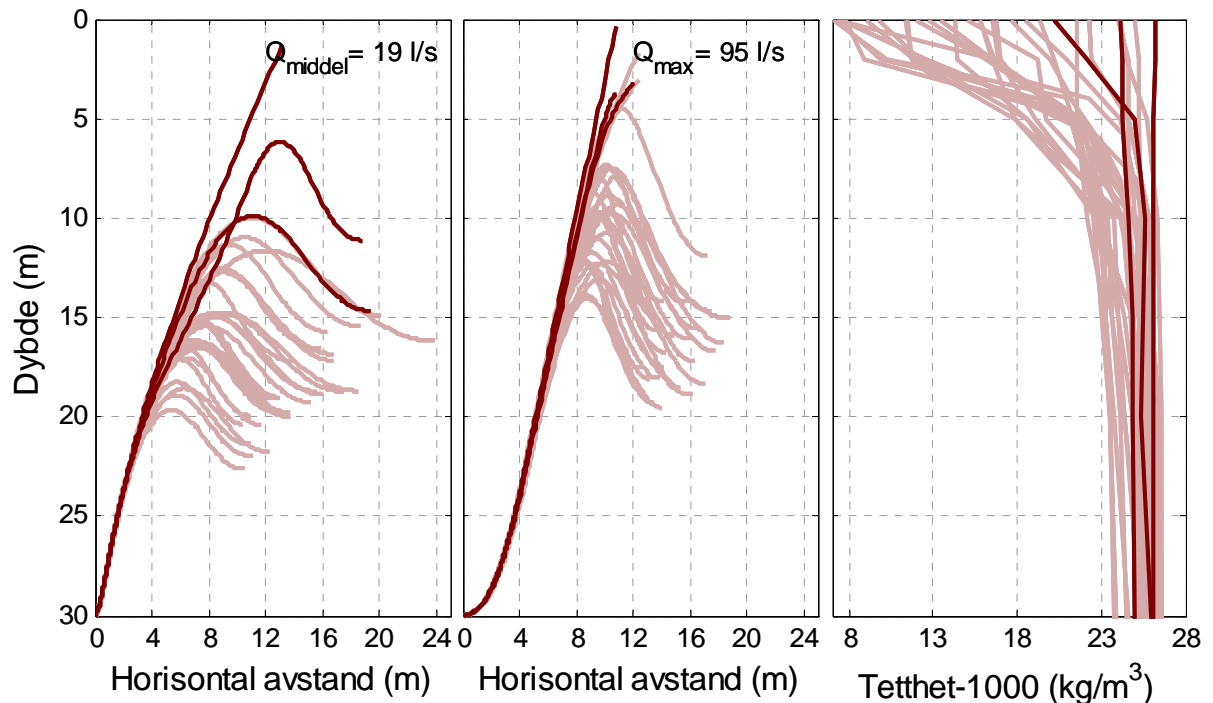
- Innlagringsdypet avhenger både av vertikal sjiktning, strømstyrke og vannmengde. Vi ser at sterk strøm gir vesentlig dypere innlagring enn svak strøm ved midlere vannmengde. Ved maksimal vannmengde er det mindre variasjon av innlagring både for ulike sjiktninger og for ulike strømstyrke.
- De fleste sjiktningene gir innlagring dypere enn 5-6 m.
- Ved svak sjiktning (ustabil vannsøyle) er det risiko for gjennomslag til overflata. Ved maksimal vannmengde vil seks sjiktningsscenarioer gi innlagring grunnere enn 5 m i 2030. **Figur 51-Figur 52** viser at dette kan unngås ved å bruke en diffusor. Begge alternativene vist her har 15 hull med 3 m avstand. Vi ser at resultatene blir best med en hull diameter på 5 cm.
- Én vertikalprofil (24.feb 2000) gir gjennomslag til overflaten uavhengig av strømstyrke, vannmengde og diffusorløsning. Denne vertikallprofilen viser en tilnærmet homogen vannsøyle. Slike forhold kan oppstå etter lange perioder med lite regn og ferskvannsavrenning. Det er derfor trolig at vannmengden ved en slik sjiktning er minimal, og at gjennomslag utgjør en liten risiko.
- Ved sammenligning med resultatene fra kjøringene gjort for vannmengder i 2020 (Molvær m.fl. 2007) og i 2030, ser vi at avvikene er små. Innlagringsdypene blir kun et par meter grunnere og faren for gjennomslag til overflaten er omtrent den samme.
- Konklusjon: Utslipp på ca. 30 m dyp med diffusor er beste alternativ.

Erdal i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s



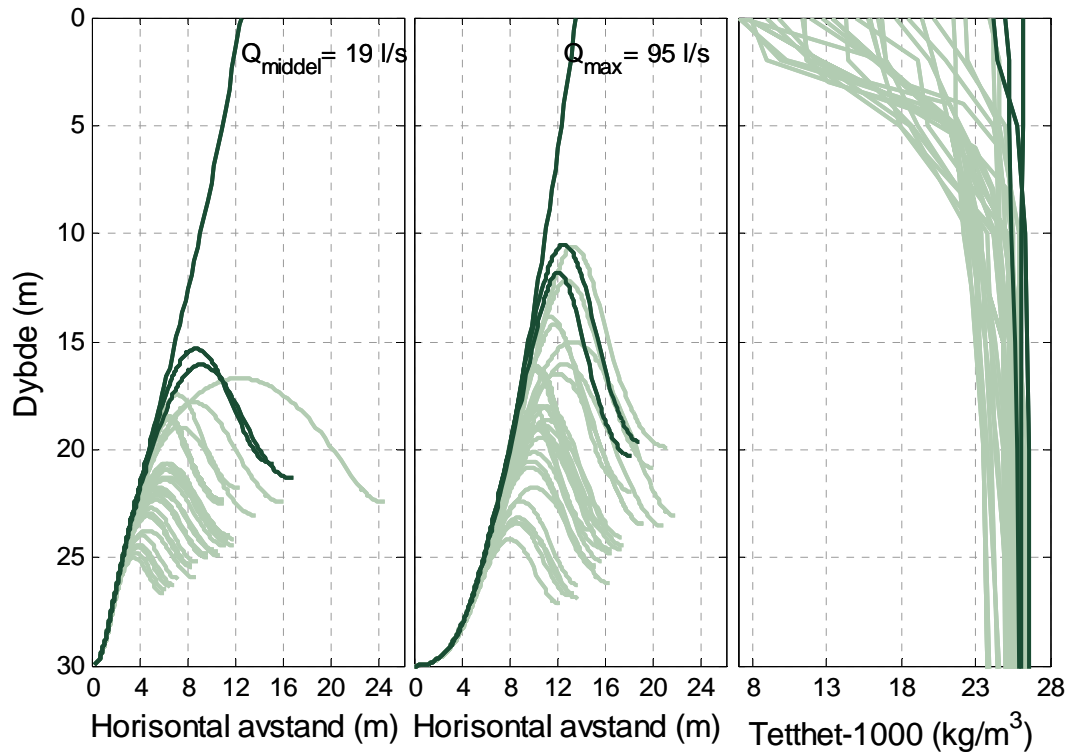
Figur 49. Innlagringsdyp ved Erdal for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp markert med en mørkere blåfarge.

Erdal i 2030 ved strømstyrke 5.5 cm/s



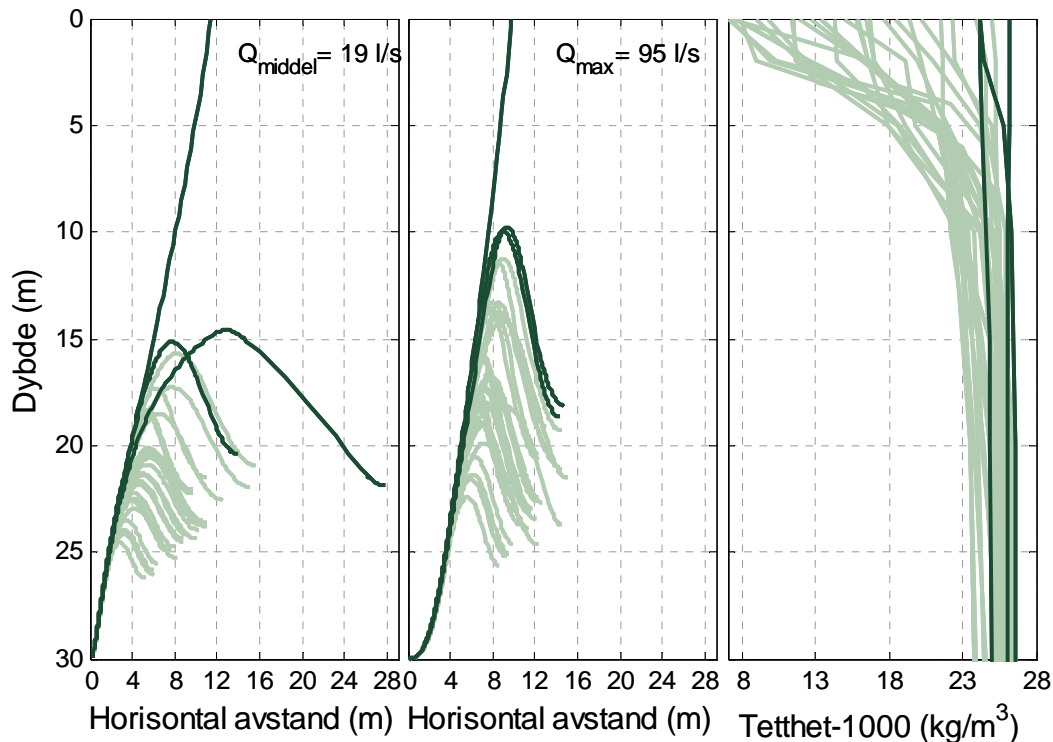
Figur 50. Samme som over, men for sterk strøm (90% persentil)

Erdal i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



Figur 51. Innlagringsdyp ved Erdal for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Her har vi brukt en diffusor på 15 hull à 5cm diameter og 3 m avstand mellom hullene. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere grønnfarge.

Erdal i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor

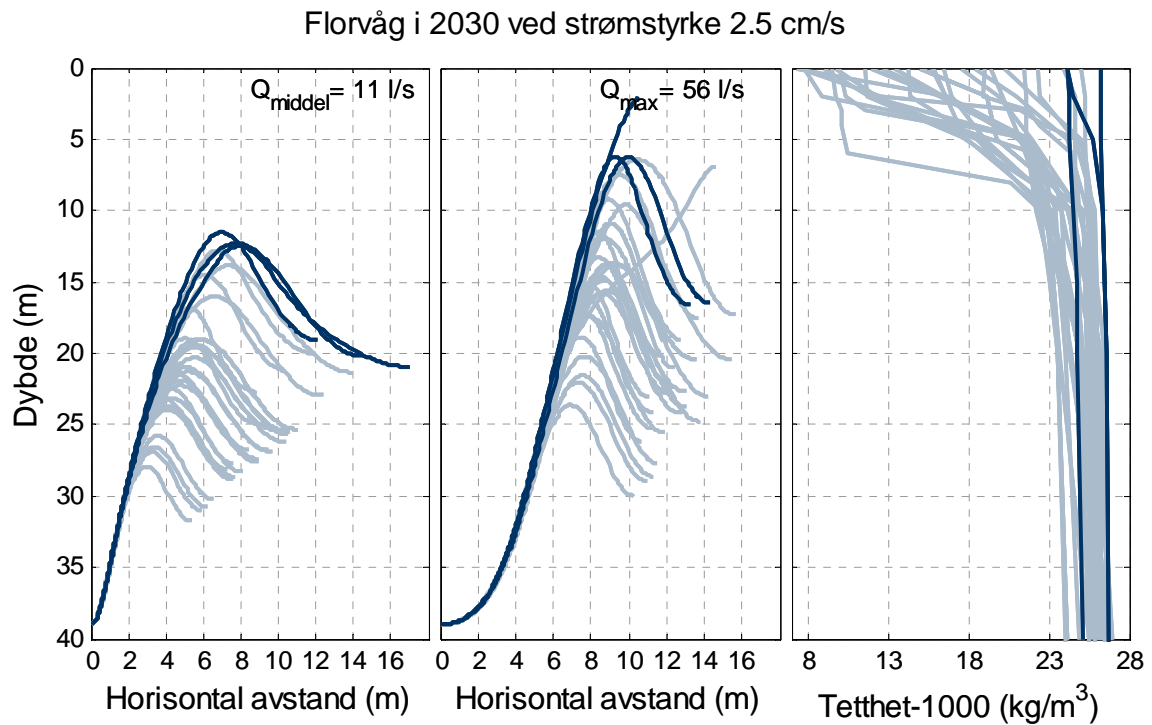


Figur 52. Samme som over, men med utslipp gjennom en diffusor på 15 hull à 5cm diameter og 3 m avstand mellom hullene.

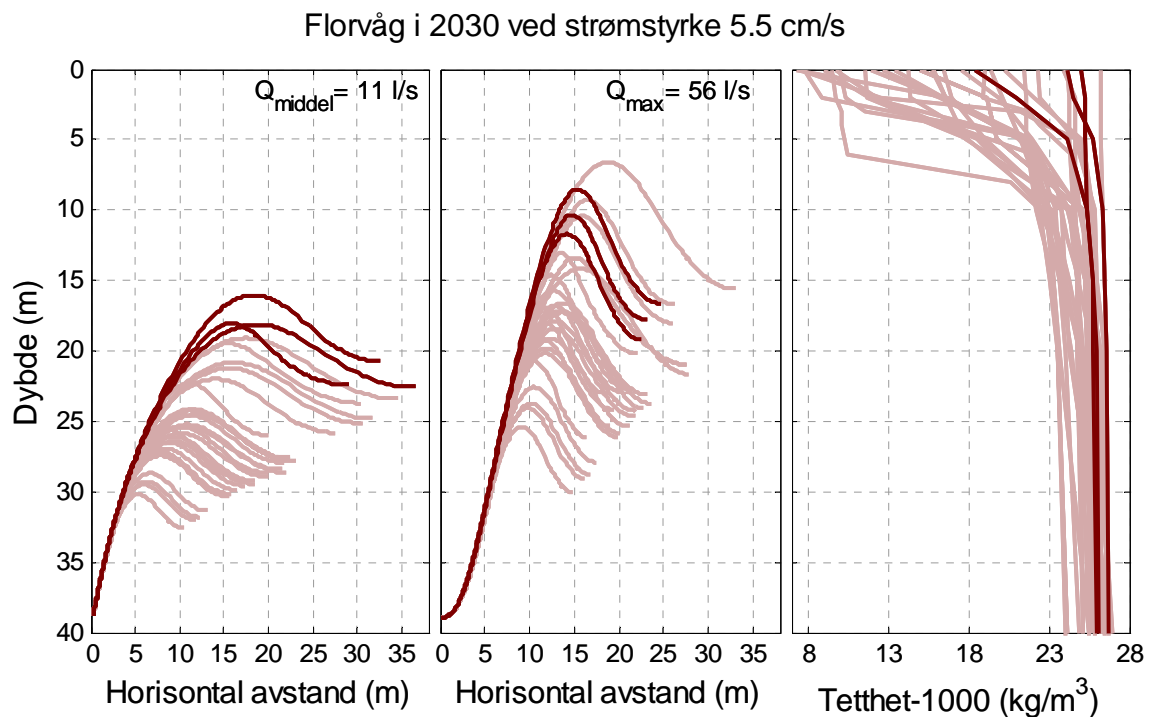
5.2.9 Florvåg

Resultatene fra beregningene for Florvåg er vist i **Figur 53-Figur 56**. Her følger et kort sammendrag:

- Den vertikale sjiktningen er mest avgjørende for innlagingsdypet, men både strømstyrke og vannmengde har betydelig påvirkning.
- De fleste sjiktningene gir innlagring dypere enn ca 12 m for midlere vannmengde. For maksimal vannmengde vil hele åtte av sjiktningsscenariene fra vinter/vår gi innlagring grunnere enn 10 m (des80, apr83, jan92, nov92, des92, mar93, apr93 og feb00).
- For å redusere faren for gjennomslag til overflaten vil det være nyttig å legge inn en diffusorløsning (**Figur 55-Figur 56**). Ved bruk av 15 hull med 3m avstand mellom hullene vil både hull diameter på 5 og 8 cm gi innlagring dypere enn 15 m for alle sjiktningsscenariene.
- Ved sammenligning med resultatene fra kjøringene gjort for vannmengder i 2020 (Molvær m.fler 2007) og i 2030, ser vi at vannmengdene for 2030 gir betydelig grunnere innlagring for sterk strøm, mens midlere strømstyrke i grove trekk gir lignende resultater.
- Konklusjon: Utslipp på ca. 40 m dyp med diffusor vil gi tilfredsstillende innlagingsdyp.

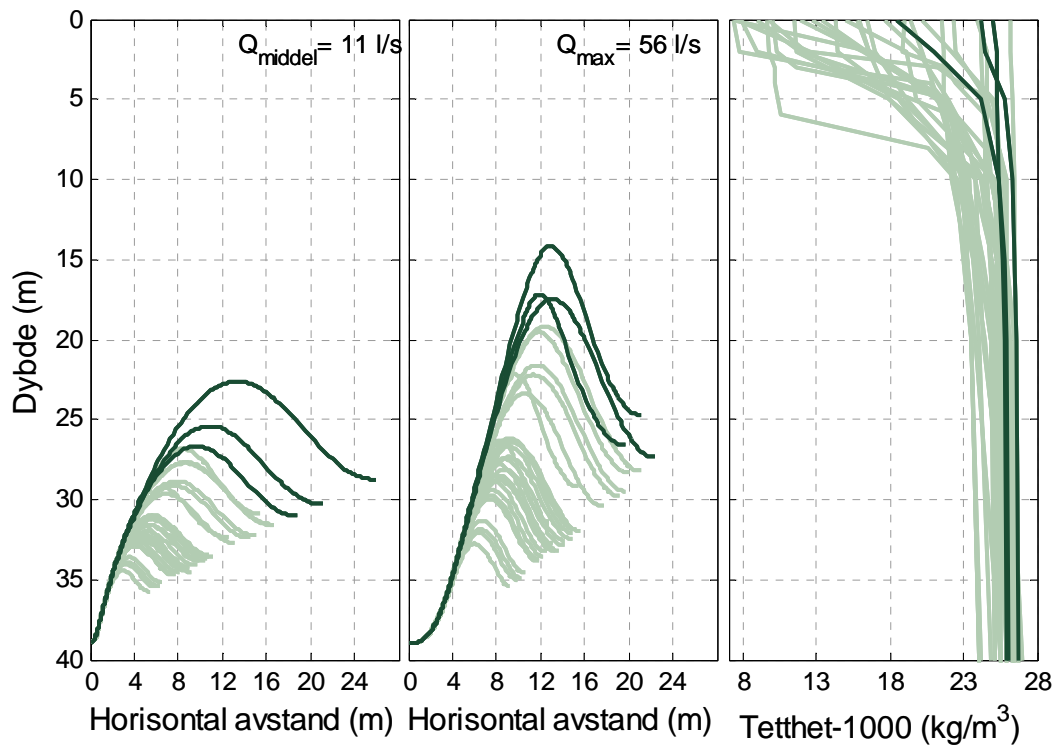


Figur 53. Innlagringsdyp ved Florvåg for utslippsmengder i 2030, 39 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere blåfarge.



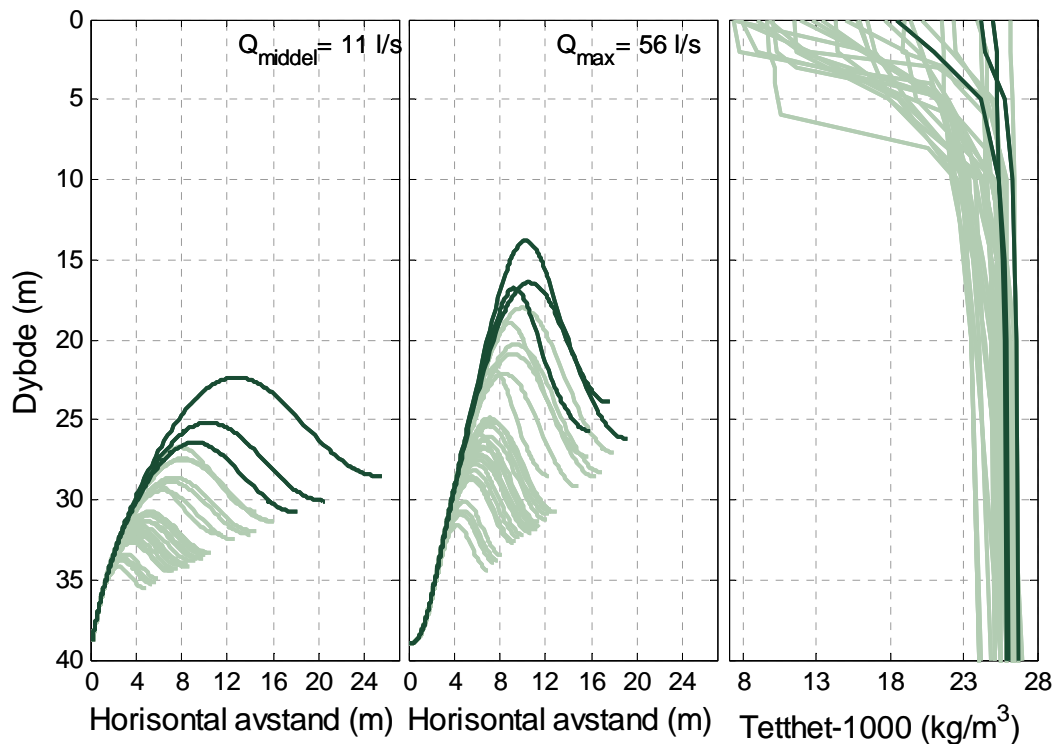
Figur 54. Samme som over, men for sterk strøm (90 persentil)

Florvåg i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



Figur 55. Innlagringsdyp ved Florvåg for utslippsmengder i 2030, 39 m dyp og middel strømstyrke. Her har vi brukt en diffusor på 15 hull à 5cm diameter og 3 m avstand mellom hullene. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere grønnfarge..

Florvåg i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



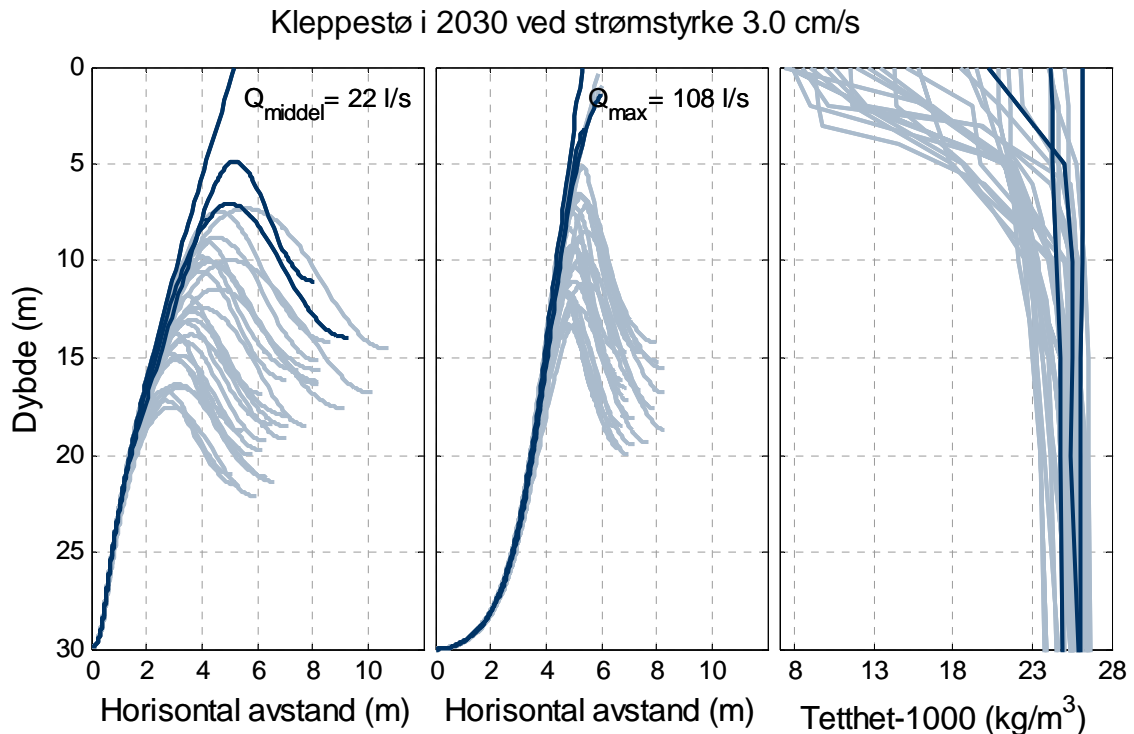
Figur 56. Samme som over, men med utslipp gjennom en diffusor på 15 hull à 5cm diameter og 3 m avstand mellom hullene.

5.2.10 Kleppestø

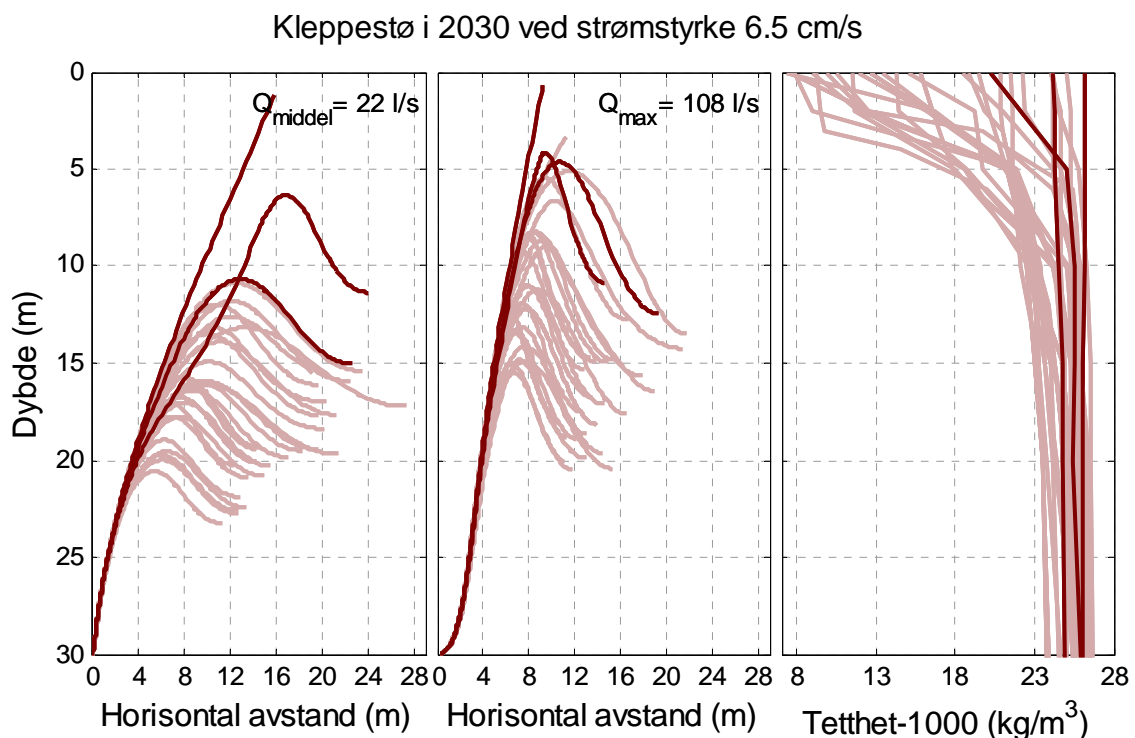
Resultatene fra Kleppestø er vist i **Figur 57-Figur 61**. De har klare likhetstrekk med Erdalutslippet (Kap. 5.2.8). Faren for gjennomslag til overflaten minsker betydelig dersom en diffusorløsning benyttes. Som for Erdalutslippet, vil en diffusor med 15 hull à 5 cm diameter og 3 m avstand gi best resultater med avbøyning og innlagring rundt ca 8 m for de svakeste sjikningsforholdene. Men selv om diffusor benyttes vil ett av sjikningsscenariene gi gjennomslag til overflaten (24.feb 2000). Her er sjikningen tilnærmet homogen for hele vannsøylen.

Kjøringene for vannmengder i 2030 viser en betydelig økt fare for gjennomslag til overflaten i forhold til de tiligere beregningene for 2020 (Molvær m.fler 2007). Dette gjelder særlig for scenariene med sterk strøm.

- Konklusjon: Utslipp på ca.30 m dyp med diffusor gir et tilfredsstillende resultat i de aller fleste situasjoner.

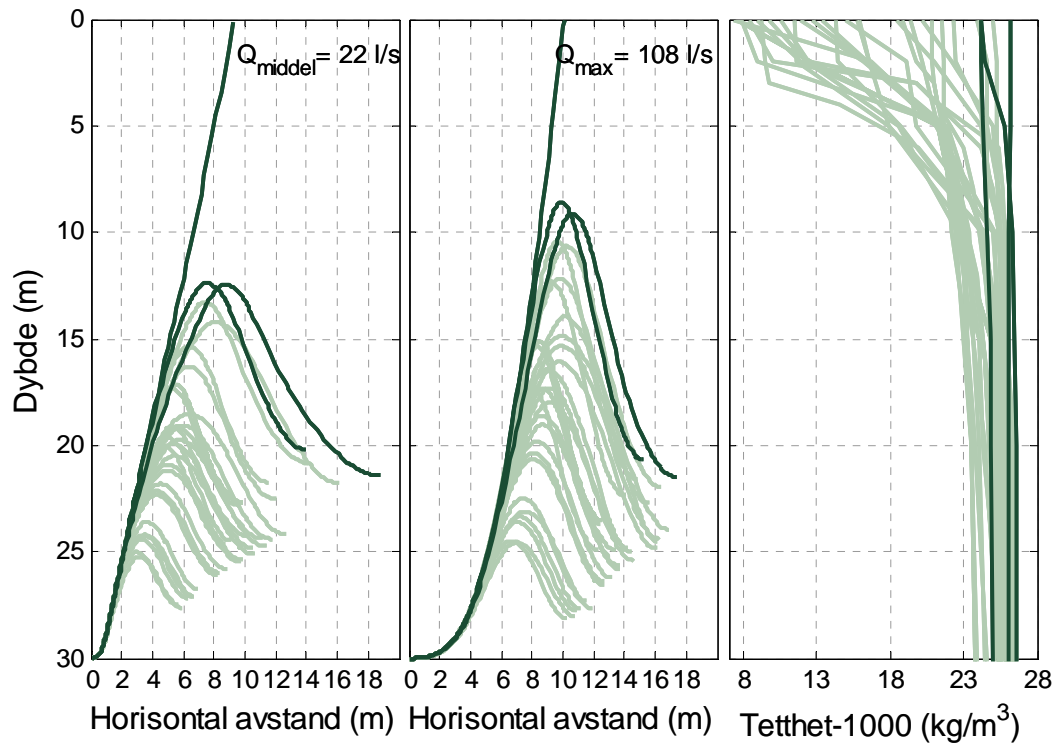


Figur 57. Innlagringsdyp ved Kleppestø for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere blåfarge.



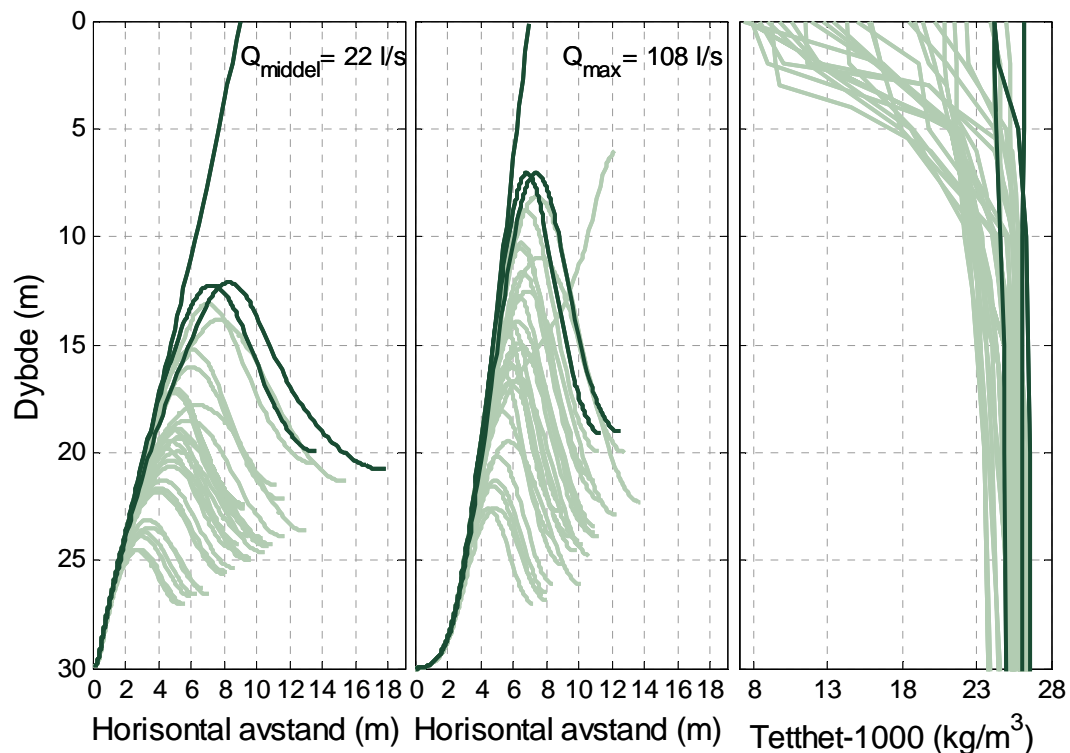
Figur 58. Samme som over, men for sterk strøm (90 persentil)

Kleppestø i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



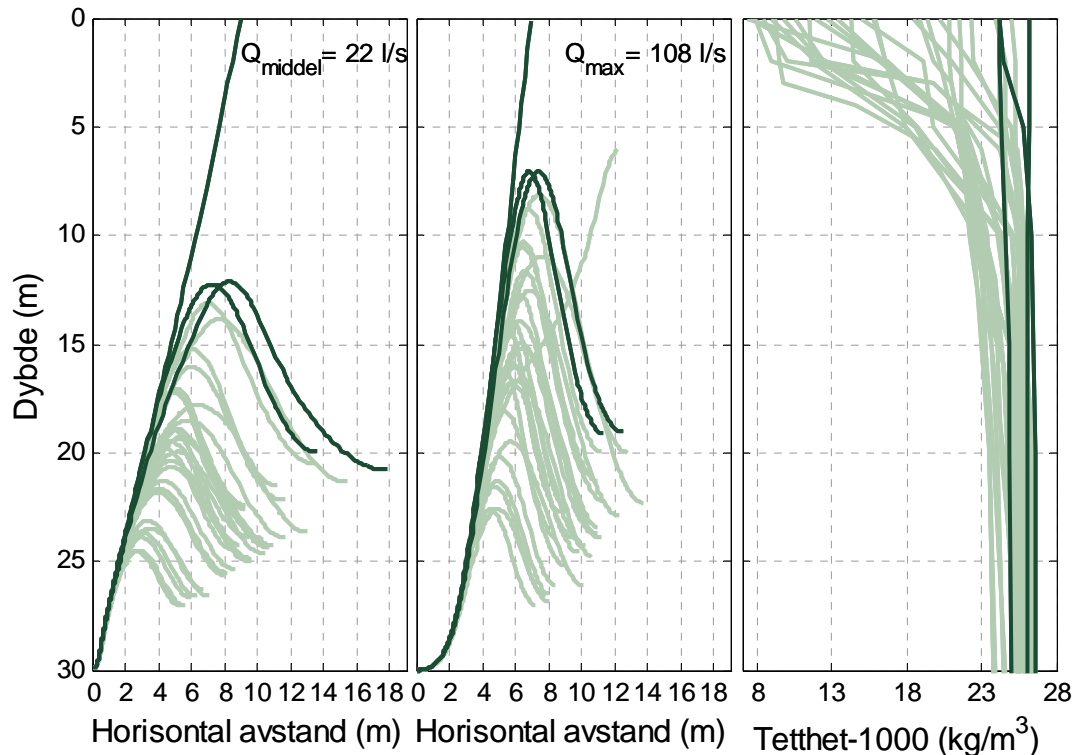
Figur 59. Innlagringsdyp ved Kleppestø for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Her har vi brukt en diffusor på 15 hull à 5 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere grønnfarge.

Kleppestø i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



Figur 60. Samme som over, men med en diffusor på 15 hull à 8 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene.

Kleppestø i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor

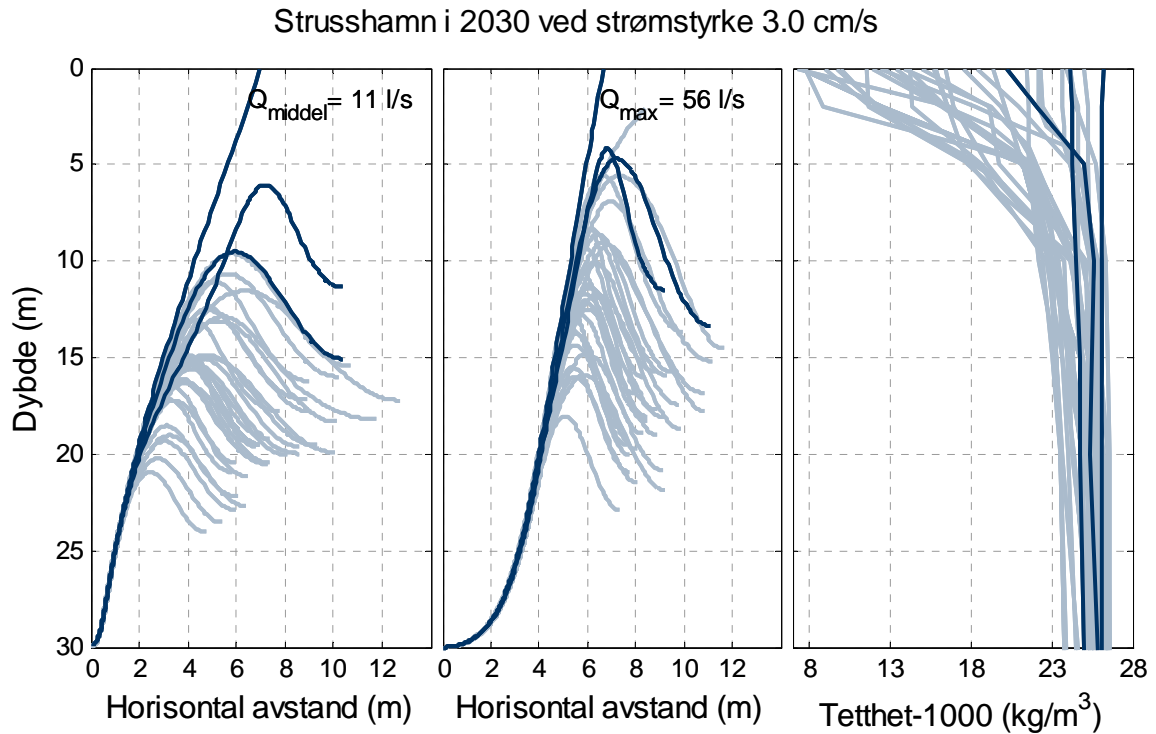


Figur 61. Samme som over, men med utslipp gjennom en diffusor på 15 hull à 8 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene.

