

**Straummålingar og  
lokalitetsklassifisering av  
ny oppdrettslokalitet ved  
Bjørgen i Sveio kommune**

**R  
A  
P  
P  
O  
R  
T**

**Rådgivende Biologer AS**

**699**





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Straummålingar og lokalitetsklassifisering av ny oppdrettslokalitet ved Bjørgen i Sveio kommune

**FORFATTARAR:**

Erling Brekke, Bjarte Tveranger og Geir Helge Johnsen

**OPPDRAKSGIVAR:**

Bremnes Seashore AS

**OPPDRAGET GITT:**

12. januar 2004

**ARBEIDET UTFØRT:**

januar - februar 2004

**RAPPORT DATO**

2. mars 2004

**RAPPORT NR:**

699

**ANTAL SIDER:**

34

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-239-7.

**EMNEORD:**

- Oppdrettslokalitet i sjø
- Straummåling
- Lokalitetsklassifisering
- Sveio kommune

**SUBJECT ITEMS:**

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082  
www.radgivende-biologer.no  
Telefon: 55 31 02 78      Telefax: 55 31 62 75      E-post: post@radgivende-biologer.no

## FØREORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Bremnes Seashore AS utført straummålingar og føreteke ei lokalitetsklassifisering av ein omsøkt oppdrettslokalitet ved Bjørgen i Ålfjorden i Sveio kommune.

I søknadsskjema for flytande fiskeoppdrettsanlegg blir det stilt krav om resipientgranskingar og straummålingar i samband med søknader om nye lokalitetar, og ved utviding av eksisterande lokalitetar (veileder for utfylling av søknadsskjema, kap. 5.4). Lokalitetsklassifiseringa er utført i samsvar med NS 9415, "Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift."

Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelinga har i brev dagsett 8. januar 2004 i samband med oversendt søknad stilt søknaden i bero og bede om at det vert utført straummålingar og resipientgransking på lokaliteten. Etter rådføring med miljøvernavdelinga har ein komme fram til at det vil vere tilstrekkeleg med ei resipientvurdering grunna det store og djupe fjordbassenget lokaliteten er omsøkt i.

Denne rapporten presenterer resultatata frå straummålingar, kartlegging av botntopografi, botngransking, samt utrekning av vérlaster på lokaliteten ved Bjørgen. Straummålingane vart utført i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

Rådgivende Biologer AS takkar Bernhard Knarvik for oppdraget, samt for lån av båt og assistanse i samband med utsetjing og opptak av straummålarane.

Bergen, 2. mars 2004

## INNHALDSLISTE

|  |    |
|--|----|
| Føreord og innhaldsliste .....         | 2  |
| Samandrag .....                        | 3  |
| Innleiing .....                        | 5  |
| Område- og lokalitetsskilddring .....  | 8  |
| Metode .....                           | 10 |
| Temperatur- og sjiktningstilhøve ..... | 12 |
| Resultat av straummålingane .....      | 14 |
| Diskusjon .....                        | 23 |
| Lokalitetsklassifisering .....         | 25 |
| Referansar .....                       | 30 |
| Vedleggstabellar .....                 | 31 |
| Om Gytre SD-6000 strømmålar .....      | 34 |

# SAMANDRAG

**Brekke, E., B. Tveranger & G. H. Johnsen 2004**

*Straummålingar og lokalitetsklassifisering av ny oppdrettslokalitet ved Bjørgen i Sveio kommune*  
*Rådgivende Biologer AS, rapport 699, 34 sider. ISBN 82-7658-239-7.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag frå Bremnes Seashore AS gjennomført måling av straum på lokaliteten Bjørgen i Sveio kommune, der det er søkt om ny lokalitet for oppdrett av laks og aure. Ein rigg med fire straummålarar (Sensordata SD 6000) stod utplassert ved Bjørgen i perioden 13. januar - 13. februar 2004 for måling av vassutskiftingsstraum (8 m djup), spreingsstraum (50 m djup), og botnstraum (100 m djup) for lokalitetsklareringa, og på 1 m djup for lokalitetsklassifiseringa. Straummålingane på 8 meters djup blir også nytta i lokalitetsklassifiseringa, saman med kartlegging av botntopografi, ei enkel botngransking, samt utrekning av vérlaster på lokaliteten.

Lokaliteten ligg i ytre del av den nærare 3 mil lange og 1,5 - 2 km breie Ålfjorden i Sveio kommune. Lokaliteten ligg ope og noko eksponert til med vindretningar frå sør og nordnord aust. Ålfjorden er på sitt djupaste om lag på høgde med lokaliteten, med vel 460 meters djup, og lokaliteten ligg såleis i tilknytning til ein stor og djup fjord med tilnærma uavgrensa resipientkapasitet. Botnen i lokalitetsområdet er svært bratt, og under det omsøkte anlegget er det ca 100-180 meter djupt i ein avstand på ca 100-150 meter frå land. I heile området ser botn ut til å skråne meir eller mindre jamt ned frå land til over 450 meters djup, ca 450-650 meter frå land. Det verkar ikkje vere tersklar eller groper av betydning i området, der avfall frå oppdrettsverksemd kan samle seg opp. Grabbgranskinga synte at det er bratt fjellbotn i området, der grabben ramla mange meter nedover fjellsida etter å ha treft botn første gong, og utan å få med noko materiale opp.

## STRAUMMÅLINGAR

**Overflatestraumen** på 1 meters djup hadde ei gjennomsnittleg hastigheit på 8,8 cm/s og ei maksimal hastigheit på 49,0 cm/s. **Vassutskiftingsstraumen** på 8 m djup var svært sterk med ei gjennomsnittleg hastigheit på 7,1 cm/s og ei maksimal hastigheit på 37,6 cm/s. **Spreingsstraumen** på 50 meters djup var svært sterk med ei gjennomsnittleg hastigheit på 4,4 cm/s og ei maksimal hastigheit på 27,8 cm/s. **Botnstraumen** på 100 meters djup (ca 35 m over botnen) var sterk med ei gjennomsnittleg hastigheit på 2,9 cm/s og ei maksimal hastigheit på 19,0 cm/s. Straumen på alle djup var tydeleg tidevassdriven.

Innslaget av straumstille periodar var svært lite for vassutskiftingsstraumen og spreingsstraumen og lite for botnstraumen. Retninga og vasstransporten til straumen på alle djup gjekk hovudsakleg mot sør, men det var også ein del mot nordnordvest eller nord. Straumen var middels stabil i sørleg til sørsøraustleg retning på alle djup.

Den beste plasseringa av eit anlegg på lokaliteten for å få størst mogeleg vasstransport gjennom anlegget er omlag i lengderetninga aust - vest. Då vil nærare 98 % av vasstransporten passere på tvers av anlegget.

Med tanke på spreing av organisk avfall frå oppdrettsverksemda er straumtilhøva på lokaliteten svært gode, med svært sterk vassutskiftingsstraum og spreingsstraum, og sterk botnstraum. Det er i tillegg svært god djupne på lokaliteten, og botn under det omsøkte anlegget er bratt skrånande, noko som fører til ytterlegare spreing. Det vil dermed vere liten fare for lokal punktbelastning på botnen under anlegget. Lokaliteten ligg også gunstig til ut mot ein djup og stor fjordresipient, med stor resipientkapasitet. Det er målt svært sterk vassutskiftingsstraum på lokaliteten, og det medfører at ein må ta høgde for periodevis kraftig straum ved den praktiske drifta av eit anlegg på lokaliteten. Det er liten sjanse for at ein vil få problem med for lite straum i høve til trivselen til fisken, men dersom ein legg anlegget parallelt med hovudstraumretninga på lokaliteten kan ein ikkje utelukke dette i straumsvake periodar. Med rett bruk av gjeldande merdteknologi er lokaliteten svært godt eigna til oppdrett av fisk, og vil fungere tilfredsstillande for den omsøkte oppdrettsverksemda.

## LOKALITETSKLASSIFISERING

| Lokalitet | Nr. | Søkjarar            | Koordinat        | Volum                 | Konsesjon(ar) |
|-----------|-----|---------------------|------------------|-----------------------|---------------|
| Bjørgen   |     | Bremnes Seashore AS | 32VLM052204 (ED) | 36 000 m <sup>3</sup> |               |

Lokaliteten Bjørgen ligg i ytre del av Ålfjorden i Sveio kommune, og ligg ope og noko eksponert til med vindretningar frå sør og nordnord aust. Anlegget er omsøkt plassert over ein bratt skrånede fjellbotn utan primærsediment, med djupner på ca 100 - 180 m under anlegget. Ein må truleg ned på nærare 400-450 meters djup der fjordbotn flatar ut før ein finn vesentlege mengder sediment, som erfaringsmessig hovudsakleg vil bestå av fin sand, silt og leire.

Lokaliteten ligg langt ute i ein forholdsvis kystnær fjordarm, og det er ikkje spesielt store ferskvasstilførslar i området. Det vil dermed vere liten fare for islegging eller isgang i lokalitetsområdet. Høgaste observerte vasstand (næraste sekundærhamn: Leirvik): 182 cm. Lågaste observerte vasstand: -32 cm.

Bølgjeklassen til lokaliteten Bjørgen er C = "Stor eksponering". Straumklassen for straum på 1 m djup er c = "Stor eksponering". Lokalitetsklassen for dimensjonering av flytekrage og totalanlegg er dermed Cc, tilsvarande ein lokalitet med stor eksponering for bølger og straum. For dimensjonering av notpose er straumklassen c = "Stor eksponering" for straumen på 8 m representativt merddjup. Lokalitetsklassen blir her Cc, som gir lokalitetskategori 3, jf. **tabell 1**.

**Tabell 1.** Lokalitetsklasse for dimensjonering av flytekrage og totalanlegg og lokalitetskategori for dimensjonering av notposar for lokaliteten Bjørgen, basert på 10-årsstraumen og 50-årsbølgja med tilhøyrande klassifisering (NS 9415).

| Tilhøve  | Eining | Verdi      | Retning | Klasse | For kva                       |
|--|--------|------------|---------|--------|-------------------------------|
| $V_c$ :10-årsstraum 1m djup                          | m/s    | 0,81       | mot S   | c      | for flytekrage og totalanlegg |
| $V_c$ :10-årsstraum 8 m djup                         | m/s    | 0,62       | mot S   | c      | for notpose                   |
| $H_s$ : 50-års signifikant bølgehøgde                | m      | 1,11       | frå S   | C      | for alle                      |
| $H_{max}$ : maksimal bølgehøgde                      | m      | 2,11       | frå S   | C      | for alle                      |
| $T_p$ : bølgeperiode                                 | s      | 2,88       | frå S   | C      | for alle                      |
| Samla lokalitetsklasse for flytekrage og totalanlegg |        |            |         | Cc     |                               |
| Samla lokalitetsklasse for notpose                   |        | Kategori 3 |         | Cc     |                               |

## INNLEIING

Val av lokalitet har etterkvart vorte ein kritisk suksessfaktor for å oppnå vellykka driftsresultat all den tid det i dei seinare åra har gått mot ein stadig større konsentrasjon av volum og biomasse pr lokalitet. Dette stiller større krav til straumtilhøve og djupne på lokaliteten, botntopografi, samt lokaliteten og området omkring si evne til å omsetje det tilførte materialet frå anlegget. Det er eit mål at oppdrettsaktiviteten ikkje skal påføre det ytre miljø skade og påverknad utover det som er akseptert i etablerte standarder og normer for næringa, slik som m.a. definert i NS 9410, Miljøovervåking av marine matfiskanlegg.

Minimumsbehovet for straum i eit anlegg er avhengig av temperaturen i sjøen, årstid, fiskemengde i anlegget, føringa, tettleik i merdene, djupne på nøtene, om nøtene er reine, anlegget si plassering i høve til straumretning, osv. For lite straum medfører oksygensvikt samt opphoping av ammoniakk ut over tilrådde grenseverdier i merdene. Spesielt kritiske periodar har ein om sommaren og eit stykke utover hausten (ut september) med høg temperatur i sjøen kombinert med lite oksygen tidleg om morgonen før algebløminga startar (oksygen vert forbrukt av algane i mørket).

### LOKALITETSTYPAR

Oppdrettslokalitetar eller sjøresipientar langs kysten av Vestlandet kan generelt delast i fire hovudtypar: **Fjordar og pollar, straumsund, viker og bukter** eller **opne sjøområde**. Desse forskjellige områdetypene skil seg frå kvarandre på grunnlag av topografiske tilhøve, noko som medfører at vassmassane har ulik vassutskifting og sjiktingstilhøve på dei ulike djup. Dette er avgjerande for dei lokale sedimentasjonstilhøva, noko som vert lagt vekt på ved vurdering av resipienttilhøve og lokal påverknad av eventuelle utslepp til dei ulike typene sjøområde. På stader med god "overflatestraum" og dermed stor vassutskifting i overflatevassmassane, vil tilførsel av oppløyst næringsstoff raskt bli ført bort. Tilførsel av organisk stoff søkk ned og vil sedimentere avhengig av straumtilhøva lenger nede i vassøyla. Vi snakkar då om "spreiingsstraum" i vassmassane under overflatevassmassane, og denne er avgjerande for om tilførsel vil påverke lokalitetane.

**Fjordar og pollar** er pr. definisjon skilde frå dei tilgrensande utanforliggjande sjøområda med ein terskel i munningen/utløpet. Dette gjer at vassmassane innanfor ofte er sjikta, der djupvatnet som er innestengt bak terskelen, kan være stagnerande, medan overflatevatnet hyppig vert skifta ut fordi tidevatnet to gonger dagleg strøymer fritt inn og ut. I dei store fjordane vil djupvatnet utgjere svært store volum, og djupnene kan vere på mange hundre meter.

I det stabile djupvatnet innanfor tersklane i fjordane i slike sjøbasseng, er tettleiken vanlegvis større enn i det dagleg innstrøymande tidevatnet, og her går det føre seg to viktige prosessar. For det første vert oksygenet i vassmassane jamt forbrukt på grunn av biologisk aktivitet knytta til nedbryting av tilført organisk materiale. For det andre skjer det ein jamn tettleiksreduksjon i djupvatnet på grunn av dagleg påverknad frå det inn- og utstrøymande tidevatnet. Dersom munningen er kanalforma, vil det inn- og utstrøymande tidevatnet kunne få ein betydeleg fart, og påverknaden på dei underliggjande vassmassane kan verte stor. Når tettleiken i djupvatnet har vorte så låg at han tilsvarar tettleiken til tidevatnet, kan djupvatnet verte skifta ut med tilførsel av friskt vatn heilt til botn i bassenget. Utskifting av djupvatnet kan også skje vinterstid. Når tyngre og saltare vassmassar kjem nærare overflata i sjøområda langs kysten, fordi ferskvasspåverknaden til kystområda då er liten og brakkvasslaget blir tynnare, vil dette tyngre vatnet kunne bidra til fullstendig utskifting av djupvatnet innanfor terskelen, dersom det kjem opp over terskelnivå. Frekvensen av slike utskiftingar avheng i stor grad av djupet til terskelen, - dess grunnare terskel, dess sjeldnare har ein utskiftingar av denne typen.

I slike innestengte djupvassområde, som altså finnest naturleg i alle fjordar under terskelnivået til fjorden, vil balansen mellom desse to nemnde prosessane avgjere miljøtilstanden i djupvatnet. Dersom oksygenforbruket er stort grunna store tilførslar, slik at oksygenet blir brukt opp raskare enn tidsintervallet mellom djupvassutskiftingane, vil det oppstå oksygenfrie tilhøve med danning av hydrogensulfid i djupvatnet. Under slike tilhøve er den biologiske aktiviteten mykje lågare, slik at nedbryting av organisk materiale vert sterkt redusert. Motsett vil ein heile tida ha oksygen i djupvatnet dersom oksygenforbruket i djupvatnet anten er lågt eller tidsintervallet mellom djupvassutskiftingane er kort. Det er utvikla modellar for teoretisk berekning av balansen mellom desse to tilhøva (Stigebrandt 1992).

**Straumsund** omfattar ofte trange, nesten kanal-liknande nord-sør gåande område der tidevasstraumen periodevis er svært sterk. Dersom slike strausund er grunne, vil dei kunne ha ei fullstendig utskifting av vassmassane heilt til botn, men vanlegvis er det mindre sterk straum nedover i djupet. Det vil imidlertid berre vere høge straumhastigheiter i avgrensa tidsperiodar, og innimellom tidevasstraumen vil det kunne vere straumstille. Grunne strausund vil vanlegvis ha ein svært god resipientkapasitet, fordi sjølv betydelege tilførslar vert spreidd utover store område, medan djupare strausund vil ha sedimenterande tilhøve i djupet i dei periodane straumhastigheita er mindre. Den lokale påverknaden av utslepp vil difor variere avhengig av djupna til sundet. Større sjøområde kan også ha karakter av strausund i overflata, medan dei kan ha relativt grunne tersklar i begge endar og dermed ha eigenskapar av fjordar med tilhøyrande stagnerande djupvatn under terskelnivå. Slike større område vil også ha sedimenterande tilhøve og kunne ha lokal påverknad av utslepp.

Innslaget av straumstille periodar mellom tidevasstraumane i slike strausund, gjer at ein kan risikere at fisken i lengre periodar sym i tilnærma det samme vatnet. Pulsvis vassutskiftingsstraum på slike lokalitetar gir ikkje kontinuerleg utskifting av vatnet i anlegget. Dette treng ikkje vere kritisk i den kalde årstida, men i periodar med høg temperatur i sjøen og mykje fisk i anlegget og intensiv føring, vil fisken kunne få tilført for lite oksygen. Dette vil i særlege tilfelle kunne verke negativt inn på veksten og trivselen til fisken.

**Bukter og vikar** viser til lokale område som gjerne ligg i tilknytning til anten større fjordar, strausund eller opne havområde. Buktene og vikene vert skilt frå pollar ved at dei ikkje er fråskilt dei utanforliggjande sjøområda med nokon terskel, og difor ikkje har stagnerande djupvatn ved botnen. Vanlegvis vil difor ei bukt / vik ha skrånande botn frå land og utover mot det utanforliggjande området, slik at også dei djupare delane av vassøyla her vert skifta ut. Slike område har relativt god resipientkapasitet, sjølv om eit utslepp vil kunne ha ein lokal miljøeffekt på lokaliteten avhengig av den lokale botntopografien og straumtilhøva. **Opne havområde** ligg utanfor tersklane til dei store fjordane, vest i havet. Her er det store djup og jamn utskifting av vassmassane uten stagnerande djupvatn mot botnen. Her er resipienttilhøva svært gode, og eit eventuelt utslepp vil ikkje ha nokon innverknad på miljøet ved utsleppet.

## LOKAL BELASTNING

Ved alle vurderingar av belastning må ein skilje mellom det som utgjer ei **lokal** punktbelastning på ein oppdrettslokalitet og det som resipienten **regionalt** har kapasitet til å omsetje av organisk materiale før han blir overbelasta. Uansett om resipienten har god kapasitet, så vil bereevna til sjølv lokaliteten i stor grad vere avhengig av terrenget ved botn, djupnetilhøva og straumtilhøva i vassøyla.

Når belastninga på ein lokalitet er i likevekt med omsetjinga i sedimenta under oppdrettsanlegget, betyr det at den tilførte mengda organisk materiale blir broten ned og omsett i sedimenta, i all hovudsak av botngravande dyr. Forholdsvis store mengder sediment kan omsetjast på lokalitetar der ein har ein rik botnfauna, har straum ved botnen som medfører jamn tilførsel av oksygen, og som også spreier avfallet frå anlegget ut over eit større område.



Dersom belastninga frå anlegget er større enn det lokaliteten kan omsetje, vil sedimenta byggje seg opp under anlegget, dei vert surare, oksygenmengda vert redusert, og botnfauna som er lite tolerant for miljøendringar forsvinn. Dei dyra som toler større endringar i miljøtilhøva blir verande inntil sedimenta er så sure og oksygenfattige at desse dyra også må gje tapt. Det er svært uheldig ikkje å ha botngravande dyr på botnen under merdene, fordi mesteparten av nedbrytingsprosessane då stoppar opp. Graveaktiviteten til dyra skapar omrøring og tilfører sedimentet vatn og oksygen. Dyra konsumerer sedimentet, bryt det ned og omdannar det. Når dyra forsvinn, er det berre den bakterielle nedbrytinga som held fram, noko som går vesentleg seinare. Då skal det berre små tilførselar til før sedimenthaugane byggjer seg opp under merdene.

Erfaring viser at **fjordlokalitetar** er meir utsett for punktbelastning enn drift på meir kystnære lokalitetar, og det medfører at desse lett vert overbelasta. I store og djupe fjordar kan belastninga vere eit lokalt problem for oppdrettar, medan det regionalt utgjer eit lite problem for resipienten. Årsaka til at botnen på fjordlokalitetar lettare vert overbelasta, skuldast både at det generelt er mindre spreingsstraum nedover i vassmassane og at botnen ofte består av fjell utan særleg mykje opprinneleg sediment. Det vil dermed i utgangspunktet finnest lite gravande botnfauna som kan ta seg av nedbrytinga av avfallet frå anlegget. Ein **kystlokalitet** har som oftast sedimentbotn og god spreingsstraum nedover i vassmassane, og i **straumsund** har ein difor ofte svært gode lokalitetar med sedimentbotn og liten lokal påverknad under anlegga.

På typiske **fjordlokalitetar** med bratt stein- og fjellbotn med lite primærsediment vil avfall frå anlegget skli nedover på det bratte berget og lande på hyller og verte liggjande i små lommer og groper i terrenget. Når ein tek prøver på ein slik fjordlokalitet, vil prøven som oftast vise dårlege tilhøve der det er mogeleg å få opp sediment, medan det 1 – 2 m frå treffpunktet kan vere tilnærma reint for sediment og avfall. Det prøvematerialet ein då får opp, består ofte av oppskrapte sure, brune, lause og luktande sediment, som automatisk får ein noko høgare poengsum ut frå dei formelle MOM B-vurderingskriteria. Denne type lokalitetar kan difor lett verte vurdert som overbelasta, og MOM-metodikken bør difor ikkje alltid nyttast slavisk. Det er viktig å tolke resultatata i lys av korleis lokaliteten er.

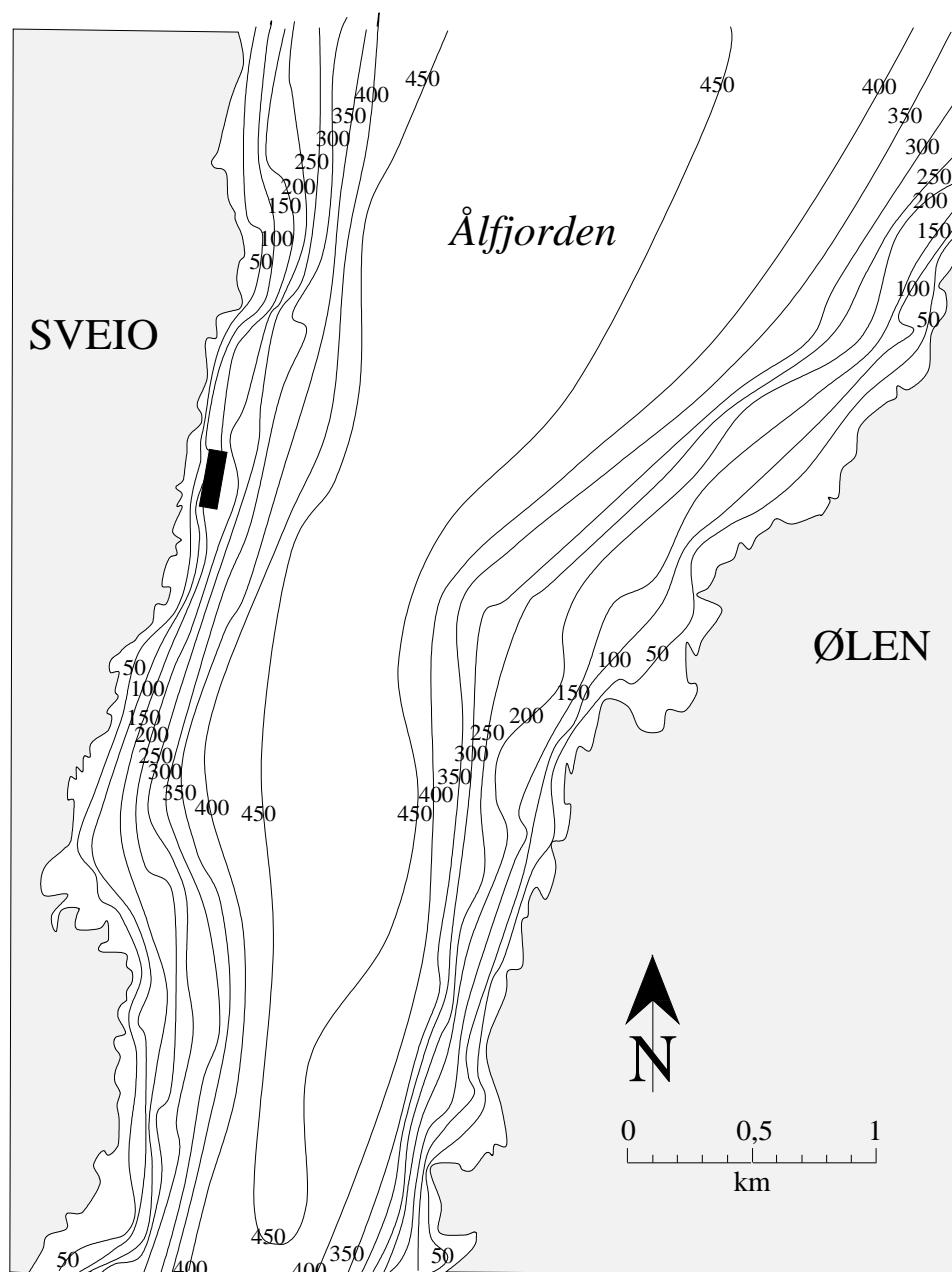
## **PÅVERKNAD, TYPE ANLEGG OG DRIFTSSYKLUS**

Drift i kompaktanlegg vil bidra til ei høgare punktbelastning over eit større areal enn drift i plastringar der det gjerne er noko avstand mellom kvar ring. I tillegg vil store merder innehalde meir fisk pr arealeining enn små merder, og følgjeleg gi større belastning. På straumsvake lokalitetar vil dette kunne gje store utslag i belastning på ein lokalitet, då avfallet stort sett sedimenterer rett under nøtene. På bratte fjordlokalitetar kan denne effekten til ein viss grad vegast opp ved at ein oppnår ei viss spreiring av avfallet.

Ved planlegging av større anlegg i fjordsystem kan det være fornuftig å vurdere tolegrensa til lokaliteten opp mot val av anleggstype, plassering av anlegget i høve til dominerande straumretning, og også å sikre lokaliteten tilstrekkeleg kviletid mellom driftsperiodane.