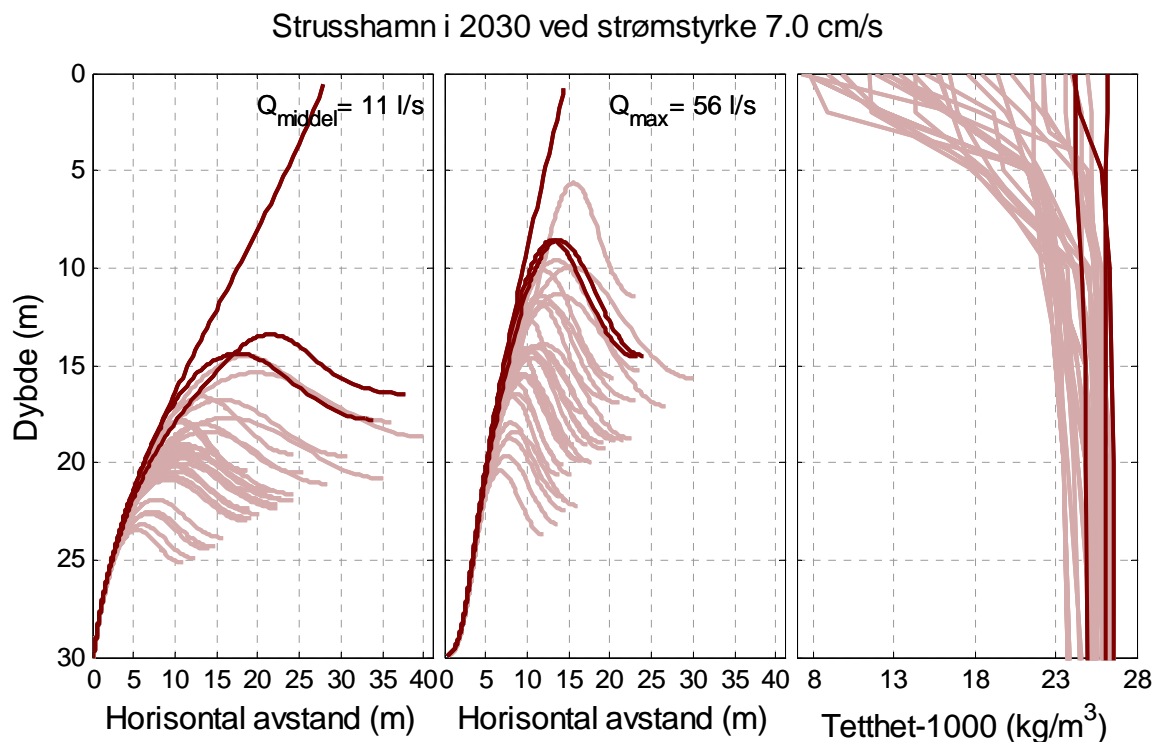
5.2.11 Strusshamn

For Strusshamn har vi sett på avløp i både 25 m og 30 m dyp. Her omtaler vi bare resultatene fra 30 m dyp siden dette er omtrent det dypet avløpet ligger på i dag, og dette dypet ga best resultater (**Figur 62-Figur 65**).

- De fleste sjiktningene gir innlagring dypere enn 10 m ved middels vannmengde ($q=11$ l/s) og middels strøm, og dypere enn ca 14 m ved sterk strøm.
- Noen kombinasjoner av strøm og sjiktning gir risiko for gjennomslag til overflaten. Vi har derfor undersøkt en diffusorløsning (**Figur 64-Figur 65**). For diffusorløsningen med 15 hull à 5 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene fikk vi best resultater. Innlagringsdypet ble tydelig dypere for de fleste scenariene. Det er likevel én sjiktning som gir gjennomslag til overflata både for middels og maksimal vannmengde (24.feb 2000).
- Ved sammneligning med resultatene fra kjøringene gjort for vannmengder i 2020 (Molvær m.fler 2007) ser vi ingen vesentlige forskjeller.
- Konklusjon: Utslipp på ca. 30 m dyp med diffusor gir et nesten fullgodt resultat.

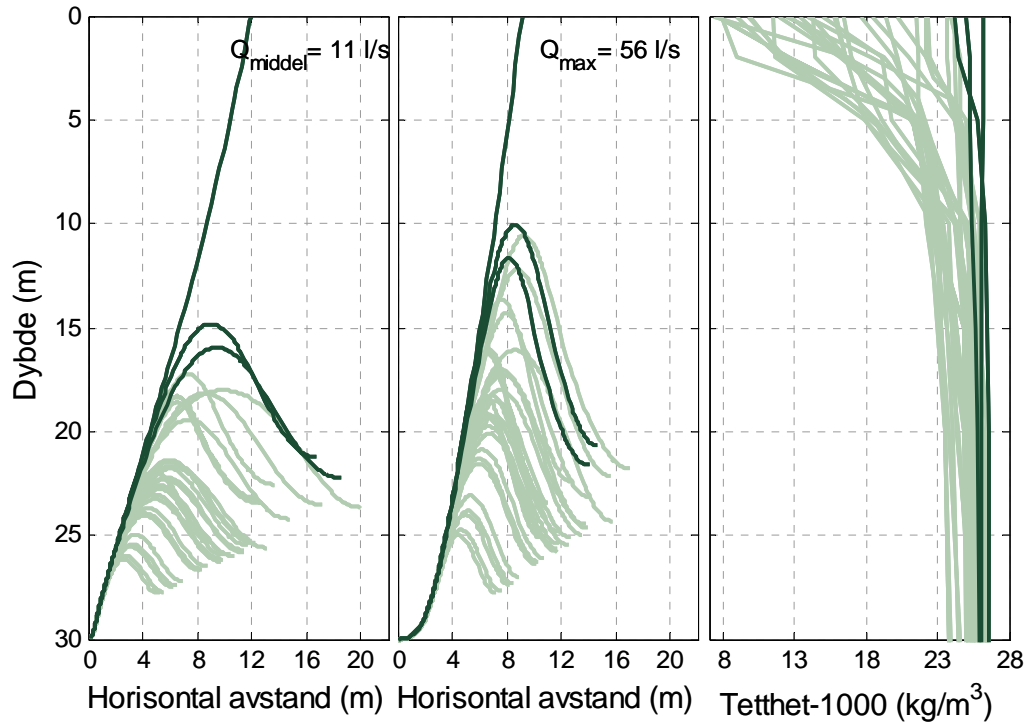


Figur 62. Innlagringsdyp ved Strusshamn for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Til venstre ser vi resultater for middel utslippsmengde, og i midten ser vi resultater for maksimal utslippsmengde. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere blåfarge.



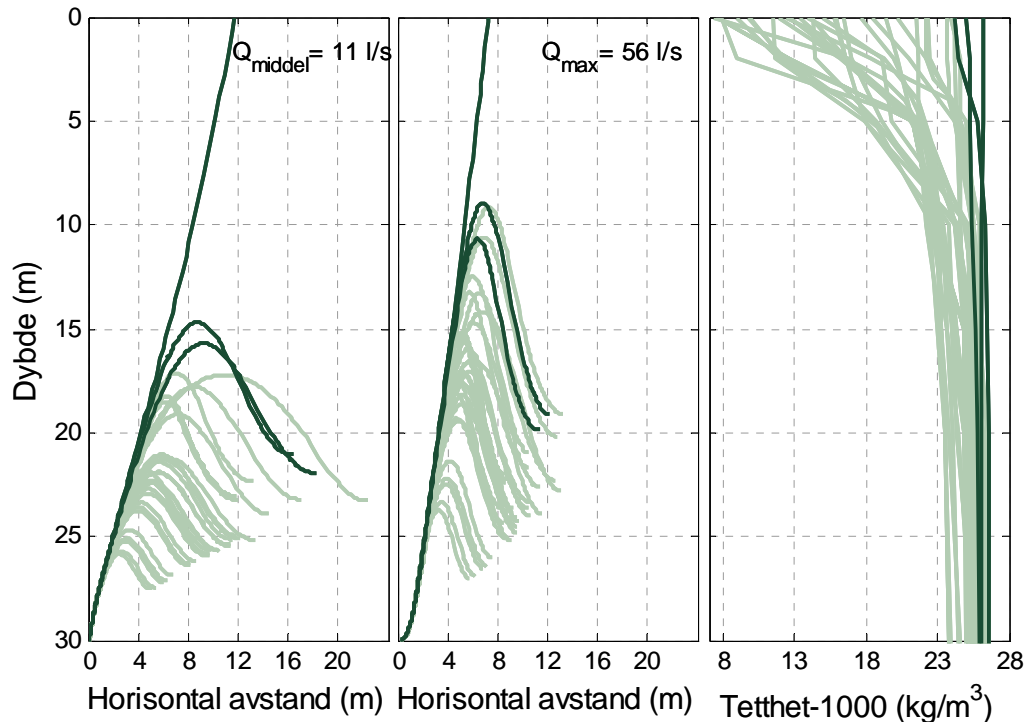
Figur 63. Samme som over, men for sterk strøm (90 persentil)

Strusshamn i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



Figur 64. Innlagringsdyp ved Strusshamn for utslippsmengder i 2030, 30 m dyp og middel strømstyrke. Her har vi brukt en diffusor på 15 hull à 5 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene. I høyre figur vises sjiktningene ved de ulike scenariene. De tre sjiktningene som gir grunnest innlagringsdyp, er markert med en mørkere grønnfarge.

Strusshamn i 2030 ved strømstyrke 2.5 cm/s og diffusor



Figur 65. Samme som over, men med utslipp gjennom en diffusor på 15 hull à 8 cm diameter og 3 m avstand mellom hullene.

5.2.12 Primærfortynning

Primærfortynningen er beregnet for hvert utslipp og scenarie og sammenfattet i **Tabell 8**. De laveste primærfortynningene (middelverdi) finner vi ved Juvik, Hauglandshella og Haugadalen. Ved disse lokalitetene er det anbefalt å legge inn diffusorløsning, noe som vil øke fortynningen betydelig.

Tabell 8. Beregnet primærfortynning for utslippspunktene med vannmengder for 2030. Tallene angir fortynningsfaktoren (antall ganger fortynnet) ved innlagringsdypet. For hvert utslipp er primærfortynningen beregnet for alle scenariene (10 sjiktninger med 2 ulike strømstyrker). I tabellen er laveste, høyeste og gjennomsnittlig primærfortynning oppgitt. Det betyr at primærfortynningen ved de ulike scenariene ved f.eks Juvik ved middel vannføring varierer mellom 89 og 540 gangers fortynning, og at gjennomsnittet ligger på 250 gangers fortynning.

Utslipp	2030					
	Middel vannføring			Max vannføring		
	Min	Middel	Max	Min	Middel	Max
Juvik	89	250	540	60	141	272
Juvik m/diffusor	140	375	711	66	151	259
Hauglandshella	85	217	498	59	122	217
Hauglandshella m/diffusor	138	400	720	68	164	281
Eide	102	493	1520	80	228	499
Eide m/diffusor	159	410	731	90	212	331
Kollevåg	139	941	3289	104	541	1731
Haugadalen	96	282	575	69	171	345
Haugadalen m/diffusor	131	340	579	86	185	282
Erdal	131	318	752	75	121	198
Erdal m/diffusor	318	783	2147	158	325	585
Florvåg	152	642	1880	90	243	583
Florvåg m/diffusor	431	1131	2744	201	469	923
Kleppestø	137	359	924	80	145	270
Kleppestø m/diffusor	207	441	890	119	230	359
Strusshamn	142	656	2911	87	237	523
Strusshamn m/diffusor	282	675	1676	139	292	497

6. Vannkvalitet i Hauglandsosen

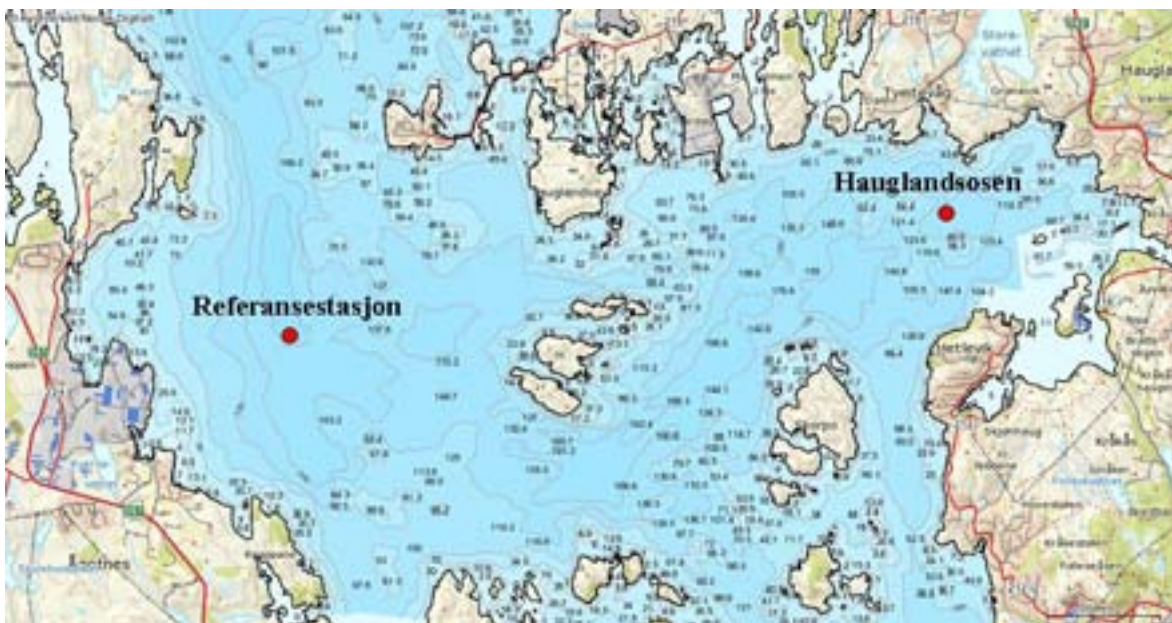
6.1 Innledning

Formålet med denne delen av undersøkelsen har vært å beskrive vannkvaliteten i Hauglandsosen gjennom målinger av næringssalter, oksygen og algebiomasse i form av klorofyll a. Planteplankton responderer meget hurtig på tilførsler av næringssalter (eutrofiering) ved å øke sin delingshastighet og dermed kan mengden pr volumenhett vann øke. Den nye klassifiseringsveilederen (Veileder 01:2009 "Klassifisering av miljøtilstand i vann", jfr. pkt. 7.1) for planteplankton er basert på denne eutrofieringseffekten og er harmonisert mot klassifikasjonssystemet utarbeidet innen EUs vanddirektiv. I dette systemet inngår planteplankton som ett av tre biologiske kvalitetselement, mens hydrografi og hydrokjemisk er støtteparametere.

6.2 Metodikk og datainnsamling

Prøver for analyse av klorofyll a, næringssalter (fosfat, totalt fosfor, nitrat, ammonium og totalt nitrogen) og siktedyp har vært samlet inn på to stasjoner med Hauglandsosen som hovedstasjon og med stasjon vest av Søre Rotøy i Hjeltefjorden som referansestasjon (**Figur 66**). Vannprøver for analyse av næringssalter og klorofyll a ble samlet inn fra 0, 5, 10 og 20 m dyp. Rett etter avsluttet prøvetaking ble næringssaltprøvene fiksert med 4M svovelsyre og oppbevart mørkt og kjølig inntil prøvene ble sendt til NIVAs akkrediterte laboratorium for analyse. Prøver for analyse av klorofyll a ble filtrert og frosset ned. 10 innsamlinger har vært gjennomført i perioden 12. juni-11. november 2009 (**Tabell 9**). På de samme to stasjonene ble det på samtlige tokt målt saltholdighet og temperatur ved bruk av profilerende sonde.

Prøver for analyse av oksygen har blitt tatt ved bruk av vannhenter ved to anledninger (15.09.09 og 11.11.09), og analysene er utført etter Winklers metode ved NIVAs Vestlandsavdeling. Stasjonen i Hauglandsosen ble lagt til et sentralt dypområde med terskel på ca 140 m og angitt maksimumsdyp på 185 m, men prøvetaking dypere enn 160 m viste seg vanskelig pga. svært ujevn bunn. Oksygenprøver fra dypvannet ble derfor tatt på 100, 145, 155 og 160 m dyp. Referansestasjon ble lagt til et dypområde i Hjeltefjorden øst for Ågotnes hvor prøver fra 100, 150, 220, 230 og 240 m dyp ble tatt.



Figur 66. Stasjoner for innsamling av hydrografi og hydrokjemiske analyser.

Tabell 9. Oversikt over innsamlede vannkvalitetsdata.

Dato	Klorofyll a	Næringssalter	Siktdyp	Oksygen	Hydrografi
12.06.09	x	x			x
22.06.09	x	x			x
12.07.09	x	x	x		x
01.08.09	x	x	x		x
07.08.09	x	x	x		x
26.08.09	x	x	x		x
15.09.09	x	x	x	x	x
05.10.09	x	x	x		x
18.10.09	x	x	x		x
11.11.09	x	x	x	x	x

6.3 Klorofyll a

Resultater fra analyser av klorofyll a i Hauglandsosen (St. 1) og på referansestasjon øst for Ågotnes (Ref.) er angitt i **Tabell 11** For beregning av tilstandsklasse i henhold til Klifs (tidligere SFTs) klassifiseringssystem (Molvær m.fl. 1997) (**Tabell 10**) er data for dypene 0, 5 og 10 m benyttet for perioden juni-august. Resultatene viser at klorofyll a-konsentrasjonen i sommermånedene juni-august er noe høyere i Hauglandsosen enn på referansestasjonen. Også siktdypmålingene fra sommerperioden viser at det gjennomsnittlig er noe lavere gjennomskinnelighet i vannet i Hauglandsosen enn på referansestasjonen (**Tabell 12**).

Dersom en ser på fordelingen av algebiomassen målt som klorofyll a, er algene i Hauglandsosen mer konsentrert i overflatelaget enn på referansestasjonen (**Figur 67**). Dette kan skyldes at Hauglandsosen ligger noe mer beskyttet og utenfor hovedstrømmen i Hjeltefjorden hvor referansestasjonen ligger, og at dette medfører noe mindre både vertikal og horisontal blanding av vannmassene i Hauglandsosen.

Tabell 10. Klassifisering av tilstand for næringssalter, klorofyll a og siktedyp i overflatelaget, og oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 20.

Parametre	Tilstandsklasser				
	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Overflatelag					
Sommer					
(juni-agust)					
Total fosfor (µg/l)	<12	12-16	16-29	29-60	>60
Fosfat-fosfor (µg P/l)	<4	4-7	7-16	16-50	>50
Total nitrogen (µg N/l)	<250	250-330	330-500	500-800	>800
Nitrat-nitrogen (µg N/l)	<12	12-23	23-65	65-250	>250
Ammonium-nitrogen (µg N/l)	<19	19-50	50-200	200-325	>325
Klorofyll a (µg/l)	<2	2-3,5	3,5-7	7-20	>20
Siktedyp (m)	>7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	<2,5
Overflatelag					
Vinter					
(desember-februar)					
Total fosfor (µg/l)	<21	21-25	25-42	42-60	>60
Fosfat-fosfor (µg P/l)	<16	16-21	21-34	34-50	>50
Total nitrogen (µg N/l)	<295	295-380	380-560	560-800	>800
Nitrat-nitrogen (µg N/l)	<90	90-125	125-225	225-350	>350
Ammonium-nitrogen (µg N/l)	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann					
Oksygen (ml O ₂ /l)	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	>1,5
Oksygen metning (%)	>65	65-50	50-35	35-20	<20

Tabell 11. Klorofyll a-konsentrasjoner for stasjonene Hauglandosen (St.1) og referansestasjon i Hjeltefjorden (Ref.). Verdiene i kolonnen merket "Middel, 1-10 m, Juni-august" er middelveier for klorofyll a-konsentrasjonene på 1, 5 og 10 m dyp fra innsamlingene i månedene juni, juli og august. Fargeangivelsen i kolonnene tilsvarer fargekodingen i Klifs klassifiseringsveileder.

Parameter	Dyp	12. juni		22. juni		12. juli		1. august		7. august		26. august	
		St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref
Klorofyll a (µg /l)	1	0,9	2,3	0,9	1,0	<1,2	<1,2	<1,2	1,5	<1,2	<1,2	1,8	1,3
	5	2,5	2,5	1,7	1,2	<1,2	-	<1,2	1,7	1,6	<1,2	1,4	1,8
	10	9,2	2,2	3,0	3,5	2,1	2,1	2,2	1,8	1,9	1,7	1,3	1,9
	20	2,6	5,9	4,0	5,1	1,5	1,3	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2

Parameter	Dyp	15. september		5. oktober		18. oktober		11. november		Middel 1-10m Juni-august	
		St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref
Klorofyll a (µg /l)	1	3	2,8	<1,2	1,4	3,0	2,0	<1,2	<1,2	<2,0	<1,7
	5	2,3	3,7	<1,2	<1,2	1,7	1,5	<1,2	<1,2		
	10	<1,2	2,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2		
	20	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2		

Tilstandsklasse I

Tabell 12. Siktedyp for stasjonene Hauglandosen (St.1) og referansestasjon i Hjeltefjorden (Ref.). Verdiene i kolonnen merket "Middel, 1-10 m, Juni-august" er middelveier for siktedyp fra månedene juni, juli og august. Fargeangivelsen i kolonnene tilsvarer fargekodingen i Klifs klassifiseringsveileder.

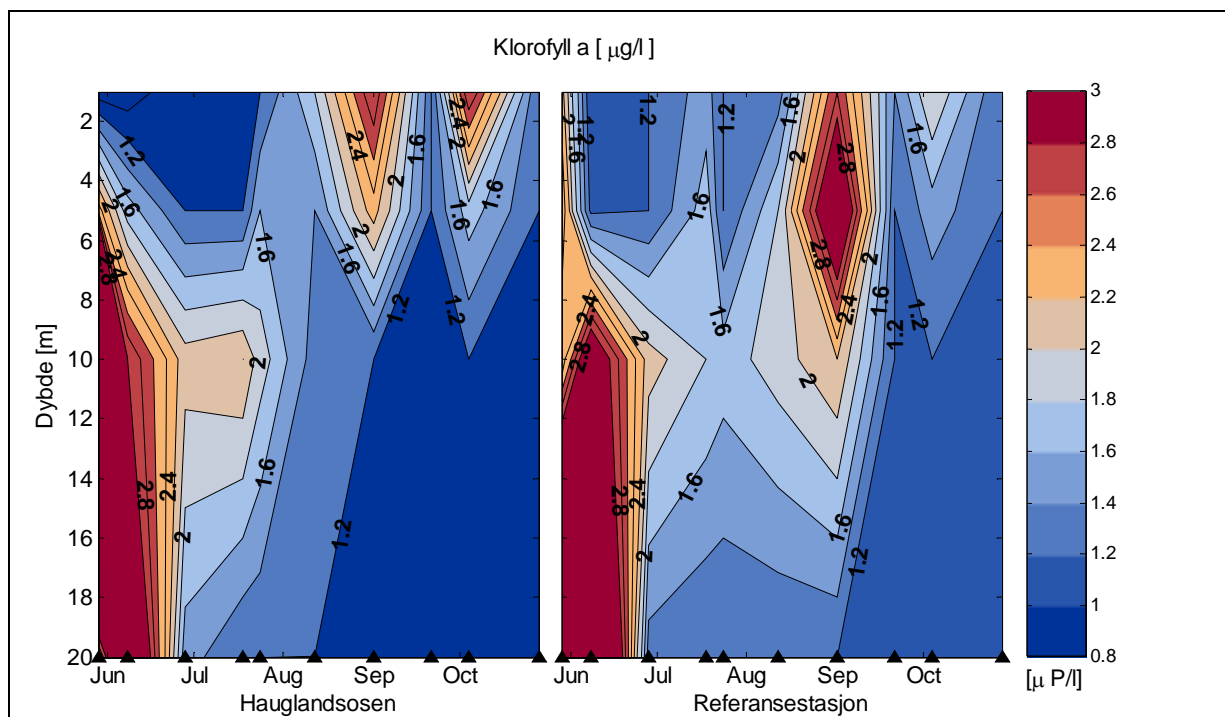
Parameter	22. juni		12. juli		1. august		7. august		26. august		Middel 1-10m Juni-august	
	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref
Siktedyp (m)	7,2	8,7	7,5	7,5	8,5	8,0	6,4	6,0	8,0	9,0	7,52	7,84

Tilstandsklasse I

Dermed får algene anledning til å utnytte både næring og lys bedre enn på referansestasjonen og dermed øke sin biomasse nær overflaten. På referansestasjonen vil strømforholdene føre til større vertikal nedblanding – noe som forhindrer en oppkonsentrering av alger i overflatelaget. Begge stasjonene ligger imidlertid i Tilstandsklasse I "Meget god" (grenseverdi <2 µg klf.a/l) ut fra Klifs klassifiseringsveileder (Molvær m.fl. 1997) både basert på klorofyll a og siktedyp. Resultatene stemmer godt overens med målinger fra 2004 i Raunefjorden og Byfjorden (Heggøy m.fl. 2005).

Ved implementering av Vanndirektivet skal overvåking følge prosedyrer og metoder beskrevet i egen veileder (Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann, se www.vannportalen.no). I den foreløpige versjonen av klassifiseringssystemet for vannkategori kystvann er foreløpig kun parameteren klorofyll a klar for kvalitetselementet planteplankton. Kravet til data er at det skal gjøres innsamlinger minimum hver måned i hele algens vekstsesong gjennom minimum en 3-års periode for å dekke naturlige variasjoner hos planteplanktonet. Klassifiseringen ved bruk av klorofyll a skal så gjøres etter 90-persentilen basert på data fra hele innsamlingsperioden. Det foreliggende

datagrunnlaget fra Hauglandsosen og referansestasjonen er dermed for lite til å gjennomføre en klassifisering i henhold til den nye klassifiseringsveilederen. Hauglandsosen ligger i region Nordsjøen og vanntype 3 (beskyttet fjord/kyst) og for at klassifiseringen basert på klorofyll a skal være "Svært God", må 90-persentilen ligge i området 1,7-2,5 µg/l.



Figur 67. Vertikal fordeling av klorofyll a i Hauglandsosen og på referansestasjon i løpet av innsamlingsperioden juni-november 2009.

6.4 Næringsalter

Alle resultater fra næringssaltanalysene er presentert i **Tabell 13** og klassifiseringen som gjøres er også i henhold til Veileder 01:2009 hvor det for fysisk-kjemiske kvalitetselement inntil videre er foreslått å benytte Klifs Veileder 97:03 (Molvær m.fl. 1997) (**Tabell 10**).

Gjennomsnittsverdiene for totalt fosfor fra 0, 5 og 10 m for perioden juni-august i 2009 viser at i Hauglandsosen (St.1) er konsentrasjonen 17,1 µg/l som gir Tilstandsklasse III "Mindre god" etter Klifs klassifikasjonsveileder, mens på referansestasjonen er middelkonsentrasjonen 15,1 µg/l (**Tabell 13**) som gir Tilstandsklasse II "God" (jfr. **Tabell 10**).

Gjennomsnittsverdiene for fosfat for overflatelaget (0-10 m) for sommerperioden (juni-august) er 4,4 µg/l for begge stasjonene (**Tabell 13**). Dette gir klassifisering Tilstandsklasse II hvor klassegrensene er 4-7 µg/l. Heggøy m.fl. (2005) fant Tilstandsklasse I for fosfat i Raunefjorden sør for Askøy, men dette var vinterverdier og dermed ikke helt sammenlignbart med målingene i Hauglandsosen og i Hjeltefjorden.

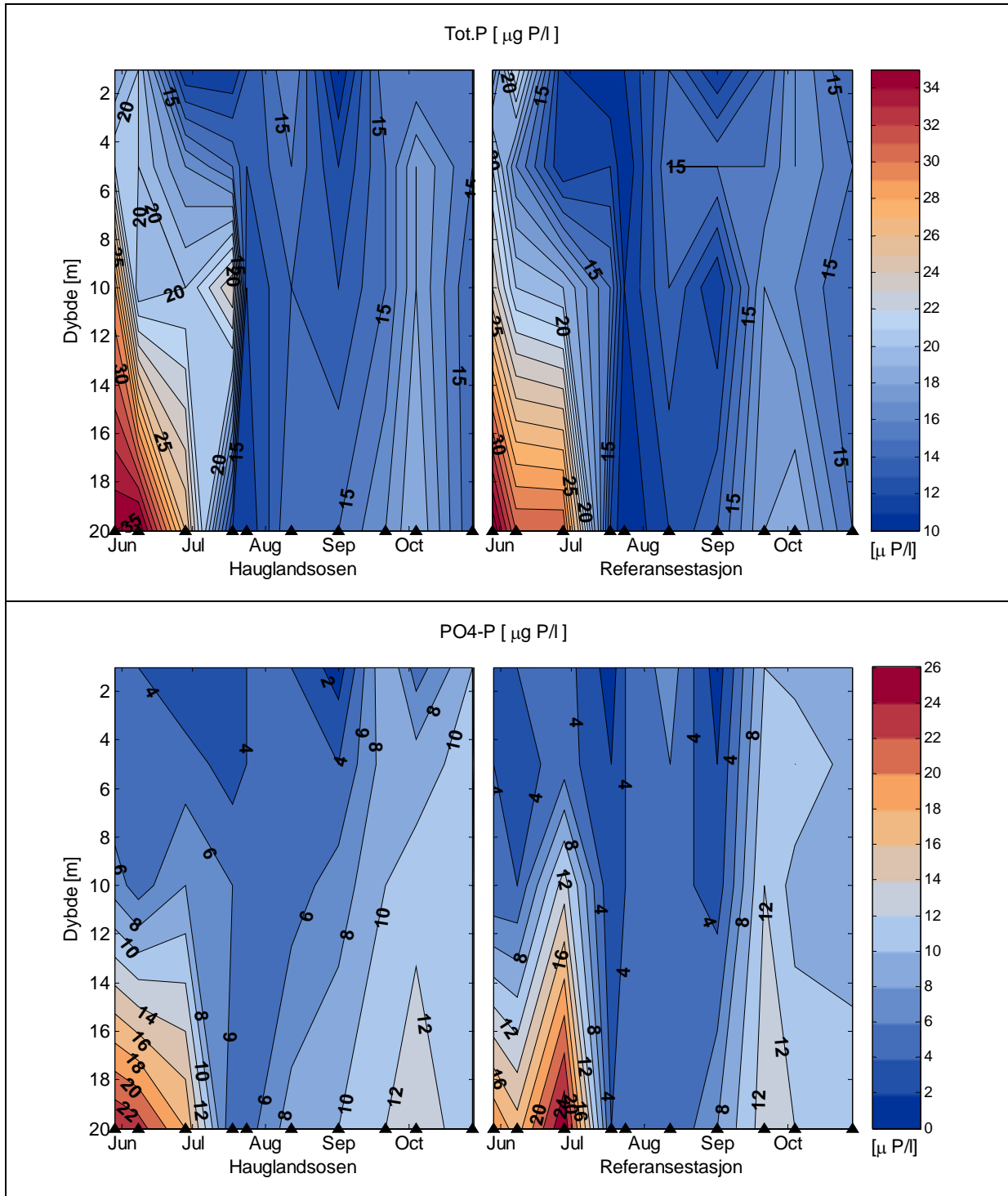
Figur 68 viser vertikalfordelingen av totalt fosfor og fosfat for hele innsamlingsperioden fra juni til november i Hauglandsosen og på referansestasjon i Hjeltefjorden. Ut fra disse figurene ser en at det ikke er store forskjeller i vertikalt fordeling over tid mellom de to stasjonene verken når det gjelder totalt fosfor eller fosfat.

Tabell 13. Resultater av næringssaltanalyser fra Hauglandsosen og referansestasjon. Verdiene i kolonnen merket ”Middel, 1-10 m, Juni-august” er middelveier for konsentrasjonene på 1, 5 og 10 m dyp fra innsamlingene i månedene juni, juli og august. Fargeangivelsen i kolonnene tilsvarer fargekodingen i Klifs klassifiseringsveileder.

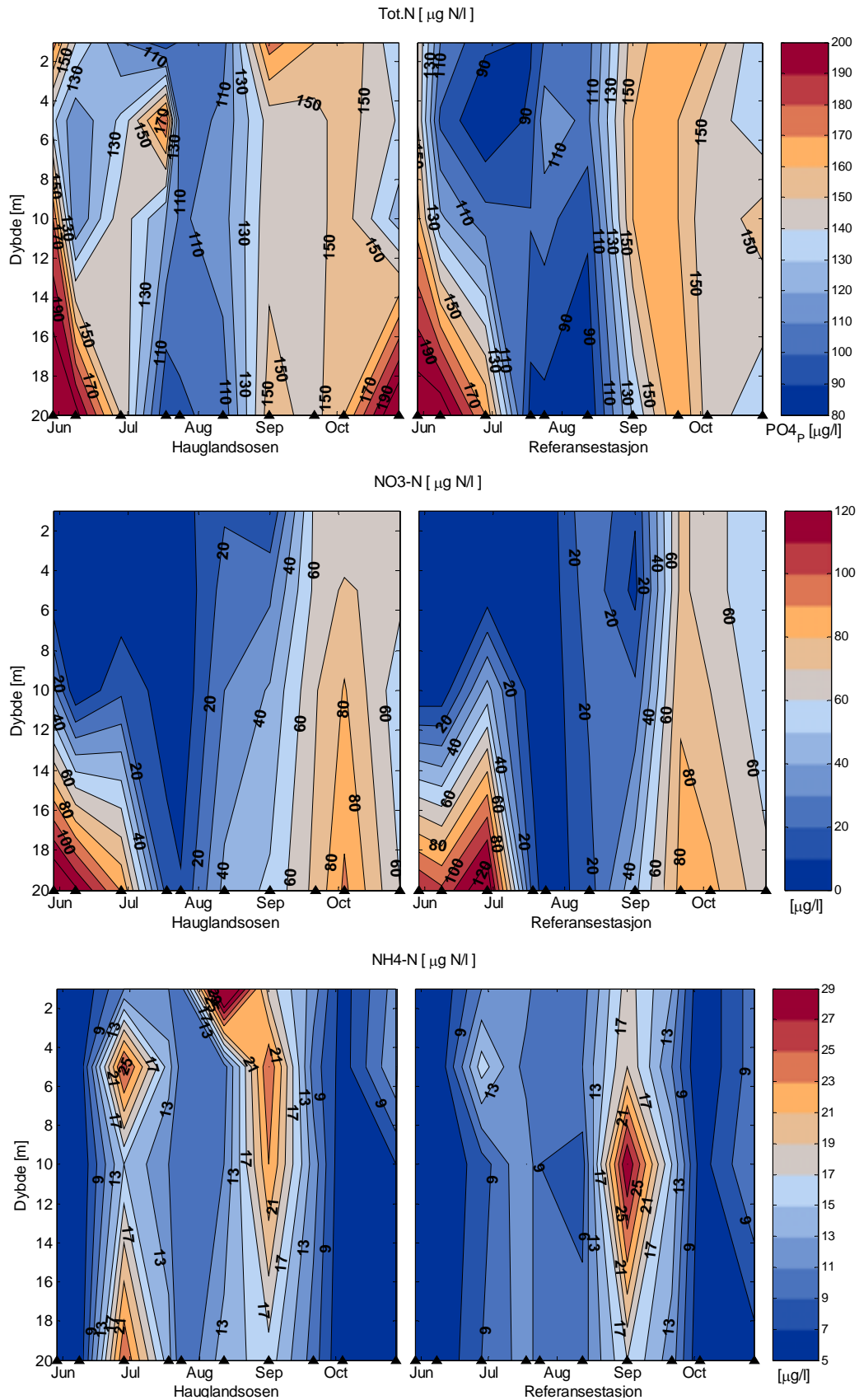
Parameter	Dyp	12. juni		22. juni		12. juli		1. august		7. august		26. august	
		St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref
Total fosfor (µg P/l)	1	18	16	20	22	11	11	11	10	13	11	16	14
	5	21	21	20	16	17	11	15	12	13	10	15	15
	10	29	24	19	20	20	19	24	15	12	11	14	14
	20	35	36	36	31	26	31	12	12	11	10	15	12
Fosfat (µg P/l)	1	4	3	4	4	2	5	2	1	4	4	4	7
	5	4	4	4	3	5	5	3	2	4	4	5	6
	10	7	4	5	4	8	13	6	2	4	4	5	5
	20	24	20	23	17	18	26	4	4	5	4	9	4
Total nitrogen (µg N/l)	1	175	150	140	110	111	92	93	89	102	101	105	105
	5	133	150	112	98	132	80	180	92	102	117	113	107
	10	180	165	110	122	146	104	120	101	108	104	116	92
	20	215	210	205	210	150	170	90	86	98	87	104	81
Ammonium (µg N/l)	1	<5	<5	<5	<5	11	11	11	12	10	9	35	10
	5	<5	<5	<5	<5	26	16	14	10	10	9	10	11
	10	<5	<5	<5	<5	15	8	11	13	9	9	11	8
	20	<5	<5	<5	<5	25	9	14	12	9	10	14	10
Nitrat (µg N/l)	1	<1	<1	1	2	4	3	4	4	6	3	19	29
	5	<1	<1	1	2	3	3	5	3	2	3	24	26
	10	33	<1	1	2	18	44	4	3	2	2	30	22
	20	136	111	122	102	89	132	15	16	11	3	43	16

Parameter	Dyp	15. september		5. oktober		18. oktober		11. november		Middel 1-10m Juni-august	
		St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref	St 1	Ref
Total fosfor (µg P/l)	1	10	11	16	14	15	17	15	14	17,1	15,1
	5	12	15	15	15	18	17	15	15		
	10	13	11	15	17	18	16	14	14		
	20	15	14	17	18	19	19	14	15		
Fosfat (µg P/l)	1	1	1	10	10	5	9	10	9	4,4	4,4
	5	4	2	9	11	9	12	11	9		
	10	7	3	10	12	11	9	10	9		
	20	10	8	12	13	14	12	10	11		
Total nitrogen (µg N/l)	1	175	155	160	170	160	160	132	130	126,6	109,9
	5	144	160	146	160	155	146	139	132		
	10	146	160	146	160	155	142	125	155		
	20	155	131	146	170	160	146	215	132		
Ammonium (µg N/l)	1	18	18	12	13	6	<5	12	10	11,3	8,7
	5	25	19	10	11	6	<5	13	10		
	10	23	29	12	15	<5	6	7	11		
	20	16	17	10	12	5	<5	6	6		
Nitrat (µg N/l)	1	11	11	63	73	60	63	60	53	8,8	8,6
	5	28	7	63	73	72	63	63	53		
	10	41	22	69	79	81	70	53	53		
	20	52	48	73	83	92	83	60	63		

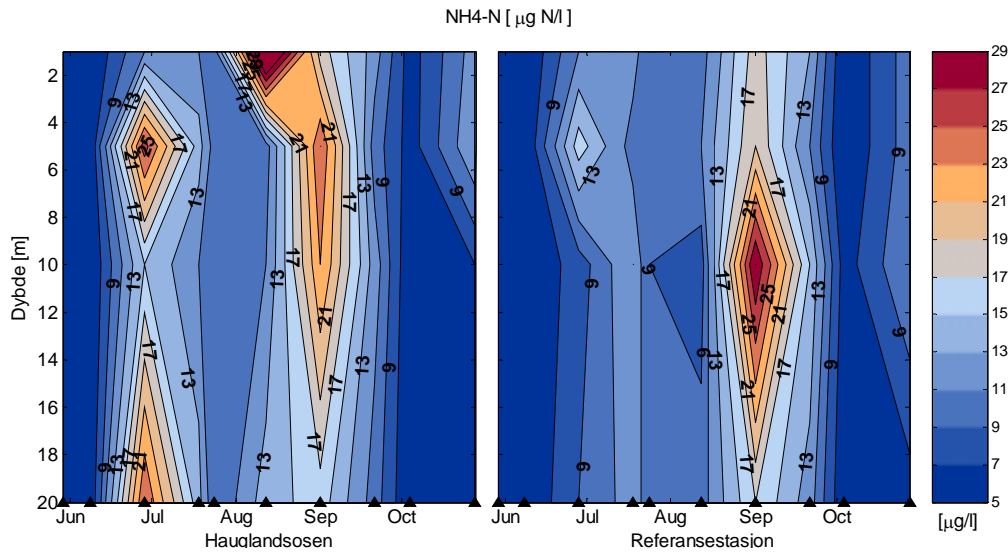
■ Tilstandsklasse I
■ Tilstandsklasse II
■ Tilstandsklasse III



Figur 68. Vertikalfordeling av totalt fosfor (Tot-P) og fosfat (PO₄) i Hauglandsosen og på referansestasjon gjennom måleperioden juni-november 2009. Enhet: $\mu\text{g/l}$.