## OMRÅDE- OG LOKALITETSSKILDING

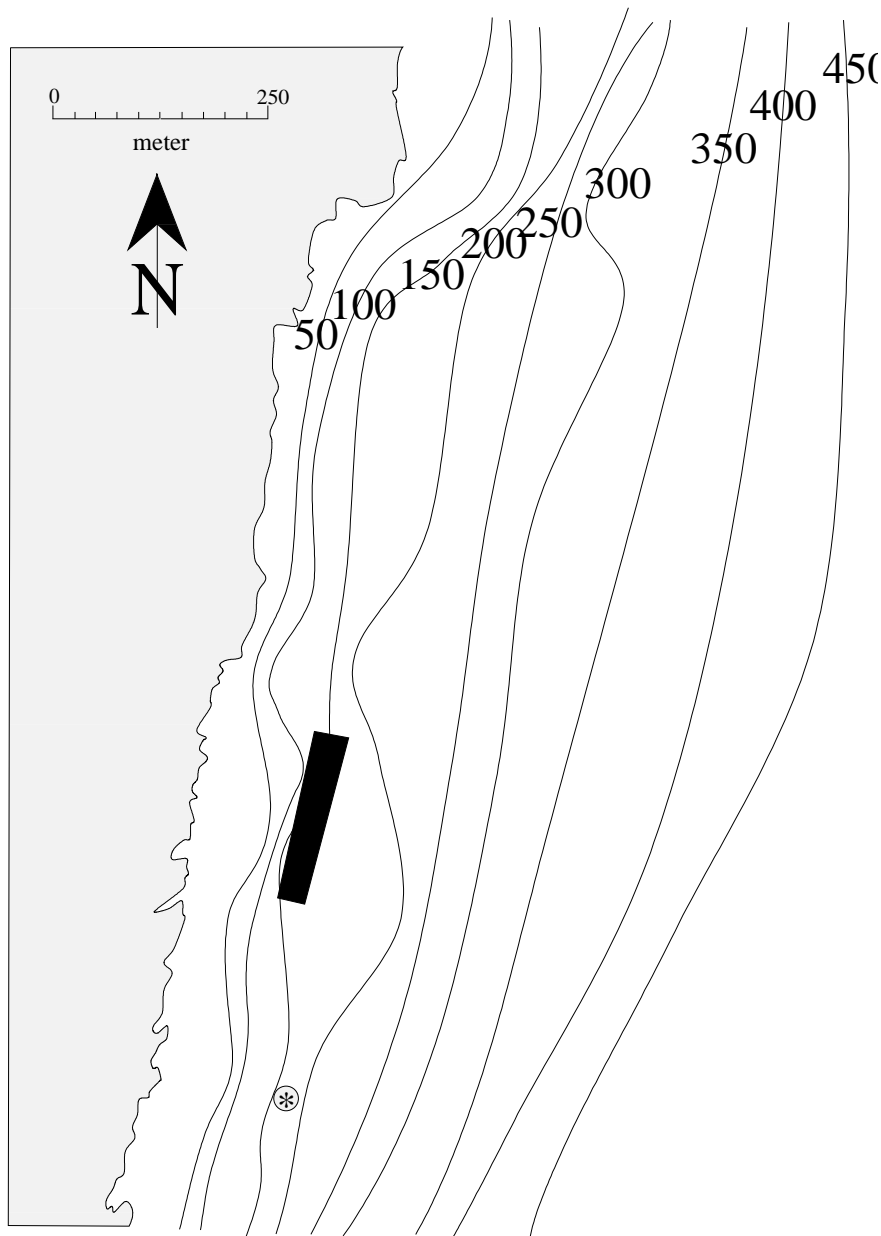
Lokaliteten Bjørgen ligg i ytre del av Ålfjorden i Sveio kommune (**figur 1**). Ålfjorden er ein nærare 3 mil lang sørgåande fjordarm i ytre del av Hardangerfjordsystemet, og går i nord saman med Bjoafjorden før dei munnar ut i Bømlafjorden. Ålfjorden er for det meste 1,5 - 2 km brei, men ved lokaliteten byrjar fjorden å vide seg ut, og er ca 3 km brei ved samløpet med Bjoafjorden. Lokaliteten ligg ope og noko eksponert til med vindretningar frå sør og nordnordaust. Ålfjorden er på sitt djupaste om lag på høgde med lokaliteten, med vel 460 meters djup. Fjorden grunnest gradvis mot sør, og er framleis ca 200 meter djup 10 km sør for lokaliteten. Mot nord er fjorden 370 - 380 meter djup ut mot Bømlafjorden. Lokaliteten ligg såleis i tilknytning til ein stor og djup fjord med høg resipientkapasitet.



**Figur 1.** Utsnitt av Ålfjorden med avmerking av omsøkt lokalitet ved Bjørgen (svart rektangel). Kartet er teikna ut frå hydrografisk original over området.

Lokaliteten Bjørgen ligg relativt langt ute i Ålfjorden, og bassengtømmingseffekten bidreg til at relativt store vassmengder passerer lokaliteten kvar dag når fjordbassenget innanfor fyllest opp og tømmeast av tidevatnet. Dette tilseier relativt gode straumtilhøve på lokaliteten.

Botnen i lokalitetsområdet er svært bratt, og under det omsøkte anlegget er det ca 100-180 meter djupt i ein avstand på ca 100-150 meter frå land (**figur 2**). I heile området ser botn ut til å skråne meir eller mindre jamt ned frå land til over 450 meters djup, ca 450-650 meter frå land, noko som tilsvarar eit fall på nærare 45 grader, eller ca 70 - 100 %. Det verkar ikkje vere tersklar eller groper av betydning i området, der avfall frå oppdrettsverksemd kan samle seg opp. Ein så bratt og djup botn under anlegget vil føre til at ein unngår mesteparten av problemet med ein lokal punktbelastning, som ein ofte finn på grunnare fjordlokalitetar. Utsiftinga og oksygentilhøva på lokaliteten er truleg gode i heile vassøyla ned til botnen, og området rundt har truleg tilnærma uavgrensa resipientkapasitet.



**Figur 2.** Djupnetilhøve på og rundt omsøkt lokalitet ved Bjørgen med 50-meters djupnekoter teikna etter djupnekotekart basert på hydrografisk original. Omsøkt plassering av anlegg er teikna inn, samt plassering av straummålarar (markert med \*).

## METODE

### Utplassering av målarane

I perioden 13. januar - 13. februar 2004 var det utplassert ein rigg med fire Gytre Straummålarar (modell SD-6000 produsert av Sensordata A/S i Bergen) på lokaliteten ved Bjørgen i posisjon N 59/40,322' / Ø 05/32,230' (**figur 2**). Riggeren var forankra til botn med eit lodd på ca 50 kg, og det var festa trålkuler av plast i tauet over øvste og nedste straummålar for å sikre tilstrekkeleg oppdrift og stabilitet på riggen i sjøen, samt ei blåse til overflata i eit slakt tau for å ta av for bølgepåverknad. Riggeren var også festa med eit sikringstau frå loddet og inn til land. Det var ca 135 m til botn der riggen vart utplassert, i eit bratt skrånande område. Det vart målt temperatur, straumhastigheit og straumretning kvart 10. minutt på 1 og 8 m djup og kvart 30. minutt på 50 og 100 m djup.

### Resultatpresentasjon

Resultata av måling av straumhastigheit og straumretning er presentert kvar for seg, samt kombinert i ein **progressiv vektoranalyse**. Eit **progressivt vektorplott** er ein figurstrek som blir til ved at ein tenkjer seg ein merka vasspartikkel som er i straummålaren sin posisjon ved målestart og som driv med straumen og teiknar ein sti etter seg som funksjon av straumhastigheit og retning (kryssa i diagrammet syner berekna posisjon frå kvart startpunkt ved kvart døgnskifte). Når måleperioden er slutt har ein fått ein lang samanhengande strek, der **vektoren** vert den beine lina mellom start- og endepunktet på streken. Dersom ein deler lengda av vektoren på lengda av den faktiske lina vatnet har følgd, får ein **Neumann-parameteren**. Neumann parameteren fortel altså noko om stabiliteten til straumen i retninga til vektoren. Vinkelen til vektoren ut frå origo, som er straummålaren sin posisjon, vert kalla resultatretninga. Dersom straumen er stabil i resultatretninga, vil figurstrekene vere relativt bein, og verdien av Neumann-parameteren vere høg. Er straumen meir ustabil i denne retninga er figurstrekene meir «bulkete» i høve til resultatretninga, og Neumann-parameteren får ein låg verdi. Verdien av Neumannparameteren vil ligge mellom 0 og 1, og ein verdi på til dømes 0,80 vil seie at straumen i løpet av måleperioden rann med 80 % stabilitet i vektorretninga, noko som er ein svært stabil straum.

**Vasstransporten** (relativ fluks) er også ein funksjon av straumhastigheit og straumretning, og her ser ein kor mykje vatn som renn gjennom ei rute på  $1 \text{ m}^2$  i kvar 15 graders sektor i løpet av måleperioden. Når ein reknar ut relativ fluks, tek ein utgangspunkt i alle målingane for straumhastigheit i kvar 15 graders sektor i løpet av måleperioden. For kvar måling innan ein gitt sektor multipliserer ein straumhastigheita med tidslengda, dvs kor lenge målinga vart gjort innan denne sektoren. Her må ein og ta omsyn til om tidsserien inneheld straummålingar med ulik styrke. Summen av desse målingane i måleperioden gjev relativ fluks for kvar 15 graders sektor. Relativ fluks er svært informativ og fortel korleis vasstransporten som funksjon av straumhastigheit og –retning er på lokaliteten.

## Klassifisering av straummålingane

Rådgivende Biologer AS har utarbeidd eit system for klassifisering av vassutskiftingsstraum, spreingsstraum og botnstraum med omsyn til dei tre parametrane gjennomsnittleg straumhastigheit, retningsstabilitet og innslag av straumstille periodar. Klassifiseringa er utarbeidd på grunnlag av resultat frå straummålingar med Gytte Straummålarar (modell SD-6000) på om lag 150 lokalitetar for vassutskiftingsstraum og 70 lokalitetar for spreingsstraum og botnstraum. For overflatestraum føreligg det førebels for få måleseriar til å lage klassifisering.

**Tabell 2.** Klassifisering av gjennomsnittleg straumhastigheit

| Tilstandsklassar             | I<br>svært svak | II<br>svak | III<br>middels sterk | IV<br>sterk | V<br>svært sterk |
|------------------------------|-----------------|------------|----------------------|-------------|------------------|
| Vassutskiftingsstraum (cm/s) | < 1,8           | 1,8 - 2,5  | 2,6 - 4,5            | 4,6 - 7     | > 7              |
| Spreingsstraum (cm/s)        | < 1,4           | 1,4 - 2,0  | 2,1 - 2,7            | 2,8 - 4     | > 4              |
| Botnstraum (cm/s)            | < 1,3           | 1,3 - 1,8  | 1,9 - 2,5            | 2,6 - 3     | > 3              |

**Tabell 3.** Klassifisering av innslaget av straumstille periodar, definert som straum under 2 cm/s i periodar på 2,5 timar eller meir, og målt som prosent av samla måleperiode.

| Tilstandsklassar          | I<br>svært lite | II<br>lite | III<br>middels | IV<br>høgt | V<br>svært høgt |
|---------------------------|-----------------|------------|----------------|------------|-----------------|
| Vassutskiftingsstraum (%) | < 10            | 10 - 20    | 20 - 35        | 35 - 50    | > 50            |
| Spreingsstraum (%)        | < 20            | 20 - 40    | 40 - 60        | 60 - 80    | > 80            |
| Botnstraum (%)            | < 25            | 25 - 50    | 50 - 75        | 75 - 90    | > 90            |

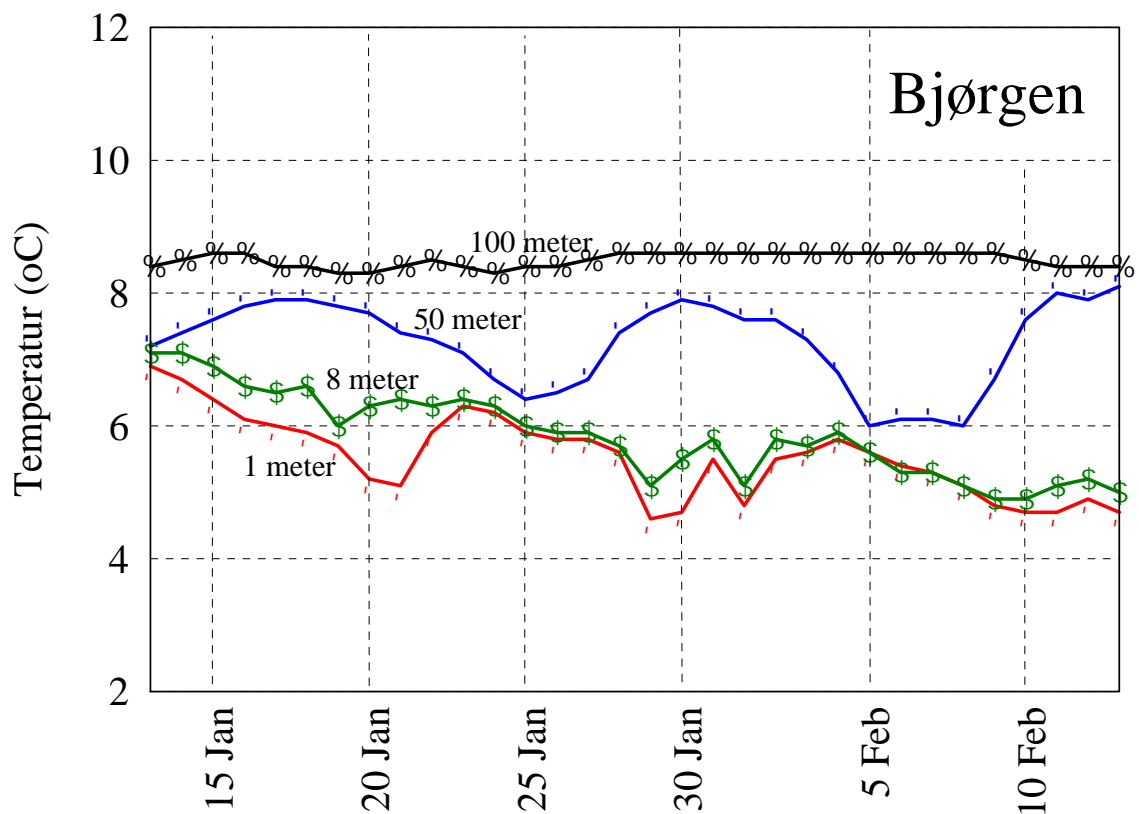
**Tabell 4.** Klassifisering av retningsstabilitet (Neumann parameter) for alle typar straum.