Figur 69. Vertikalfordeling av totalt nitrogen (Tot-N), nitrat (NO₃) og ammonium (NH₄) i Hauglandsosen og på referansestasjon gjennom måleperioden juni-november 2009. Enhet: $\mu\text{g/l}$.



Figur 70. Vertikalfordeling av totalt nitrogen (Tot-N), nitrat (NO_3) og ammonium (NH_4) i Hauglandsosen og på referansestasjon gjennom måleperioden juni-november 2009. Enhet: $\mu\text{g/l}$.

Konsentrasjonen av totalt nitrogen i de øvre 10 meterne i Hauglandsosen lå i intervallet 93-180 $\mu\text{g/l}$ i innsamlingsperioden, mens på referansestasjonen i Hjeltefjorden var laveste og høyeste konsentrasjon henholdsvis 80 og 170 $\mu\text{g/l}$ (jfr. **Tabell 13**). Grenseverdien for Tilstandsklasse I er <250 $\mu\text{g N/l}$, og selv ikke maksimumsregistreringene var over grenseverdien. Heller ikke på 20 m dyp var det målinger som oversteg grenseverdien for Tilstandsklasse I for totalt nitrogen (**Figur 70**).

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av nitrat for månedene juni-august for de øvre 10 meterne i Hauglandsosen var 11,3 $\mu\text{g/l}$, mens tilsvarende konsentrasjon på referansestasjonen var 8,7 $\mu\text{g/l}$ (jfr. **Tabell 13**). Begge verdier gir Tilstandsklasse I hvor grenseverdien er <12 $\mu\text{g N/l}$. Dette er samme klassifisering som er funnet for vinterverdier i Raunefjorden (Heggøy m.fl. 2005).

For ammonium er øvre grenseverdie <19 $\mu\text{g N/l}$ for Tilstandsklasse I i sommermånedene (**Tabell 10**). I Hauglandsosen var gjennomsnittskonsentrasjonen for ammonium 8,8 $\mu\text{g N/l}$, mens gjennomsnittet på referansestasjonen var 8,6 $\mu\text{g N/l}$ (jfr. **Tabell 13**). Begge var altså langt under grenseverdi for Tilstandsklasse I.

6.5 Oksygen i dypvannet

For at høyerestående marine dyr skal kunne leve, er det en forutsetning at vannet inneholder tilstrekkelig med oksygen. Derfor ble oksygen målt i dypvannet i Hauglandsosen og på referansestasjon (**Tabell 14**). Målingene ble utført på begge stasjoner for å undersøke om oksygenkonsentrasjonen i dypvannet i Hauglandsosen var lavere enn i dypområdet på referansestasjonen. Målingene ble gjennomført 23.09.09 og 11.11.09. Prøvetakingsområdet i Hauglandsosen ble valgt fordi det ut fra sjøkartet ser ut til å være et dypbasseng med terskler rundt (jfr. **Figur 66**), og tersklene vil begrense vannskiftningen ned i dybbassenget. Under slike forhold vil oksygenforbrukende prosesser slik som nedbrytning av organisk materiale, føre til reduksjon i bassengvannets oksygenkonsentrasjon.

Resultatet av oksygenmålingene i vannmassene i Hauglandsosen og på referansestasjonen høsten 2009 er presentert i **Tabell 14**. På begge tidspunkt var oksygenkonsentrasjon i dypvannet høyere enn 4,5 ml O₂/l som er nedre grense for Tilstandsklasse I (jfr. **Tabell 10**). Målingene viste ikke på noen av prøvetakingstidspunktene avtagende oksygenkonsentrasjon nedover mot bunnen på stasjonen i Hauglandsosen. Målingene viste heller ikke noen forskjell i oksygenkonsentrasjonen i dypvannet i Hauglandsosen og konsentrasjonen på tilsvarende dyp på referansestasjonen. Det ble heller ikke registrert noen nedgang i oksygenkonsentrasjonen i dypvannet på stasjonen i Hauglandsosen i løpet av de 49 dagene mellom de to tidspunktene for prøvetakingen.

På stasjonen i Hauglandsosen var oksygenforholdene meget gode (Tilstandsklasse I), og det kunne derfor ikke spores negative effekter av oksygenforbrukende prosesser i dypvannet i Hauglandsosen. I Veileder 01:2009 "Klassifisering av miljøtilstand i vann" presiseres det imidlertid at for å få større sikkerhet i klassifiseringen bør prøveseriene fordeles over 2-3 år.

Tabell 14. Oksygen i dypvannet i Hauglandsosen og på referansestasjon. Fargeangivelsen i kolonnen "Tilstandsklasse" tilsvarer fargekodingen i Klifs klassifiseringsveileder.

Stasjon	Dato	Dyp	O2 (ml/l)	Tilstandsklasse
Hauglandsosen	23.09.2009	100	4,85	I
		145	4,74	I
		155	4,86	I
		160	4,83	I
	11.11.2009	100	5,44	I
		145	4,88	I
		155	4,89	I
		160	4,93	I
Referansestasjon	23.09.2009	100		
		150	4,83	I
		220	5,25	I
		230	5,08	I
		240	5,09	I
	11.11.2009	100	5,36	I
		150	4,90	I
		220	5,51	I
		230	5,62	I
		240	5,12	I

6.6 Samlet vurdering av vannkvalitet

Konsentrasjonen av totalt fosfor og fosfat i de øvre 10 meterne av vannsøylen var noe høyere enn i upåvirkede vannmasser både i Hauglandsosen og på referansestasjonen. Gjennomsnittlig var mengden totalt fosfor noe høyere i Hauglandsosen enn på referansestasjonen, men forskjellen mellom de to stasjonene var må likevel betegnes som marginal. De gjennomsnittlige fosfatverdiene var helt like for de to stasjonene. Både mengden totalt nitrogen, nitrat og ammonium var noe høyere i de øvre 10 meterne i Hauglandsosen enn på referansestasjonen, men for alle parameterne lå verdiene innenfor Tilstandsklasse I.

Når effekten av næringssalttilførsler på planteplanktonets vekst om sommeren skal vurderes, er det tilgangen på fosfor- og nitrogenkilder slik som fosfat, nitrat og ammonium som er nøkkelfaktorene. Hvor stor algeveksten blir som følge av tilførslene, bestemmes av den først vekstbegrensende nitrogen- eller fosforkilde. Det vil si at store tilførsler av f.eks. fosfat ikke utløser en stor algeblomstring dersom det ikke samtidig er tilstrekkelig tilgang på en nitrogenkilde. Med hensyn til nitrogenkilde så har planktoniske alger en preferanse for ammonium framfor nitrat. Derfor benytter algene først ammonium som nitrogenkilde dersom tilgangen er tilstrekkelig stor. Når ammoniumkonsentrasjonen har sunket til et visst nivå, går de over til nitrat som nitrogenkilde.

Sommeren 2009 ble det på enkelte av prøvetakingsdagene målt noe forhøyede konsentrasjoner av ammonium spesielt i Hauglandsosen. I kommunalt avløpsvann er det gjerne høye konsentrasjoner av totalt fosfor, fosfat og ammonium, men ammonium oksideres relativt raskt til nitrat når oksygen er til stede. At det tidvis måles forhøyede konsentrasjoner av ammonium i Hauglandsosen, kan tyde på at vannet her til tider påvirkes av de kommunale utslippene. Høyere ammoniumkonsentrasjoner i Hauglandsosen enn på referansestasjonen kan også støtte en slik antydning. Konsentrasjonene var imidlertid relativt lave, og de gjennomsnittlige konsentrasjonene for overflatelaget i sommermånedene (juni-august) i 2009 lå i Tilstandsklasse I.

Mengden alger målt som klorofyll a, var på grensen mellom Tilstandsklasse I og II i Hauglandsosen, mens på referansestasjonen i Hjeltefjorden var den gjennomsnittlige klorofyll a-mengden 15% lavere. Også siktedypet viste litt mindre gjennomskinnelighet i vannet i Hauglandsosen enn på referansestasjonen. Det er altså god samstemmighet mellom næringssalttilgang og mengden alger på de to stasjonene.

Oksygenkonsentrasjonene i dypvannet i Hauglandsosen var gode (Tilstandsklasse I), viste ingen synkende verdier fra 145 til 160 meters dyp ved innsamlingstidspunktene og heller ingen reduksjon fra september til november. Ut fra disse målingene ser oksygenforholdene i dypområdet i Hauglandsosen til å være tilfredsstillende. Det må imidlertid presiseres at måleserien for oksygen er kort og bør derfor ikke danne grunnlag for bastante konklusjoner.

Relativt høy gjennomsnittsverdi for totalt fosfor (Tilstandsklasse III), forhøyet konsentrasjon av fosfat (Tilstandsklasse II), noe høy klorofyll a-konsentrasjon (på grensen mellom Tilstandsklasse I og II), men Tilstandsklasse I for både totalt nitrogen, ammonium og nitrat for sommermånedene (juni-august) i 2009 skaper en viss usikkerhet mht. en samlet klassifisering for Hauglandsosen basert på næringssalter og klorofyll a. Det bør i denne forbindelse nevnes at antallet prøveinnsamlinger er noe lavere enn det som anbefales i "Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann" (Molvær m.fl. 2002), men det ansees ikke som sannsynlig at flere prøver fra sommerperioden ville ha endret klassifiseringen for de ulike parametrene vesentlig. I den nye veilederen for klassifisering av vann (Veileder 01:2009) anbefales det flere måleserier enn det som inngår i denne undersøkelsen, og for å øke sikkerheten i klassifiseringen bør innsamlingene strekke seg over 2-3 år.

Det nye klassifikasjonssystemet vektlegger de biologiske kvalitetselementene mye sterkere enn tidligere slik at de fysisk-kjemiske og hydromorfologiske parametrene (abiotiske kvalitetselement) opererer som støttparametere. Det innebærer at dersom et av de biologiske kvalitetselementene for

kystvann (makroalger, bunnfauna, planteplankton), gir moderat, dårlig eller svært dårlig tilstand, trenger en ikke bruke de abiotiske kvalitetselementene i klassifiseringen. De abiotiske kvalitetselementene kan i utgangspunktet kun brukes for å nedgradere klassifiseringen i en vannforekomst fra f.eks. svært god til god dersom de biologiske forholdene er svært gode. I tillegg gjelder prinsippet om at den økologiske tilstanden i vannforekomsten bestemmes av det kvalitetselementet som gir dårligst klassifisering.

For Hauglandsosen er problemstillingen at for kvalitetselementet planteplankton ligger parameteren klorofyll a helt på grensen mellom Tilstandsklasse I og II (vurdert ut fra Klifs veileder 97:03 (Molvær m.fl. 1997)), mens de abiotiske parameterne fosfat og totalt fosfor ligger henholdsvis i Tilstandsklasse II og III. De øvrige abiotiske parameterne ligger i Tilstandsklasse I. På bakgrunn av dette er det vanskelig med sikkerhet å avgjøre om det biologiske kvalitetselementet planteplankton bør klassifiseres til Tilstandsklasse I ("Meget god") eller Tilstandsklasse II ("God"). Prøveserien for klorofyll a fra Hauglandsosen har ikke tilstrekkelig med data for å utføre en klassifisering i hht. den nye klassifiseringsmetoden hvor 3 års samlet data fra hele algenes vekstsesong anbefales benyttet for beregning av 90-persentil. Også for de abiotiske parameterne er innsamlingsperioden for kort og antall prøver for lavt til å gi en sikker klassifisering. En videreføring av innsamlingsprogrammet for vannkvalitet i Hauglandsosen ansees som nødvendig for en sikker klassifisering for kvalitetselementet planteplankton og for at klassifiseringen skal kunne gjennomføres i tråd med den nye klassifiseringsveilederen.

7. Tilførsler av næringsalter fra land og sjø

7.1 Innledning

Resipienten Hauglandsosen tilføres næringsalter både fra land og sjø. Dersom en kjenner de naturlige og menneskeskapte tilførslene av næringsstoffer fra land, kan et enkelt stoffbudsjett settes opp. En sammenligning av næringsstilførselen fra de kommunale avløpene og de resterende tilførslene gir grunnlag for å vurdere i hvilken grad kommunale utslipp påvirker det totale stoffbudsjettet for Hauglandsosen - og dermed i hvilken grad de påvirker økosystemet.

7.2 Metoder

Ved hjelp av vanndata fra NVEs REGINEbase, offentlige statistikker for tilførsler av naturlige og lokale kilder for nitrogen og fosfor og bruk av TEOTIL-modellen (Tjomsland m.fl. 2010) er tilførslene av næringsalter fra landsiden til hele Askøys vestsida beregnet. I beregningene av tilførsler til Hauglandsosen er det antatt at 70% av de totale tilførslene til Askøys vestsida tilføres Hauglandsosen inkl. Follese og Hetlevik.

Vannmassene i Hauglandsosen fornyes kontinuerlig med vann fra Hjeltefjorden. Gjennom denne vannutvekslingsprosessen tilføres og fjernes næringsalter i Hauglandsosen. Hastigheten på vannutvekslingen og vannmassenes oppholdstid styres av strømhastigheten og strømrretningen i området, og områdets størrelse. For beregninger av næringsaltertilførsler fra vannutveksling mellom Hauglandsosen og Hjeltefjorden, er vannvolumet i 0-20 m i Hauglandsosen (inkludert havområdet fra Follese til Hetlevik) benyttet. Til beregninger av hvor mye fosfor og nitrogen som gjennom utskiftning av dette vannvolumet tilføres Hauglandsosen sommerstid brukes målte konsentrasjoner av totalt fosfor og totalt nitrogen i 0-20 m dyp på referansestasjon i Hjeltefjorden i sommermånedene 2009. For å beregne vannutskiftning - hvor lang tid det tar å skifte ut vannet i Hauglandsosen - er strømfart på 1, 3 og 5 cm/s benyttet da disse representerer tilnærmet 10-persentil, middels og 90-persentil strømfart målt ved Hauglandshella og Juvik.

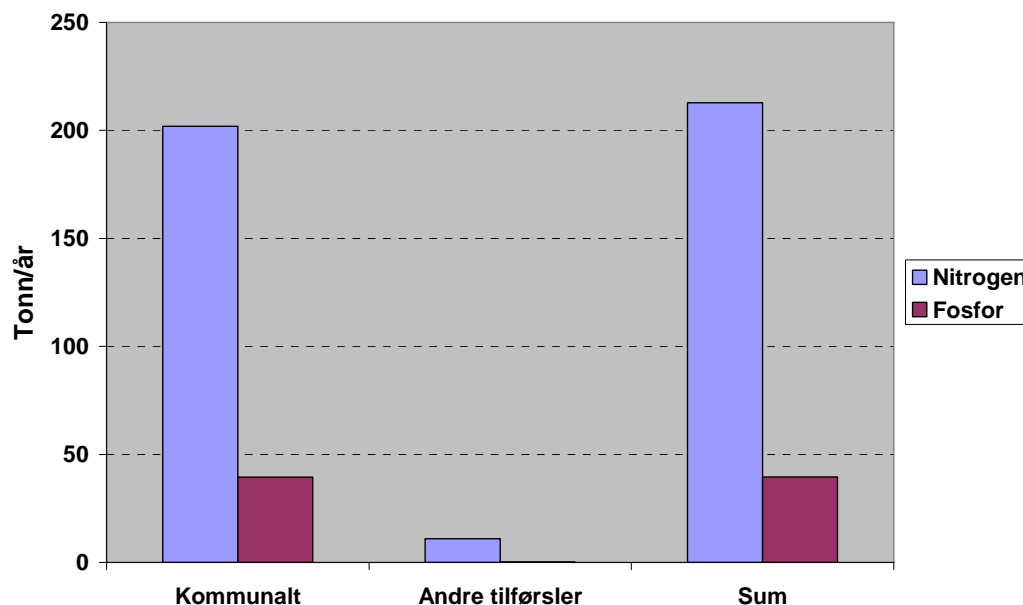
7.3 Resultater

Årlige tilførsler av totalt nitrogen og totalt fosfor til Hauglandsosen fra kommunale avløp og andre kilder er beregnet med TEOTIL-modellen (Tjomsland m.fl. 2010). Dersom en antar at tilførslene er jevnt fordelt gjennom året, gir dette utslipp på 553 kg N/døgn og 108 kg P/døgn. (TEOTIL-modellen viser at utslippene av nitrogen og fosfor i sommermånedene juni, juli og august i 2008 utgjorde ca 26% av de årlige nitrogen- og fosforutslippene).

Vannvolumet i de øvre 20 m av vannsøylen i Hauglandsosen inkludert vannmassene fra Follese til Hetlevik er beregnet til ca. $170 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ut fra beregninger av transportavstand på ca. 6,5 km fra Follese nord til Juvik og videre vestover til ytterst i Hauglandsosen og middel strømfart på 3 cm/s er utskiftningstiden for vannmassene i Hauglandsosen anslått til ca. 2,6 døgn. Ved en gjennomsnittlig strømfart på 1 cm/s (10-persentil) vil oppholdstiden for vannet i Hauglandsosen øke til ca. 7,5 døgn, mens en gjennomsnittlig strømfart på ca. 5 cm/s (90 persentil) reduserer oppholdstiden til ca. 1,5 døgn. Dette gir en daglig vannutskiftning på ca. $68 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pr døgn ved bruk av middel strømfart, mens 1 og 5 cm/s gir vannutskiftninger på henholdsvis $23 \cdot 10^6$ og $115 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pr døgn. Basert på disse beregningene og målte gjennomsnittskonsentrasjoner av totalt nitrogen (127 $\mu\text{g N/l}$) og totalt fosfor (17 $\mu\text{g P/l}$) i 0-20 m i prøver tatt på referansestasjonen sommeren 2009, gir vannutskiftningen tilførsler av nitrogen og fosfor på ca. 2 530-12 650 kg N/døgn og ca. 350-1 730 kg P/døgn (**Tabell 15**).

Antar vi at det kommunale avløpsvannet slippes ut/innlagres i de øvre 20 metrene av vannsøylen i Hauglandsosen, vil nitrogenet fra det kommunale avløpsvannet utgjøre ca. 4-18 % av den totale nitrogentilførselen - avhengig av hvor hurtig vannutskiftningen i Hauglandsosen skjer. Tilsvarende

tall for fosfor vil være ca. 6-24%. Lavere strømfart, høyere konsentrasjoner av nitrogen og fosfor i avløpsvannet og større utslippsmengder enn de gjennomsnittlig beregnede vannmengdene vil periodevis kunne gi ennå høyere prosentvise bidrag enn de som er vist i **Tabell 15**.



Figur 71. Beregnede tilførsler av nitrogen og fosfor til Hauglandsosen fra kommunalt avløpsvann og andre tilførselskilder.

En befolkningsvekst på ca. 29% fram til 2030 vil føre til at andelen av nitrogen fra kommunalt avløpsvann vil øke til 5-22% av de totale nitrogentilførslene og for fosfor vil tilførslene øke til 8-29% av de totale fosfortilførslene (jfr. **Tabell 15**).

Modellberegningene for innlagingsdyp viser at innlagingsdypet for de kommunale utslippene i mange tilfeller blir dypere enn 20 meter (jfr. Kap. 5), og i de tilfellene vil avløpsvannet i liten grad bidra med næringssalter til vannlaget mellom 0 og 20 meter.

Beregningsmetodene her er ikke spesielt nøyaktige, men gir likevel en indikasjon på de kommunale utslippenes potensielle betydning sett i forhold til andre næringssaltkilder. Situasjonen i dag er at næringssalttilførslene fra vannutskiftningen fra Hjeltefjorden er dominerende sammenlignet med de kommunale utslippene. Dette vil også være tilfelle i 2030 når en benytter de framlagte kalkylene for befolkningsvekst (jfr. **Tabell 1**). De maksimale estimatene for kommunalt avløpsvann er imidlertid ikke ubetydelige.

Effekten av næringssalttilførslene fra kommunalt avløpsvann til Hauglandsosen avhenger i stor grad av hvilket dyp innlagringen av avløpsvannet finner sted. Dersom innlagringen skjer dypere enn 15-20 meter om sommeren, vil næringstilførslene i liten grad føre til økt primærproduksjon og dermed økt algebiomasse i resipienten. Dette skyldes at planktoniske alger trenger god lystilgang for å utføre primærproduksjonen og på 15-20 m dyp vil lyset være så svekket at det vil være en sterkt vekstbegrensende faktor.

Et annet moment mht. effekten av næringssaltutslippene er vannets oppholdstid i Hauglandsosen. De to største kommunale avløpene – Juvik og Hauglandshella - er plassert innerst i Hauglandsosen og har en transportavstand på ca. 5 km til Småværsundet som kan regnes som en naturlig ytre grense for Hauglandsosen ut mot Hjeltefjorden. Ved middels strømfart (ca. 3 cm/s) vil det ta mindre enn 2 døgn fra vannet slippes ut i indre Hauglandsosen til det er ute i Hjeltefjorden. Planktoniske alger vil ikke klare å respondere på næringstilførsler og gi en effektiv biomasseoppbygging i løpet av så kort tid. Ved en gjennomsnittlig strømfart på 1 cm/s vil imidlertid transporttiden fra indre del av Hauglands-

osen ut til Hjeltefjorden øke til nesten 6 døgn, og ved så lang oppholdstid for avløpsvannet vil næringssalttilførslene kunne føre til økt algevekst og biomasseoppbygging i Hauglandsosen. Å senke innlagringsdypet for det kommunale avløpsvannet til 15-20 meter er et viktig tiltak for å redusere algenes mulighet for å utnytte næringssalttilførslene. Dyp innlagring sammen med relativ hurtig transport ut av Hauglandsosen innebærer at de kommunale utslippene i svært begrenset grad vil påvirke vannkvaliteten i de øvre 20 meterne i Hauglandsosen.

Tabell 15. De viktigste tilførslene av fosfor (P) og nitrogen (N) til vannmassenes øvre vannlag (0-20 m) om sommeren i Hauglandsosen ved gjennomsnittlig strømfart 1, 3 og 5 cm/s. Tilførslene av P og N fra vannutskiftningen er beregnet ut fra målte sommerverdier for totalt fosfor og nitrogen på referansestasjonen i Hjeltefjorden.

	kg P/døgn	kg N/døgn	%P	%N
2008				
<u>Strømfart: 1 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	108	553	24	18
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	1
Vannutskiftning	345	2 530	76	81
Totale tilførsler	453	3 113	100	100
<u>Strømfart: 3 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	108	553	10	7
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	0
Vannutskiftning	1 020	7 480	90	93
Totale tilførsler	1 128	8 063	100	100
<u>Strømfart: 5 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	108	553	6	4
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	0
Vannutskiftning	1 725	12 650	94	96
Totale tilførsler	1 833	13 233	100	100
2030				
<u>Strømfart: 1 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	140	714	29	22
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	1
Vannutskiftning	345	2 530	71	77
Totale tilførsler	1 159	3 274	100	100
<u>Strømfart: 3 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	140	714	12	9
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	0
Vannutskiftning	1 020	7 480	88	91
Totale tilførsler	1 160	8 223	100	100
<u>Strømfart: 5 cm/s</u>				
Kommunalt avløpsvann 2008	140	714	8	5
Jordbruk, arealavrenning m.m.	0	30	0	0
Vannutskiftning	1 725	12 650	92	95
Totale tilførsler	1 865	13 394	100	100

8. Makroalger på grunt vann

8.1 Innledning

Undersøkelsen av vannkvalitet ved bruk av makroalger på grunt vann er basert på den nye klassifiseringsveilederen Veileder 01:2009 "Klassifisering av miljøtilstand i vann" ("http://www.vannportalen.no/Klassifiserings-veilederen_ny_profil_nettside_FcG5S.pdf.file") som ligger på nettsiden [Hovedveiledere til arbeidet i vannregionene - Vannportalen](http://www.vannportalen.no/Klassifiserings-veilederen_ny_profil_nettside_FcG5S.pdf.file). Veilederen skal harmonisere norsk vannforvaltning med EUs vanndirektiv (VD) og fokusere på en helhetlig forvaltning av alle våre norske vannforekomster fra elver, innsjøer og kystvann. Direktivet setter visse krav til undersøkelser, bl.a. skal det i kystområder gjøres undersøkelser av planteplankton, bløtbunnsundersøkelser og makroalger. Hydrografi og hydrokjemisk skal gjennomføres som støtteparametre. I dette kapitlet beskrives resultatene fra undersøkelser av makroalgevegetasjonen og dette er den eneste delen av undersøkelsen som er basert på den nye veilederen..

8.2 Typologi

Vanndirektivet er basert på at en skal foreta undersøkelser i forskjellige vanntyper. Dette innebærer at alle vannforekomster skal inndeles i vanntyper etter et sett kriterier. For marine områder har dette resultert i opptil 8 vanntyper i 4 regioner. Den 8.de vanntypen er definert som en spesiell særegen vanntype, og det skal utarbeides særskilte miljømål for denne vanntypen. Vanntypene er skissert i **Figur 72**. Dette er til dels grove inndelinger og en må benytte en del faglig skjønn ved lokal bedømming av vanntype, spesielt for overflatevannet (<30-50m dyp). Dette gjelder spesielt i vannforekomster som er utsatt for ferskvannspåvirkning, noe som også gjenspeiles i oppdeling av vanntypene. I utgangspunktet er alle vannforekomster som omgir Askøy definert som vanntype 3 – altså som beskyttet fjord / kyst. Dette er vist på **Figur 73**.

-  1 - Åpen eksponert kyst
-  2 - Moderat eksponert kyst
-  3 - Beskyttet fjord / Kyst
-  4 - Ferskvannspåvirket
-  5 - Sterkt ferskvannspåvirket
-  6 - Oksygenfattig bunn
-  7 - Strømrrike sund
-  8 - Særegne vanntyper

Figur 72. Inndeling i 7 vanntyper i hht. Vanndirektivets retningslinjer (Moy et al. 2003).



Figur 73. Typologi for Vannforekomstene rundt Askøy.

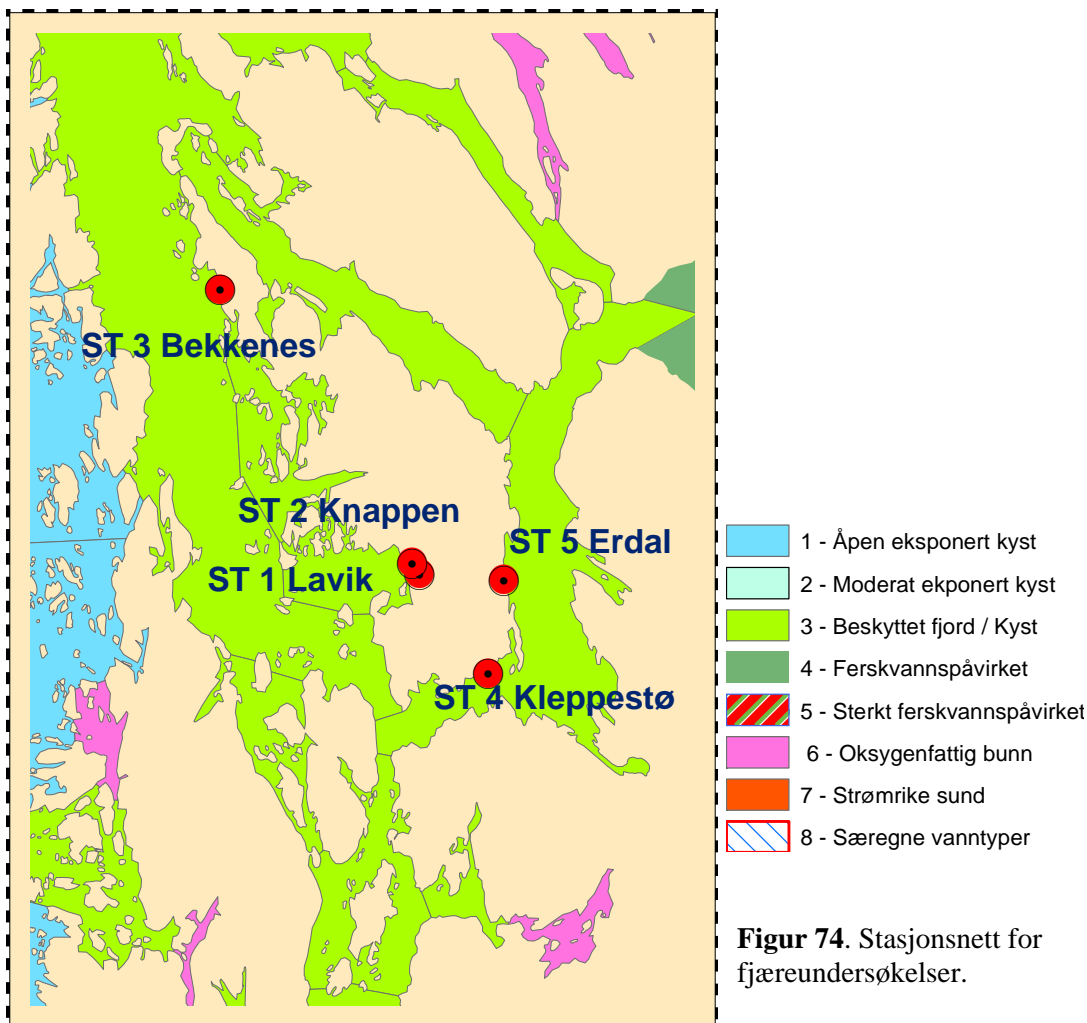
8.3 Indeks - Bruk av marine algesamfunn

Et kystområde kan ha flere vannforekomster som tilsammen faller inn under en vanntype. For å beskrive vannkvalitet i vanntypene er det utviklet indekser for biologiske elementer dvs. indekser som er basert på biologi. Disse indeksene basert på elementene planteplankton, makroalger og bløtbunnsfauna skal reflektere vannkvaliteten i en vannforekomst. For Norge er det utviklet biologiske indekser for mange vann typer. Bløtbunnsindeksen gjelder inntil videre for alle vann typer i alle regioner (dypere en 50m). Planteplankton og makroalgeindekser er ikke ferdigstilt for alle vann typer, men for makroalger er det foreslått å benytte en fjæreindeks for vann typene 1 og 2 (I). Dette innebærer at det pt. ikke eksisterer noen indekser for makroalger for de vann typene som omfatter vannforekomstene rundt Askøy. NIVA er for tiden i gang med å utvikle disse indeksene for makroalger for de manglende vann typene og det er disse preliminare indeksene som er benyttet i denne undersøkelsen. Resultatene av disse preliminare beregningene er gjengitt her. Klassegrensene er satt ut fra skjønn og data fra tilsvarende undersøkelser i regionen. Indeksen som er benyttet er en modifikasjon av den indeksen som er interkalibrert for Norge med England og Irland, og er basert på sammensetningen av alger i fjæresonene og delvis ned i øvre sublittoral (sjøsonen). Den tar også hensyn til fjæras fysiske egenskaper og artsrikheten justeres mot en fjæreindeks. Det beregnes også forholdstall mellom opportunistiske arter og flerårige saktevoksende arter, samt forholdstall mellom

røde og grønne og prosentvis andel av disse. En EQR –verdi (Environmental Quality Ratio) beregnes for hver av elementene som inngår og det tas et gjennomsnitt av disse. EQR er forholdet mellom en referanse-situasjon og den aktuelle registrerte verdi. EQR verdier bør ligge over 0.6 for å være i Tilstandsklasse I ”God”. Er den under denne grensen, vil en være pålagt å sette inn tiltak for å forbedre resipienten, hvis det da ikke er spesielle forhold som kan forklare en naturlig ”Moderat” tilstandsklasse. Foreløpige tester, bl.a. på de dataene som er samlet inn for Askøy, synes å gi for ”snille” resultater. Derfor må resultatene behandles med noe forsiktighet. Resultatene kan enkelt oppdateres når det endelige systemet er på plass.

8.4 Metodikk – feltarbeid

Feltarbeidet ble foretatt i perioden 17. og 18. september 2009. Stasjonene ble plassert i områder med eksisterende utslipp fra kommunalt avløpsvann unntatt stasjon 3 (Bekkenes) som skulle representere en referansestasjon (se **Figur 74**).



Figur 74. Stasjonsnett for fjæreundersøkelser.

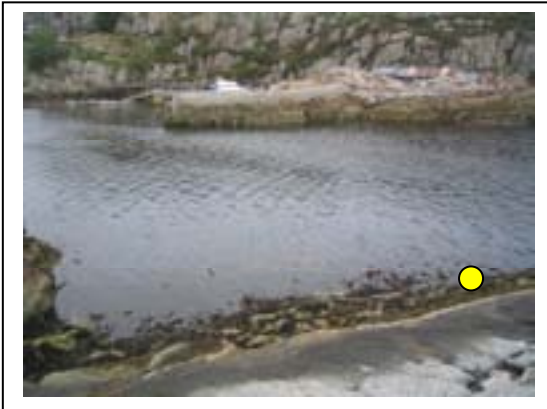
Figur 75 viser bilder av stasjonene. Gule sirkler viser midtpunkt for stasjonene. Registeringer av makroalger og dyr ble foretatt ved hjelp av svømming i fjæra, og arter som ikke kunne bestemmes i felt ble samlet inn i bokser og identifisert senere samme dag i mikroskop på NIVAs vestlandsavdeling. Posisjoner ble tatt med Garmin GPS og lastet ned til ArcGIS hvor kartene er laget og stasjonstabellen (**Tabell 16**) er ekstrahert. Det ble målt saltholdighet på alle stasjonene. Stasjon 2 (Knappen) mangler det nærbilde av, men stasjonen er vist på et kartutsnitt lastet ned fra ”Norge i bilder”. Navn og posisjon på stasjonene er listet i **Tabell 16**.



St1 Lavik



St 2 Knappen



St 3 Bekkenes



St 4 Kleppestø



St 5 Erdal

Figur 75. Stasjonsbilder fra stasjonene.

Tabell 16. Navn, posisjon (i desimalgrader og UTM) samt tidspunkt for prøvetaking.