| Tilstandsklassar | I<br>svært lite stabil | II<br>lite stabil | III<br>middels stabil | IV<br>stabil | V<br>svært stabil |
|------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
|                  | <0,1                   | 0,1 - 0,2         | 0,2 - 0,4             | 0,4 - 0,7    | > 0,7             |

# TEMPERATUR- OG SIKTNINGSTILHØVE

## TEMPERATUR

Temperaturen vart målt av straummålarane kvart 10. minutt på 1 og 8 m djup og kvart 30. minutt på 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004 (**figur 3**). Døgnmiddeltemperaturen var lågast på 1 m djup og auka nedover i djupet. Det er eit typisk bilete i ein vintersituasjon. På denne årstida er temperaturen låg i dei øvre vasslaga som ein konsekvens av korte dagar (lite innstråling) og låge lufttemperaturar. Nedover i djupet er det mykje oppmagasinert varme i vatnet, som i mindre grad blir påverka av temperaturane i overflata. På 100 meters djup er temperaturen som regel ganske stabil heile året, og ved Bjørgen låg temperaturen her mellom 8,3 og 8,6 °C i måleperioden. Temperaturen på 1 og 8 m djup hadde gansk lik utvikling gjennom perioden, noko som tyder på at vassmassane på desse djupa periodevis er relativt homogene, og i stor grad er prega av temperaturen i lufta. På desse to djupa sokk middeltemperaturen nokolunde jamt frå ca 7 °C til knapt 5 °C i løpet av måleperioden. På 50 m djup varierte døgnmiddeltemperaturen meir enn på dei andre djupa, noko som hovudsakleg skuldast variasjon i tjukklikeken av vasslag med ulike temperaturar. Ved t.d. langvarig pålandsvind kan ein få oppstuing av kalde overflatevassmassar, slik at desse fortreggjer dei varmare, underliggjande vasslaga ned på større djup. Dette kan vere årsaka til temperaturfallet på 50 meters djup tidleg i februar. Ved véromslag kan tjukkelsen på vasslaga, og dermed temperaturen på eit gitt djup, raskt endre seg. Frå 8. til 11. februar steig middeltemperaturen på 50 meters djup med 2,0 °C.



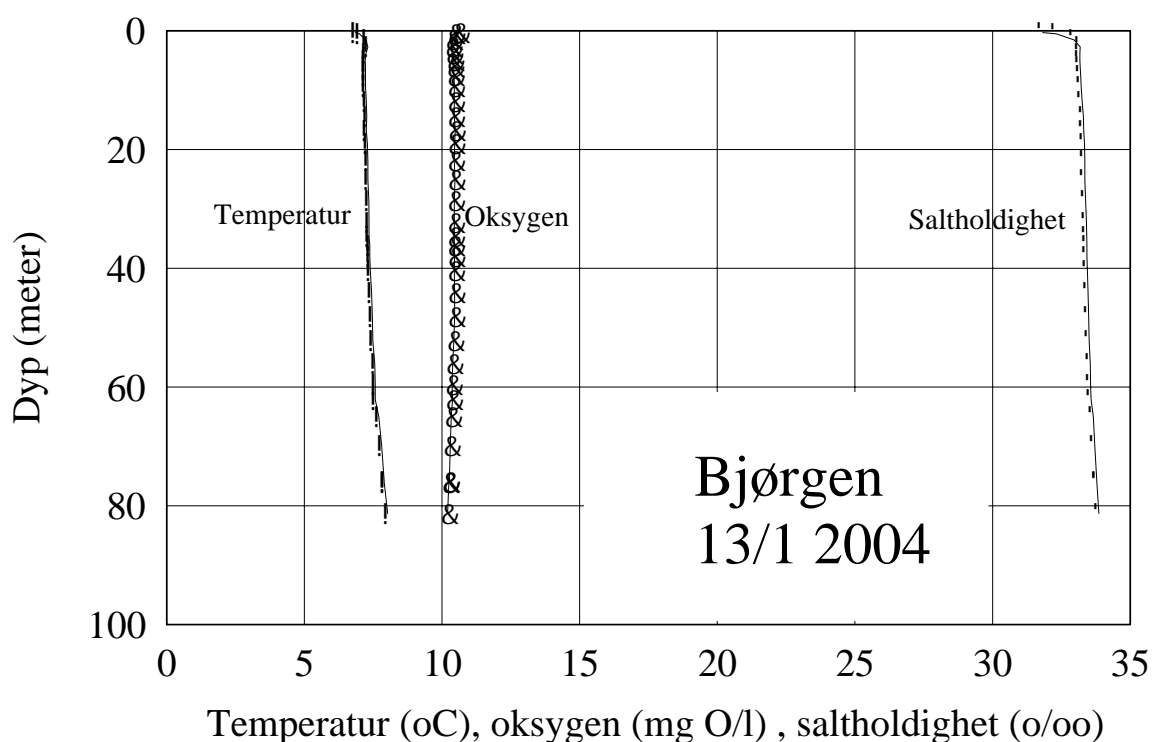
**Figur 3.** Døgnmidlar for temperatur målt ved Bjørgen på 1 meter (raud strek), 8 meter (grøn strek), 50 meter (blå strek) og 100 meters djup (svart strek) i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

## SJIKTNINGSTILHØVE

Temperatur, saltinnhald og oksygeninnhald vart målt i vassøyla på lokaliteten den 13. januar 2004 kl. 13 med ein YSI 600 XLM nedsenkbar sonde. Sonden vart senka til vel 80 m djup på lokaliteten like ved den utplasserte straummålarriiggen.

Vassøyla på lokaliteten var svært homogen på måletidspunktet, bortsett frå eit tynt overflatesjikt på knapt 1 meter, der temperaturen og saltinnhaldet var litt lågare enn elles nedover i vassøyla (**figur 4**). Her var temperaturen 6,8 - 7,0 °C, og saltinnhaldet 31,8 - 32,5. Vidare nedover steig temperaturen svakt frå 7,2 °C på 2 meters djup til 7,6 °C på 60 meters djup, og så litt raskare til 8,0 °C på 80 meters djup. Straummålaren på 100 meters djup målte 8,6 °C på dette tidspunktet. Saltinnhaldet auka også svakt nedover, frå 33,0 på 2 meters djup til 33,9 på 80 meters djup.

Oksygeninnhaldet var høgt i heile vassøyla, med eit oksygeninnhald mellom 10,2 og 10,5 mg O/l, tilsvarande ei metting på rundt 100 %.



**Figur 4.** Måling av temperatur (°C), saltinnhald og oksygeninnhald (mg O/l) i vassøyla ved Bjørgen 13. januar 2004.

# RESULTAT AV STRAUMMÅLINGANE

## STRAUMHASTIGHEIT

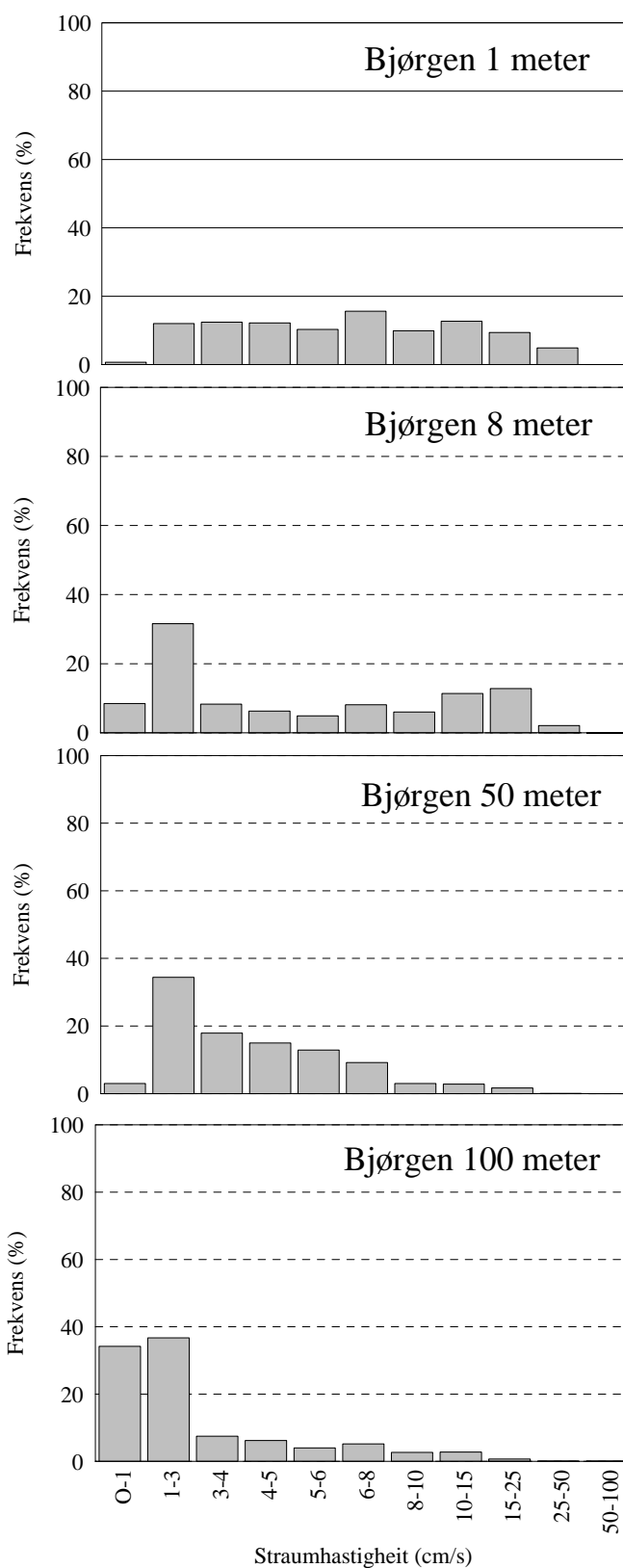
Overflatestraumen på 1 m djup hadde ei gjennomsnittleg hastigheit på 8,8 cm/s i måleperioden, og målingane av straumstyrke fordelte seg jamt i dei ulike intervalla frå 1 til 50 cm/s (**figur 5**). Den maksimale straumhastigheita på dette djupet vart målt til 49,0 cm/s (**figur 6**).

Det vart målt svært sterk straum på 8 m djup (vassutskiftingsstraum) i måleperioden, med ei gjennomsnittleg straumhastigheit på 7,1 cm/s. Målingane av straumstyrke synte flest målingar av straum i intervallet frå 1-3 cm/s (ca 32 %), elles var det ei relativt jamn fordeling av straum i dei ulike intervalla opp til 25 cm/s (**figur 5**). Den maksimale straumhastigheita vart målt til 37,6 cm/s (**figur 6**).

Det vart målt svært sterk straum på 50 m djup (spreiingsstraum) i måleperioden, med ei gjennomsnittleg straumhastigheit på 4,4 cm/s. Om lag 37 % av målingane av straum var på 3 cm/s eller mindre, resten fordelte seg i avtakande frekvens i intervalla frå 3 til 25 cm/s (**figur 5**). Den maksimale straumhastigheita vart målt til 27,8 cm/s (**figur 6**).