Stasjonsnavn	Nord	Øst	UTM Y	UTM X	Tidspunkt
St 1 Lavik	60,43726	5,17228	6740506	-39548	17.09.2009 11:20
St 2 Knappen, Haugland	60,44073	5,16529	6740947	-39872	17.09.2009 13:41
St 3 Bekkenes	60,52515	5,00224	6751629	-47345	17.09.2009 16:13
St 4 Kleppestø	60,40702	5,22921	6736696	-36939	18.09.2009 08:10
St 5 Erdal	60,43967	5,23020	6740297	-36345	18.09.2009 10:34

8.5 Resultater

Nesten alle arter som ble funnet på stasjonene inngikk i beregningen av indeksen for vannkvalitet. Etersom det ble undersøkt i bare én vanntype, er beregningene foretatt i hht. de klassegrenser som tentativt er satt for denne vanntypen. Stasjonene 1 (Lavik) og spesielt 5 (Erdal), er utsatt for mer ferskvann enn de andre stasjonene. Alternative indekser og EQR-verdier er derfor også beregnet for vanntypen NO4 for disse stasjonene. I tillegg er det forsøkt beregnet en indeks for stasjon 3 for vanntypen NO126 som er en gjeldende indeks. En må være oppmerksom på at dette er preliminaire klassegrenser og gir en tilnærmet indikasjon på vannkvaliteten i området. Alle stasjonsbeskrivelsene og artslisten som inngår i beregningen av indeksene er gjengitt i tabellene bak.

Resultatene viser at alle stasjonene i undersøkelsesområdet faller innen vannkvalitetskategoriene GOD eller MEGET GOD (**Tabell 17**). EQR (Environmental Quality Ratio) – verdiene for de fleste stasjonene faller like i overkant av klassegrensen mellom GOD og MEGET GOD som er satt til 0.80. Verdiene som ligger til grunn for graderingen gir for gode EQR-verdier og en mindre justering vil bli foreslått, men det er likevel ikke snakk om en justering som skulle tilsi at vannkvaliteten i overflatelaget rundt Askøy faller i kategorien MODERAT eller DÅRLIG. Justeringen vil sannsynligvis bli i størrelsesorden 0,05 enheter. En kan dermed si at vannkvaliteten i overflatelaget vil være GOD eller MEGET GOD.

Stasjonene var noe forskjellige mht. eksponering og ferskvannspåvirkning, noe som også gjenspeiles i artssammensetningen på stasjonene. Stasjon 5 (Erdal) var den stasjonen med lavest saltholdighet i overflatevannet (11), mens de andre stasjonene lå rundt 15-17, foruten stasjon 3 (Bekkenes) som hadde en saltholdighet på 25 i overflatelaget. Dette skulle rettferdiggjøre forsøket med å beregne EQR ut fra en ferskvannspåvirket vanntype som NO4 for stasjon 5 (Erdal) og ut fra vanntype NO26 for stasjon 3 (Bekkenes). Beregninger av EQR-verdier for St 1, 3 og 5 ble derfor foretatt for nærliggende vanntyper hhv. NO4, NO26 og NO4 (**Tabell 17**). Dette resulterte i en mindre endring på stasjon 3 fra EQR = 0,807 til 0,790 og en endring av status fra MEGET GOD til GOD, men forskjellen er så liten at en bør ikke legge stor vekt på denne endringen. De justeringene som vil komme i indeksenenes beregningsgrunnlag vil bety mer for verdisetningen enn bytte av vanntype har medført i dette forsøket.

Tabell 17. Vannkvalitetsstatus og EQR-verdier for de undersøkte stasjonene, samt verdier for stasjonenes justerte artsrikhet (fjærepotensiale) og typologi.

Stasjoner	ST1 Lavik Askøy	St2 Knappen, Haugaland, Askøy	St3 Bekknes, Askøy	St 4 Kleppestøkajen, Askøy	St 5 Ertal, Askøy	ST1 Lavik Askøy	St3 Bekknes, Askøy	St 5 Ertal
Vanntype	NO3	NO3	NO3	NO3	NO3	NO4	NO26	NO4
Fjærepotensiale	1,14	1,14	0,93	0,93	1	1,14	0,93	1
EQR-verdi	0,809	0,805	0,807	0,813	0,730	0,889	0,790	0,791
Vannkvalitet-Status	Meget God	Meget God	Meget God	Meget God	God	Meget God	God	God

Dagens indekser tar ikke hensyn til mengde alger (abundans) noe som kan og bør kunne gi større utslag på klassifiseringen. Dette vil sannsynligvis bli inkorporert i de nye indeksene for våre fjordområder. Et subjektivt inntrykk av stasjonene synes å gradere dem noe annerledes, med Stasjon 3 (Bekkenes) som den beste stasjonen og St 4 (Kleppestø) som den dårligste. Disse vurderingene er basert på hva en kunne forvente å finne på stasjonene. Kleppestø hadde større forekomster av grønnalger enn forventet og antall rødalger var også noe underrepresentert. Forskjellene var derimot ikke store og stasjonene virket til å være i forholdsvis god stand. Subjektiv rekkefølge var fra dårligst til best: St.4 – St.5 – St.1 – St.2 og St.3.

Konklusjoner som er gjort her, gjelder bare for overflatelaget og gir ikke noe grunnlag for å karakterisere de dypere liggende områdene ved stasjonene. Her kan forholdene være dårligere grunnet for eksempel stor organisk belastning og dårlig vannutskifting.

9. Bløtbunnsfauna og sedimenter i Hauglandsosen

9.1 Innledning

Dette kapittelet omhandler marine miljøundersøkelser på bløtbunn som ble foretatt juni 2009 ved utslippspunktene for kloakk ved Kollevågen, Hetlevik, Follese, Juvik og Hauglandshella. Formålet med undersøkelsen var å studere miljøforholdene i området rundt disse utslippspunktene og i området som helhet. Under innledende fase av prosjektet ble ny prøvetaking på øst- og sørsiden av Askøy, dvs. ved Ask og Marikoven, diskutert, men ny prøveinnsamling på disse stedene ble ikke inkludert i prosjektet. Resultatene er sammenliknet med tidligere undersøkelser fra det samme området (Botnen et al. 1995; Johannessen et al. 1999). Resultatene fra 2009 vil sammen med tidligere målinger kunne fungere som referensemateriale for framtidige undersøkelser.

Ved hver av lokalitetene ble det tatt prøver fra en stasjon tett inntil og en stasjon et stykke fra utslippspunktene. Dessuten ble det tatt prøver fra en felles referansestasjon i dypet av Hauglandsosen samt prøver fra en stasjon i den dypeste delen i bassenget lenger sør. Til sammen skulle dette kunne gi grunnlag for å danne seg et bilde av forholdene lokalt og for hele området. Undersøkelsen omfatter sedimentbeskrivelse (kornfordeling og glødetap) og bunnfauna (dyrene som lever i og på sjøbunnen). Samlet sett skal undersøkelsen gi et bilde av sjøbunnens miljøtilstand i undersøkelsesområdet. Miljøtilstanden er klassifisert i henhold til miljøvernmyndighetens (Klif) miljøkvalitetskriterier.

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning (SAM marin) i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Kornfordelings- og glødetapsanalysene er ikke utført akkreditert.

9.2 Materiale og metoder

9.2.1 Undersøkelsesområdet

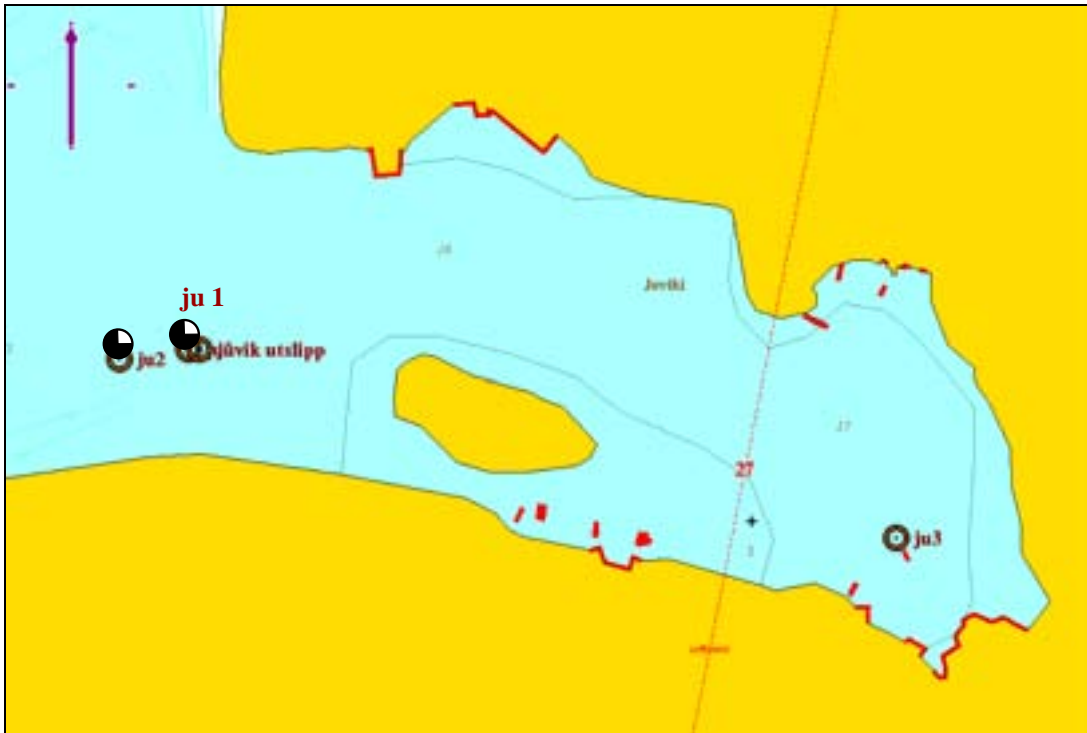
Undersøkelsesområdet ligger på vestsiden av Askøy (**Figur 76-Figur 81**). Det ble samlet prøver omkring utslippsledningene fra fem lokaliteter: Kollevågen, Hauglandshella, Juvik, Hetlevik og Follese. Dessuten ble det tatt prøver fra den dype delen av Hauglandsosen (Ha10) og dypbassenget ved Follese (A 24). Den dypeste delen av Hauglandsosen ligger innenfor en dyp terskel på 130 m, ut mot Hjeltefjorden.



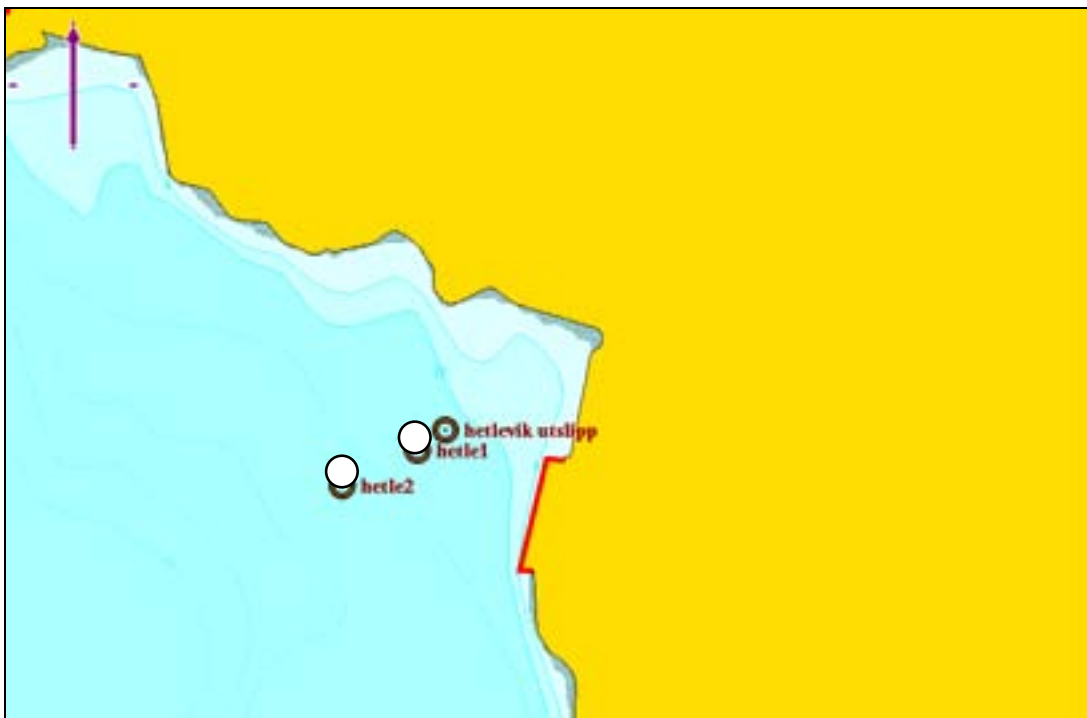
Figur 76. Kartskisse over innsamlingsområdet ved Kollevågen. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.



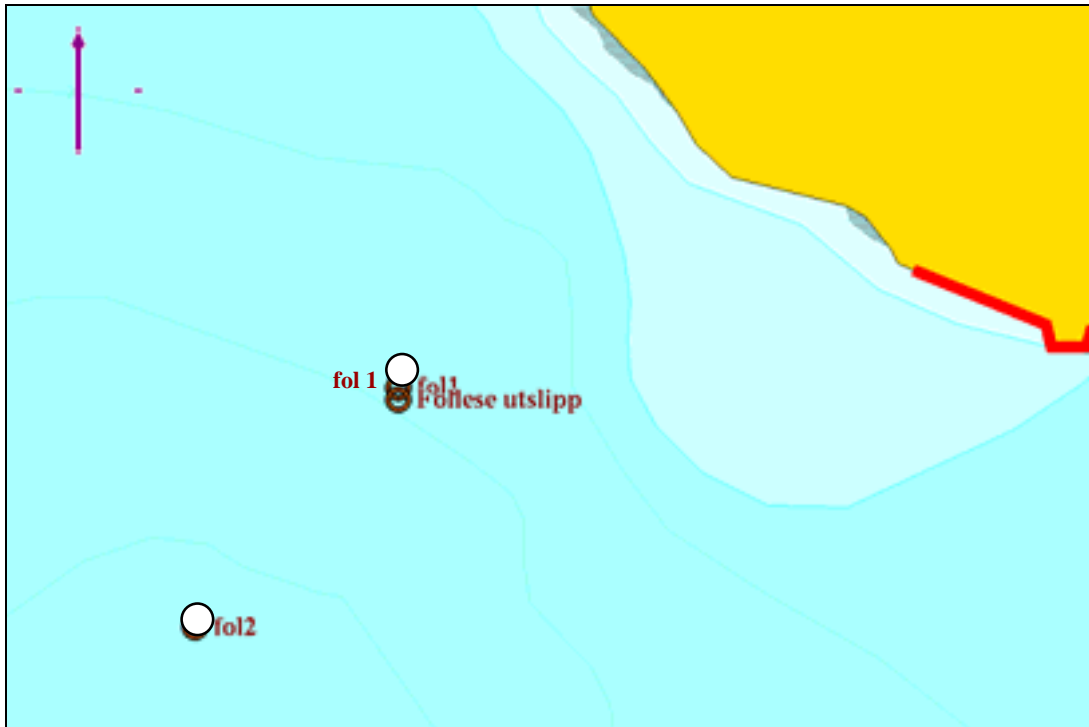
Figur 77. Kartskisse over innsamlingsområdet ved Hauglandshella. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex. Haug 1 mangler symbol fordi fjellgrunn forhindret innsamling av kvantitative bløtbunnsprøver på denne stasjonen.



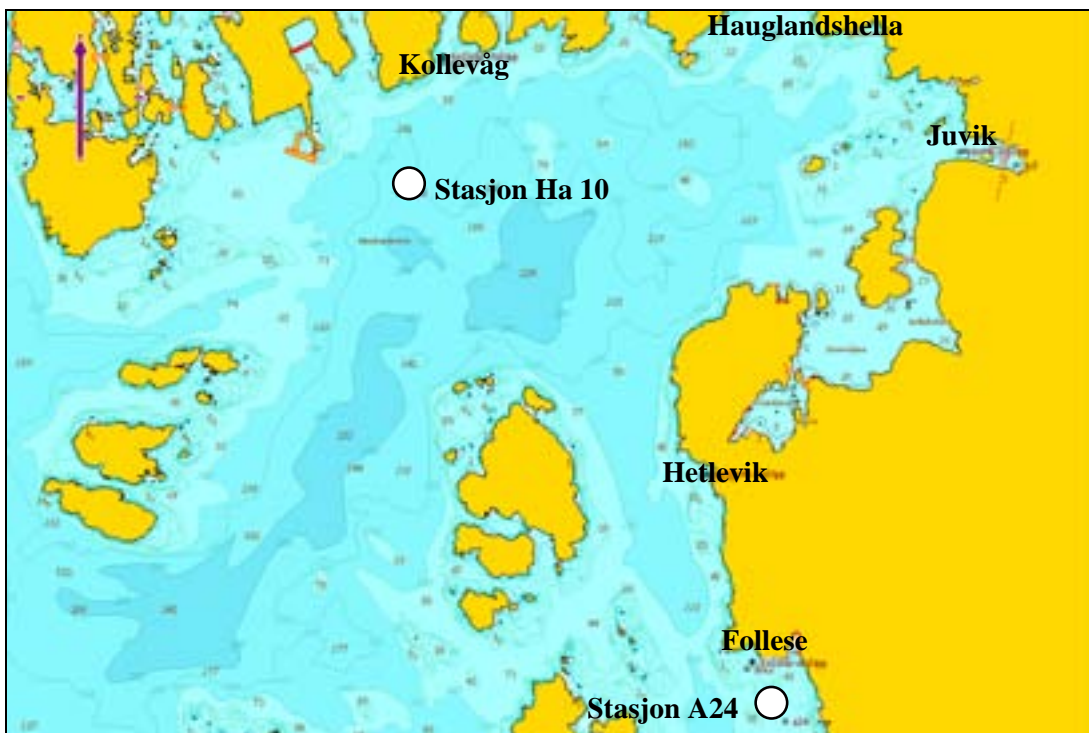
Figur 78. Kartskisse over innsamlingsområdet ved Juvik. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex. Symbol mangler på stasjon ju3 fordi prøvene fra denne stasjonen ikke er opparbeidet.



Figur 79. Kartskisse over innsamlingsområdet ved Hetlevik. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.



Figur 80. Kartskisse over innsamlingsområdet ved Follense. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.



Figur 81. Oversiktsbilde av innsamlingsområdet ved Hauglandsosen. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

9.2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Innsamling av bunnprøver ble foretatt 8. og 9. juni 2009 fra M/S *Solvik*. Stasjonsopplysninger er gitt i **Tabell 18**. Posisjonene er tatt fra differensiert GPS (satellitt-navigatør) med gradnett WGS-84. Vanddyppet på stasjonene ble målt med fartøyets ekkolodd.

9.2.3 Prøvetakingsutstyr

Sedimentprøvene ble det tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap, som tar prøver av et fast areal av bløtbunn. Hvor dypt grabben graver ned i bunnen avhenger av hardheten til sedimentet. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, blir sedimentvolumet av hver grabbprøve målt. På en av stasjonene ved Hauglandshella (Haug 1) var det fjellbunn og her ble det benyttet en trekantskrape. Trekantskraperen tar ikke kvantitativt prøver, men gir et inntrykk av hvordan bunnforholdene er.

9.2.4 Sediment

Fra hver stasjon, utenom Haug 1 og 3 hvor det var fjell, ble det tatt en prøve til bestemmelse av partikkelfordeling og organisk innhold i sedimentet. Partikkelfordelingen ble bestemt i laboratoriet ved at prøven ble løst i vann og siktet gjennom en 0,063 mm sikt. Partiklene som var større enn 0,063 mm ble tørket og tørrsiktet slik at de kunne grupperes i størrelsesgrupper. Partikler mindre enn 0,063 mm ble gruppert i størrelsesgrupper vha. pipetteanalyse (Buchanan 1984). Det organiske innholdet (prosent glødetap) i sedimentet ble bestemt som vekttalet av prøven mellom tørking og brenning (Norsk Standard 4764). Glødetapet er valgt som et mål på organisk innhold framfor normalisert totalt karbon fordi normaliseringsformelen som benyttes til klassifisering, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs og er dårlig egnet til å benyttes på data fra fjordområder (Aure et al. 1993).

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort og grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingen, som da vil vise at mesteparten av partiklene i sedimentet ligger i den grovere del av størrelsesspekteret. I et område med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avleires i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt fraksjonen dvs. mindre enn 0,063 mm.

9.2.5 Bunndyr

Bunndyrsprøvene ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr større enn 1 mm. Prøvene ble konservert i 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skyllet på nytt, dyrene sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring og artsbestemmelse. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Opplysninger om antall hugg og sedimentvolum i de enkelte hugg er gitt i **Tabell 18**. Komplette artsliste er presentert i **Vedlegg C**, Vedleggstabell 1. Bunndyrs materialet er oppbevart hos Uni Miljø, SAM Marin i tre år.

Artslisten (**Vedlegg C**, Vedleggstabell 1) omfatter hele arts materialet, også planktonorganismer som er fanget av den åpne grabben på vei ned mot bunnen. Under bearbeidelsen er det tatt hensyn til dette, og i analysene er det bare tatt med dyr som lever på, eller nedgravd i sedimentet.

For å avgjøre eventuell påvirkning av faunaen i undersøkelsesområdet ble antall arter og individer i prøvene talt. Diversitet (H') og jevnhet (J) ble beregnet (univariat analyse). For å sammenligne faunaen mellom de enkelte stasjonene i tid og rom ble det utført cluster- og ordinasjonsanalyse (multivariate analyser). Se generelt vedlegg for beskrivelse av metodene. Klassifiseringen av bunnfauna ble utført etter Molvær et al. (1997).

Tabell 18. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i juni 2009. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 van Veen grabb (full grabb inneholder 22 liter).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St Kolle 6 08.06.09	Kollevåg 60°26,483'N 05°06,951'Ø	45	1 2 3 4 5	7 11 5 9 7	Skjellsand. Litt grått, finkornet sediment lengre nede i sedimentet.
St Kolle 7 08.06.09	Kollevåg 60°26,468'N 05°06,948'Ø	44	1 2 3 4 5	9 9 9 7 9	Skjellsand. Mer finkornet lengre nede i sedimentet.
St Ha 10 08.06.09	Hauglandsosen 60°26,060'N 05°06,670'Ø	190	1 2 3 4	22 22 22 22	Grått finkornet sediment. Svak H ₂ S-lukt. 2 bomhugg, grabb lukket seg ikke.
St Hetle 1 08.06.09	Hetlevik 60°25,177'N 05°08,611'Ø	18	1 2 3 4 5	6 7 5 5 6	Lys skjellsand og stein. 1 bomhugg, stein i åpningen
St Hetle 2 08.06.09	Hetlevik 60°25,170'N 05°08,581'Ø	23	1 2 3 4 5	7 7 7 7 4	Lys skjellsand og stein. 4 bomhugg, stein i åpningen på grabben.
St Fol 1 08.06.09	Follese 60°24,591'N 05°08,908'Ø	32	1 2 3 4 5	6 6 7 5 5	Skjellsand og stein. 4 bomhugg
St Fol 2 09.06.09	Follese 60°24,570'N 05°08,872'Ø	44	1 2 3 4 5	6 6 6 7 5	Lys skjellsand og stein. Gjorde forsøk på en stasjon nærmere utslippet, men bunnen var bratt og steinete. Flyttet til denne posisjon. Stein i åpning på grabben på 4. hugg. 2 bomhugg pga stein i åpningen.
St Ju 1 09.06.09	Juvik 60°26,189'N 05°10,251'Ø	34	1 2 3 4 5	13 13 8 6 8	Mørkegrå sand og skjellsand. Litt stein. En del boss (Sanitærbind, Q-tips, maiskorn, tøyestykker). Lukt av prøven. Mange børstemakker. 4 bomhugg, stein i åpningen
St Ju 2 09.06.09	Juvik 60°26,187'N 05°10,219'Ø	37	1 2 3 4 5	13 15 13 13 5	Grå sand. H ₂ S-lukt. Observerte skjell av gruppen Thyasira 1 bomhugg
St Ju 3 09.06.09	Juvik 60°26,146'N 05°10,582'Ø	12	1 2 3 4 5	5 6 4 8 7	Svart sediment med skjellsand, sand og stein. Litt boss. 3 bomhugg

Tabell 18 fortsetter. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i juni 2009. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 22 liter sediment. Ved Haug 1 og 3 ble det benyttet trekantskarpe.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St Haug 1 09.06.09	Hauglandshella 60°26,672'N 05°09,289'Ø	31	1	-	Ingen sediment. Fjell. 6 bomhugg.
St Haug 2 09.06.09	Hauglandshella 60°26,688'N 05°09,214'Ø	20	1 2 3 4 5	3 7 3 4 5	Lys skjellsand og sand. 3 bomhugg, lite sediment eller stein i åpningen.
St Haug 3 09.06.09	Hauglandshella 60°26,672'N 05°09,289'Ø	Ca 25- 35 m	1 2 3 4	- - - -	Trekantskrape. Skrapte fra ca. 35-25 m dyp, fra nedenfor utslippet til like forbi utslippet. Flasker og bind i prøvene. Ikke nok sediment til geologi-prøver. Observerte en del Capitella.
St A 24 09.06.09	Follese 60°24,405'N 05°09,114'Ø	82	1 2 3 4 5	8 6 5 6 6	Sand, stein og grus. 2 bomhugg, stein i åpningen.

9.3 Resultater og diskusjon

9.3.1 Sediment

Resultatene fra de sedimentbeskrivende undersøkelsene med partikkelanalyse og organisk innhold (glødetap) er gitt i **Tabell 19** og **Figur 82**. Resultatene fra 2009 på referansestasjonene er sammenliknet med målinger som ble utført i 1993 og 1998.

Tabell 19. Prosentvis innhold av leire, silt, sand, grus og glødetap i sedimentet ved undersøkelsen i juni 2009.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Kolle 6	45	4,9	4,9	6,9	11,8	52,1	36,1
Kolle 7	44	5,5	4,0	4,8	8,8	77,5	13,7
Hetle 1	18	4,6	1,3	2,2	3,5	77,1	19,4
Hetle 2	23	3,5	0,0	1,5	1,5	90,6	7,9
Fol 1	32	4,2	0,0	2,3	2,3	90,4	7,3
Fol 2	44	8,3	7,7	10,2	17,9	43,1	39,1
Haug 2	20	2,9	3,4	2,8	6,2	75,8	18,0
Ju 1	34	32,4	18,0	23,3	41,3	44,3	14,5
Ju 2	37	7,3	8,4	15,5	23,9	66,2	9,9
Ju 3	12	7,0	4,7	16,2	21,0	56,2	22,9
Ha 10	190	14,7	40,2	57,1	97,3	2,7	0,0
A 24	82	11,6	10,7	13,9	24,6	64,8	10,6

Ved Kollevågen bestod sedimentet av grovkornet materiale hvor sand og grus utgjorde 88,2 % på Kolle 6 og 91,2 % på Kolle 7. Det organiske innholdet på disse stasjonene var lavt og ble målt til å være henholdsvis 4,9 % og 5,5 %.

Ved Juvik var det organiske innholdet svært høyt på Ju 1 (32,4 %), mens det var betydelig lavere ved de to andre stasjonene med 7,0 % (Ju 3) og 7,3 % (Ju 2). Sedimentet på stasjon Ju 1 bestod av 58,8 % sand og grus og 41,3 % leire/silt. På de to øvrige stasjonene i dette området ble innholdet av sand og grus målt til å være 76,1 % og 79,1 %.

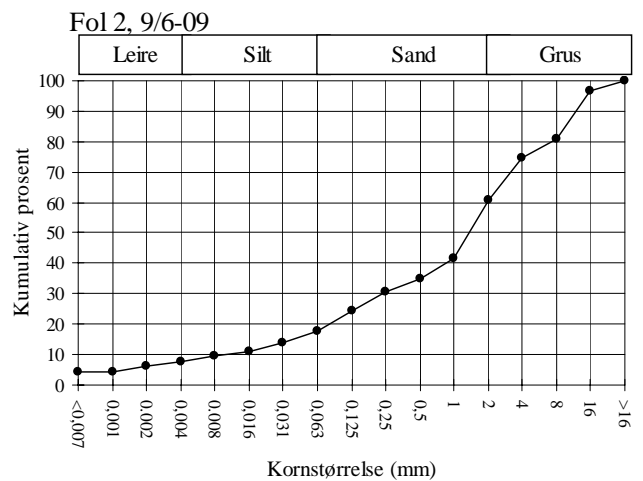
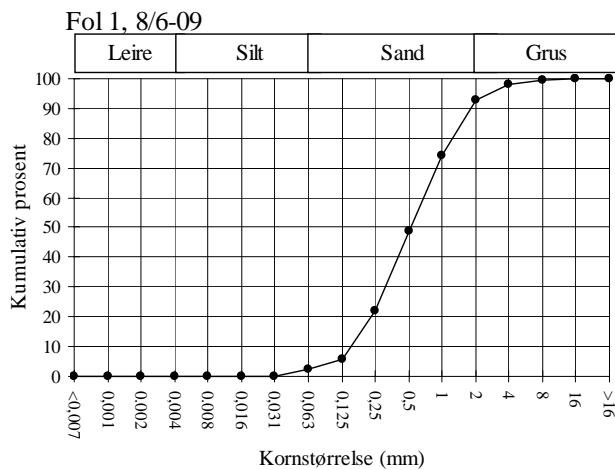
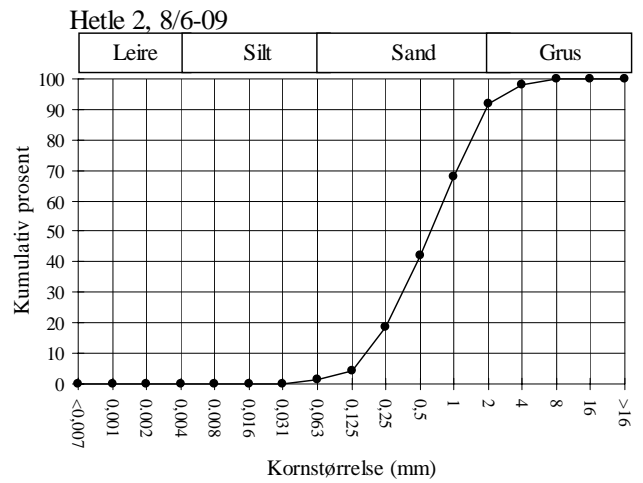
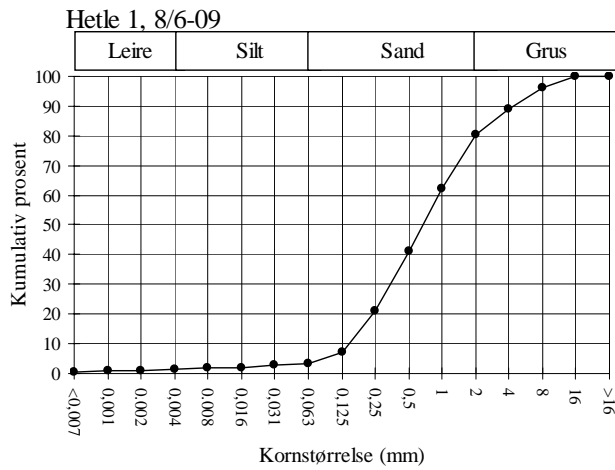
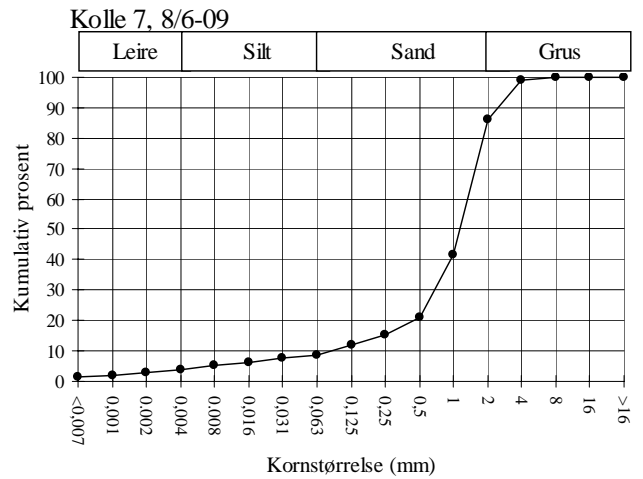
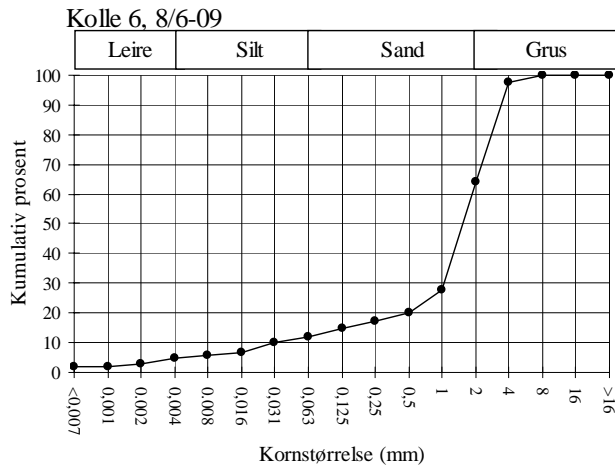
Ved Hauglandshella var det fjellgrunn med lite sediment. Sedimentet ble målt på stasjon Haug 2 til å inneholde 92,8 % sand og grus og kun 2,9 % organisk materiale.

Ved Hetlevik utgjorde sand og grus 96,5 % på Hetle 1 og 98,5 % på Hetle 2. Det organiske innholdet på disse stasjonene var også her lavt med henholdsvis 4,6 % og 3,5 %.

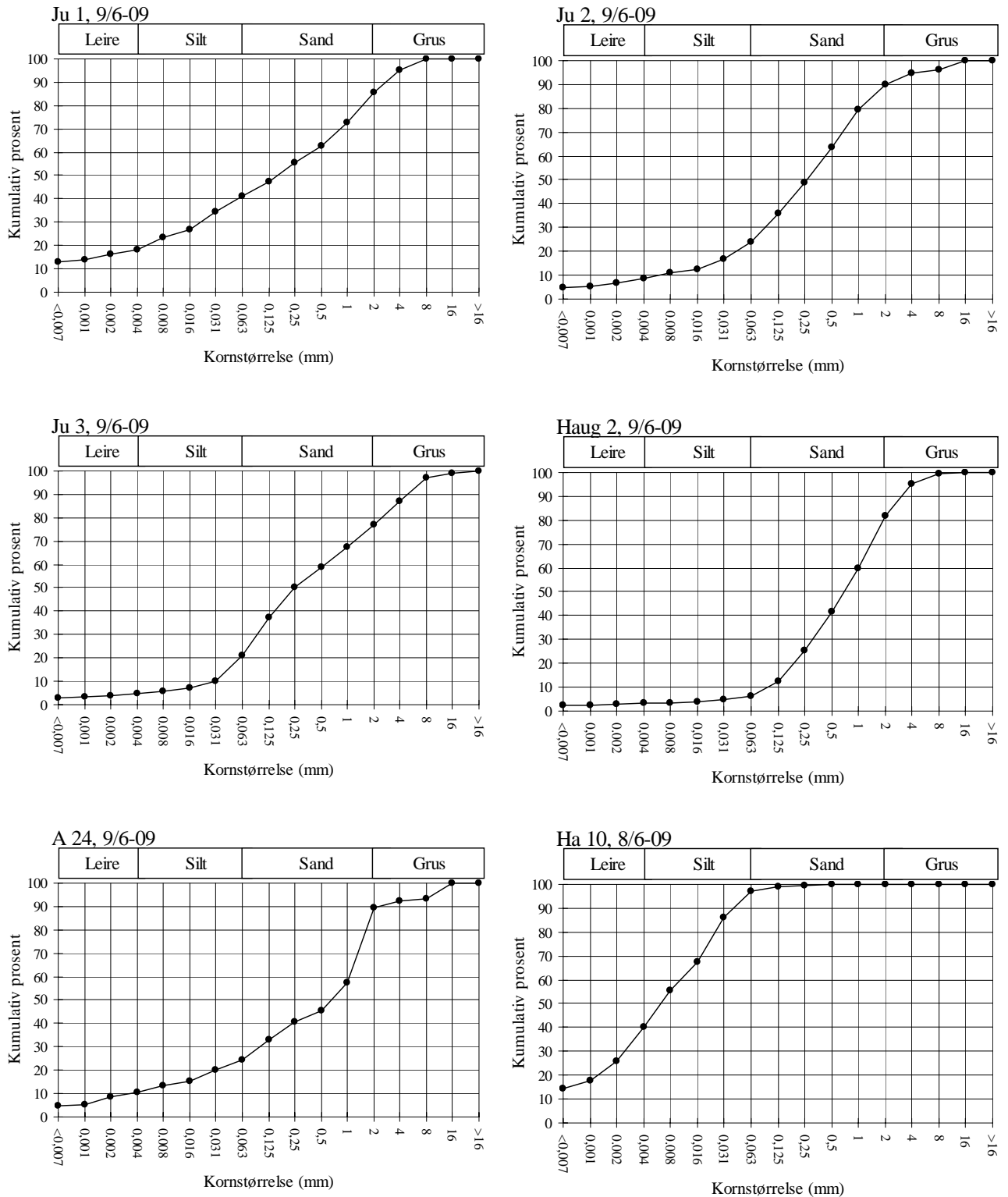
Ved Follese bestod sedimentet av henholdsvis 97,7 % og 82,2 % sand og grus på Fol 1 og Fol 2. Det organiske innholdet på disse stasjonene var henholdsvis 4,2 % og 8,3 %.

Det høye innholdet av sand/grus og lavt innhold av organisk materiale ved Kollevågen, Hetlevik Follese og Hauglandshella indikerer gode strømforhold ved bunnen i disse områdene.