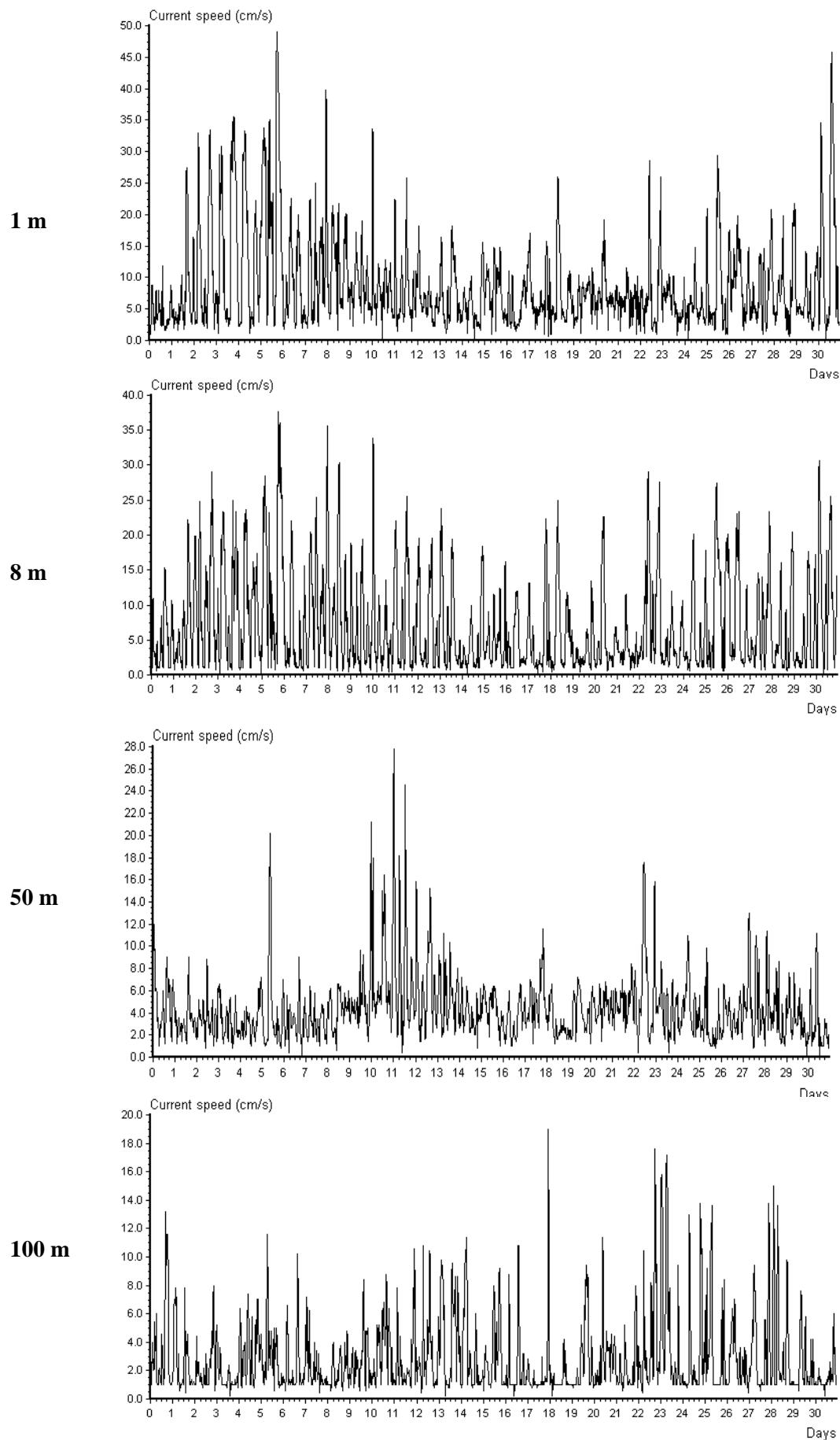
Det vart målt sterk straum på 100 m djup ("botnstraum", ca 35 m over botn) i måleperioden, med ei gjennomsnittleg straumhastigheit på 2,9 cm/s. Om lag 34 % av målingane av straum var på 1 cm/s eller mindre (heilt straumstille), medan ca 37 % var i intervallet 1-3 cm/s. Resten fordelte seg i dei ulike intervalla mellom 3 og 25 cm/s (**figur 5**). Den maksimale straumhastigheita vart målt til 19,0 cm/s (**figur 6**).

Straumbiletet på lokaliteten var i stor grad påverka av tidevatnet, med 2-4 straumtoppar i døgnet og korte periodar med tilnærma straumstille innimellom straumtoppane. Det såg ikkje ut til å vere vesentleg sterkare straum rundt fullmåne/nymåne enn elles i måleperioden (**figur 6**).



**Figur 5.** Fordeling av straumhastigheit ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004.





**Figur 6.** *Straumhastighet ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004.*

## STRAUMSTILLE PERIODAR

På 1 m djup var det ingen periodar med tilnærma straumstille (under 2 cm/s) som varte så lenge som 2,5 timar i løpet av måleperioden (**tabell 5**). Lengste periode var på 1 time og 20 minuttar. Det var i praksis ikkje straumstille på dette djupet.

På 8 m djup var det svært lite innslag av straumstille periodar i løpet av måleperioden. Til saman vart det registrert 51 timar av totalt 743 timar med tilnærma straumstille (under 2 cm/s) i periodar på 2,5 timar eller meir (6,8 %). Ser ein på enkeltmålingane gjeve i **tabell 5** vart det i løpet av måleperioden registrert til saman 17 periodar på 2,5 timar eller meir med tilnærma straumstille, og dei to lengste periodane var på 3,8 og 3,5 timar.

På 50 m djup var det svært lite innslag av straumstille periodar i løpet av måleperioden. Til saman vart det registrert berre 35 timar av totalt 743 timar med tilnærma straumstille i periodar på 2,5 timar eller meir (4,7 %). Ser ein på enkeltmålingane vart det i løpet av måleperioden registrert til saman 11 periodar på 2,5 timar eller meir med tilnærma straumstille, og dei to lengste periodane var på 5 timar kvar.

På 100 m djup var det lite innslag av straumstille periodar i løpet av måleperioden. Til saman vart det registrert 314 timar av totalt 743 timar med tilnærma straumstille i periodar på 2,5 timar eller meir (42,2 %). Ser ein på enkeltmålingane vart det i løpet av måleperioden registrert til saman 58 periodar på 2,5 timar eller meir med tilnærma straumstille, og dei to lengste periodane var på 14 og 12 timar.

**Tabell 5.** Skildring av straumstille på lokaliteten Bjørgen oppgjeve som tal på observerte periodar av ei gitt lengde med straumhastigheit mindre enn 2 cm/s. Lengste straumstille er også oppgjeve. Måleintervallet er 10 min på 1 og 8 meter og 30 min på 50 og 100 meters djup, og målingane er utført i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

| Måledjup  | 0,17-<br>2,33 t | 2,5-<br>6 t | 6,17-<br>12 t | 12,17-<br>24 t | 24,17-<br>36 t | 36,17-<br>48 t | 48,17-<br>60 t | 60,17-<br>72 t | >72t | Maks  |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------|
| 1 meter   | 59              |             |               |                |                |                |                |                |      | 1,3 t |
| 8 meter   | 182             | 17          |               |                |                |                |                |                |      | 3,8 t |
| 50 meter  | 88              | 11          |               |                |                |                |                |                |      | 5 t   |
| 100 meter | 88              | 44          | 13            | 1              |                |                |                |                |      | 14 t  |

## STRAUMRETNING

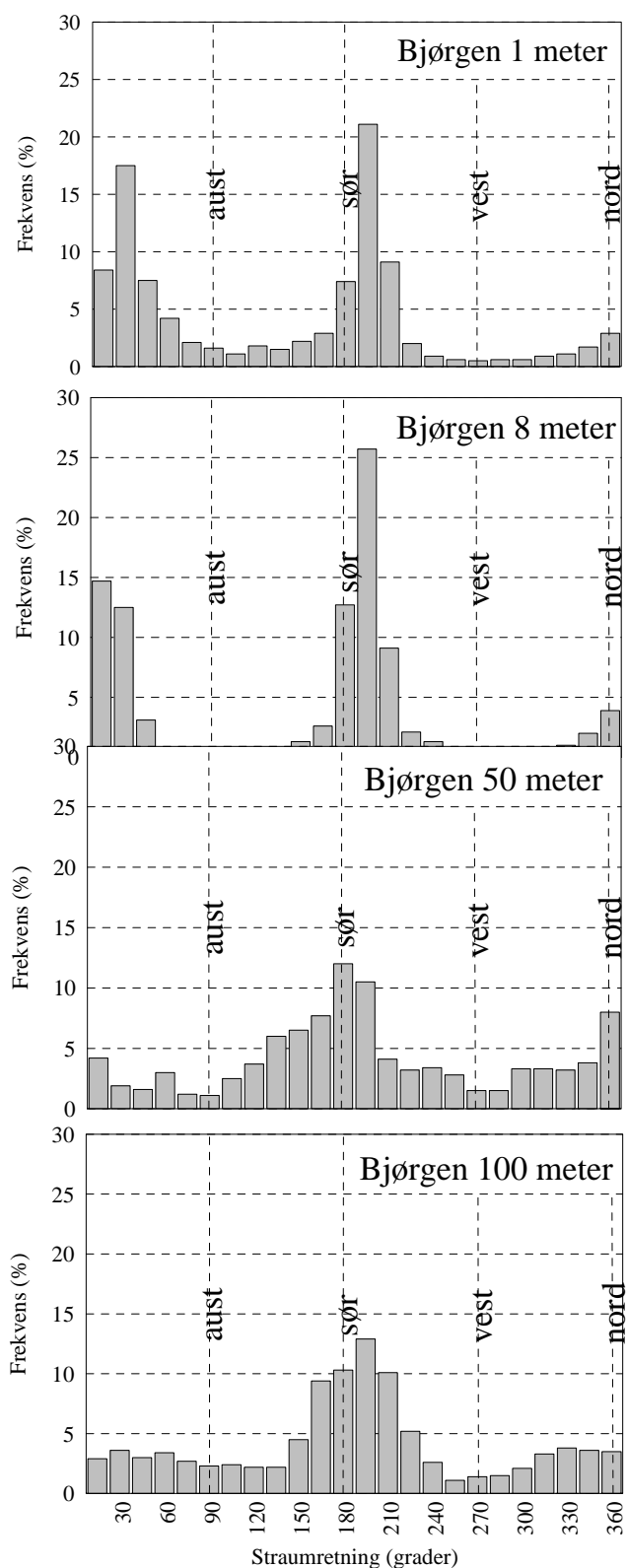
Overflatestraumen på 1 m djup gjekk hovudsakleg mot sør og nordnordøst i måleperioden (**figur 7**). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til straumen i sørsøraustleg resultatretning ( $168^\circ$ ) var 0.22, dvs at straumen var middels stabil i denne retninga (**tabell 6**). Straumen rann altså i løpet av måleperioden med 22 % stabilitet i sørsøraustleg retning. Det progressive vektorplottet viser at straumen periodevis gjekk att og fram i dei to retningane, men totalt sett mest i sørleg retning (**figur 8**).

Vassutskiftingsstraumen på 8 m djup gjekk i all hovudsak mot sør i måleperioden, men det var også ein god del målingar av straum mot nordnordøst (**figur 7**). Neumannparameteren, i sørleg resultatretning ( $180^\circ$ ) var 0.38 dvs at straumen var middels stabil i denne retninga (**tabell 6**). Dette viser også vektorplottet (**figur 8**).

Spreiingsstraumen på 50 m djup gjekk hovudsakleg mot sør og nord (**figur 7**). Neumannparameteren i sørleg resultatretning ( $180^\circ$ ) var 0.31, dvs at straumen var middels stabil i denne retninga (**figur 8**).

Botnstraumen på 100 m djup gjekk hovudsakleg i sørleg retning, men og litt mellom nordøst og nordvest (**figur 7**). Neumannparameteren i sørleg resultatretning ( $183^\circ$ ) var 0.35, dvs at straumen var middels stabil i denne retninga (**figur 8**).

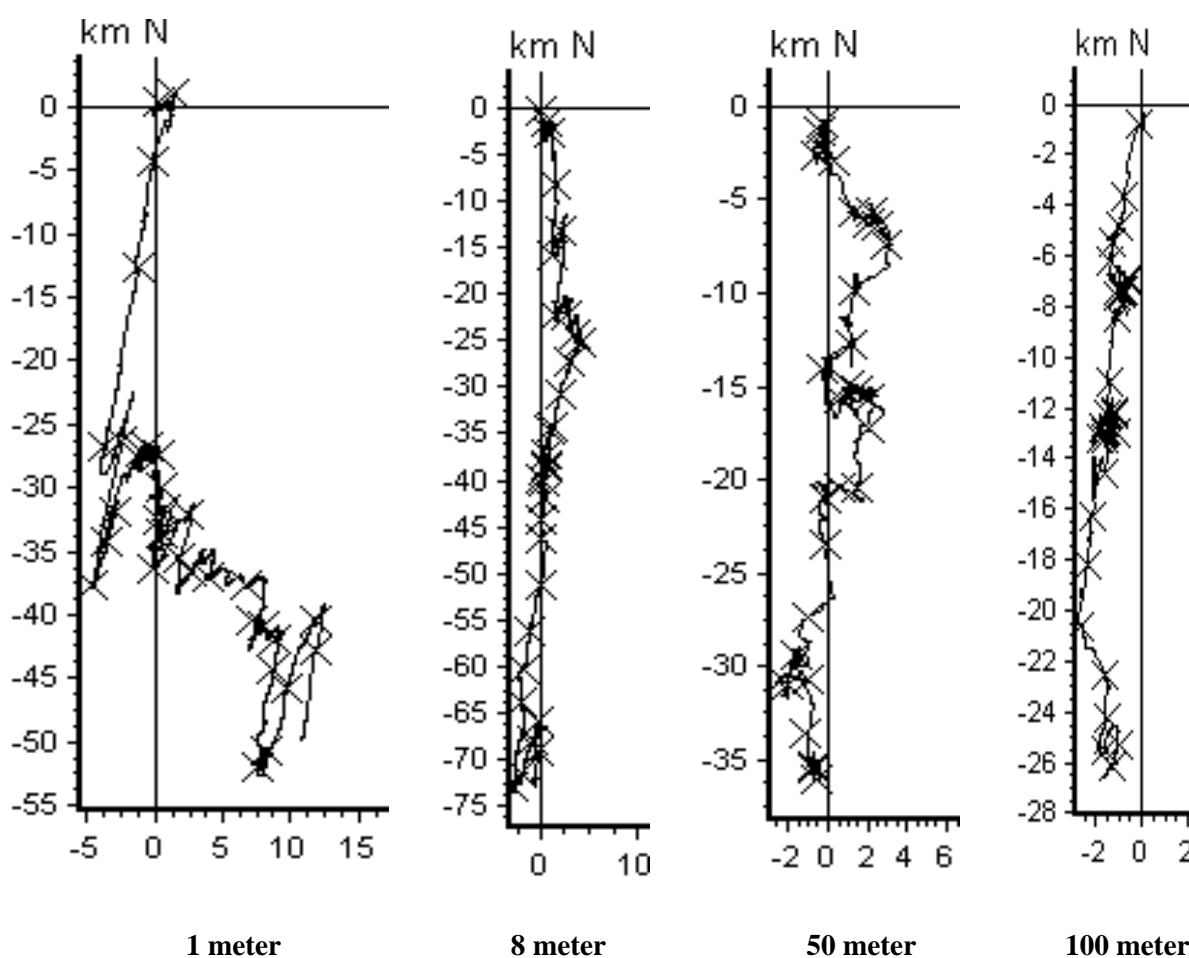
På alle djup er det ein viss dominans av straum som går mot sør, dvs i retning inn fjorden. Dette er ei følgje av det generelle mønsteret med at straum hovudsakleg går innover fjordane på sørsida og utover fjordane på nordsida, som ein effekt av jordrotasjonen. I ein sør - nordgåande sidefjord som Ålfjorden vil den inngåande hovudstraumen dreie sørover og gå innover langs vestsida av fjorden, medan det på austsida av fjorden vil vere dominans av straum som går ut fjorden i nordleg retning.



**Figur 7.** Fordeling av straumretning ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

**Tabell 6.** Skildring av hastighet, varians, stabilitet, og retning til straumen ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

| Måledjup  | Middel hastighet (cm/s) | Varians (cm/s) <sup>2</sup> | Neumann-parameter | Resultant retning |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 meter   | 8,8                     | 51,533                      | 0,218             | 168° = SSØ        |
| 8 meter   | 7,1                     | 46,086                      | 0,376             | 180° = S          |
| 50 meter  | 4,4                     | 9,021                       | 0,309             | 180° = S          |
| 100 meter | 2,9                     | 7,865                       | 0,351             | 183° = S          |



**Figur 8.** Progressivt vektorplott for målingane på 1 meters djup (til venstre), 8 meters djup, 50 meters djup og 100 meters djup (til høgre) ved Bjørgen i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

## VASSTRANSPORT

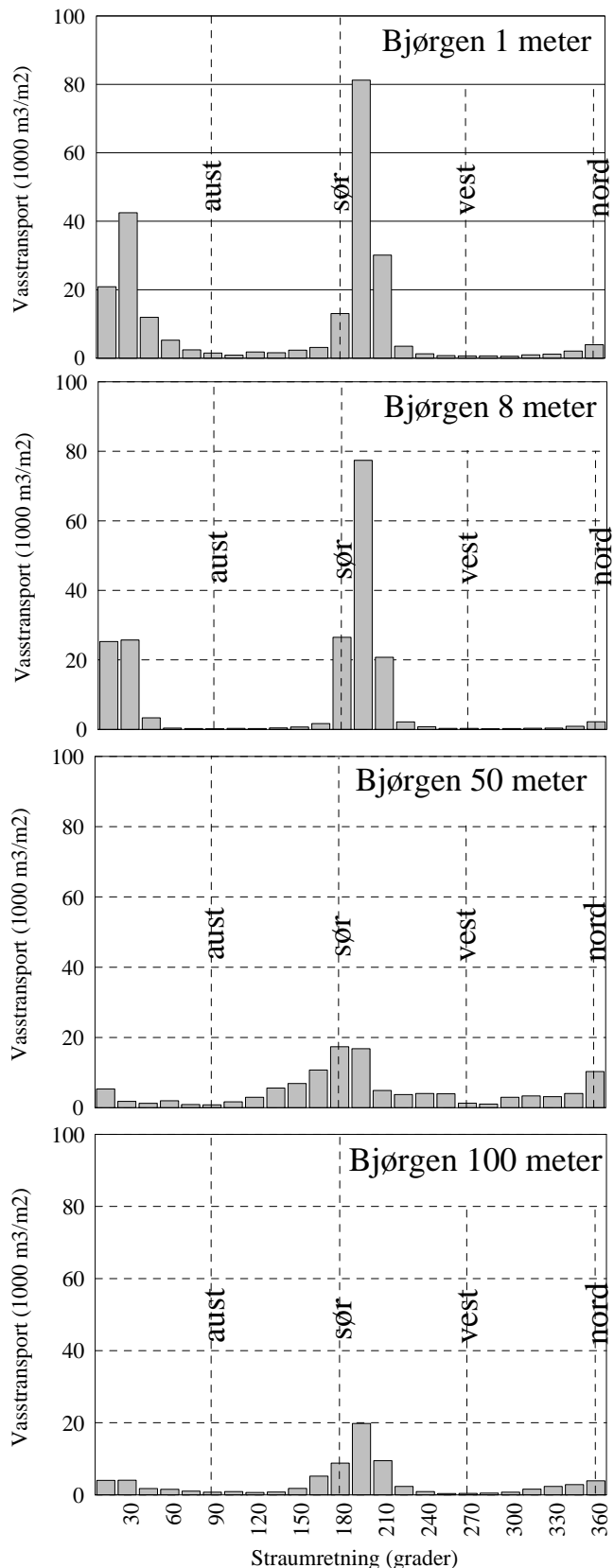
Vasstransporten på dei ulike djupa er ein funksjon av straumhastigheit og straumretning og er framstilt i **figur 9**. **Figur 10** syner samanfattande straumrosar av største registrerte, samt middel straumhastigheit, vasstransport og tal på målingar pr retningseining.

På 1 m djup var det ein dominans av vasstransport mot sør, men det var også ein god del mot nordnordaust. Den sterkaste straumen (49 cm/s) og den sterkaste gjennomsnittsstraumen (15 cm/s) vart målt mot sør.

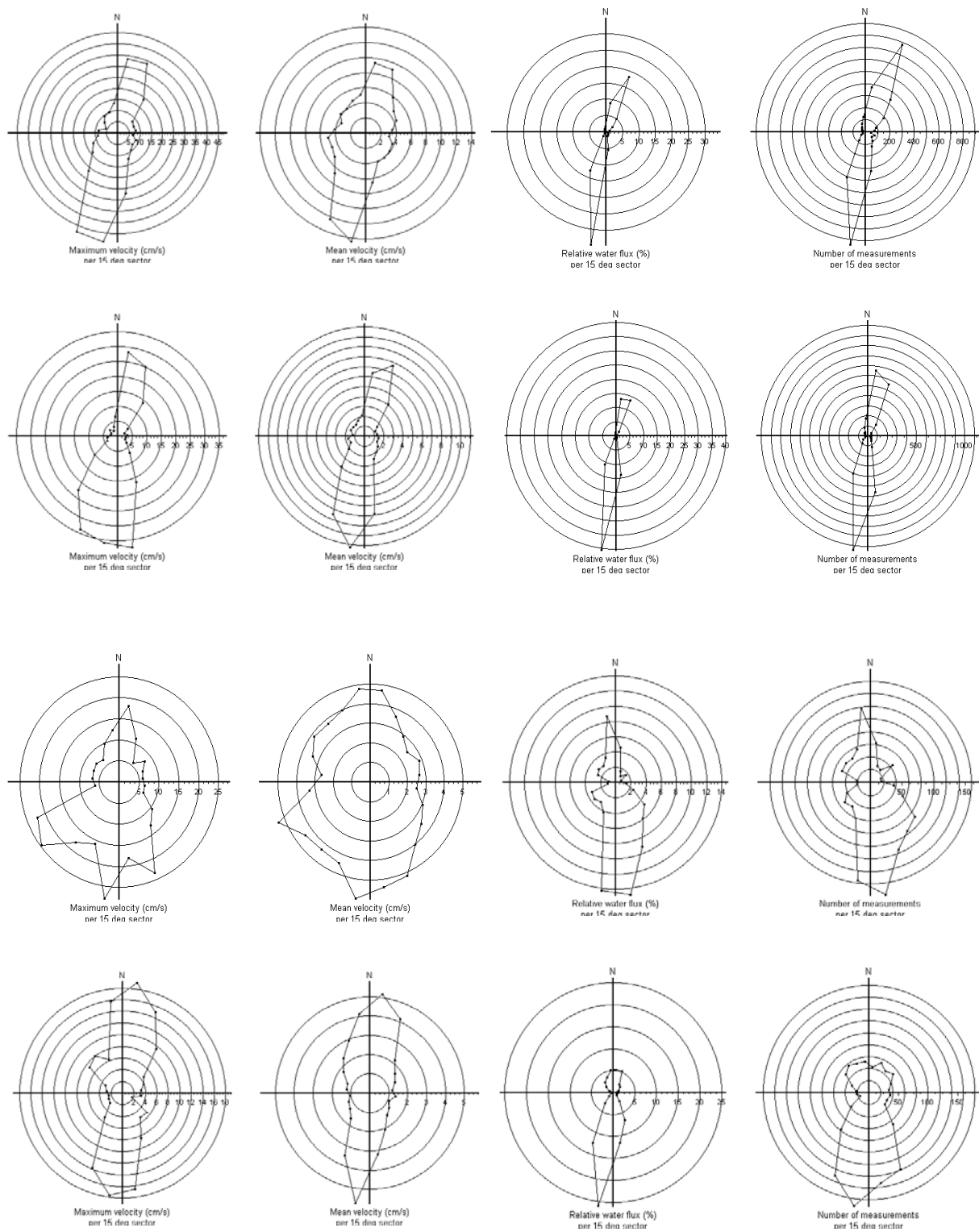
På 8 m djup var det ein klar dominans av vasstransport mot sør, men det var også noko mot nordnordaust. Den sterkaste straumen (38 cm/s) og den sterkaste gjennomsnittsstraumen (11 cm/s) vart målt mot sør.

På 50 m djup gjekk vasstransporten i all hovudsak mot sør, med ein liten andel mot nord. Den sterkaste straumen (28 cm/s) og den sterkaste gjennomsnittsstraumen (6 cm/s) gjekk mot sør, men det var også sterk maksimalstraum og gjennomsnittsstraum mot sørvest (**figur 10**).

På 100 m djup gjekk vasstransporten i all hovudsak mot sør. Den sterkaste straumen (19 cm/s) gjekk mot nord, men det var nesten like sterk straum mot sør (16-18 cm/s). Den sterkaste gjennomsnittsstraumen (5-6 cm/s) vart målt mot sør og nord.



**Figur 9.** Vasstransport (total fluks) ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004.

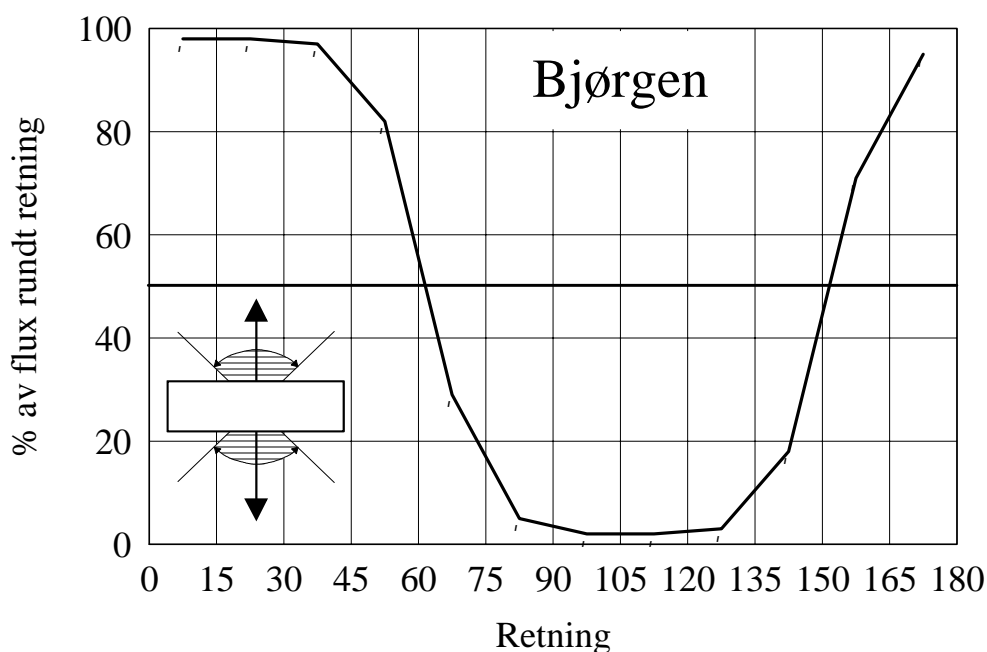


**Figur 10.** Samanfattande straumroser for måleresultata ved Bjørgen på 1, 8, 50 og 100 m djup i perioden 13. januar - 13. februar 2004. Resultata frå 1 meter (øvt), 8 meter, 50 meter og 100 meter (nedst). Dei fire ulike rosene syner fordelinga for kvar 15 grad, frå venstre: Største registrerte, samt middel straumhastigheit, vasstransport og tal på målingar.