Sedimentet på stasjon A 24 som ligger på 82 m dyp, inneholdt hovedsakelig sand og grus (75,4 %) og hadde et innhold av organisk materiale (11,6 %) som lå innenfor det en kan forvente i norske fjordbasseng. I mars 1998 var det organiske innholdet på denne stasjonen 6,8 % og sand/grus-innholdet var 74 %. Stasjon Ha 10 som ligger på 190 m dyp, hadde et høyt innhold av leire/silt (97,3 %) i 2009. På denne stasjonen ble leire-/siltinnholdet målt til 98,5 og 99,0 % i 1993. Det organiske innholdet lå på omtrent samme nivå i 2009 (14,7 %) som i 1993 (13,4 % - 14,0 %) på stasjon Ha 10.



Figur 82. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Askøy kommune juni 2009.



Figur 82. fortsetter. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Askøy kommune juni 2009.

9.3.2 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er presentert i **Tabell 20, Figur 83–Figur 85.** og Vedleggstabellene 1-3. Analysene er utført på det kvantitative og sammenliknbare materialet som ble tatt fra grabbhugg med van Veen-grabb.

Stasjon Kolle 6 lå nær utslippspunktet for avløpsledningen fra Kollevågen (**Figur 76**), og i prøvene herfra ble det funnet 64 arter og 707 individer. Kolle 7 sør for utslippspunktet hadde 68 arter og 844 individer. Begge stasjonene hadde skjellsand med et finkornet sediment lenger ned. Artsdiversiteten/jevnheten var 4,70/0,78 på Kolle 6 og 4,98/0,82 på Kolle 7. Foruten flerbørstmark fantes også skjellet *Astarte montagui* og krageormer *Enteropneusta* indet. blant de ti vanligst forekommende artene, noe som tolkes som et godt tegn. Begge stasjonene fikk Klifs Tilstandsklasse I ”Meget god”.

Ved enden av avløpsledningen ved Hauglandshella (Haug 1) (**Figur 77**) var det bratt fjellgrunn og en fikk opp sediment kun fra Haug 2 som ligger noe vest for utslippspunktet. Det ble tatt prøver med trekantskrape på stasjon Haug 3 (= Haug 1) hvor det ble fanget opp en del børstemark (*Capitella capitata*). Siden disse prøvene ikke er tatt i henhold til ”Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann” (Molvær m.fl. 2002), ikke er kvantitative og ikke sammenliknbare med grabbprøvene, er de utelatt fra analysene. På Haug 2 besto sedimentet av lys skjellsand, og her ble det funnet 64 arter og 3.416 individer. Diversiteten var 4,18 og jevnheten 0,70. Det var kun børstemark blant de ti vanligst forekommende artene. De vanligste gruppen/arten var Sabellidae indet. og *Notomastus latericeus* med henholdsvis 14,6 % og 13,5 % av individene. Denne stasjonen fikk Tilstandsklasse I.

Ved inspeksjon av avløpsledningene 30. april, ble det oppdaget at avløpsledningen ved Juvik var tett, og avløpsvannet gikk i overløpet. Med bakgrunn i dette ble det tatt prøver fra en ekstra stasjon ved overløpsledningen helt inne i Juvik (Ju 3) (**Figur 78**). Prøvene fra denne stasjonen var ikke med i det opprinnelige programmet. Prøvene virket imidlertid fine, men er ikke opparbeidet.

Stasjon Ju 1 som lå nærmest utslippspunktet for avløpsledningen i Juvik, hadde 9 arter og 18.420 individer. Stasjonen var dominert av flerbørstmarkene *Capitella capitata* (90,7 %) og *Malcoceros fuliginosa* (8,8 %) som ofte opptrer i stort antall under dårlige miljøforhold. Diversiteten var 0,48 og jevnheten 0,15 noe som gav Klifs Tilstandsklasse V ”Meget dårlig”. Prøvene inneholdt også en del boss som har kommet med avløpsledningen. Stasjon Ju 2 som lå vest for utslippspunktet, hadde 41 arter og 17.353 individer. Også her var det store mengder av flerbørstmarken *Capitella capitata* (94,3 %). Diversiteten var 0,52 med jevnhet 0,10. Også denne stasjonen fikk Tilstandsklasse V. Den dårlige miljøtilstanden ved dette utslippspunktet kan ha sammenheng at det i forbindelse med problem med en step-screen har gått urensset utslipp til fjorden i en 1-2 måneders periode.

Stasjon Hetle 1 ble lagt nær utslippspunktet fra avløpsledningen i Hetlevik (Eide) (**Figur 79**). Her ble det funnet 4.306 individer fordelt på 106 arter. På Hetle 2 sørvest for utslippspunktet ble det funnet 81 arter og 2.550 individer. Sedimentet på disse stasjonene bestod av lys skjellsand med småstein. Artsdiversiteten og jevnheten på disse stasjonene var henholdsvis 4,70/0,70 og 4,36/0,69. På begge stasjonene var de to vanligst forekommende artene flerbørstmarkene Sabellidae indet. og *Aonides paucibranchiata* med til sammen ca 30 % av alle individene. Begge stasjonene fikk Tilstandsklasse I.

Ved avløpsledningen fra Follse (Haugadalen) ble stasjonen Fol 1 lagt nært utslippspunktet (**Figur 80**), og 80 arter fordelt på 1.251 individer. Stasjonen hadde lys skjellsand med stein og artsdiversiteten var 4,42 med jevnhet 0,70. Det var kun flerbørstmark blant de ti vanligste artene og Sabellidae indet. dominerte med 25,3 % av individene. Stasjonen fikk Tilstandsklasse I. Stasjon Fol 2 måtte legges et stykke unna fordi bunnen var bratt og steinete. Stasjonen hadde et meget høyt artsantall med 114 arter og 1181 individer. Den vanligste arten var leddsneglen *Leptochiton asellus*. Artsdiversiteten var 5,79 med jevnhet 0,85 og stasjonen fikk Tilstandsklasse I.

Den ene referansestasjonen (Ha 10) ligger på 190 m dyp i Hauglandsosen (**Figur 81**). Denne stasjonen hadde i juni 2009 1.009 individer fordelt på 60 arter. I 1993 ble det funnet 53-55 arter og 813-904 individer på denne stasjonen. De to vanligste artene var *Paramphinome jeffreysii* og *Polydora* sp. og utgjorde til sammen 31,6 % i 2009. I juli og oktober 1993 utgjorde disse to artene henholdsvis 27,3 % og 35,7 % av alle individene. Artsdiversiteten var 4,46 i 2009 og 4,06-4,64 i 1993. Stasjonen fikk Tilstandsklasse I i 2009 som i 1993.

Den andre referansestasjonen (A24) ligger på 82 m dyp sør for Follese (**Figur 81**). Det ble funnet 107/1.337 arter/individer i 2009 og 134/2.466 arter/ individer i 1998. Børstemarken *Spiophanes kroyeri* dominerte i 2009 (15,3 %) som i 1998 (34,3 %). Artsdiversiteten som var 4,58 i 1998 og økte til 5,05 i 2009. Stasjonen fikk Tilstandsklasse I i 2009 som i 1998.

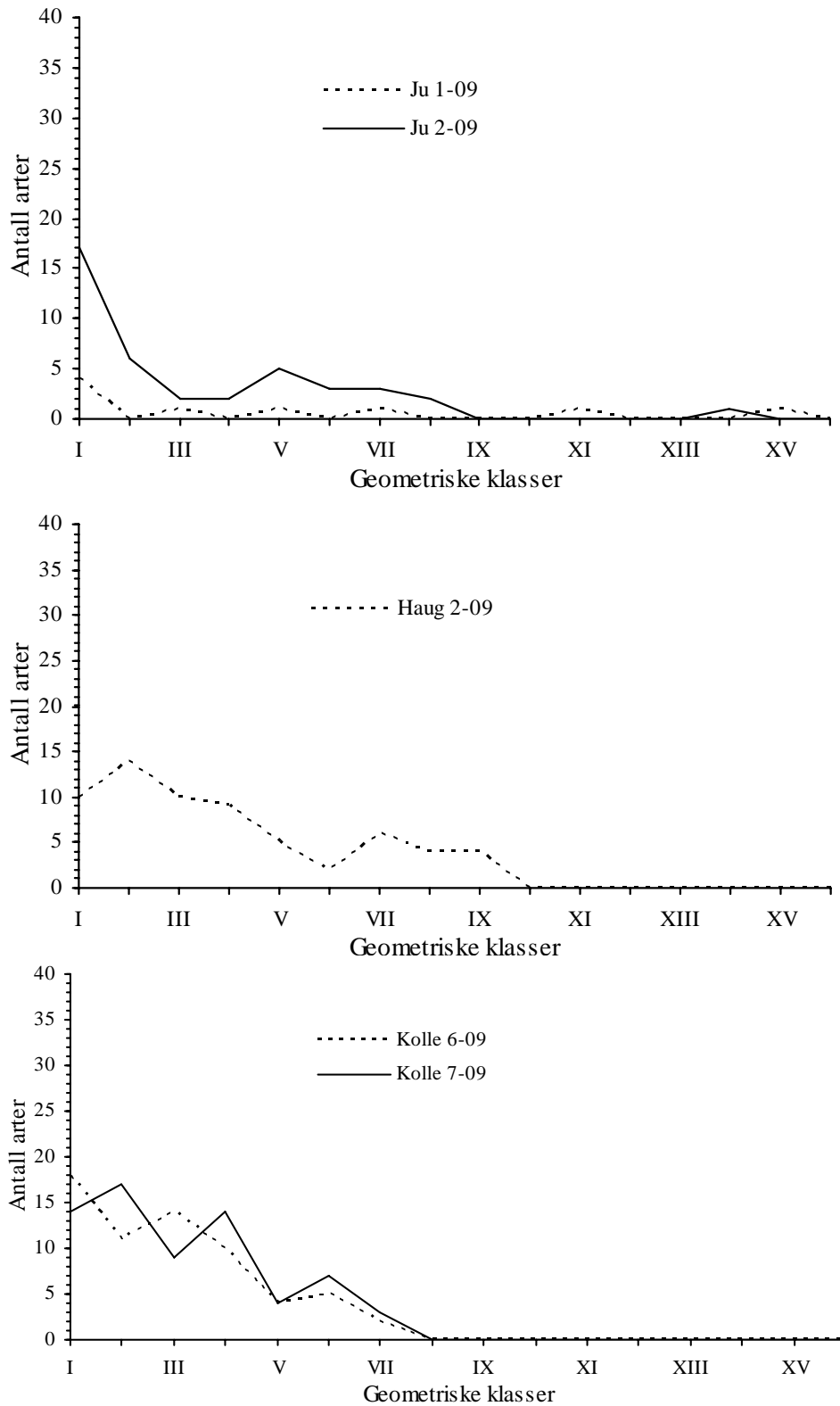
Faunasammensetningen på hver av referansestasjonene var omtrent 50 % lik med de tidligere undersøkelsene. Faunaen på stasjonene ved Juvik skilte seg klart fra de øvrige lokalitetene med bare 10 % likhet. De øvrige grunne stasjonene grupperte seg sammen med en likhet på omtrent 50 %. Det var kun mindre endringer i faunasammensetningen på de dype stasjonene fra de tidligere undersøkelsene.

Tabell 20. Antall individer (N) og arter (S), artsdiversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Klassifisering av miljøkvalitet i tilstandsklasser (Klifs t.kl.) er gjort ut fra artsdiversitet (H') (Molvær et al. 1997). Ved undersøkelsene i 1993 og 1998 ble det brukt 0,2 m² grabb, ellers ble det brukt 0,1 m² van Veen grabb.

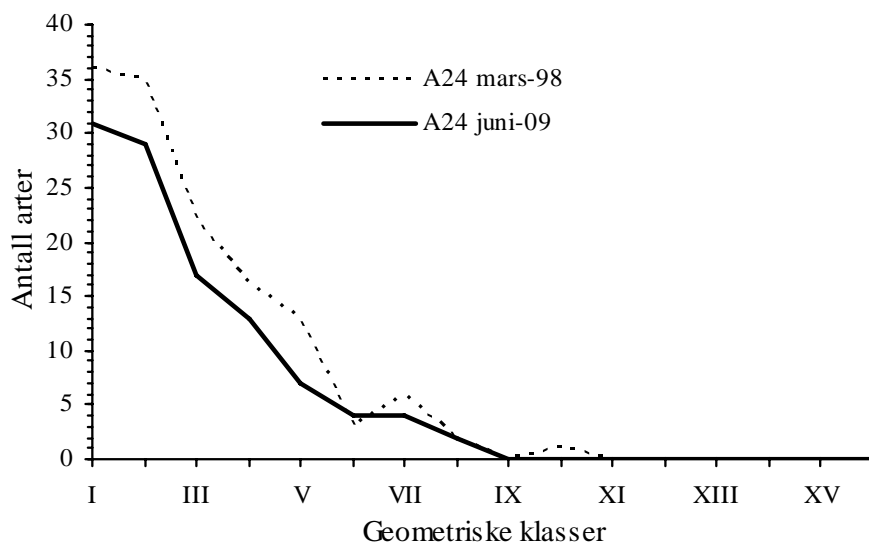
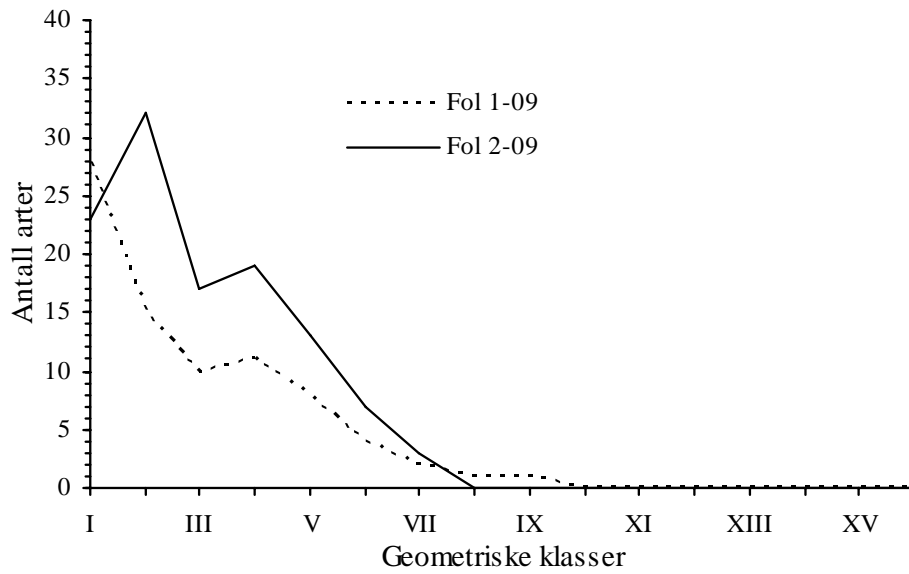
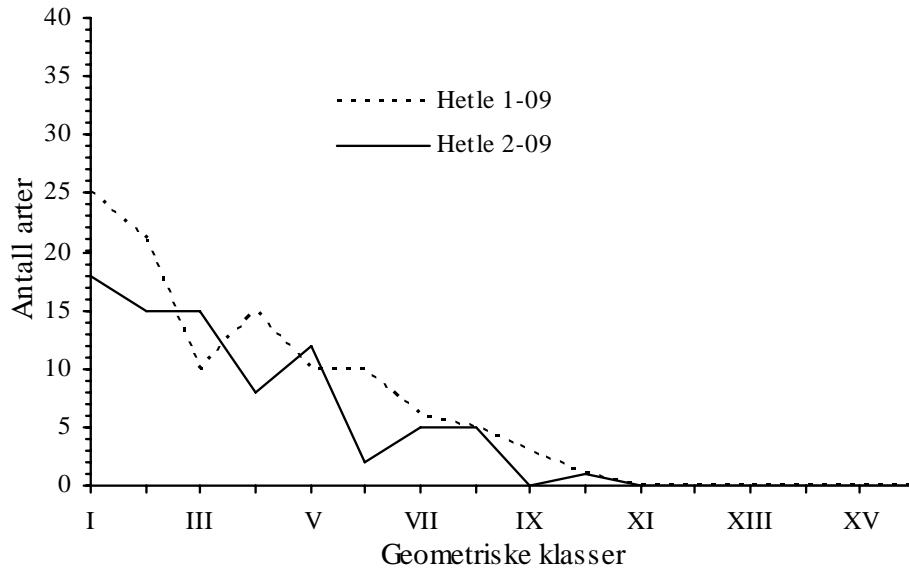
Mnd-år Stasjon	Dyp (m)	Areal (m ²)	Hugg nr	Antall individer	Antall arter	Diversitet H'	Jevnhet J	H'-max	Klif t.kl.
Juni-2009 Ju 1	34	0.4	2	4467	4	0.61	0.31	2.00	V
			3	7891	5	0.27	0.12	2.32	
			4	3853	6	0.61	0.24	2.58	
			5	2209	3	0.52	0.33	1.58	
			sum	18420	9	0.48	0.15	3.17	
Juni-2009 Ju 2	37	0.4	2	3538	24	0.68	0.15	4.58	V
			3	5287	22	0.30	0.07	4.46	
			4	6771	28	0.53	0.11	4.81	
			5	1757	19	0.61	0.14	4.25	
			sum	17353	41	0.52	0.10	5.36	
Juni-2009 Haug 2	20	0.4	2	727	48	4.20	0.75	5.58	I
			3	730	42	4.07	0.76	5.39	
			4	906	43	4.10	0.76	5.43	
			5	1053	45	4.01	0.73	5.49	
			sum	3416	64	4.18	0.70	6.00	
Juni-2009 Kolle 6	45	0.4	2	127	26	4.05	0.86	4.70	I
			3	195	33	3.78	0.75	5.04	
			4	175	42	4.57	0.85	5.39	
			5	210	35	4.18	0.82	5.13	
			sum	707	64	4.70	0.78	6.00	
Juni-2009 Kolle 7	44	0.4	2	245	42	4.63	0.86	5.39	I
			3	156	42	4.81	0.89	5.39	
			4	237	43	4.33	0.80	5.43	
			5	206	42	4.76	0.88	5.39	
			sum	844	68	4.98	0.82	6.09	
Juni-2009 Hetle 1	18	0.4	2	1367	73	4.66	0.75	6.19	I
			3	863	62	4.28	0.72	5.95	
			4	1219	71	4.62	0.75	6.15	
			5	857	60	4.21	0.71	5.91	
			sum	4306	106	4.70	0.70	6.73	
Juni-2009 Hetle 2	23	0.4	2	851	60	4.47	0.76	5.91	I
			3	446	39	3.61	0.68	5.29	
			4	831	65	4.27	0.71	6.02	
			5	422	44	4.12	0.75	5.46	
			sum	2550	81	4.36	0.69	6.34	
Juni-2009 Fol 1	32	0.4	2	289	40	4.02	0.76	5.32	I
			3	324	46	4.15	0.75	5.52	
			4	225	38	3.91	0.74	5.25	
			5	413	56	4.53	0.78	5.81	
			sum	1251	80	4.42	0.70	6.32	

Tabell 20 fortsetter.

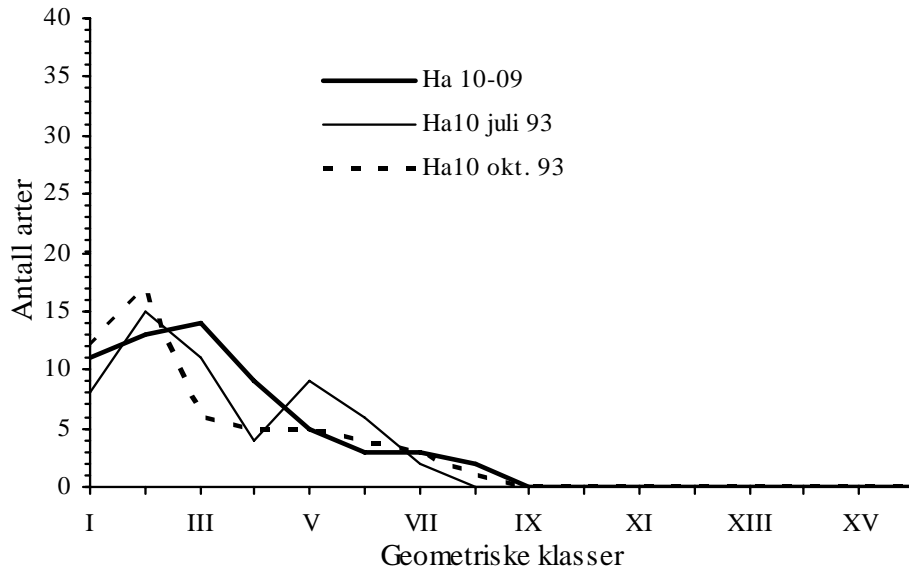
Mnd-år Stasjon	Dyp (m)	Areal (m ²)	Hugg nr	Antall individer	Antall arter	Diversitet H'	Jevnhet J	H'-max	Klif t.kl.
Juni-2009 Fol 2	44	0.4	2	250	57	5.28	0.90	5.83	I
			3	385	76	5.43	0.87	6.25	
			4	291	68	5.47	0.90	6.09	
			5	255	66	5.08	0.84	6.04	
			sum	1181	114	5.79	0.85	6.83	
Juni-2009 Ha 10	190	0.4	1	219	36	4.17	0.81	5.17	I
			2	264	46	4.48	0.81	5.52	
			3	184	35	4.20	0.82	5.13	
			4	342	46	4.16	0.75	5.52	
			sum	1009	60	4.46	0.76	5.91	
Juni-2009 A 24	82	0.4	2	303	48	4.56	0.82	5.58	I
			3	363	67	4.93	0.81	6.07	
			4	295	53	4.50	0.79	5.73	
			5	376	74	5.05	0.81	6.21	
			sum	1337	107	5.05	0.75	6.74	
Mars-1998 A 24	82	1.0	sum	2466	134	4.58	0.65	7.07	I
Juli-1993 Ha10	187	0.6	sum	813	55	4.64	0.80	5.78	I
Okt.-1993 Ha10	187	1.0	sum	904	53	4.06	0.71	5.73	I



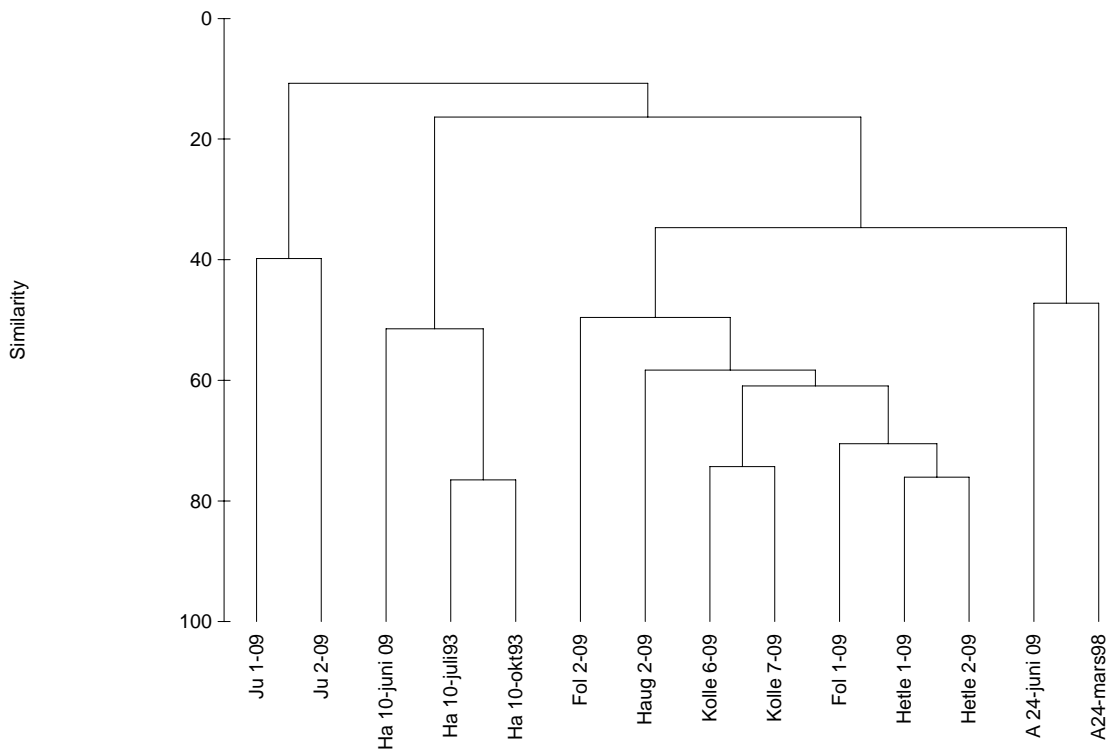
Figur 83. Antall arter langs y-aksen mot geometriske klasser langs x-aksen i prøvene fra stasjonene i Hauglandsosen.



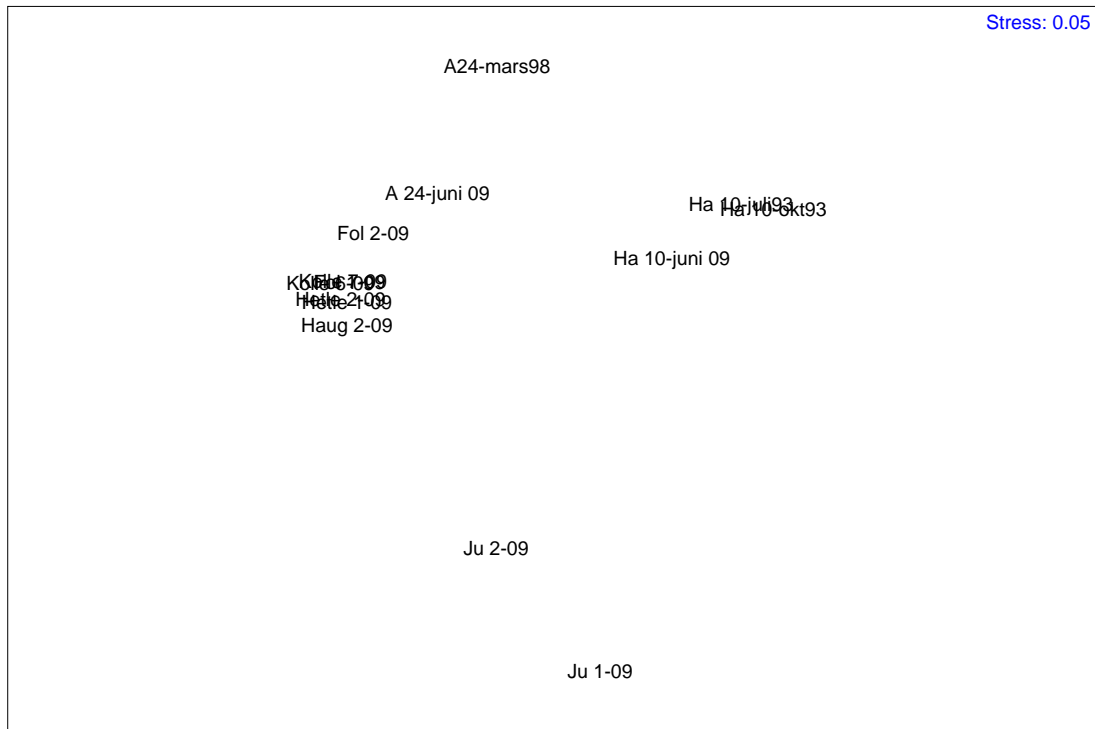
Figur 83 fortsetter.



Figur 83 fortsetter.



Figur 84. Dendrogrammet viser faunalikheten mellom prøvene tatt fra stasjonene ved Hauglandsosen i 1993, 1998 og 2009. Prøvene er betegnet som Stasjon-år. Cluster-analysen er utført på stasjonsnivå. Bray-Curtis similaritet er gitt som prosent langs x-aksen. Prøver med stor likhet er knyttet sammen. Beregningene er foretatt på fjerderot-transformerte og standardiserte artsdata.



Figur 85. Dendrogrammet viser faunalikheten mellom prøvene tatt fra stasjonene ved Hauglandsosen i 1993, 1998 og 2009. Prøvene er betegnet som Stasjon-(mnd)år. Beregningene er foretatt på fjerderot-transformerte og standardiserte artsdata. Prøver med stor likhet ligger nær hverandre.

9.4 Samlet vurdering basert på bløtbunnsundersøkelsene

Ved utslippspunktene var det organiske innholdet lavt (2,9 - 8,2 %) med unntak av Juvik hvor innholdet var høyt på stasjon Ju 1 med 32,4 % organisk materiale. Det organiske innholdet i sedimentet på den ene referansestasjonen (A 24) hadde økt fra 6,8% i 1998 til 11,6 % i 2009. Det organiske materiale (14,7 %) på den andre referansestasjonen Ha 10 var på nivå med målinger fra 1993.

Med unntak for Juvik viste bunnfaunaen gode forhold ved samtlige utslippspunkt. Ved Juvik har det vært urensset utslipp i 1-2 måneders periode og utslipp til overløp pga en tett utslippsledning. Dette kan forklare den dårlige miljøtilstanden (Tilstandsklasse IV "Dårlig") ved dette utslippspunktet. Ved Hetlevik, Kollevåg og Follese var det gode bunnforhold med Klifs Tilstandsklasse I. Ved Hauglandshella var det vanskelig å få kvantitative prøver pga bratt fjellgrunn. Prøvene som ble tatt noe vest for utslippspunktet, viste gode forhold. Det ble også benyttet trekantskrape på dette stedet, og disse prøvene inneholdt mest flerbørstmark. Bunnfaunaen på referansestasjonene viste gode forhold og fikk Tilstandsklasse I. Det var kun mindre endringer fra de forrige undersøkelsene på referansestasjonene.

10. Oppsummering

Ved resipientundersøkelsene i Hauglandsosen har det vært gjennomført ROV-kjøringer, strømmålinger, analyser av ulike vannprøver for vurdering av vannkvalitet, undersøkelser av hardbunnsamfunn i fjæresonene og bløtbunnsundersøkelser for å skaffe grunnlag for en samlet vurdering av resipientforholdene i Hauglandsosen. Undersøkelsene i Hauglandsosen har vært konsentrert om Kollevågen, Hauglandshella, Juvik, Hetlevik (Eide) og Follese (Haugadalen) som er de planlagte utslippsstedene for kommunalt avløpsvann på Askøys vestsida.

ROV-undersøkelsene avdekket en del ukjente forhold omkring brudd på ledninger, utslipp gjennom overløpsledning, manglende vannføring i avløpsledning og ledninger tildekket av stein. Alle forhold ble dokumentert ved filming. Det samme ble avløpsledningenes endepunkt, endepunktens posisjon og dybde og miljøforholdene ved og rundt avløpene endepunkt og langs ledningenes sjøstrekning. Ved Juvik ble det påvist en haug med gammelt slam rundt utslippspunktet og at hele utslippet ble ført gjennom overløpsledningen som endte helt inne i indre Juvik og førte til mye partikler i vann og en godt kjennbar kloakkluft. I Hagadalen ble det også påvist ledningsbrudd like utenfor strandsonen slik at det kommunale utslippet nærmest ble å regne som et overflateutslipp. Ingen ansamling av organisk materiale ble observert ved dette utslippet. Ellers viste ROV-kjøringene ingen graverende forhold i resipienten.

Strømmålingene ved Hauglandshella og Juvik viste at strømretningene og strømstyrkene varierte sterkt over tid. Ved Hauglandshella var dominerende strømretning mot nord-nordøst og sør-sørvest, mens ved Juvik var det strøm mot øst-nordøst og vest-sørvest som dominerte. Middels strømstyrke var på henholdsvis 2,9 og 2,4 cm/s for Juvik og Hauglandshella. Det ble registrert strømstyrker helt opp mot 13 cm/s.

Modelleringer ved utslippene viste at ved Hauglandshella og Juvik vil det være gunstigst å la utslippsledningenes endepunkt ligge på 40 m dyp for å sikre innlagring dypere enn 10 m. Legges ledningene på 30 m dyp bør det benyttes diffusor for å sikre bedre blanding mellom avløpsvann og sjøvann. Tilsvarende modellberegninger basert på avløpsmengder for 2030 for Erdal, Kleppestø og Strusshamn viser at det er diffusorløsninger vil være det beste alternativet for å sikre tilstrekkelig dyp innlagring. Utslippet ved Florvåg synes å kunne ligge slik det gjør i dag med liten sannsynlighet for overslag til overflaten.

Vannkvaliteten i Hauglandsosen viste forhøyede konsentrasjoner av totalt fosfor (Tilstandsklasse III "Mindre god") og fosfat (Tilstandsklasse II "God"), men sammenlignet med referansestasjon i Hjeltefjorden (totalt fosfor: Tilstandsklasse II, fosfat: Tilstandsklasse II) var forskjellene små mellom de to stasjonene. Totalt nitrogen, nitrat, ammonium, klorofyll a og siktedyp falt alle i Tilstandsklasse I "Meget god", men klorofyll a i Hauglandsosen lå helt på grensen mellom Tilstandsklasse I og II. Målinger av oksygen i dypvannet i indre del av Hauglandsosen ga også Tilstandsklasse I. Totalt sett var miljøforholdene i Hauglandsosen litt dårligere enn på referansestasjonen, men forskjellene var små og bør ikke tillegges alt for stor vekt. Konklusjonene fra de foreliggende resultatene baseres imidlertid på et begrenset datamateriale både for biologiske og abiotiske parametre, og dette skaper noe usikkerhet i klassifiseringen.

En sikker klassifisering av vannkvaliteten i Hauglandsosen byr imidlertid på en del utfordringer. I følge den nye veilederen for klassifisering av miljøtilstand i vann (Veileder 01:2009) skal de biologiske kvalitetselementene vektlegges betydelig sterkere nå enn tidligere slik at abiotiske kvalitetselement som fysisk-kjemiske (unntatt miljøgifter) og hydromorfologiske parametre fungerer som støtteparametre. Det innebærer at når det for parameteren klorofyll a for det biologiske kvalitetselementet planteplankton, oppstår usikkerhet mht. klassifiseringen samtidig som en parameter (totalt fosfor) innen de abiotiske kvalitetselement, gir klassifiseringen "Mindre god" (Tilstandsklasse III), er det nødvendig å videreføre prøvetakingsprogrammet både for klorofyll a og abiotiske parametre slik at en sikker klassifisering kan gjennomføres og at denne blir i hht det nye klassifiseringssystemet.

Kalkulasjoner av potensielle stofftilførsler fra kommunalt avløpsvann viser at ved de mest vanlige strømhastighetene målt i Hauglandsosen kan de kommunale utslippene utgjøre 4-18% og 6-22% av de totale tilførslene av henholdsvis nitrogen og fosfor i de øvre 20 meterne. En antatt befolkningsøkning på ca.30% fram til 2030 vil – dersom utslippene gjennom hele året innlagres i de øvre 20 meterne - føre til at de tilsvarende prosentandelene for nitrogen og fosfor fra kommunalt avløpsvann øker til 5-22% og 8-29%. Kort oppholdstid for vannet i Hauglandsosen medfører at virkningen av næringssaltutslippene blir begrenset. Dersom innlagringsdypet for de kommunale utløpene kan senkes til 15-20 m i hele planktonalgens vekstsesong, vil utslippenes potensielle negative miljøeffekt reduseres betydelig.

Undersøkelser av effekter av overgjødning ved bruk av makroalger på grunt vann basert på ny klassifiseringsveileder ga som resultat at vannkvaliteten i overflatevannet både i Hauglandsosen og på Askøys sør og østside falt innen vannkvalitetskategoriene God eller Meget god.

Bunnfaunaundersøkelser ved de 5 planlagte utslippsstedene viste for Kollevåg, Hetlevik og Follese gode bunnforhold tilsvarende Tilstandsklasse I. Ved Hauglandshella var prøvetakingsforholdene vanskelige, men prøver tatt i nærområdet viste gode forhold. Ved Juvik var imidlertid forholdene dårlige og ga Tilstandsklasse V. Den dårlige klassifiseringen ved Juvik har sannsynligvis sammenheng med at det i 1-2 måneder har gått urensset avløp ut i fjorden. Funnene ved Juvik viser hvor viktig det er å ha god kontroll med at avløpsledningene fungerer optimalt.

Avsluttende kommentar

Denne undersøkelsen i Hauglandsosen har vært designet med utgangspunkt i pkt 4.3 i ”Resipientveilederen” (Molvær m.fl. 2005) for å:

- 1) Dokumentere tilstand ved utslippene, ved nærsone- og referansestasjoner.
- 2) Vurdere rensbehov.
- 3) Legge grunnlag for overvåking.

Resultatene fra de utførte undersøkelsene viser at vannkvaliteten i overflatevannet og i bunnvannet i Hauglandsosen hovedsakelig klassifiseres som Meget God eller God med unntak av målingene av totalt fosfor som var like over grenseverdien mellom God og Mindre God. Sammenlignet med målingene på referansestasjon i Hjeltefjorden var målingene i Hauglandsosen marginalt dårligere. Bunnundersøkelsene ga gode forhold ved samtlige utslipp med unntak av ved Juvik hvor forholdene var meget dårlige, men dette skyldtes med stor sannsynlighet brudd på avløpsledningen. Dagens utslipp påvirker altså Hauglandsosen generelt sett helt marginalt, men ved Juvik var ikke forholdene på bunnen tilfredsstillende på prøvetakingstidspunktet.

Dersom de framtidige avløpene samles til 5 utslippspunkt samtidig som tilknytningsprosenten øker slik som planlagt, vil utslippene av avløpsvann til den øvre delen av vannsøylen bli betydelig redusert i 2030 i forhold til hva tilfellet er i dag til tross for at antall pe-enheter antas økt med 30%. Dette skyldes at antallet grunne utslipp reduseres og knyttes til utslipp med større utslippsdyp. Legges i tillegg alle avløpsledninger ned til 30-40 meters dyp og det samtidig monteres diffusorer på avløpsledningene vil avløpsvannet innlagres på 15-20 meter dyp og dermed vil utslippene i liten grad påvirke næringssaltkonsentrasjonene i overflatevannet i Hauglandsosen. Det vil redusere faren for økt algevekst både på hardbunn og i vannsøylen. Reduserte næringssalttilførsler til overflatevannet, dyp innlagring og kort oppholdstid for vannet i Hauglandsosen vil redusere utslippenes mulige negative effekt på miljøet. Ved bruk av diffusorer på avløpsledningene vil utslippet av organiske partikler fra utslippene fortynnes og spres over et større område enn hva som er tilfelle i dag og dermed vil den planlagte økningen i utslippsmengde ikke påvirke dagens gode miljøforhold på bunnen ved utslippspunktene i negativ retning. De planlagte 5 avløpsanleggene innebærer en modernisering av eksisterende anlegg som blant annet vil medføre en oppgradering og dermed effektivisering av primærrensanleggenes silsystemer. Dette betyr at en betydelig større andel av partiklene i

avløpsvannet vil fjernes, og spesielt vil utslippene av store partikler reduseres betydelig. Resultatet vil være en redusert belastning på miljøet både i utslippenes nærsone og i resipienten totalt.

Konklusjonen er at dersom antagelsene med hensyn til økning i utslippsmengder, tilført vannmengde osv. som ligger til grunn for de gjennomførte beregningene, og arrangementene for de planlagte utslippene gjennomføres slik som anbefalt i denne rapporten, vil det fram til 2030 ikke finne sted en negativ påvirkning på fauna og flora i Hauglandsosen som følge av de planlagte utslippene og behov for rensning utover primærrensning er derfor ikke tilstede.

Framtidig overvåking

Denne rapporten kan danne grunnlag for fremtidig overvåking av miljøet i fjordområdene rundt Askøy. I den nye klassifiseringsveilederen (Veileder 01:2009 "Klassifisering av miljøtilstand i vann") påpekes det at det nye klassifikasjonssystemet for vann på flere punkter skiller seg fra det gamle SFT-systemet. Et av de viktigste punktene er at det er den økologiske tilstand for de biologiske kvalitetselementene som er styrende for klassifiseringen og ikke hvordan ulike påvirkninger innvirker på utvalgte fysisk-kjemiske parametere. Det betyr at det er økosystemets helsetilstand (avvik fra naturtilstanden) som gir klassifiseringen. Fordi fokuset nå skal rettes mot hele økosystem innen de ulike vanntypene, er tiden inne for å endre overvåkingsstrategiene. Flere av kommunene som grenser opp mot Askøy, har kommunegrensene sine midt i fjordområdene som omkranser Askøy. Det gjelder for Bergen kommune hvor kommunegrensen ligger midt i Byfjorden, Fjell og Øygarden kommune med grenselinje i Hjeltefjorden og Meland kommune med grenselinje i Herdlefjorden. Felles for alle fjordområdene rundt Askøy er at de tilhører samme vanntype, og derfor bør miljøovervåkingen av disse områdene inngå i en felles plan med et samordnet og samkjørt overvåkingsregime. Det vil sikre at overvåkingsmetodene og vurderingene som legges til grunn for klassifiseringene, bygger på den samme kunnskapsbase og dermed danner grunnlag for en helhetlig forvaltning av disse områdene i tråd med Vanddirektivets intensjoner.

11. Litteratur

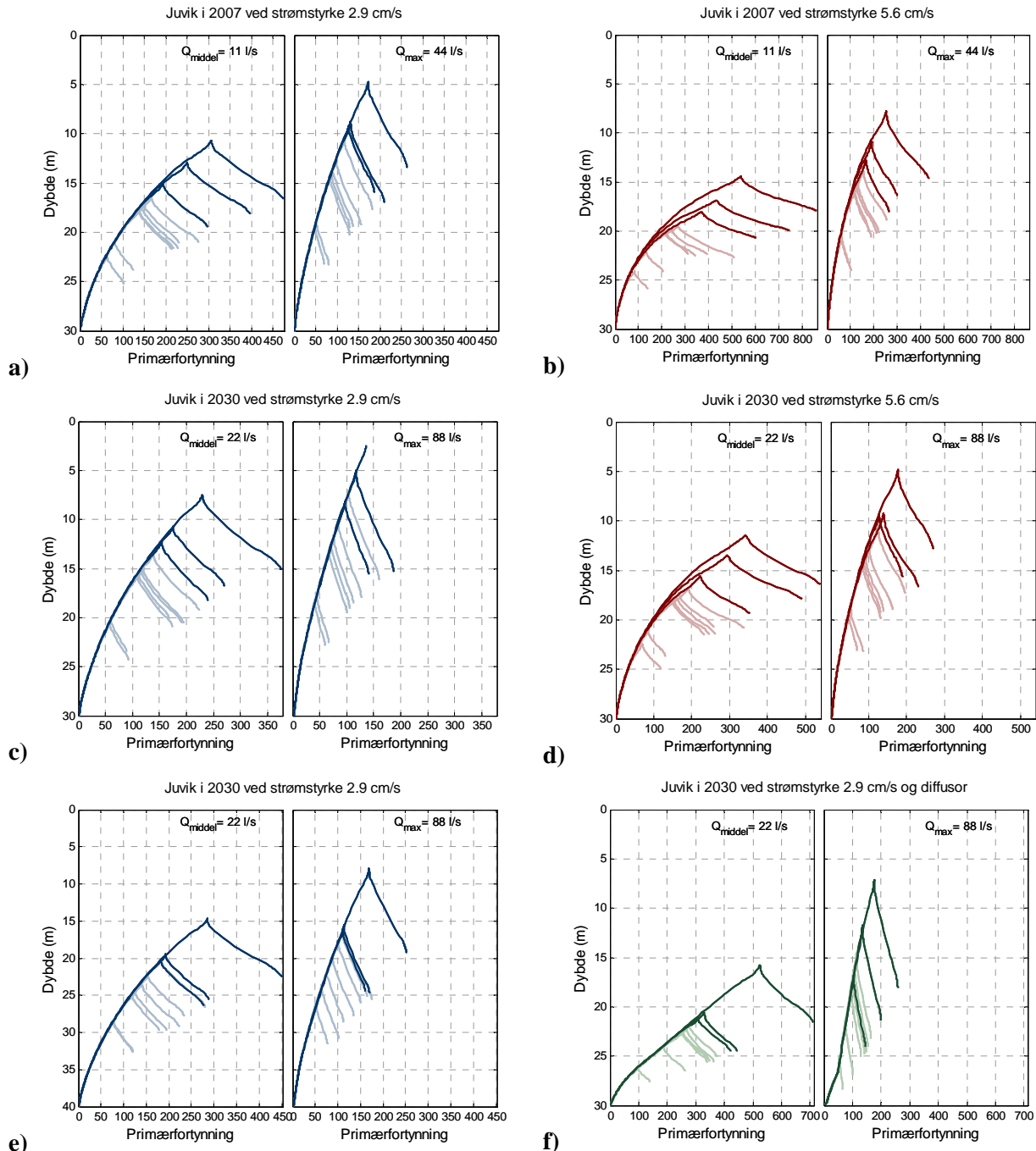
- Aure, J., Dahl E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg B., Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Overvåkingsrapport 510/93. TA 914/1993. (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- Bakke, T., Bredveld, G., Kallquist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. *SFT-veiledning nr. 2229/2007*. 12 s.
- Botnen, H., Tvedten, Ø., Grahl-Nielsen, O., Johannessen, P. 1995. Marinbiologisk undersøkelse ved Hanøytangen, Askøy kommune. *IFM-Rapport nr. 6-1995*. Universitetet i Bergen. 112s.
- Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. In: Holme, NA, McIntyre, AD, editors. *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell scientific publications. p. 41-65.
- Dahl-Hansen, G.A., Velvin, R., og Johnsen, T.M. 2007. Resipientundersøkelse ved kommunalt kloakkutslipp på Askøy, Askøy kommune, Hordaland 2007. Akvaplan-niva rapport nr. 4020-01. 44 s.
- Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.
- Heggøy, E., Johansen, P.-O., Vassenden, G., Botnen, H., & Johannessen, P. 2005. "Byfjordundersøkelsen" – overvåking av fjordene rundt Bergen. VestBio, rapp.nr.6, 2005. 194 s.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johannessen, P.J., Johansen, P.-O., Botnen, H. 1999. Marinbiologisk undersøkelse i Davangervågen, Florvåg, Follse, Hanevik, Hauglandsosen, Kjerrgardsosen, Kolavågen og Trætteosen. *IFM-Rapport nr. 6-1999*. Universitetet i Bergen. 30s.
- Molvær, J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 p.
- Molvær, J., Velvin, R., Berg, I., Finnesand, T., og Bratli, J.L. 2002. EUs Avløpsdirektiv – Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. SFT-rapport. TA-nr.1890/2002 (oppdatert 2007). 47 s.
- Molvær, J., Golmen, L.G., Jaccard, P., og Staalstrøm, A., 2007. Utslipp av kommunalt avløpsvann fra Askøy kommune. Vurdering av virkning og inndeling av resipienter. Rapp. nr. 5505, NIVA, Bergen/Oslo, 87 sider.
- Moy, F., Bekkby, T., Cochrane, S., Rinde, E., & Voegelé, B. 2003. Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. Fou-oppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann. NIVA-rapp. nr. 4731. 90s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og

sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

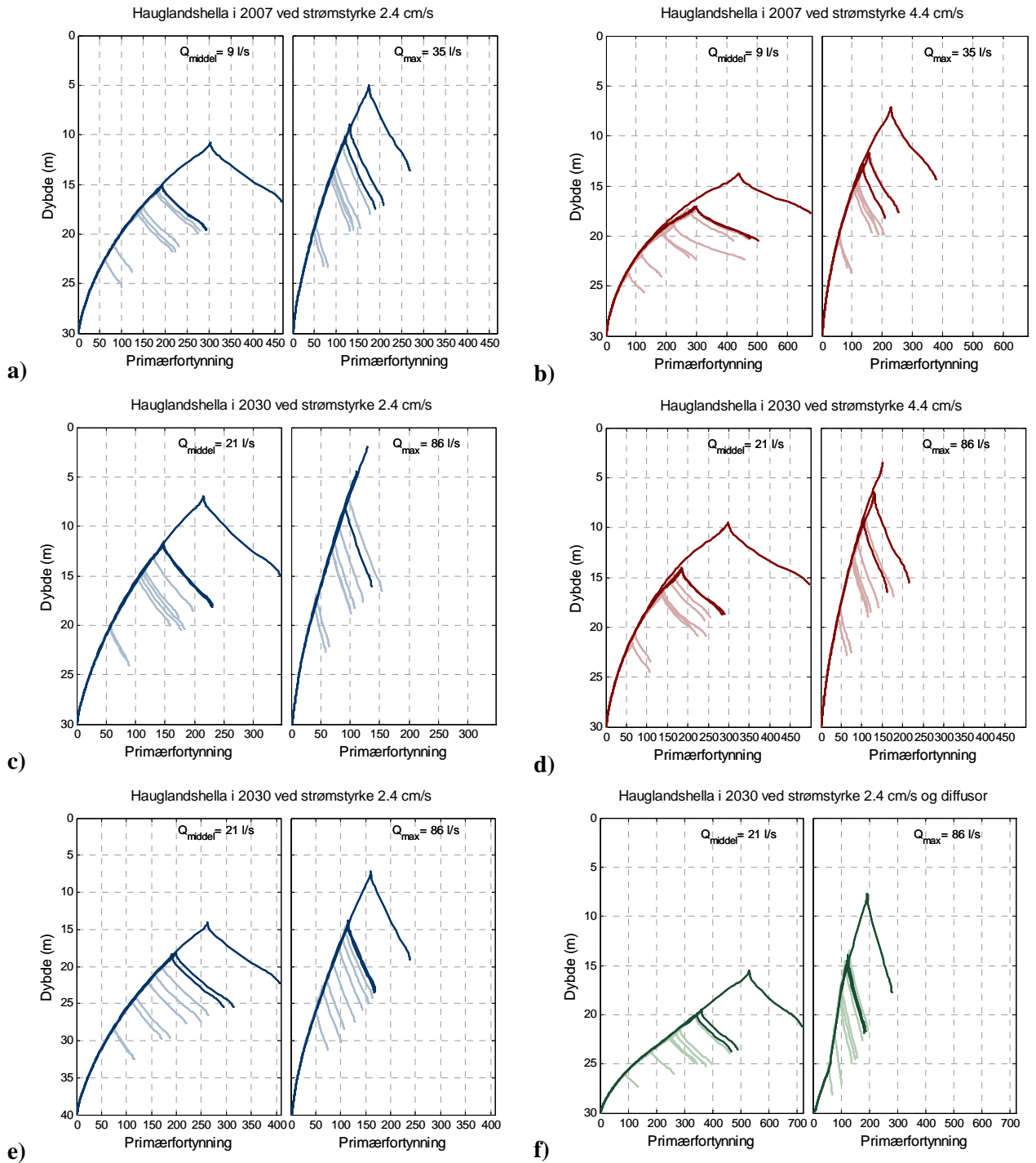
Tjomsland, T., Selvik, J.R., and Bränden, R. 2010. TEOTIL. Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA-rapport l.nr. 5914-2010. 58 pages.

Vedlegg A. Primærfortynning ved utslippspunktene

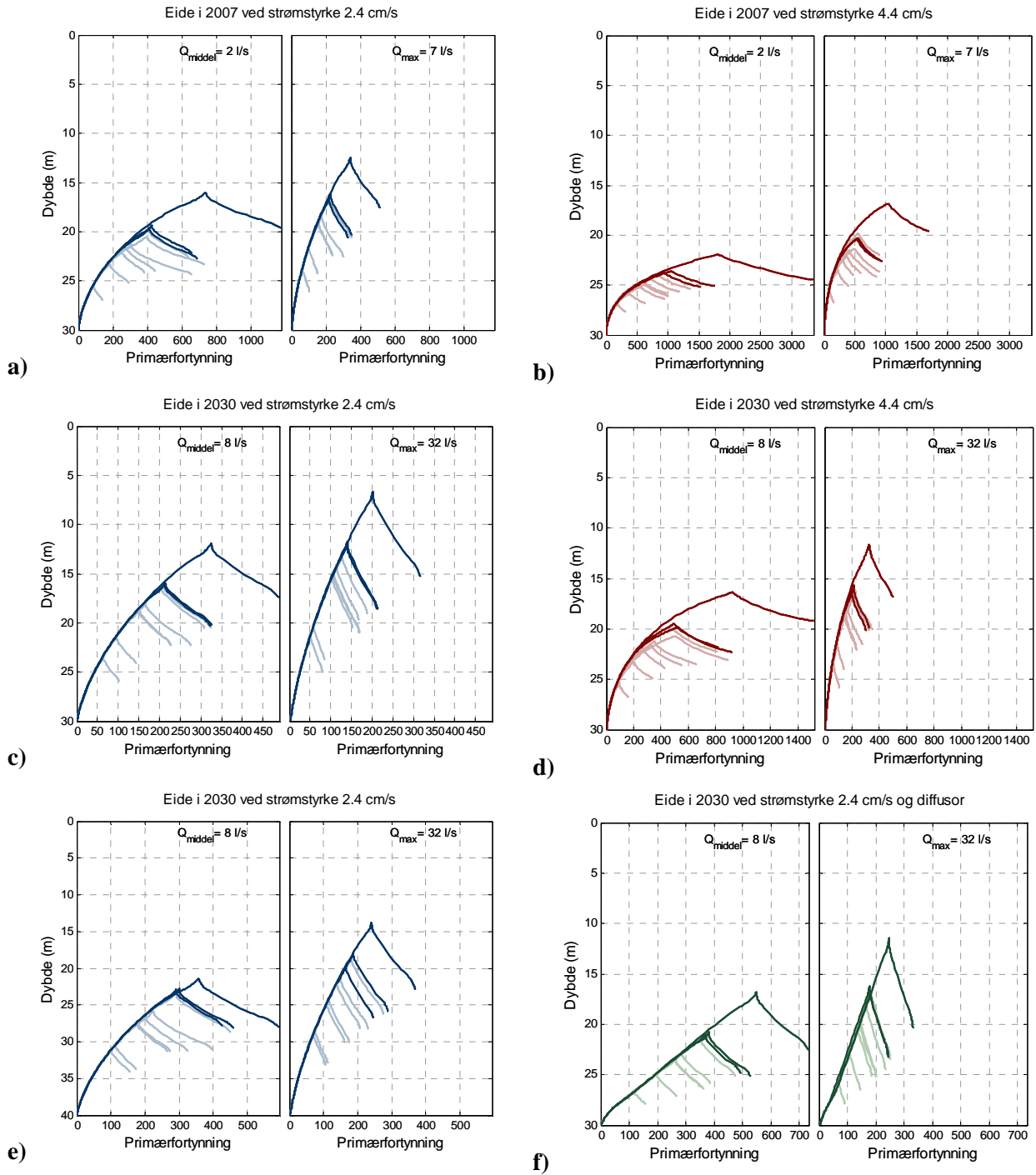
Nedenfor følger detaljerte figurer med primærfortynning for alle de modellerte scenariene ved hvert utslippspunkt (se Kapittel 5). Tallene på x-aksen angir fortynningsfaktoren (antall ganger fortynnet). Figurene samsvarer med figurene for innlagingsdyp.



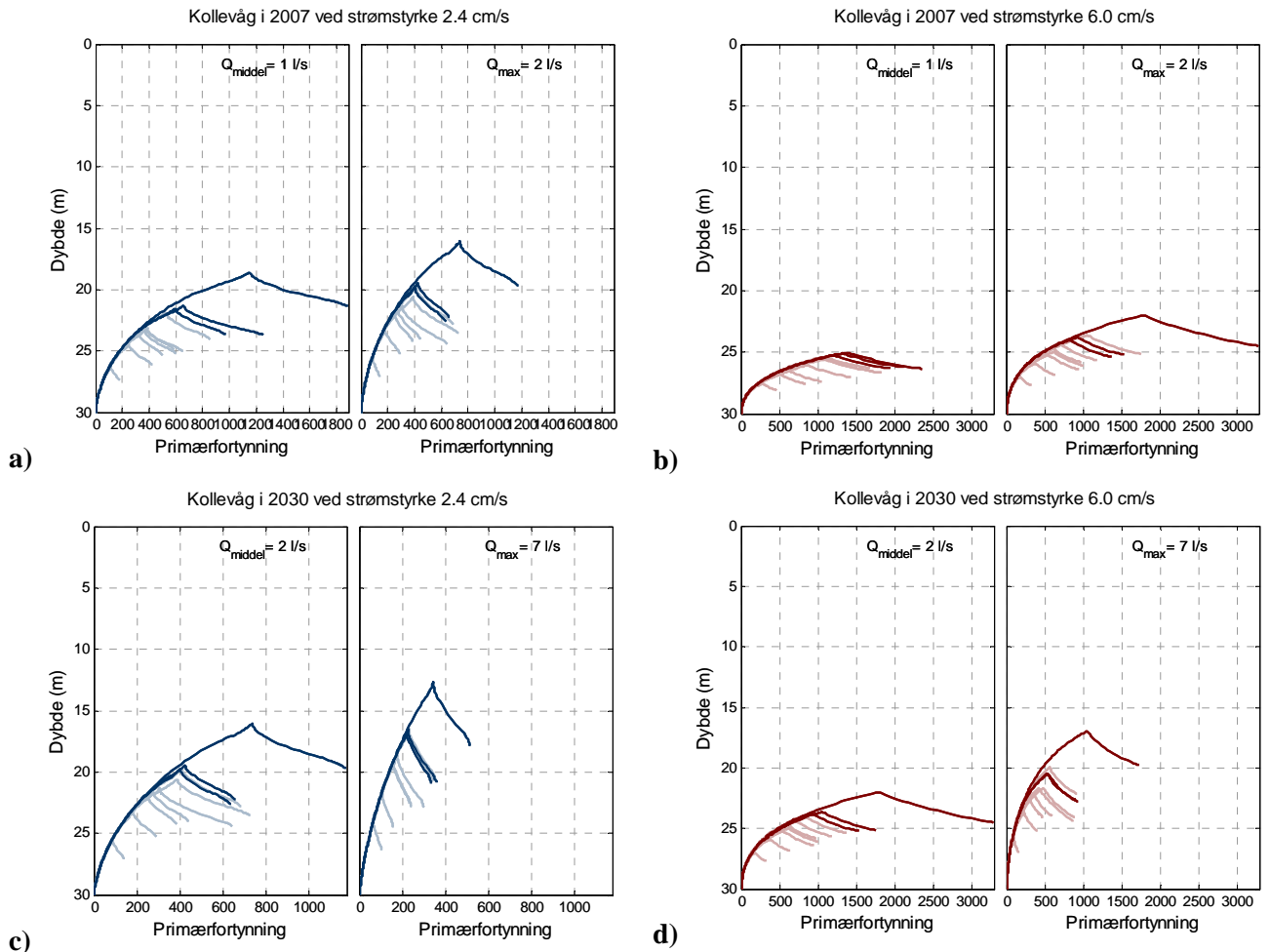
Figur 86. Primærfortynning (fortynningsfaktor ved innlagring) ved Juvik for innlagringsscenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2007, b) sterk strøm og vannmengder for 2007, c) midlere strøm og vannmengder for 2030, d) sterk strøm og vannmengder for 2030, e) midlere strøm, utslipp ved 40 m og vannmengder for 2030, f) midlere strøm og diffusor med vannmengder for 2030.



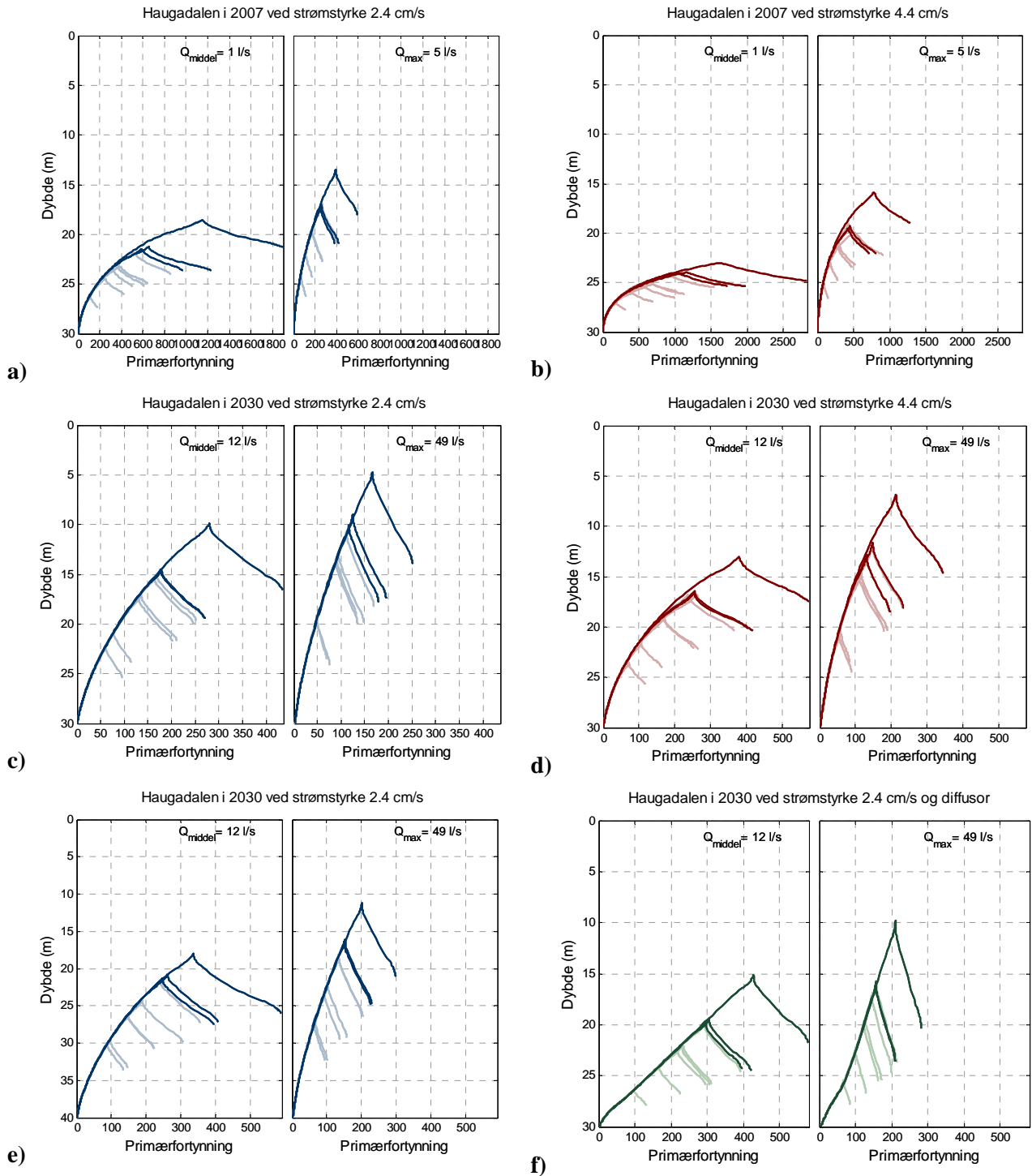
Figur 87. Primærfortynning ved Hauglandshella for innlagringsscenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2007, b) sterk strøm og vannmengder for 2007, c) midlere strøm og vannmengder for 2030, d) sterk strøm og vannmengder for 2030, e) midlere strøm, utslipp ved 40 m og vannmengder for 2030, f) midlere strøm og diffusor med vannmengder for 2030.



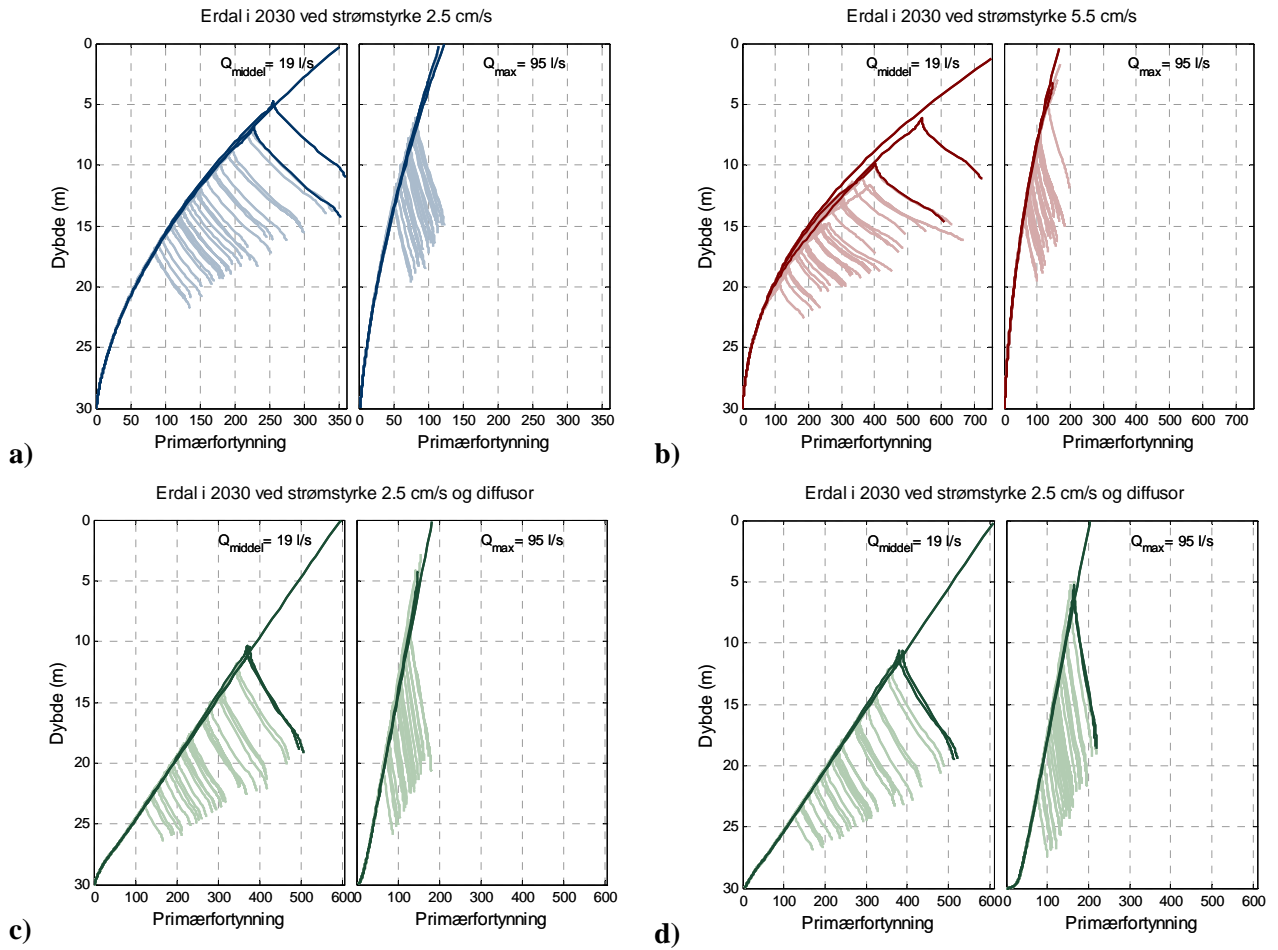
Figur 88. Primærfortynning (fortynningsfaktor ved innlagring) ved Eide for innlagrings scenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2007, b) sterk strøm og vannmengder for 2007, c) midlere strøm og vannmengder for 2030, d) sterk strøm og vannmengder for 2030, e) midlere strøm, utslipp ved 40 m og vannmengder for 2030, f) midlere strøm og diffusor med vannmengder for 2030.



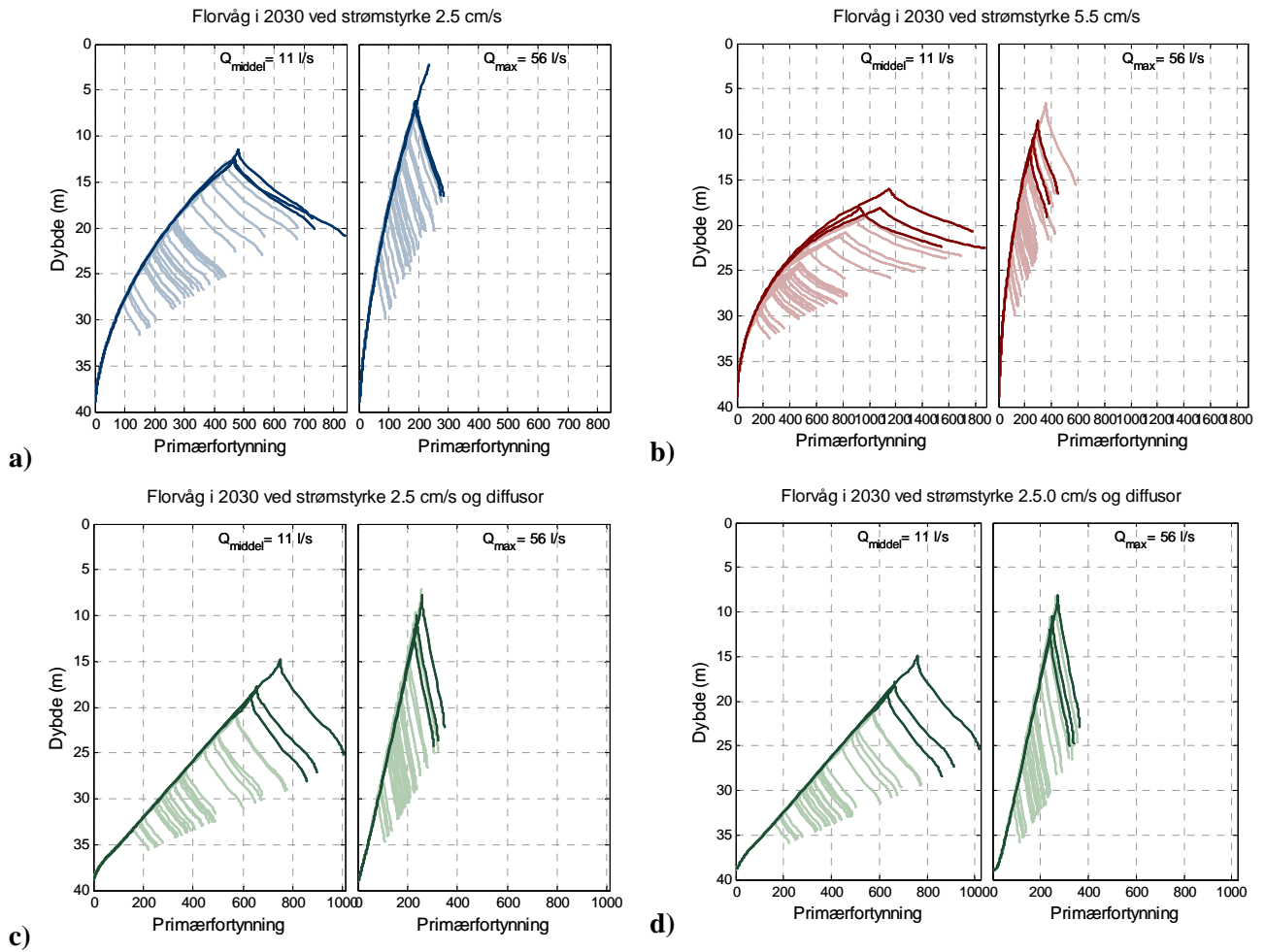
Figur 89. Primærfortynning (fortynningsfaktor ved innlagring) ved Kollevåg for innlagringsscenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2007, b) sterk strøm og vannmengder for 2007, c) midlere strøm og vannmengder for 2030, d) sterk strøm og vannmengder for 2030.



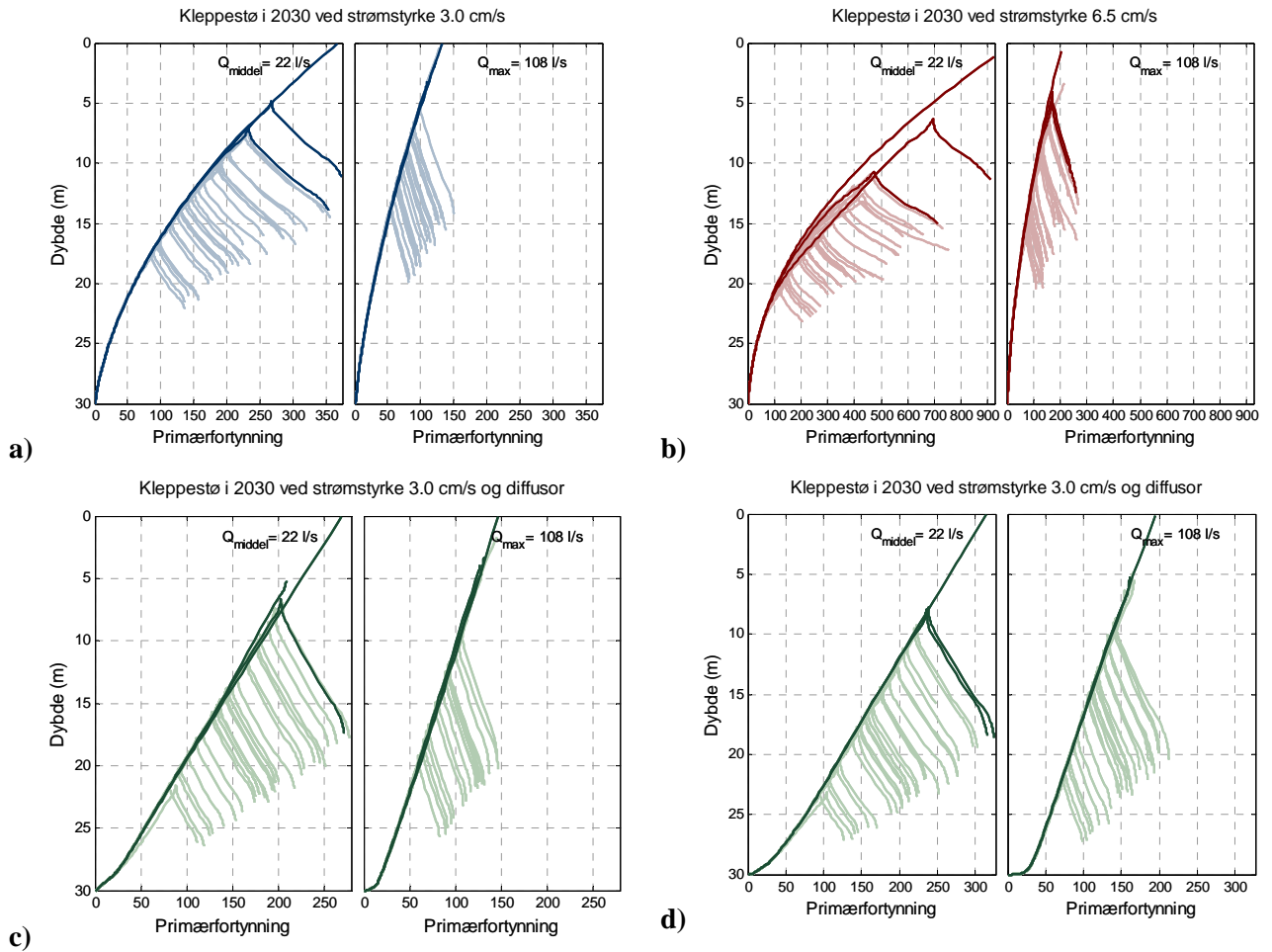
Figur 90. Primærfortynning (fortynningsfaktor ved innlagring) ved Haugadalen for innlagrings scenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2007, b) sterk strøm og vannmengder for 2007, c) midlere strøm og vannmengder for 2030, d) sterk strøm og vannmengder for 2030, e) midlere strøm, utslipp ved 40 m og vannmengder for 2030, f) midlere strøm og diffusor med vannmengder for 2030.