## PLASSERING AV ANLEGG

Plasseringa av eit anlegg i høve til hovudstraumretninga på lokaliteten er avgjerande for om straumen går på tvers av eller langs med anlegget. Det beste for fisken i eit anlegg er at vatnet får kortast mogeleg opphaldstid i anlegget før nytt vatn kjem inn, og då må mest mogeleg av vasstransporten gå på tvers av anlegget. Dette gjeld spesielt i den varme årstida med høge temperaturar, mykje fisk og intensiv føring og drift av anlegget.

**Figur 11** syner kva som er den beste plasseringa av eit anlegg på lokaliteten for at mest mogeleg av vasstransporten skal passere på tvers av anlegget. Nede til venstre i figuren er det teikna inn korleis ein reknar seg fram til vasstransporten på tvers av anlegget. Det vatnet som renn på tvers av anlegget blir definert som det vatnet som passerer i ein sektor frå vinkelrett på anlegget og 45° til kvar side. Dette gjeld vasstransport frå begge sider av anlegget. Tilsaman inkluderer dette ein vasstransport som dekkjer ein 90° vinkel på begge sider av anlegget.



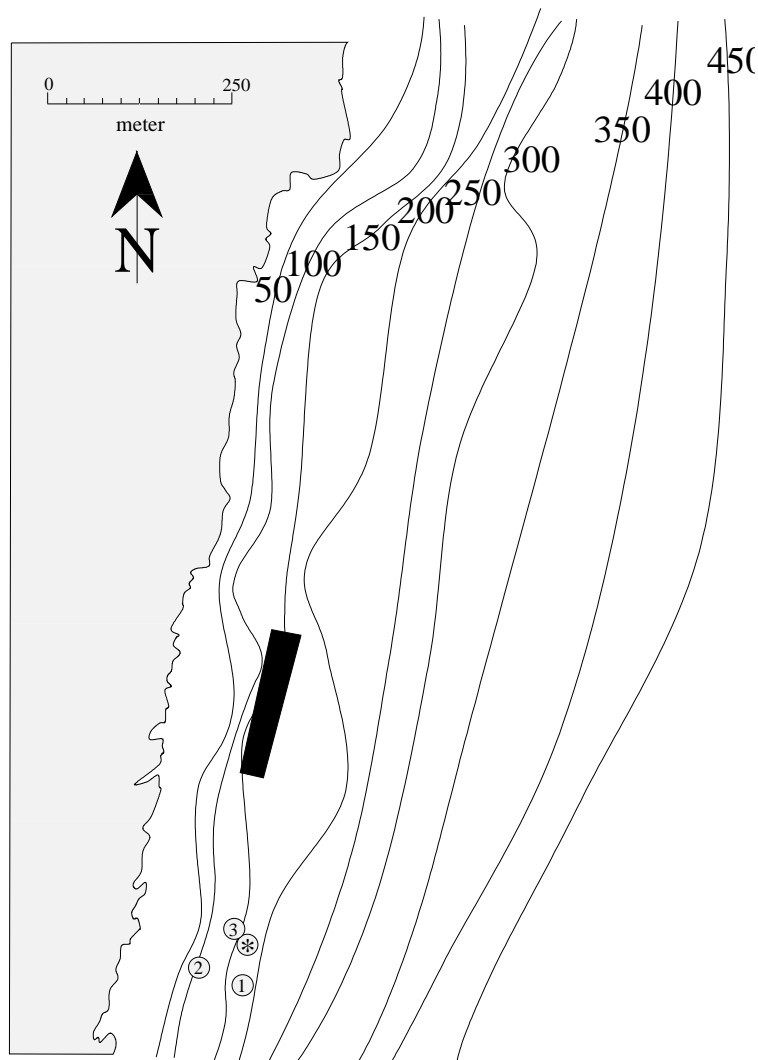
**Figur 11.** Endring i vasstransport (relativ fluks) på tvers av eit anlegg som funksjon av ei endring av anlegget si vinkelrette plassering på denne retninga. Sjå teksten for nærare forklaring.

Ut frå **figur 11** ser ein at vasstransporten på tvers av anlegget er størst i ei retning på mellom 0° og 40°, eller omlag mellom nord og nordaust. Den optimale plasseringa av eit anlegg er vinkelrett på dette, eller omlag i lengderetninga aust - vest til søraust - nordvest. Med ei slik plassering vil nærare 98 % av vasstransporten passere på tvers av anlegget, anten frå den eine eller den andre sida. Frå figuren ser ein også at ein ikkje skal dreie anlegget mykje før nesten ingenting av vasstransporten passerer på tvers av anlegget.

Det er ikkje alltid det av praktiske årsaker er mogeleg å leggje anlegget i den retninga som gir den beste vasstransporten på tvers av anlegget, f. eks på grunn av sterk overflatestraum. **Figur 11** kan då brukast til å rekne ut kva retning anlegget må ha for at t.d. minst 50 % av vatnet skal passere på tvers av anlegget.

## SKILDRING AV BOTNTYPE

Det vart teke 3 prøver for kartlegging av botntilhøva rundt lokalitetsområdet med ein 0,028 m<sup>2</sup> stor van Veen grabb (**figur 12** og **tabell 7**). Under prøvetakinga vart djup og posisjon målt med eit Olex integrert ekkolodd og GPS der dette vart registrert når grabben nådde botn. I eit område ca 3-400 meter sør for lokaliteten i eit djupneintervall mellom 110 og 180 m fann ein berre fjellbotn, der grabben ramla nedover fjellsida (**tabell 7**). Det er grunn til å tru at det er bratt fjellbotn også litt lenger nord der anlegget er omsøkt plassert.



**Figur 12.** Djupnetilhøve på og rundt lokaliteten ved Bjørgen samt prøvetakingsstadane for botnhogg og loddskot (1-3). Omsøkt plassering av anlegg er teikna inn, samt plassering av straummålarar (markert med \*).

**Tabell 7.** Skjema for prøvetakingsstad for granskingane 13. januar 2004 ved Bjørgen i Sveio kommune.

| Prøvetakingsstad:           | 1                                      | 2                                    | 3                                       |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|---|
| Pos N 59° 40,               | 290'                                   | 301'                                 | 328'                                    |
| Pos Ø 05° 32,               | 226'                                   | 170'                                 | 218'                                    |
| Djup                        | 180                                    | 110                                  | 120                                     |
| Antal forsøk                | 1                                      | 1                                    | 1                                       |
| Grabbvolum                  | tom                                    | tom                                  | tom                                     |
| Visuell skildring av prøven | fjellbotn, åpen grabb, ramla ned 4-5 m | fjellbotn, grabben ramla ned 10-20 m | fjellbotn, åpen grabb, ramla ned 5-10 m |



## DISKUSJON

### **Straumhastigheit**

Det vart målt svært sterk vassutskiftingsstraum på 8 meters representativt merddjup på lokaliteten, med gjennomsnittleg 7,1 cm/sekund. Om lag 2,1 % av målingane av straumstyrke var over 25 cm/s, og den sterkaste straumen som vart målt i perioden var 37,6 cm/s. I periodar kan nok straumen kortvarig vere så sterk at det kan by på ein del praktiske driftsproblem på lokaliteten. Nøter med fisk vil kunne liggje flate bortetter sjøen, ein vil kunne få periodar med lite effektiv føring, og fisken vil kunne få sårskader. Dette er driftsmessige problem som truleg ikkje vil oppstå særleg ofte, men det bør takast høgde for dette ved drift på lokaliteten slik at ein kan unngå denne type problem i periodar med sterk straum.

Overflatestraumen på 1 meters djup hadde ei gjennomsnittleg hastigheit på 8,8 cm/s i perioden. Det er ca 24 % meir enn på 8 meters djup, og forskjellen i straumhastigheit på dei to djupa er ikkje spesielt stor. Driftserfaringar på kystnære lokalitetar i straumsund der m.a. Sunnhordland Havbruksring har målt straum syner at overflatestraumen på 2 – 3 meters djup kan vere minst dobbelt så sterk som vassutskiftingsstraumen på 8 meters djup. Målingane av straumhastigheit tyder på at det ikkje var noko markert lagdeling av vassmassane mellom 1 og 8 meter i måleperioden, og den hydrografiske profilen målt i januar tyder heller ikkje på dette.

Nedover i djupet avtok straumen noko, men spreingsstraumen på 50 meters djup var framleis svært sterk til å vere på dette djupet, med eit gjennomsnitt på 4,4 cm/s. Også straumen på 100 meters djup var sterk i høve til djupna, med eit gjennomsnitt på 2,9 cm/s. Straumtilhøva på lokaliteten er totalt sett svært gode i høve til å få spreidd organisk avfall frå oppdrettsverksemda over eit større område, slik at ein unngår opphopping og punktbelastning under merdene.

### **Straumstille periodar**

Det var svært lite innslag av straumstille periodar for vassutskiftingsstraumen på 8 m djup på lokaliteten, og den lengste straumstilla var på berre 3,8 timar. Dette gjer at fisken berre i korte periodar vil kunne symje i tilnærma det same vatnet, og faren for oksygenvinn i merdene vil vere liten. Dette er bra for trivselen og veksten til fisken. Straumtilhøva er gode for storskala oppdrett av fisk, der anlegget mesteparten av tida raskt og effektivt vil få tilført nytt, oksygenrikt vatn, og ein truleg unngår problem med oksygenvinn i merdene.

Den lengste straumstille perioden på 50 m djup var 5 timar, og det er svært kort til å vere på dette djupet. Det var i tillegg ein mindre andel straumstille periodar på 50 meters djup enn på 8 meters djup (høvesvis 4,7 % mot 6,8 %), noko som er uvanleg. Også på 100 meters djup var innslaget av straumstille periodar lite, slik at ein jamnleg vil få tilført nytt, oksygenrikt vatn i heile vassøyla ned til botn. Det vil redusere faren for punktbelastning og opphopping av avfall på botnen under eit anlegg.

### **Straumretning**

Straumen på lokaliteten følgjer i all hovudsak landskapstopografien i området, og det vil seie at straumen går omlag i retning sør - nord. På alle djup er det ein viss dominans av straum som går mot sør, dvs i retning inn fjorden. Dette er ei følgje av det generelle mønsteret med at straum hovudsakleg går innover fjordane på sørsida og utover fjordane på nordsida, som ein effekt av jordrotasjonen. I ein sør - nordgåande sidefjord som Ålfjorden vil den inngåande hovudstraumen dreie sørover og gå innover langs vestsida av fjorden, medan det på austsida av fjorden vil vere dominans av straum som går ut fjorden i nordleg retning.

I tillegg til den sørgående straumen er det ein god del straum som går mot nordnord aust eller nord på alle djup. Detaljane i straumbileta viser at straumen på lokaliteten i stor grad er påverka av tidevatnet, og at straumen såleis går mykje att og fram i periodar. Lokaliteten ved Bjørgen ligg nesten ved utløpet av Ålfjorden, og dermed er det svære mengder vatn som skal passere forbi lokaliteten kvar gong tidevatnet fyller opp fjorden innover, eller når det tømest ut igjen. Dette er truleg viktigaste forklaringa på at det er målt så gode straumtilhøve på lokaliteten.

Det at straumen går att og fram på ein lokalitet er ikkje alltid like heldig. Dersom straumen er svak, kan ein få problem med at oksygenfattig og "oppbrukt" vatn kjem i retur, men ved Bjørgen er straumen totalt sett så sterk at dette truleg ikkje vil utgjere noko problem. Også gjentatte lusepåslag kan periodevis vere eit problem på einskilde lokalitetar der mykje av dei same vassmassane sirkulerer i eit lite område. Ved Bjørgen er det ein god del netto transport av vatn mot sør, som tidlegare nemnt, slik at eventuelle problem knytt til dette vil vere små.

Den beste plasseringa av eit anlegg på lokaliteten for å få størst mogeleg vasstransport gjennom anlegget er omlag i lengderetninga aust - vest. Då vil nærare 98 % av vasstransporten passere på tvers av anlegget. Dersom ein legg anlegget slik som omsøkt, vil så og seie alt vatnet måtte passere gjennom heile merdrekkja, og då vert kvaliteten på vatnet truleg forringa ein god del før det kjem til den siste merda. På ein straumsvak lokalitet ville ein slik situasjon vere svært uheldig, men på lokaliteten ved Bjørgen er det målt såpass sterk straum at det kan gå bra mesteparten av tida. I periodar med lite straum kan ein likevel ikkje utelukke at fisken vil få redusert trivsel i den varme årstida på grunn av for lite gjennomstrøyming og oksygensvinn dersom anlegget blir liggjande parallelt med straumen.

### **Botngranskinga**

Djupnekart over området viser at det er til dels svært bratt på lokaliteten, med gjennomsnittleg ein meter fall for kvar meter ein går frå land. Sediment vil normalt ikkje bli liggjande når det er så bratt, og vil berre kunne samle seg opp på eventuelle hyller eller i skårer nedover fjellsida. Ved grabbinga registrerte ein at grabben ramla mange meter nedover fjellsida etter å ha treft botn første gong, og ein fekk ikkje noko materiale med opp. Det kan tyde på at fjellbotn er relativt slett, utan vesentleg med hyller og skårer. Det er mogeleg at ein ikkje finn vesentlege mengder sediment før ein kjem ned på nærare 400-450 meters djup, der fjordbotn flatar ut. Erfaringsmessig vil sedimentet på ca 450 meters djup hovudsakleg bestå av fin sand, silt og leire.