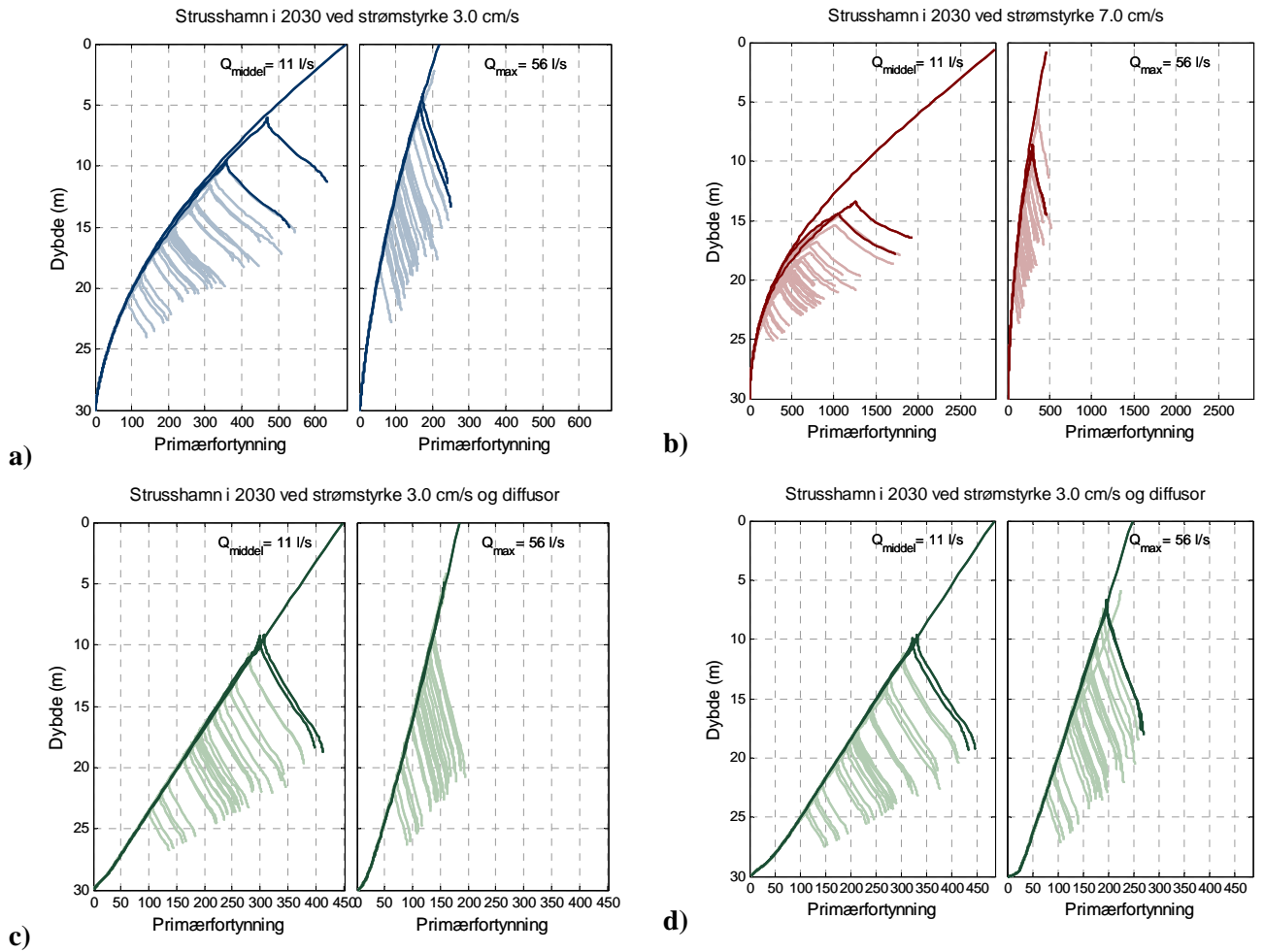
Figur 91. Primærfortynning ved Erdal for innlagrings scenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2030, b) sterk strøm og vannmengder for 2030, c) midlere strøm og diffusor med 10 hull, 3 m avstand og 8 cm hulldiameter med vannmengder for 2030, d) midlere strøm og diffusor med 10 hull, 3 m avstand og 5 cm hulldiameter med vannmengder for 2030.



Figur 92. Primærfortynning ved Florvåg for innlagrings scenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2030, b) sterk strøm og vannmengder for 2030, c) midlere strøm og diffusor med 10 hull, 3 m avstand og 8 cm hull diameter med vannmengder for 2030, d) midlere strøm og diffusor med 15 hull, 3 m avstand og 5 cm hull diameter med vannmengder for 2030.



Figur 93. Primærfortynning ved Kleppestø for innlagrings scenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2030, b) sterk strøm og vannmengder for 2030, c) midlere strøm og diffusor med 15 hull, 3 m avstand og 8 cm hull diameter med vannmengder for 2030, d) midlere strøm og diffusor med 15 hull, 3 m avstand og 5 cm hull diameter med vannmengder for 2030.



Figur 94. Primærfortynning ved Strusshamn for innlagringsscenariene a) midlere strøm og vannmengder for 2030, b) sterk strøm og vannmengder for 2030, c) midlere strøm og diffusor med 15 hull, 3 m avstand og 8 cm hulldiameter med vannmengder for 2030, d) midlere strøm og diffusor med 15 hull, 3 m avstand og 5 cm hulldiameter med vannmengder for 2030.

Vedlegg B. Stasjonsbeskrivelser og artslister fra stasjoner for beregning av indekser ved bruk av makroalger.

Tabell 21: Tabell over arter som inngikk i beregning av indekser på hver av stasjonene.

Stasjons navn	12-Lavik ST1 Askøy	Knappen, Haugaland St2, Askøy	Bekkenes, Askøy	Kleppetøkaien, Askøy	14-St 5 Erdal, Askøy
Arter	17.9.09	17.9.09	17.9.09	18.9.09	18.9.09
<i>Blidingia</i> sp.					
<i>Chaetomorpha</i> / <i>Rhizoclonium</i>	1	1			1
<i>Chaetomorpha melagonium</i>					1
<i>Cladophora rupestris</i>	1	1	1	1	1
<i>Cladophora</i> sp.	1	1	1	1	1
<i>Codium fragile</i>	1				
<i>Enteromorpha</i> sp.	1	1	1	1	1
<i>Acrosiphonia</i> / <i>Spongomorpha</i> sp					
<i>Ulothrix</i> / <i>Urospora</i>					
<i>Ulva lactuca</i>	1	1	1	1	1
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>		1			
<i>Ascophyllum nodosum</i>	1	1	1	1	1
<i>Chorda filum</i>		1			
<i>Chordaria flagelliformis</i>	1	1	1	1	1
<i>Dictyota dichotoma</i>					
<i>Fucus ceranoides</i>					
<i>Ectocarpus</i> sp.	1	1	1	1	1
<i>Elachista fucicola</i>	1	1	1	1	1
<i>Fucus serratus</i>	1	1	1	1	1
<i>Fucus spiralis</i>		1	1	1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>	1	1	1	1	1
<i>Sphacelari cirrosa</i>	1	1			
<i>Sphacelaria</i> sp.					
<i>Laminaria digitata</i>			1	1	1
<i>Laminaria hyperborea</i>	1	1	1	1	1
<i>Leathesia difformis</i>		1			
<i>Mesogloia vermiculata</i>					
<i>Pelvetia canaliculata</i>					
<i>Pilayella littoralis</i>					
<i>Ralfsia</i> sp.					
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	1				
<i>Saccharina latissima</i>	1			1	
<i>Spongonema tomentosum</i>			1	1	1
<i>Aglaothamnion</i> / <i>Callithamnion</i>	1	1	1	1	1
<i>Ahnfeltia plicata</i>	1			1	
<i>Audouinella purpurea</i>			1		
<i>Audouinella</i> sp.	1	1		1	1
<i>Calcareous encrusters</i>	1	1			1
<i>Ceramium nodulosum</i>	1	1	1	1	1
<i>Ceramium shuttleworthianum</i>					
<i>Ceramium</i> sp.	1			1	1
<i>Chondrus crispus</i>	1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>					
<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1			
<i>Dumontia contorta</i>			1		
<i>Furcellaria lumbricalis</i>					
<i>Gloeosiphonia capillata</i>					
<i>Heterosiphonia plumosa</i>			1		
<i>Hildenbrandia rubra</i>	1	1		1	1
<i>Lomentaria clavellosa</i>		1			
<i>Mastocarpus stellatus</i>	1	1		1	1
<i>Melobesia membranacea</i>					
<i>Membranoptera alata</i>	1	1	1		
<i>Nemalion helminthoides</i>					
<i>Osmunda</i> sp.					
<i>Palmaria palmata</i>		1		1	
<i>Phyllophora</i> sp.			1		
<i>Plocamium cartilagineum</i>					
<i>Plumaria plumosa</i>			1		
<i>Polysiphonia fucoides</i>	1	1	1	1	
<i>Polysiphonia lanosa</i>					
<i>Polysiphonia</i> sp.	1	1	1	1	
<i>Porphyra</i> sp.	1	1		1	1
<i>Prilota gunneri</i>					

Tabell 22: Stasjon 1 Lavik

Navn på /fjæra. (Stasjon):	12-Lavik ST1 Askøy	Dato:	17.09.2009 dd:m m:yy
Vanntype:	NO3 eller NO4	Tid:	12:30 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	WGS84	Vannstand over lavvann:	0,7 0.0 m
Nord:	60,43725793	Tid for lavvann:	16:35 hh:mm
Øst:	5,1722805		

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Plattform	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	Poeng: 2
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="text"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="text"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="text"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	2
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="text"/>	
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="text"/>	Poeng: 2

Forekomst

Forekomst	Enkeltfunn = 1	Spredt = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Dominerende Arter				
Grisetang		2		
Blåretang			3	
Mosaikk av rødalger			3	
Grønnalger		2		
Blåskjell			3	
Rur			3	
Albueskjell		2		
Strandsnegl		2		
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

15 ppt, Brunt vann, delvis sol, stille, Bratt, Glatt fjell m/sprekker.30-70-90° hyller. Kom ut elv helt innerst. Stasjonen virket noe eutrof, men bare litt nedslammet - GOD

Sum poeng 13
FJÆREPOTENSIALE 1,14

Tabell 23: Stasjon 2 Knappen, Haugland

Navn på /fjæra. (Stasjon):	Knappen, Haugaland St2. Askøy	Dato:	17.09.2009 dd:m:y
Vanntype:	NO3	Tid:	15:00 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	UTM	Vannstand over lavvann:	0,5 0,0 m
Nord:	6706611	Tid for lavvann:	16:35 hh:mm
Øst:	288993		

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Platformer	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	Poeng: 2
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="text"/>	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="text"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="text"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	Poeng: 2
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="text"/>	
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="text"/>	
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="text"/>	
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="text" value="2"/>	
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="text"/>	

Forekomst

Dominerende Arter	Enkeltfunn = 1	Spredt = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Grisetang	1			
Blæretang			3	
Mosaikk av rødalger			3	
Grønnalger		2		
Blåskjell		2		
Rur			3	
Albueskjell				
Strandsnegl		2		
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

17 ppt, Mindre brunt vann, delvis sol, stille, Slakt, glatt fjell m/sprekker. Endel store stein undervann. Stasjonen virket lite eutrof og ubetydelig nedslammet – GOD / MEGET GOD.

Tabell 24: St 3 Bekkenes

Navn på /fjæra. (Stasjon):	Bekkenes, Askøy	Dato:	17.09.2009 dd:mm
Vanntype:	NO3 kanskje NO26	Tid:	17:30 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	UTM32	Vannstand over lavvann:	0,2 0,0 m
Nord:	6716572	Tid for lavvann:	16:35 hh:mm
Øst:	280647		

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Plattform	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	Poeng: 5
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/> 3	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	Poeng: 2
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Forekomst

Dominerende Arter	Enkeltfunn = 1	Spredd = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Grisetang	1			
Blæretang			3	
Mosaikk av rødalger		2		
Grønnalger		2		
Blåskjell		2		
Rur		2		
Albueskjell		2		
Strandsnegl		2		
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

25ppt, Klart vann, overskyet, stille, Slakt og bratt, glatt fjell m/sprekker. Hyller under vann. Stasjonen lite eutrof og ubetydelig nedslammet – GOD / MEGET GOD. Kanskje mer lik NO26?

Sum poeng 16
FJÆREPOTENSIALE 0,9

Tabell 25: Stasjon 4 Kleppestø

Navn på /fjæra. (Stasjon):	Kleppestøkaien, Askøy			Dato:	18.09.2009 dd:m m:yy
Vanntype:	NO3			Tid:	08:10 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	WGS84			Vannstand over lavvann:	0,7 0,0 m
Nord:	60,40701913			Tid for lavvann:	05:06 hh:mm
Øst:	5,22920729				

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Platformer	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	Poeng: 4
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	2
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Forekomst

Dominerende Arter	Enkeltfunn = 1	Spredt = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Grisetang	1			
Blæretang				3
Mosaikk av rødalger		2		
Grønnalger				3
Blåskjell				3
Rur		2		
Albueskjell				
Strandsnegl				
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

15 ppt, Eksponert mht båttrafikk, overskyet, stille, Bratt, glatt fjell m/sprekker. Avsattser og hyller under vann. Stasjonen virket eutrof og tydelig lukt av avløpsvann – GOD / MODERAT. 2-3m sikt, Mye LAMHY og ULVIN. Lagdeling.

Sum poeng 15

Tabell 26: St 3 Bekkenes

Navn på /fjæra. (Stasjon):	Bekkenes, Askøy	Dato:	17.09.2009 dd:m nr
Vanntype:	NO3 kanskje NO26	Tid:	17:30 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	UTM32	Vannstand over lavvann:	0,2 0,0 m
Nord:	6716572	Tid for lavvann:	16:35 hh:mm
Øst:	280647		

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Plattform	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	Poeng: 5
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/> 3	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	2
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Forekomst

Dominerende Arter	Forekomst			
	Enkeltfunn = 1	Spredd = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Grisetang	1			
Blæretang			3	
Mosaikk av rødalger		2		
Grønnalger		2		
Blåskjell		2		
Rur		2		
Albueskjell		2		
Strandsnegl		2		
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

25ppt, Klart vann, overskyet, stille, Slakt og bratt, glatt fjell m/sprekker. Hyller under vann. Stasjonen lite eutrof og ubetydelig nedslammet – GOD / MEGET GOD. Kanskje mer lik NO26?

Sum poeng 16
FJÆREPOTENSIALE 0,9

Tabell 27: Stasjon 4 Kleppestø

Navn på /fjæra. (Stasjon):	Kleppestøkaien, Askøy			Dato:	18.09.2009 dd:m m:yy
Vanntype:	NO3			Tid:	08:10 hh:mm
Koordinat type (EU89, WGS84, UTM m /sone, STATENS SJØKART, etc)	WGS84			Vannstand over lavvann:	0,7 0,0 m
Nord:	60,40701913			Tid for lavvann:	05:06 hh:mm
Øst:	5,22920729				

Beskrivelse av fjæra

Turbid vann ? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	Poeng: 6
Sandskuring ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Kalkstein ?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	

Dominerende fjæretype (Habitat)

Små kløfter/ sterkt oppsprukket fjell/overheng/ Platformer	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>	Poeng: 4
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Små, middles og store kampestein	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Bratt / Vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/> 2	
Uspesifisert hardt substrat	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:	<input type="checkbox"/>	
Shingle/Grus	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>	

Andre fjæretyper (Subhabitat)

Brede grunne Fjærepytter (Rockpools)(>3m bred og <50cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>
Store fjærepytter (>6m long)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>
Dype fjærepytter (50% >100cm dyp)	Ja = 4	Svar:	<input type="checkbox"/>
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>
Store huler	Ja = 3	Svar:	<input type="checkbox"/>
Større overheng og vertikal fjell	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:	<input type="checkbox"/>
Ingen	Ja = 0	Svar:	<input type="checkbox"/>

11 ppt, Overskyet, stille, Bratt, glatt fjell m/sprekker. Avsatser og store stein under vann. Stasjonen virket litt eutrof, men ferskvannspåvirket – GOD 3m sikt, Mye ECTOZ og HALSI. Lagdeling. NO4?

Forekomst

Dominerende Arter	Enkeltfunn = 1	Spredt = 2	Vanlig = 3	= Dominerende = 4
Grisetang	1			
Blæretang				3
Mosaikk av rødalger		2		
Grønnalger				3
Blåskjell				3
Rur		2		
Albueskjell				
Strandsnegl				
Sjøpinnsvin i sjøsonen				

Sum poeng 15

Vedlegg C. Vedlegg fra bløtbunnsundersøkelser.

Vedleggstabell 1. Artsliste



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
SEKSJON FOR ANVENDT MILJØFORSKNING
(SAM)

Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 65 Telefaks: 55 58 45 25



Test 157

BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): NIVA-Vestlandsavd.

Prosjekt nr.: 803228

Prøvetakingssted (område): Hauglandsosen, Askøy

Dato for prøvetaking: 8. og 9. juni 2009

Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Stein i åpningen: Fol 2 4. Hugg. Lite sediment: Haug 2 3. Hugg.

Artene er identifisert av: Per Johannessen

Metode: Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger NS-EN ISO 16665 og interne standard forskrifter.

Opplysninger om merker i artslisten:

For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

+ i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).
cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.

* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

fjellbunn undersøkt ved hjelp av trekantskrape. Bare *Polychaeta* fra 1. hugg ført til art.

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av 15 sider.

Artslisten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra SAM.

Signatur:.....*P.O. Johannessen*.....
Signaturberettiget

Stasjon	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Anthozoa												
<i>Cerianthus lloydii</i>									2/1		2	
<i>Edwardsia</i> sp.								1		1		1
* Nemertini indet.					1		5	2	18	3	15	2
* Nematoda indet.	12976	11168	5504	7007	2504	1793	5907	555	12	7	91	55
Polychaeta												
<i>Paramphinome jeffreysii</i>			1									
Polynoidea indet.			1		1	5	5	1				
<i>Pholoe baltica</i>					2	7	14	3	20	2	15	10
Phyllodoceidae indet.										1	3	4
<i>Notophyllum foliosum</i>										1	1	
<i>Phyllodoce groenlandica</i>											0/1	
<i>Phyllodoce mucosa</i>	2	13	3		74	32	111	21				
<i>Eteone longa</i>					7	3	11/1	2				
<i>Kefersteinia cirrata</i>								1				
<i>Nereimyra punctata</i>					3				6	2	5	1
<i>Ophiodromus flexuosus</i>							0/1					
Syllidae indet.										4	1	7
<i>Exogone</i> sp.					1		11	9	1	19	7	15
<i>Nereis pelagica</i>									1	1		
<i>Nephtys pente</i>					1							
<i>Sphaerodoropsis flavum</i>									1		1	
<i>Glycera lapidum</i>					2/1	7/2	4/1	1	11	18	16	33
<i>Hyalinoecia tubicola</i>											1	
Lumbrineridae indet.					1		1		5	1	6	4
Dorvilleidae indet.			72	1								
<i>Protodorvillea kefersteini</i>								1				5
<i>Phylo kupfferi</i>										1		1
<i>Scoloplos armiger</i>					9/1	2/1	23	10		17		15
<i>Aonides oxycephala</i>							1					
<i>Aonides paucibranchiata</i>											1	11
<i>Laonice bahusiensis</i>									2			
<i>Laonice sarsi</i>											0/2	
<i>Malacoceros fuliginosa</i>	656	320	384	256	72	22	29	1				
<i>Polydora</i> sp.										2	4	
<i>Prionospio steenstrupii</i>	1				27	17	6	6				
<i>Prionospio cirrifera</i>							1		16	48	21	33
<i>Scoelepis korsuni</i>										1		8
<i>Spio</i> sp.										1	2	3
<i>Spiophanes kroeyeri</i>										1		
<i>Spiochaetopterus typicus</i>					1							
<i>Aricidea</i> sp.									6			2
<i>Paraonis</i> sp.										8		1
<i>Aphelochaeta</i> sp.					1				1	5	1	2
<i>Chaetozone</i> sp.						1	3				1	1
<i>Cirratulus cirratus</i>					7	4	20	7	1	2	2	
<i>Cirriformia tentaculata</i>		1			7/14	11/15	4/31	1/14				
<i>Dodecaceria concharum</i>											1	

Stasjon	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Macrochaeta clavicornis										1	1	
Lipobranchus jeffreysii									2		4	
Scalibregma inflatum						1			2		3	
Capitella capitata	3808	7552	3392	1952	3240	5129	6359	1632				
Notomastus latericeus					0/4	0/11	0/105	0/29	7	33	3	19
Arenicola marina					+	2						
Maldanidae indet											1	
Myriochele oculata										1		
Owenia borealis						1	1			4		1
Pectinaria koreni						1						
Sabellides octocirrata							1		1		3	
Sosane sulcata												1
Amphitrite cirrata									7		9	4
Thelepus cincinnatus					1				2		1	2
Polycirrus latidens					1		3	3		4		4
Polycirrus medusa										1		
Hauciella tribullata											1	
Trichobranchus roseus											1	
Sabellidae indet.									3	1	7	4
Hydroides norvegica										2		1
Oligochaeta indet.		5			50	2	3	10	1	1	3	1
Sipuncula indet.									5	2		
Phascolion strombus										2	1/1	1
Crustacea												
* Calanus finmarchicus	1		2	1	1	1		4	3		2	
* Calanus hyperboreus									1			
* Chiridius armatus				2	1							
* Temora longicornis									1			
* Nebalia sp.	9	1	1	3								
* Idotea sp.	5	3		4								
* Amphipoda indet.	2	3			1	1	2			1	1	2
* Decapoda indet.					0/1		0/1	0/2				
* Pagurus prideaux									1			
* Paguridae indet.							2					
* Liocarcinus pusillus											1	1
Mollusca												
Leptochiton asellus											1	
Euspira pulchella									1			1
Euspira montagui												1
Mytilidae indet.											0/1	
Limatula subauriculata									0/1			
Lucinoma borealis						1		1				
Thyasira flexuosa					2	2	4					1
Thyasira sarsii					7	7	12	4				
Astarte montagui									12/3		16/7	
Abra alba							1					
Timoclea ovata											1	
Dentalium entalis												1

Stasjon	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 1	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Ju 2	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6	Kolle 6
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Asterias rubens						0/1						
Echinodermata												
* Ophiuroidea indet.					0/1							
Ophiopholis aculeata							0/2					
Amphipholis squamata									2/4		0/10	
Echinoida indet.					0/1							
Ekmania barthii											1	
Synaptidae indet.										2	2	1
Pogonophora												
* Siboglinum fiordicum											+	
Enteropneusta indet.										5	3	10
* Chaetognatha indet.											1	
Ascidacea indet.							1					
* Pisces egg.	4	1	8	3	5	15	2	4	1	3		1
* VARIA	+		+		+	+	+				+	

Stasjon	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	
* Porifera indet.					+	+					+		
* Cliona sp.						+	+	+				+	+
Sycon sp.			+		1							1	
* Hydrozoa indet.	+			+	+	+	+		+	+	+	+	
Anthozoa													
Cerianthus lloydii	1			2	7			1	5/1	5	5		
Gonactinia prolifera	1				34	4	54	4	43			13	6
Edwardsia sp.			2		1		1	1	5/1	3	5	2	
Actinidae indet.							1	1					
Adamsia palliata								1					
* Platyhelminthes indet.							1						
* Nemertini indet.	14	12	2	7	11	16	11	12	13	9	7	2	
* Nematoda indet.	30	40	25	118	69	37	60	50	7	58	87	71	
Polychaeta indet.	2							4					
Paramphinome jeffreysii					2/1	1					1		
Polynoidae indet.		1	1	3	20	20	19	4	5			3	2
Pholoe baltica	13	13	2	19	7/19	22	13/15	1/7	2			2	2
Pisione remota				1									
Phyllocidae indet.	7	3	1	1	2	4	4	2	3	2	4	2	
Notophyllum foliosum					1		1			1		1	
Phyllococe sp.						1		1	1				
Eteone longa			3		2	1	4	6	3	3	2		
Kefersteinia cirrata							1						
Nereimyra punctata	2	6	1	5	6/8	5/5	2/9	1/3	4/4	2	3/3	1/1	
Syllidae indet.	9	2	3	2	7	10	4		6	3	5	5	
Exogone sp.	24	3	45	9	56	47	112	32	30	11	23	17	
Eunereis longissima						1							
Nereis pelagica					23	6/2	10/5	5/1	4/4	0/1	2/4	2/6	

Stasjon	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
<i>Sphaerodoropsis philippi</i>								1				
<i>Sphaerodoropsis flavum</i>	1	3	1		5	2	5	1	3		1	1
<i>Glycera lapidum</i>	6/4	4/9	4/22	1/16	7/31	2/24	7/40	6/28	2/45	4/45	3/43	5/24
<i>Goniada maculata</i>		1										
Lumbrineridae indet.	10	5	10	9	102	42	49	22	26	15	25	15
Dorvilleidae indet.									1		1	
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	5	2	1	2	19	31	15	4	2	1	2	1
<i>Phylo kupfferi</i>	1	1										
<i>Scoloplos armiger</i>			1		1	12	8/13	9/32	0/2		0/1	1/4
Spionidae indet.					2	3						
<i>Aonides paucibranchiata</i>	2		7	5	43/42	41/10	54/46	58/86	95	77	48	19
<i>Laonice bahusiensis</i>					1	1/1	0/1				0/1	
<i>Laonice sarsi</i>		0/1										
<i>Polydora</i> sp.	11	5	12	4	88	7	4	16	51	5	30	15
<i>Prionospio cirrifera</i>	19	13	22	20	59	45	60	84	82	29	61	34
<i>Scolecopsis korsuni</i>			8		2	2	6/1	5	10	14	3	1
<i>Spio</i> sp.	2		2	1		1	1/3	2/1		1	3	1
<i>Spiophanes wigleyi</i>		1		1								
<i>Apistobranchus tenuis</i>					1		7	14	1			
<i>Spiophanes kroeyeri</i>		1	1									
<i>Chaetopterus norvegicus</i>						1						
<i>Aricidea</i> sp.	4	7	2	4					1		2	
<i>Paraonis</i> sp.	2	4	2	3	1			1	3		1	1
<i>Aphelochaeta</i> sp.		1	8	3		1	11	14	6	2	7	3
<i>Chaetozone</i> sp.							7	20				
<i>Cirratulus cirratus</i>	3/1	2	4	1	24/15	5	4/1	3	2/10	0/2	12/3	7/2
<i>Dodecaceria concharum</i>	1				0/8		2/4	1/6			2	1
<i>Macrochaeta clavicornis</i>	3	2	1		9	18	13	16	1		6	
<i>Diplocirrus glaucus</i>							0/1					
<i>Pherusa falcata</i>							1/1					
<i>Lipobranchus jeffreysii</i>	1			1								
<i>Scalibregma inflatum</i>			1	1	3	1	4/3	3/2				
<i>Capitella capitata</i>					1		2	3				
<i>Heteromastus filiformis</i>					1	1						
<i>Mediomastus fragilis</i>									1			
<i>Notomastus latericeus</i>	3/7	3/3	3/11	4/6	2/79	0/34	2/70	1/97	0/42	1/39	1/48	0/53
Maldanidae indet		3		3	17	3	6	1	9	3	7	5
<i>Owenia borealis</i>	2	4	2	2	1		5	2	7	1	8	1
<i>Pectinaria auricoma</i>					1		1					
<i>Sabellides octocirrata</i>	1		4	5	5		1/1	0/1	1/3		0/5	0/3
<i>Sosane sulcata</i>	2/1	1	4/1	1	5		4/1	4	1	4		
<i>Anobothrus gracilis</i>					1							
<i>Amphitrite cirrata</i>	7	7		4	1							
<i>Eupolymnia nesidensis</i>					0/2	0/1		0/1	0/2		1	
<i>Pista bansei</i>					7	11	5/2	6/2	2	1	4	3
<i>Pista malmgreni</i>							1	1				
<i>Pistella lornensis</i>			1									
<i>Thelepus cincinnatus</i>	2		1	1								

Stasjon	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Polycirrus latidens	2	1			2		3					
Polycirrus sp.												0/1
Hauciella tribullata		1		3								
Terebellides stroemi						1/1	1/2		1			
Sabellidae indet.	4	9	15	13	247	220	234	151	106	129	231	106
Euchone sp.	1			1	1							
Jasmineira sp.											1	
Hydroides norvegica	15		1	4/1	76/20	104	97	16/20	88	14	65	19
Pomatoceros triqueter						2/1	9		2			
Spirorbis sp.					3	17	22				1	
Oligochaeta indet.	2	1	1		14	4	9	6	1	2	2	1
Sipuncula indet.	5	1	1	3	42	1	1		50	5	45	17
Phascolion strombus	2	2	1	3		1		1	0/1		2	
Crustacea												
* Calanus finmarchicus	3	1	3	2	4	1	2	1	4	2	2	
* Chiridius armatus						1						
* Harpacticoida indet.								1				
* Mysidacea indet.								2				
* Janira maculosa												1
* Amphipoda indet.	2	2	2		50	13	20	2	14	4	11	5
* Caprellidae indet.					3	3	2					1
* Decapoda larve			0/2									
* Thoralus cranchii							1					
* Pandalina sp.						2						
* Galathea intermedia					2	1	1/1		5			2
* Pagurus prideaux								1				
* Paguridae indet.					12		2				1	
* Ebalia sp.								1				
* Ebalia tuberosa					1	1						
* Liocarcinus pusillus							1			1		
* Inachus dorsettensis											0/1	
* Pycnogonida indet.					1		1	1				
Mollusca												
Leptochiton asellus					22/8	12/4	13/5	4/1	5/4		1/1	4/1
Tonicella rubra					1							
Acmaea virginea					2/2	2/1	3/1		1/1		2	
Gibbula tumida									1			
Rissoa parva					0/1							
Velutina velutina							1					
Euspira pulchella					1/1	1	1	1	1	1	2	
Polygireulima sinuosa					3							
Vitreolina philippi					1	1		1				
Nassarius incrassata									2		1	
Odostomia acuta						1						
Retusa truncatula					1	1						
Nudibranchia indet.					4	7	2	1	2	1	2	
Modiolarca subpicta							0/1					
Modiolula phaseolina											0/2	

Stasjon	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Kolle 7	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 1	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2	Hetle 2
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
<i>Limatula subauriculata</i>					1							
<i>Aequipecten opercularis</i>		1				1						
<i>Hyalopecten similis</i>				0/4								
<i>Heteranomia squamula</i>											2	
<i>Pododesmus patelliformis</i>							1					
<i>Lucinoma borealis</i>							0/1	0/1	1		0/1	
<i>Myrtea spinifera</i>			1									
<i>Thyasira flexuosa</i>		1						1			1	0/1
<i>Astarte montagui</i>	28/3	10/2	1	12/2		1	0/1			0/1	2/3	
<i>Parvicardium ovale</i>										2	1	
<i>Parvicardium scabrum</i>							0/2					
<i>Dosinia lincta</i>										1/1		
<i>Venerupis rhomboides</i>					1							
<i>Timoclea ovata</i>			1	1	0/1	1			0/1			
<i>Hiatella</i> sp.					3/4	2	1/1	0/1	1		0/1	
<i>Thracia villosiuscula</i>			2		1							
<i>Cochlodesma praetenu</i>					2/1						1	
<i>Lyonsia norwegica</i>							0/1					
Phoronida indet.							9					1
* Bryozoa skorpeformet	+				+	+	+	+	+	+	+	
* Bryozoa grenet			+		+	+	+	+	+	+	+	
Echinodermata												
<i>Asterias rubens</i>					1		1/1				0/1	
<i>Ophiotrix fragilis</i>								1	0/1			
<i>Ophiopholis aculeata</i>		1				0/1						
<i>Amphipholis squamata</i>	1	4/3		1/1	10/51	1/29	6/22	7/7	7/18	1/5	4/23	2/9
<i>Ophiocomina nigra</i>							1/1					
<i>Ophiura affinis</i>	0/1	0/1						0/1				2/3
<i>Ophiura albida</i>					2/17	2	2/6	0/1	2/3		1/11	0/2
<i>Ophiura</i> sp.			0/1									
<i>Echinus esculentus</i>					0/2	0/1	0/5		0/4		0/3	0/1
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>						1	0/1		1			
<i>Echinocyamus pusillus</i>					4				1	2	3	1
<i>Echinocardium flavescens</i>				2							1	
<i>Ocnus lacteus</i>		1										
<i>Leptosynapta</i> sp.		1										
Synaptidae indet.	1			2	8	1	2	1	+	1	2	2
Enteropneusta indet.	18	5	17	13	12	2	6	4	5	3	1	2
* Chaetognatha indet.			1			5	3	1	3			
Hemichordata												
Ascidacea indet.	2		1		11	8	16	1	8	1	7	
* <i>Branchiostoma lanceolatum</i>										1		
* Pisces egg.			2	3	6	2	5	7	6	1	6	1
* VARIA				+	+	+	+	+	+		+	

Stasjon	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Ha 10	Ha 10	Ha 10	Ha 10
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4*	5	1	2	3	4
* Porifera indet.	+			+		+	+					
* Cliona sp.	++			+	+							
* Hydrozoa indet.	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Anthozoa												
Cerianthus lloydii	4	1	0/1	5			1/1	1				
Gonactinia prolifera	2	1		1	2	2						
Edwardsia sp.	8	7	5	3								
Actinidae indet.				2								
* Platyhelminthes indet.		1										
* Nemertini indet.	5	2	4	3	5	11	6	4	20	31	21	29
* Nematoda indet.	38	23	16	31	52	11	31	17			1	
Polychaeta indet.						3	3	3				
Paramphinome jeffreysii	1					1			36	25	31	90
Aphrodita aculeata									0/1		0/1	
Polynoidae indet.				1	2	1		3				
Pholoe baltica	1	2	1	2	6	14	8	6			1	1
Pholoe pallida									5	2	2	12
Neoleanira tetragona										1	1	1
Phyllococidae indet.	3	2	3	1	3	3	2					
Notophyllum foliosum				1			1					
Phyllococe sp.					4	3						
Eumida bahusiensis						3	5					
Eteone longa		1										
* Tomopteris sp.									1			
Nereimyra punctata				1	1/4	6/5	5/11	1/5	2			1
Syllidae indet.	6	4	1		2	1						
Exogone sp.	7	10	3	16	3	1	6		1		3	2
Ceratocephale loveni									2	11	4	4
Nereis pelagica				1/1	1/4	0/2		0/1				
Nephtys cirrosa						1						
Nephtys incisa									1		0/1	2
Nephtys paradoxa									1	2/2		1
Sphaerodoropsis flavum		1				2		3				
Glycera lapidum	3/17	3/27	3/18	5/22	3/10	3/5	0/4	1/3				0/1
Goniada maculata							1					
Hyalinoecia tubicola							2					
Eunice pennata							2	1				
Lumbrineridae indet.	6	10	4	8	17	15	20	14	11	3	11	12
Dorvilleidae indet.							1					
Protodorvillea kefersteini	1											
Phylo kupfferi		1										
Phylo norvegicus							1/1					
Aonides paucibranchiata	11	16	9	21								
Laonice bahusiensis			0/1	1	3	1	3	1				
Polydora sp.	12	7	2	19	3		3		41	45	21	30
Prionospio steenstrupii										2	2	2
Prionospio cirrifera	27	50	16	49	4	7	6	1				
Scolecopsis korsuni	3	6	10	7/1			4	1				

Stasjon	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Ha 10	Ha 10	Ha 10	Ha 10
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4*	5	1	2	3	4
Spio sp.		2										
Apistobranchus tenuis										1		
Spiophanes kroeyeri			2		5	6	8	4	0/1	0/3	0/1	0/2
Chaetopterus norvegicus		+										
Spiochaetopterus typicus					1				6	1	1	1
Aricidea sp.	2	3	2	4	5		4	2				
Levinsenia gracilis		1	1						5	3	4	3
Paraonis sp.	4			3		5						
Aphelochaeta sp.	9	8	5	7	14	8	2	16		2		2
Chaetozone sp.					2	4		1				
Cirratulus cirratus		1		11/5			2					
Flabelligeridae indet.								1				
Diplocirrus glaucus									2	3	3	3
Pherusa falcata										1		1
Ophelina cylindricaudata												0/1
Lipobranchus jeffreysii					3	4	2					
Scalibregma inflatum				1								
Capitella capitata					5	2	4	1				
Notomastus latericeus	4/16	1/25	0/10	8/37	4/2	7/2	3	2/2	0/8	0/20	0/10	1/28
Rhodine loveni										2		1
Maldanidae indet.	1	1	2	5		2		1		2		5
Myriochele oculata	1		2			1		2				
Owenia borealis	2	8	5	3				1				
Pectinaria auricoma		1								1		
Pectinaria belgica									2/1	4	2	1
Ampharete falcata					1	1	1			0/1		
Sabellides octocirrata	1/1	2				2	6/1					
Sosane sulcata	6/5	9/2	13/1	4/2	1		1/1					
Lysippides fragilis								1				
Melinna elisabethae					2	4	7	4				
Amphitrite cirrata				1	9	3/12	5/1	3				
Eupolymnia nebulosa					7/4	20/12	12/5	13/5				
Eupolymnia nesidensis				1								
Pista bansei	0/2	0/6	1/8	0/7								
Pista malmgreni							1	0/1				
Polycirrus sp.		4	3	5		1		2				
Trichobranchus roseus						1	1	1				
Terebellides stroemi				1					0/3	0/3		0/3
Sabellidae indet.	90	75	75	77	9	4	2	5	1	3	1	5
Euchone sp.		1		3	4	4	1	3				
Hydroides norvegica		1	2	5	1	1	1	1				
Pomatoceros triqueter				1			1					
Spirorbis sp.								41				
Oligochaeta indet.		2	1	7	5					1	4	2
Sipuncula indet.	4			1	4	5	7	2				
Phascalion strombus		2	1		2		2	1				
Onchnesoma steenstrupi									1			
Nephasoma cf. minutum										2	2	2

Stasjon	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Ha 10	Ha 10	Ha 10	Ha 10
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4*	5	1	2	3	4
Crustacea												
* Calanus finmarchicus		3	1	1	2	1	2			5		1
* Calanus hyperboreus										4	1	
* Chiridius armatus								1	4	4	1	
* Euchaeta norvegica									1			
* Metridia lucens										1		
* Heterorhabdus norvegicus										1		
Verruca stroemi						1	3					
* Philomedes globosus						4		2				
* Eudorella emarginata												1
* Eudorella truncatula											1	2
* Diastylis cornuta					1							1
* Apseudes spinosus						1		3				
* Natatolana borealis							1	1				
* Janira maculosa						1		1				
* Amphipoda indet.	5	6	10	4	9	21	4	5		1		
* Hyperiidæ indet.										1		
Eriopisa elongata						2			3/2	3/1	2	1
* Meganyctiphanes norvegica												1
* Decapoda indet.	0/1											
* Eualus pusiolus					1							
Calocaris macandreae										0/1		
* Munida sp.												1
* Paguridae indet.			1	0/1								
* Inachus dorsettensis		0/1										
* Pycnogonida indet.												3
Mollusca												
Caudofoveata indet.						2		1	3	5	1	1
Leptochiton asellus			1	5/2	5/6	25/14	7/11	11/13				
Tonicella rubra			0/1	1								
Ischnochiton albus						1		0/1				
Acanthochitona fascicularis						0/2		0/2				
Gastropoda juv indet							0/1					
Anatoma crispata						2/3		2/1				
Acmaea virginea					1							
Iothia fulva						1						
Gibbula tumida						0/2						
Alvania punctura						2						
Alvania zetlandica						1						
Velutina velutina						1	1					
Euspira pulchella				1								
Euspira montagui							1	2				
Odostomia conspicua								1				
Cylichna umbilicata									1		1	1
Nudibranchia indet.								2				
Nucula nucleus						14/1		6/1		1		2/1
Nucula sulcata									1/2	1	1/1	
Nucula tumidula									12	16/3	11/1	9/1

Stasjon	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Ha 10	Ha 10	Ha 10	Ha 10
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4*	5	1	2	3	4
<i>Yoldiella lucida</i>									2	6/1	0/5	1/2
<i>Yoldiella philippiana</i>										1		
<i>Modiolula phaseolina</i>					2/2	12/13	6/12	1/4				
<i>Batharca pectunculoides</i>									0/1		1	
<i>Limea loscombi</i>	1				1		0/1	3/1				
<i>Limatula gwyni</i>					4	5	1	0/1				
<i>Limatula subauriculata</i>	1			1								
<i>Delectopecten vitreus</i>												2
<i>Palliolium furtivum</i>						0/7	1/3	1/1				
<i>Palliolium striatum</i>					1							
<i>Hyalopecten similis</i>		0/1			4/19	0/5	2/11	0/3				
<i>Heteranomia squamula</i>					1							
<i>Pododesmus squama</i>						1						
<i>Lucinoma borealis</i>			0/1		1			2				
<i>Myrtea spinifera</i>					2	0/3	1					
<i>Thyasira flexuosa</i>					2	7/5	2/6	5/2				
<i>Thyasira sarsii</i>	0/1				0/1				0/1			
<i>Thyasira equalis</i>									8/7	15/7	26/2	17/3
<i>Mendicula ferruginosa</i>						1		0/1				
<i>Adontorhina similis</i>									5	4	5	6
<i>Montacuta ferruginosa</i>		1							1			2
<i>Astarte montagui</i>	4	1/1	1	6	0/1	2/4	1/3	0/2				
<i>Astarte sulcata</i>					1	5/7	2/5	1				
<i>Parvicardium ovale</i>	1			2		1						
<i>Abra nitida</i>										1		4
<i>Arctica islandica</i>	1											
<i>Kelliella abyssicola</i>									12/9	7/13	4/4	14/8
<i>Dosinia lineta</i>		1										
<i>Timoclea ovata</i>	1	1	2/2		2	1/1	0/1	6/1				
<i>Mysia undata</i>				1								
<i>Hiatella sp.</i>	1			4		0/1	1					
<i>Thracia villosiuscula</i>						1						
<i>Cochlodesma praetenu</i>			1		1							
<i>Lyonsia norwegica</i>							1	0/1				
<i>Cuspidaria abbreviata</i>									1/1	5/3	2/1	8/3
<i>Dentalium entalis</i>										0/1		
<i>Entalina tetragona</i>										3	1	1
Brachiopoda												
<i>Crania anomala</i>						3/1	1	3				
Phoronida indet.	8	1	2	5								
* Bryozoa skorpeformet	+			+	+	+	+	+				
* Bryozoa grenet	+	+	+	+	+	+	+	+				
Echinodermata												
<i>Crossaster papposus</i>						0/1						
<i>Ophiopholis aculeata</i>						1/6	2/3	0/1				
<i>Amphipholis squamata</i>	0/2	3		1	1/4	4/6	1/6	1		1/1		
<i>Amphiura chiajei</i>									2/6	0/1		2/4
<i>Amphilepis norvegica</i>									1/4	3/11	5/2	9/18

Stasjon	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Ha 10	Ha 10	Ha 10	Ha 10
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3	4*	5	1	2	3	4
Ophiura affinis		1/1		1	0/1		2/1			0/1		
Ophiura albida				0/3		1	1	1				
Ophiura sp.											0/1	0/1
Echinus esculentus				0/1								
Echinus acutus						1		0/1				
Strongylocentrotus droebachiensis			1				0/2					
Echinocyamus pusillus		3		4	1	1						
Brissopsis lyrifera									2	1	1	1
Echinocardium flavescens		1					2		0/1	0/1		
Psolus squamatus					2	1						
Ocnus lacteus				0/1	0/2							
Ekmania barthii						0/3	0/1	2				
Synaptidae indet.	1	1		1	7	6	4	4				
* Siboglinum fiordicum					+		+					
Enteropneusta indet.	1		1	1	3		6	1				
* Chaetognatha indet.			1				1	1				
Ascidacea indet.	6	3	1	5	10	4	3	1				
* Pisces egg.	2	5	2	3	2	1	1		5	2	1	1
* VARIA	+	+		+	+	+	+					+

Stasjon	A 24	A 24	A 24	A 24	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3*	4	5	1	2	3	4
* Porifera indet.		+		+	+			+	+			+
Sycon sp.				1								
* Hydrozoa indet.		+				+		+	+		++	+
Anthozoa												
Cerianthus lloydii			1		12	8	5	4			1	
Gonactinia prolifera								1				11
Edwardsia sp.					9	5	10	6	1		1	
Paraedwardsia cf. arenaria		2	1									
Actinidae indet.	2	4	2	9								
* Nemertini indet.	5	7	6	4	12	8	6	3		1	1	9
* Nematoda indet.	28	18	27	45	21	6	41	61	6			
Polychaeta												
Aphrodita aculeata		0/1		0/1								
Polynoidae indet.				2		1	3	3	2			
Pholoe baltica	2		3	3	5	9	9	8	2			
Sthenelais limicola				1								
Phyllodoceidae indet.		2		1		1		1	1			
Phyllodoce sp.	1		1									
Phyllodoce mucosa									16			
Phyllodoce rosea		1										
Eumida bahusiensis							1					
Eumida sanguinea					2							
Eteone longa		1			3	5	11	12				
Kefersteinia cirrata		2		4	1							
Nereimyra punctata							1					
Syllidae indet.					34	33	30	49				
Exogone sp.	3	2	1	2	19	16	29	40	1			

Stasjon	A 24	A 24	A 24	A 24	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3*	4	5	1	2	3	4
<i>Nereis pelagica</i>					2/1		1		1			
<i>Sphaerodoropsis flavum</i>					2							
<i>Glycera lapidum</i>	2/7	1/5	0/8	1/6	0/16	2/16	6/26	1/25				
<i>Goniada maculata</i>					1	2	1					
<i>Goniada norvegica</i>			1									
<i>Hyalinoecia tubicola</i>				0/2								
Lumbrineridae indet.	17	13	15	21	118	101	87	104	1			
Dorvilleidae indet.									0/9			
<i>Protodorvillea kefersteini</i>				1	2	1	4	2				
<i>Orbinia</i> sp.		0/1										
<i>Scoloplos armiger</i>					7/37	11/62	30/102	24/124	1/8			
<i>Aonides paucibranchiata</i>					1	4	2	4				
<i>Laonice sarsi</i>	1	1	0/2									
<i>Malacoceros fuliginosa</i>					1		8	2				
<i>Polydora</i> sp.					22	21	27	30				
<i>Prionospio cirrifera</i>		1		1	31	41	41	53				
<i>Scolecopsis korsuni</i>					0/1		1/3	2				
<i>Spiophanes wigleyi</i>	1											
<i>Apistobrancheus tenuis</i>	1		1				1					
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	32	42	59	71								
<i>Aricidea</i> sp.	5	2	5	8		1		2				
<i>Paraonis</i> sp.		1		1								
<i>Aphelocheata</i> sp.	37	18	16	16	10		1	9				
<i>Chaetozone</i> sp.	13	9	3	8	1	26	66	63				
<i>Cirratulus cirratus</i>					14/14	15/13	8/8	25/12	11			
<i>Cirriformia tentaculata</i>					0/55	15/46	7/30	7/22				
<i>Macrochaeta clavicornis</i>						2		2	1			
<i>Diplocirrus glaucus</i>	1	3/1	1	2								
<i>Pherusa falcata</i>				2								
<i>Ophelina acuminata</i>					1	0/1						
<i>Ophelina cylindricaudata</i>		0/6		0/1								
<i>Scalibregma inflatum</i>	1				13/1	12/4	22/3	9/1				
<i>Capitella capitata</i>	6		4	3	3	1	5		1960			
<i>Notomastus latericeus</i>	13	1	6	8	1/83	0/102	1/114	4/156				
Maldanidae indet	1	1	2	3								
<i>Myriochele oculata</i>	14	25	25	15		2		1				
<i>Owenia borealis</i>	1/2	1	0/2	2/1	7	1	1	2				
<i>Pectinaria auricoma</i>			1									
<i>Ampharete falcata</i>		5/3		2/18	1	1	1/1					
<i>Ampharete lindstroemi</i>	14	8/15	12	3/9				1				
<i>Sabellides octocirrata</i>	7/29	23/19	11/23	18/11	0/2		0/1	4/6				
<i>Sosane sulcata</i>					3	2	0/1	4/1				
<i>Lysippides fragilis</i>	19	8/7	13	6/2								
<i>Amphicteis gunneri</i>				1								
<i>Sosanopsis wireni</i>	3	2	0/1	1								
<i>Melinna elisabethae</i>	2	2	0/1	1/1	0/1			0/1				
<i>Amphitrite cirrata</i>								2				

Stasjon	A 24	A 24	A 24	A 24	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3*	4	5	1	2	3	4
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	1/1	2/1	1/1						0/3			
<i>Eupolymnia nesidensis</i>	1	1/1		1/3								
<i>Pista bansei</i>					17	5/1	13/4	3/3				
<i>Pistella lornensis</i>	4	1	1	2								
<i>Lanice conchilega</i>	1											
<i>Thelepus cincinnatus</i>	4/3	2	1/4	2/6								
<i>Streblosoma bairdi</i>		3/3	2	1								
<i>Polycirrus latidens</i>					33	17	25	24				
<i>Hauciella tribullata</i>	1											
<i>Trichobranchus roseus</i>				2	1							
<i>Terebellides stroemi</i>				2	2	0/1						
Sabellidae indet.	20	29	21	18	109	94	132	165	1			
<i>Euchone</i> sp.	1	2	1									
<i>Hydroides norvegica</i>			0/2	1	1	1			1			
Oligochaeta indet.									8			
Sipuncula indet.	1			3								
<i>Phascalion strombus</i>	3	0/1		1	2	4	1	2				
Crustacea												
* <i>Calanus finmarchicus</i>		2		1	6	2	3	5	1		3	
* <i>Chiridius armatus</i>		1			1							
<i>Verruca stroemi</i>				3						1		
* <i>Balanus</i> sp.												1
* <i>Macrocypris minna</i>				2								
* <i>Nebalia</i> sp.												2
* <i>Eudorella truncatula</i>				2								
* <i>Diastylis cornuta</i>			1/1									
* Tanaidacea indet.	1	2									7	
* <i>Gnathia</i> sp.	1	2	1								16	7
* <i>Natatolana borealis</i>	0/2	1		0/2								
* <i>Janira maculosa</i>										0/1		
* <i>Disconectes latirostris</i>				1								
* Amphipoda indet.	36	18	10	19	2	1	3			5		8
* Caprellidae indet.	1	2		3								3
<i>Eriopisa elongata</i>				1								
* Decapoda indet.		0/1		0/1					0/1		0/2	
* <i>Eualus gaimardii</i>							1					
* Paguridae indet.						1	1					
* <i>Anapagurus laevis</i>						1						
* <i>Liocarcinus pusillus</i>								0/2				
* Pycnogonida indet.		1		1				1			1	1
* Chironomidae										1		
Mollusca												
<i>Caudofoveata</i> indet.	2	1	1	3								
<i>Leptochiton asellus</i>		1		1/1	2							
<i>Ischnochiton albus</i>		1		0/1								
<i>Anatoma crispata</i>				0/1								
<i>Emarginula fissura</i>											7	0/2
<i>Onoba</i> cf <i>semicostata</i>											1	

Stasjon	A 24	A 24	A 24	A 24	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3*	4	5	1	2	3	4
Aporrhais pespelecani									0/1			
Euspira pulchella						2		1				
Nassarius incrassata		1				2	1	1		1	1	1
Menestho sp.		1										
Nucula nucleus		1/1	1/1									
Yoldiella philippiana	3	11/4	5/1	7/2								
Mytilidae indet.	0/1											
Modiolula phaseolina		0/2	1	0/3								
Limatula gwyni				1								
Limatula subauriculata	1											
Limea sarsii				1								
Palliolum furtivum												0/1
Palliolum sp				1								
Pseudamussium peslutrae		0/1		1								
Hyalopecten similis		1/5		1/2							0/1	
Anomiidae indet.											0/1	
Heteranomia squamula												1
Lucinoma borealis							0/1					
Thyasira flexuosa	4		3/2	2			0/1	0/1				
Thyasira obsoleta	1	3/1	1/1	1/1								
Thyasira equalis			1									
Axinulus croulinensis		1/1										
Mendicula ferruginosa	2	4/6	2	8								
Astarte sulcata		0/2		0/1								
Parvicardium minimum		1										
Kelliella abyssicola				0/2								
Timoclea ovata		1/1	3	1								
Corbula gibba						1	0/1	1				
Hiatella sp.											0/2	
Cuspidaria cuspidata	1	1										
Cuspidaria costellata		1	1									
Dentalium entalis			1	1								
Brachiopoda												
Crania anomala												1/1
Phoronida indet.	2	1										
* Bryozoa skorpeformet		+	+									+
* Bryozoa grenet		+	+				+			+	+	+
Echinodermata												
Asterias rubens					0/1					1/1		1/2
Amphipholis squamata		1/1	3/2	1/1	1/4				0/1	1	1	0/1
Amphiura chiajei		0/1										
Amphiura filiformis			0/1									
Ophiura affinis		1	1	0/1	0/1	2		0/2				
Ophiura albida												4
Ophiura robusta												1
Echinus acutus				0/1								
Strongylocentrotus droebachiensis			1									
Echinocyamus pusillus		1		0/1								

Stasjon	A 24	A 24	A 24	A 24	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 2	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#	Haug 3#
Arter huggnummer	2	3	4	5	2	3*	4	5	1	2	3	4
<i>Spatangus purpureus</i>			1									
<i>Echinocardium flavescens</i>	0/1	0/1			1							
<i>Pseudothyone raphanus</i>	0/1	2	1									
<i>Ocnus lacteus</i>	3	0/2	2/1	0/3								
<i>Cucumaria hyndmani</i>				0/1								
<i>Ekmania barthii</i>	3	5/3		4								
Synaptidae indet.			2	1	4	1	5	4				
* Siboglinum fiordicum		+		+								
Enteropneusta indet.		1		1	10	15	12	16				
* Chaetognatha indet.				1		1						
Asciacea indet.		4		2	1	1	1	1		1	1	4
<i>Botryllus leachii</i>								+				
* <i>Diplecogaster bimaculatus</i>								1				
* Pisces egg.				2	3	2	1	1	1	1	2	2
* VARIA		+				+	+	+		+	+	+

Vedleggstabell 2. Antall individer av de ti mest tallrike artene

De mest tallrike artene i prøvene på stasjonene i 1993, 1998 og 2009. Antall individer av hver art, prøvedyp, prøveareal og prosent av antall individer.

Ju 1				Ju 2				Haug 2			
Arter	juni 2009			Arter	juni 2009			Arter	juni 2009		
	antall	prosent	0.4 m ² kum%		antall	prosent	0.4 m ² kum%		antall	prosent	0.4 m ² kum%
Capitella capitata	16704	90.7	90.7	Capitella capitata	16360	94.3	94.3	Sabellidae indet.	500	14.6	14.6
Malacoceros fuliginosa	1616	8.8	99.5	Phyllodoce mucosa	238	1.4	95.6	Notomastus latericeus	461	13.5	28.1
Dorvilleidae indet.	73	0.4	99.9	Notomastus latericeus	149	0.9	96.5	Lumbrineridae indet.	410	12.0	40.1
Phyllodoce mucosa	18	0.1	100.0	Malacoceros fuliginosa	124	0.7	97.2	Scoloplos armiger	397	11.6	51.8
Oligochaeta indet.	5	0.0	100.0	Cirriformia tentaculata	97	0.6	97.8	Cirriformia tentaculata	182	5.3	57.1
Paramphinome jeffreysii	1	0.0	100.0	Oligochaeta indet.	65	0.4	98.2	Prionospio cirrifera	166	4.9	61.9
Polynoidae indet.	1	0.0	100.0	Prionospio steenstrupii	56	0.3	98.5	Chaetozone sp.	156	4.6	66.5
Prionospio steenstrupii	1	0.0	100.0	Scoloplos armiger	46	0.3	98.7	Syllidae indet.	146	4.3	70.8
Cirriformia tentaculata	1	0.0	100.0	Cirratulus cirratus	38	0.2	99.0	Cirratulus cirratus	109	3.2	74.0
				Thyasira sarsii	30	0.2	99.1	Exogone sp.	104	3.0	77.0

Kolle 6				Kolle 7				Hetle 1			
Arter	juni 2009			Arter	juni 2009			Arter	juni 2009		
	antall	prosent	0.4 m ² kum%		antall	prosent	0.4 m ² kum%		antall	prosent	0.4 m ² kum%
Prionospio cirrifera	118	16.7	16.7	Exogone sp.	81	9.6	9.6	Sabellidae indet.	852	19.8	19.8
Glycera lapidum	78	11.0	27.7	Prionospio cirrifera	74	8.8	18.4	Aonides paucibranchiata	380	8.8	28.6
Notomastus latericeus	62	8.8	36.5	Glycera lapidum	66	7.8	26.2	Hydroides norvegica	333	7.7	36.3
Pholoe baltica	47	6.6	43.1	Astarte montagui	58	6.9	33.1	Notomastus latericeus	285	6.6	43.0
Exogone sp.	42	5.9	49.1	Enteropneusta indet.	53	6.3	39.3	Prionospio cirrifera	248	5.8	48.7
Astarte montagui	38	5.4	54.5	Pholoe baltica	47	5.6	44.9	Exogone sp.	247	5.7	54.5
Scoloplos armiger	32	4.5	59.0	Sabellidae indet.	41	4.9	49.8	Lumbrineridae indet.	215	5.0	59.5
Amphitrite cirrata	20	2.8	61.8	Notomastus latericeus	40	4.7	54.5	Glycera lapidum	145	3.4	62.8
Enteropneusta indet.	18	2.5	64.4	Lumbrineridae indet.	34	4.0	58.5	Amphipholis squamata	133	3.1	65.9
Lumbrineridae indet.	16	2.3	66.6	Polydora sp.	32	3.8	62.3	Polydora sp.	115	2.7	68.6

Vedleggstabell 2. fortsetter. Antall individer av de ti mest tallrike artene

De mest tallrike artene i prøvene på stasjonene i 1993, 1998 og 2009.

Hetle 2				Fol 1				Fol 2			
Arter	juni 2009		0.4 m ² kum%	Arter	juni 2009		0.4 m ² kum%	Arter	juni 2009		0.4 m ² kum%
	antall	prosent			antall	prosent			antall	prosent	
Sabellidae indet.	572	22.4	22.4	Sabellidae indet.	317	25.3	25.3	Leptochiton asellus	92	7.8	7.8
Aonides paucibranchiata	239	9.4	31.8	Prionospio cirrifera	142	11.4	36.7	Eupolymnia nebulosa	78	6.6	14.4
Prionospio cirrifera	206	8.1	39.9	Notomastus latericeus	101	8.1	44.8	Lumbrineridae indet.	66	5.6	20.0
Hydroides norvegica	186	7.3	47.2	Glycera lapidum	98	7.8	52.6	Modiolula phaseolina	52	4.4	24.4
Notomastus latericeus	184	7.2	54.4	Aonides paucibranchiata	57	4.6	57.2	Hyalopecten similis	44	3.7	28.1
Glycera lapidum	171	6.7	61.1	Sosane sulcata	42	3.4	60.5	Spirorbis sp.	41	3.5	31.6
Sipuncula indet.	117	4.6	65.7	Polydora sp.	40	3.2	63.7	Aphelochaeta sp.	40	3.4	35.0
Polydora sp.	101	4.0	69.6	Exogone sp.	36	2.9	66.6	Nereimyra punctata	38	3.2	38.2
Exogone sp.	81	3.2	72.8	Aphelochaeta sp.	29	2.3	68.9	Pholoe baltica	34	2.9	41.1
Lumbrineridae indet.	81	3.2	76.0	Lumbrineridae indet.	28	2.2	71.1	Amphitrite cirrata	33	2.8	43.9

Ha 10				A 24				A 24			
Arter	juni 2009		0.4 m ² kum%	Arter	juni 2009		0.4 m ² kum%	Arter	mars 1998		1.0 m ² kum%
	antall	prosent			antall	prosent			antall	prosent	
Paramphinome jeffreysii	182	18.0	18.0	Spiophanes kroeyeri	204	15.3	15.3	Spiophanes kroeyeri	846	34.3	34.3
Polydora sp.	137	13.6	31.6	Sabellides octocirrata	141	10.5	25.8	Melinna elisabethae	134	5.4	39.7
Thyasira equalis	85	8.4	40.0	Sabellidae indet.	88	6.6	32.4	Eclysippe vanelli	130	5.3	45.0
Kelliella abyssicola	71	7.0	47.1	Aphelochaeta sp.	87	6.5	38.9	Lumbrineris sp.	127	5.2	50.2
Notomastus latericeus	67	6.6	53.7	Myriochele oculata	79	5.9	44.8	Sabellidae indet.	91	3.7	53.9
Nucula tumidula	53	5.3	59.0	Lumbrineridae indet.	66	4.9	49.7	Notomastus latericeus	85	3.4	57.3
Amphilepis norvegica	53	5.3	64.2	Ampharete lindstroemi	61	4.6	54.3	Mendicula ferruginosa	75	3.0	60.3
Lumbrineridae indet.	37	3.7	67.9	Lysippides fragilis	55	4.1	58.4	Glycera alba	74	3.0	63.3
Cuspidaria abbreviata	24	2.4	70.3	Chaetozone sp.	33	2.5	60.9	Yoldiella philippiana	70	2.8	66.2
Pholoe pallida	21	2.1	72.3	Yoldiella philippiana	33	2.5	63.4	Pholoe inornata	40	1.6	67.8

Vedleggstabell 2. fortsetter. Antall individer av de ti mest tallrike artene

De mest tallrike artene i prøvene på stasjonene i 1993, 1998 og 2009.

Arter	okt 1993			Arter	juli 1993			
	Ha10	antall	1.0 m ² prosent kum%		Ha10	antall	0.6 m ² prosent kum%	
Polydora sp.		229	25.3	25.3	Polydora sp.	127	15.6	15.6
Paramphinome jeffreysii		94	10.4	35.7	Paramphinome jeffreysii	95	11.7	27.3
Abra nitida		93	10.3	46.0	Nephasoma cf. minutum	49	6.0	33.3
Spiochaetopterus typicus		86	9.5	55.5	Spiochaetopterus typicus	48	5.9	39.2
Kelliella abyssicola		47	5.2	60.7	Nucula tumidula	45	5.5	44.8
Entalina tetragona		41	4.5	65.3	Kelliella abyssicola	41	5.0	49.8
Nucula tumidula		39	4.3	69.6	Abra nitida	37	4.6	54.4
Thyasira equalis		33	3.7	73.2	Heteromastus filiformis	34	4.2	58.5
Eriopisa elongata		31	3.4	76.7	Thyasira equalis	30	3.7	62.2
Ophelina norvegica		24	2.7	79.3	Spiophanes kroeyeri	28	3.4	65.7

Vedleggstabell 3. Antall arter i de geometriske klassene

Antall arter i de ulike geometriske klassene på stasjonene i 1993, 1998 og 2009. Ved undersøkelsene i 2009 ble det brukt 0,1 m² van Veen grabb, mens det i 1993 og 1998 ble det ble brukt 0,2 m² van Veen grabb.

Dato	09.06.2009	09.06.2009	09.06.2009	08.06.2009	08.06.2009	08.06.2009	08.06.2009
Geo kl/stasjon	Ju 1	Ju 2	Haug 2	Kolle 6	Kolle 7	Hetle 1	Hetle 2
I	4	17	10	18	14	25	18
II	0	6	14	11	17	21	15
III	1	2	10	14	9	10	15
IV	0	2	9	10	14	15	8
V	1	5	5	4	4	10	12
VI	0	3	2	5	7	10	2
VII	1	3	6	2	3	6	5
VIII	0	2	4	0	0	5	5
IX	0	0	4	0	0	3	0
X	0	0	0	0	0	1	1
XI	1	0	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	0	0	0
XIV	0	1	0	0	0	0	0
XV	1	0	0	0	0	0	0
XVI	0	0	0	0	0	0	0

Dato	08.06.2009	09.06.2009	08.06.2009	01.07.93	21.10.93	13.03.98	09.06.2009
Geo kl/stasjon	Fol 1	Fol 2	Ha 10	Ha10	Ha10	A24	A 24
I	28	23	11	8	12	36	31
II	15	32	13	15	17	35	29
III	10	17	14	11	6	22	17
IV	11	19	9	4	5	16	13
V	8	13	5	9	5	13	7
VI	4	7	3	6	4	3	4
VII	2	3	3	2	3	6	4
VIII	1	0	2	0	1	2	2
IX	1	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	1	0
XI	0	0	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	0	0	0
XIV	0	0	0	0	0	0	0
XV	0	0	0	0	0	0	0
XVI	0	0	0	0	0	0	0

GENERELL VEDLEGGSEDEL - Analyse av bunndyrsdata

Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0.1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

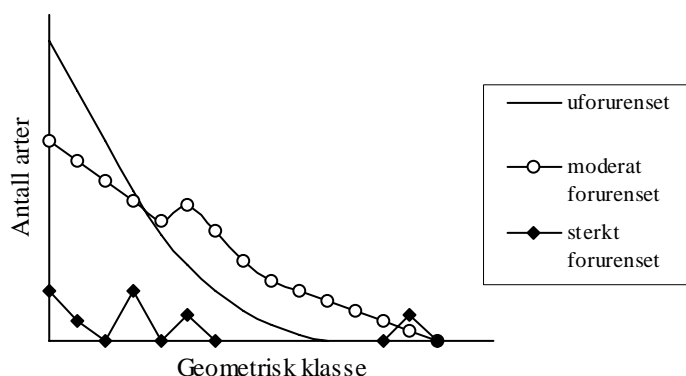
Geometriske klasser

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. Et eksempel er vist i Tabell v1. For ytterligere opplysninger henvises til Gray & Mirza (1979) og Pearson & al. (1983).

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson & Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små toppe og nullverdier (Figur v1).

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
I	1	23
II	2 - 3	16
III	4 - 7	13
IV	8 - 15	9
V	16 - 31	5
VI	32 - 63	5
VII	64 - 127	3
VIII	128 - 255	0
IX	256 - 511	2



Figur v1. Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurensset, moderat forurensset og for et sterkt forurensset område.

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i ,$$

der: $p_i = n_i/N$, n_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max} (= \log_2 S)$, er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \text{ (Pielou 1966),}$$

der: H' = Shannon Wiener indeks og H'_{\max} = diversitet dersom alle arter har likt individantall.

Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien en. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrsprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med Klifs skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

Tabell v2. Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ($ES_{n=100}$)	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal

grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagradianter en respons på ulike typer av miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k
 y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen
 y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter
 p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor: \hat{d}_{jk} = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten d_{jk} gitt som:

$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

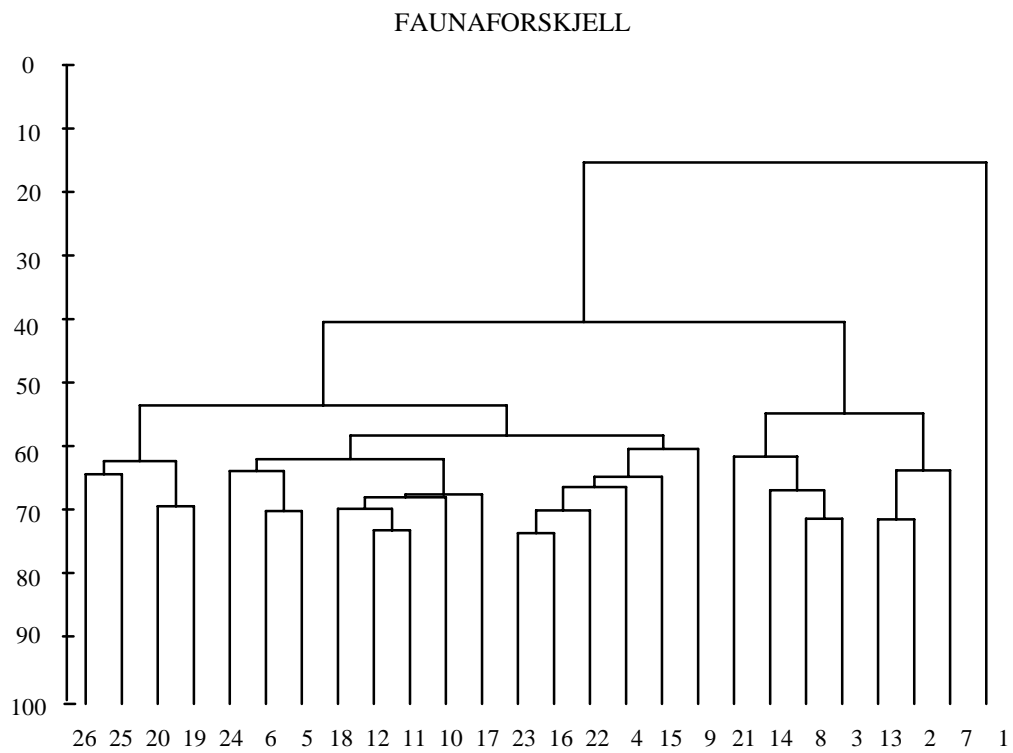
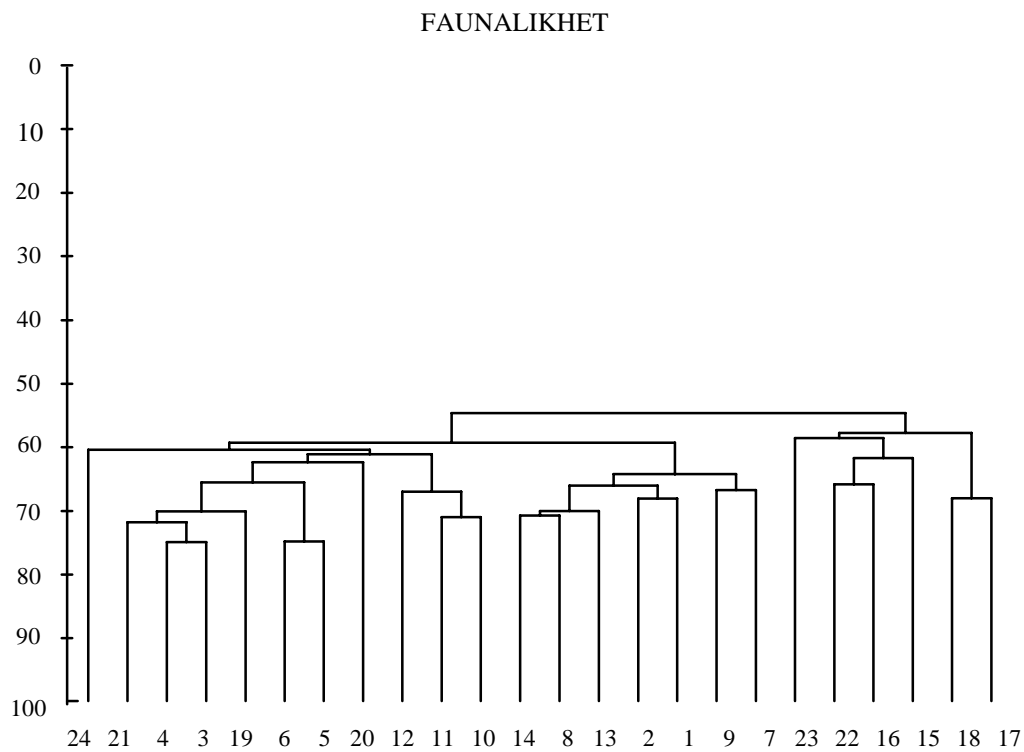
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05

= svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3 plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

Dataprogrammer

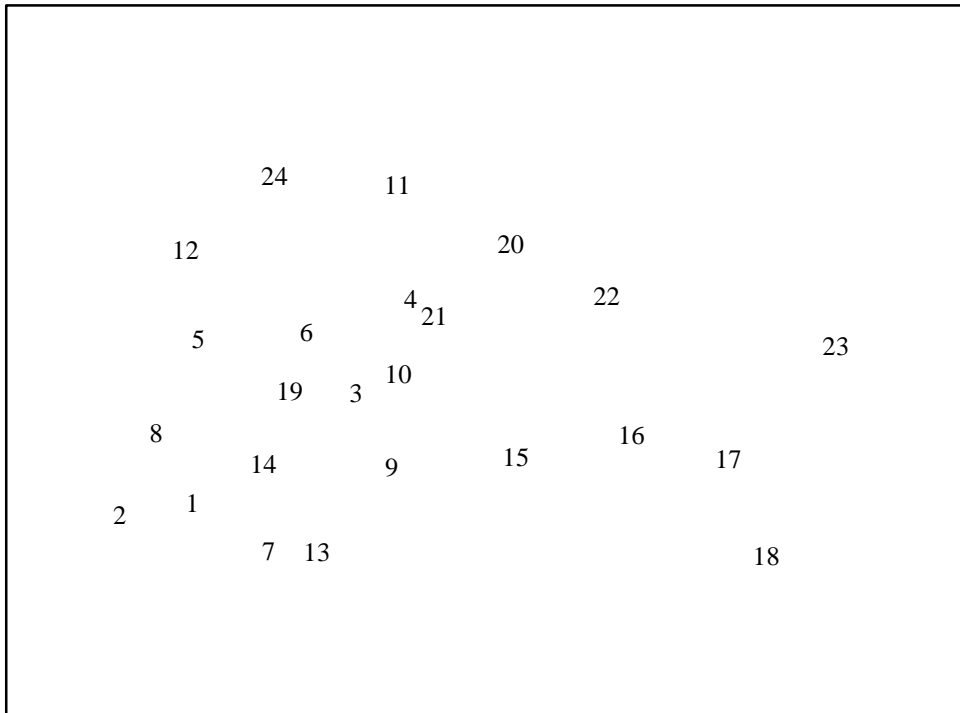
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget av Knut Årrestad ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

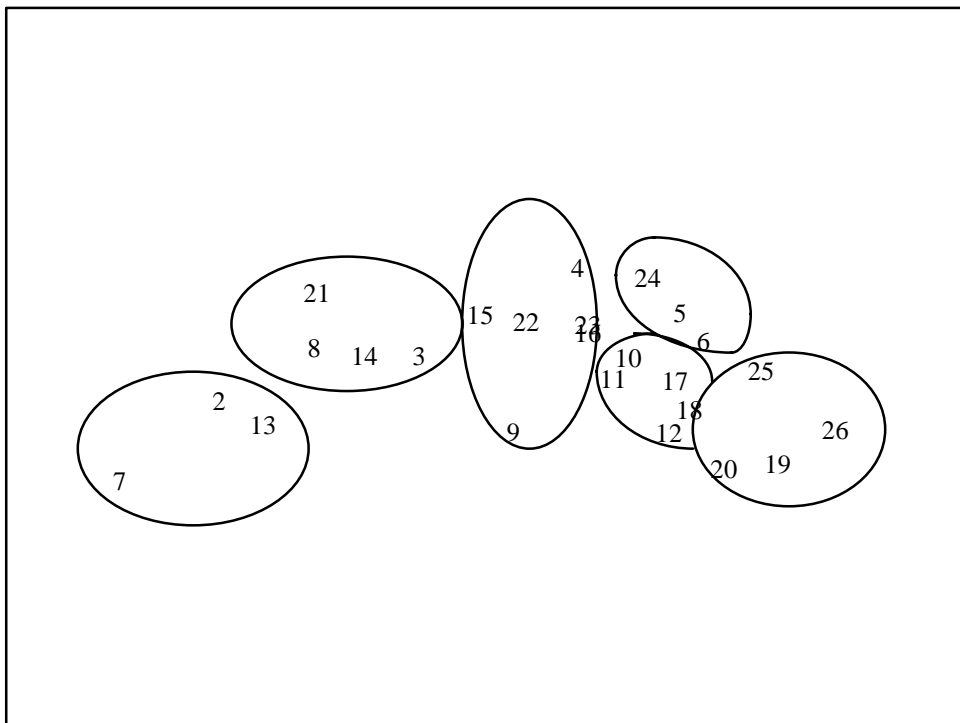


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



Figur v3. MDS-plott som viser faunalikheten mellom prøver. Øverste plott viser ingen klar gradient, mens nederste plott viser en tydeligere gradient.

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bray, J.R., Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray, J.S., Mirza, F.B. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.*
- Pearson, T.H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson, T.H., Gray, J.S., Johannessen, P.J. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg, B., Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.*
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication.* - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no