Grabbinga vart gjort i eit område ca 3-400 meter sør for lokaliteten, men ut frå djupnekartet er det grunn til å tru at det er same type bratt fjellbotn også litt lenger nord der anlegget er omsøkt plassert. Det er ca 100-180 meter djupt der anlegget er omsøkt plassert, og djupnetilhøva på lokaliteten er såleis svært gode.

### **Konklusjon**

Med tanke på spreining av organisk avfall frå oppdrettsverksemda er straumtilhøva på lokaliteten svært gode, med svært sterk vassutskiftingsstraum og spreingsstraum, og sterk botnstraum. Det er i tillegg svært god djupne på lokaliteten, og botn under det omsøkte anlegget er bratt skrånande, noko som fører til ytterlegare spreining. Det vil dermed vere liten fare for lokal punktbelastning på botnen under anlegget. Lokaliteten ligg også gunstig til ut mot ein djup og stor fjordresipient, med stor resipientkapasitet. Det er målt svært sterk vassutskiftingsstraum på lokaliteten, og det medfører at ein må ta høgde for periodevis kraftig straum ved den praktiske drifta av eit anlegg på lokaliteten. Det er liten sjanse for at ein vil få problem med for lite straum i høve til trivselen til fisken, men dersom ein legg anlegget parallelt med hovudstraumretninga på lokaliteten kan ein ikkje utelukke dette i straumsvake periodar. Med rett bruk av gjeldande merdteknologi bør lokaliteten vere svært godt eigna til oppdrett av fisk, og vil fungere tilfredsstillande for den omsøkte oppdrettsverksemda.

# LOKALITETSKLASSIFISERING

## INNLEIING

“Forskrift om krav til teknisk standard for anlegg som nyttes i oppdrettsvirksomhet” gjeld frå 1. januar 2004. Det inneber at alle lokalitetar skal klassifiserast i samsvar med NS 9415, “Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift”. Denne klassifiseringa vil vere avgjerande for spesifikasjonane for alt utstyr som skal nyttast på lokaliteten. Det er såleis ikkje lenger mogleg å kjøpe delar til anlegga før lokalitetane er klassifiserte. Noverande anlegg skal også godkjennast etter forutgåande lokalitetsklassifisering, og det skal gjevast ”dugleiksbevis” av eit akkreditert klassifiseringsselskap.

Ei lokalitetsklassifisering medfører at hovudkomponentar og totalanlegg vert dimensjonert etter kva for miljølast dei kan verte utsett for. Dette inneber ei vurdering av komponentane:

1. flytekrage
2. notposar
3. fortøyningar
4. flåte/kai/lekter
5. totalanlegg

Totalanlegget vert utsett for ein kombinasjon av last frå vind, bølger, straum, tidevatnvariasjonar, stormflo, is og snø. Alle lokalitetar skal difor lokalitetsklassifiserast på bakgrunn av signifikant bølgehøgde (50-årsbølgja) og straumhastigheit (10-årsstraum). Notposar og flytekrage vert godkjent i samsvar med lokalitetskategoriar basert på tildeling av lokalitetsklasse.

Ei lokalitetsklassifisering krev ei lokalitetsvurdering som omfattar følgjande element: *Straum, bølger, vind, temperatur (for vurdering av nedising og drivis), tidevatn, vassdjupne og topografi, skildring av botntype og eventuelt også båt- og skipstrafikk.*

Når bølge- og straumklasse for ein lokalitet er bestemt vert lokaliteten klassifisert i samsvar med **tabell 8**. Alle flytekragar og notposar som skal nyttast, skal vere klassifisert i samsvar med denne tabellen.

**Tabell 8.** *Klassifikasjon av lokalitet på bakgrunn av signifikant bølgehøgde og straumhastigheit. Klassifikasjonane betyr: A/a= Liten, B/b= Moderat, C/c = Stor, D/d = Høg og E/e = Svær eksponering. Fargane viser til lokalitetskategori for klassifikasjon av notposar. Kategori 1 = blå, 2 = grøn, 3 = gul og kategori 4 = raud.*

| Signifikant bølgehøgde $H_s$ (m) | Bølgeperiode $T_p$ (s) | Straumhastigheit, $V_c$ (m/s) |                |                |                |            |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
|                                  |                        | a<br>< 0,3                    | b<br>0,3 - 0,5 | c<br>0,5 - 1,0 | d<br>1,0 - 1,5 | e<br>> 1,5 |
| <b>A</b> < 0,5                   | < 2,0                  | Aa                            | Ab             | Ac             | Ad             | Ae         |
| <b>B</b> 0,5 - 1,0               | 1,6 - 3,2              | Ba                            | Bb             | Bc             | Bd             | Be         |
| <b>C</b> 1,0 - 2,0               | 2,5 - 5,1              | Ca                            | Cb             | Cc             | Cd             | Ce         |
| <b>D</b> 2,0 - 3,0               | 4,0 - 6,7              | Da                            | Db             | Dc             | Dd             | De         |
| <b>E</b> > 3,0                   | > 5,3                  | Ea                            | Eb             | Ec             | Ed             | Ee         |

## VASSDJUPNE OG TOPOGRAFI

Djupnetilhøva på lokaliteten og området rundt er skildra på grunnlag av sjøkart og djupnekotekart basert på hydrografiske originalar. Kart og skildringar er presentert i kapitlet “Område- og lokalitetsskildring” framme i rapporten (side 8-9).

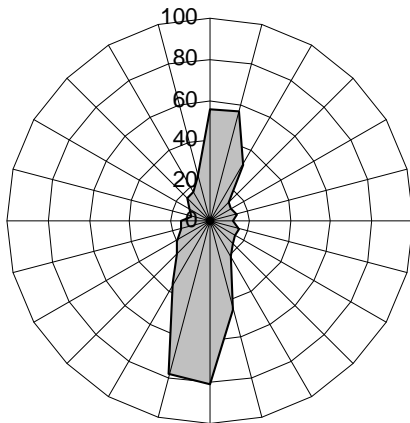
## KLASSIFISERING AV STRAUM

For dimensjonering av flytekragen nyttar ein den estimerte 10-årsstraumen på 1 m djup. For dimensjonering av notposar nyttar ein i følgje standarden (NS 9415) middelet av den estimerte 10-årsstraumen på 1 m og 15 m djup avdi dette vil vere mest representativt for notdraget til nota i heile vassøyla. På denne lokaliteten er det ikkje målt straum på 15 meters djup, i staden vert målingane på 8 meters djup nytta direkte til å estimere 10-årsstraumen på 8 m representativt merddjup.

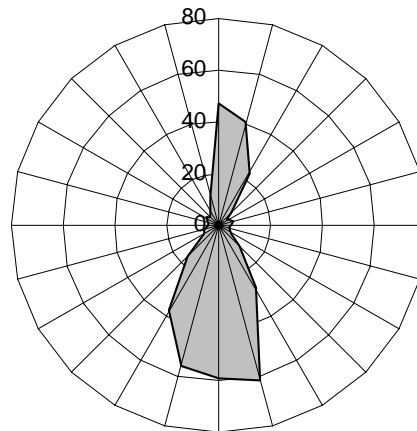
I perioden 13. januar - 13. februar 2004 var det utplassert Gytre Straummålarar (modell SD-6000) på 1 og 8 meters djup på lokaliteten i posisjon N 59/40,322' / Ø 05/32,230' (jf. metodekapitlet s 10). Det vart målt temperatur, straumhastigheit og straumretning kvart 10. minutt.

Den største registrerte straumhastigheita (det vektorielle middelet av straumfart over ein ti minuttars måleperiode) innafor kvar 15 graders sektor på 1 og 8 meters djup vart multiplisert med ein faktor på 1,65 for å estimere 10-årsstraumen (NS 9415). **Figur 13** syner 10-årsstraumen på 1 og 8 meters djup i ulike retningar.

10-årsstraumen på 1 meters djup (cm/s)



10-årsstraumen på 8 meters djup (cm/s)



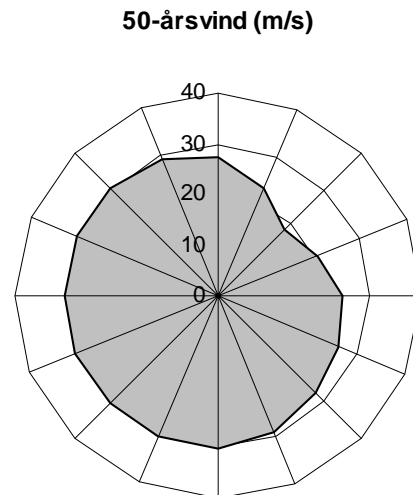
**Figur 13.** 10-årsstraumen på 1 og 8 m djup ( $V_c$ , cm/s) for lokaliteten Bjørgen vist som straumrosar. Figuren syner fordelinga for kvar 15. grad.

Den sterkaste forventa 10-årsstraumen på 1 m djup, som vert dimensjonerande for flytekragen og totalanlegget, er på **80,9** cm/s i sørleg retning (**figur 13**). Dette tilsvarar straumklasse c = “Stor eksponering” (**tabell 8, vedleggstabell 5**). Den sterkaste forventa 10-årsstraumen på 8 m djup, er på **62,0** cm/s i sørleg retning. Dette tilsvarar gjennomsnittet av straum i ein notpose på 16 m djup ned til blylina og er den straumhastigheita som vert retningsgjevande for dimensjonering av notposar. Dette tilsvarar straumklasse c = “Stor eksponering”.

## KLASSIFISERING AV BØLGJER

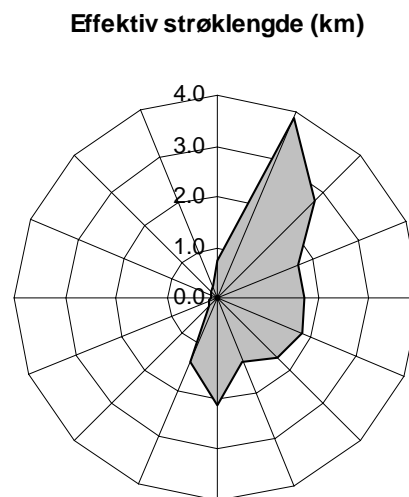
NS 9415 skisserer tre alternativ for fastsetting av bølgeparametrar, kor vi har vald å berekne bølger ut frå strøklengde. Signifikant bølgehøgde vert bestemt ut frå effektiv strøklengde og vindfart for 10 minuttars middelvind. 50-årsbølgja skal bestemmast ut frå tilhøyrande verdi for lokaliteten sin 50-årsvind. Lokaliteten sin 50-årsvind er fastsett ved bruk av vinddata frå NS 3491-4 med eit tillegg for 17 % for omrekning til terrengkategori I, og justert for retningsfaktoren. Den sterkaste forventa 50-årsvinden for lokaliteten er sterk storm som kjem i frå retning mellom sør og nordvest (**30,4 m/s**, jf. **vedleggstabell 6**). Lokaliteten sin teoretiske 50-årsvind for alle himmelretningar er vist i **figur 14**.

**Figur 14.** 50-årsvind ( $U$ , m/s) for lokaliteten Bjørgen vist som vindrose. Figuren syner fordelinga for kvar 22,5 grad.



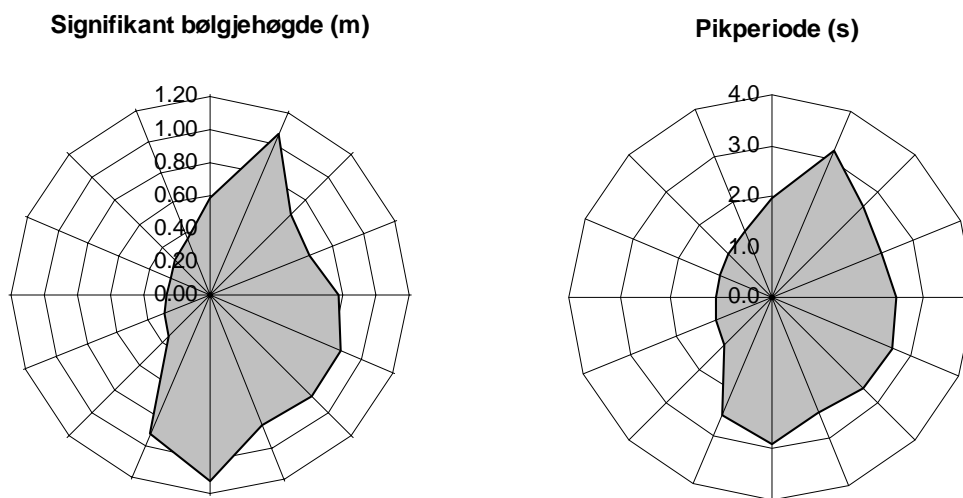
For å finne 50-årsbølgja ( $H_s$ ) for lokaliteten må ein og rekne ut den effektive strøklengda på lokaliteten (**vedleggstabell 6**). Denne er avhengig av både strøklengde og strøkbredde. Med vind frå nordnordaust blir den effektive strøklengda på lokaliteten høgast (3,8 km). **Figur 15** syner effektiv strøklengde frå 16 himmelretningar for lokaliteten.

**Figur 15.** Effektiv strøklengde for lokaliteten Bjørgen vist som rose. Figuren syner effektiv strøklengde for kvar 22,5 grad.



Ein finn 50-årsbølgja ( $H_s$ , m) og bølgjeperiode (pikperiode,  $T_p$ , s) for lokaliteten ved å kombinere verdiar for lokaliteten sin 50-årsvind med lokaliteten si effektive strøklengde (**figur 16**). Den signifikante 50-årsbølgja ( $H_s$ ) med tilhøyrande bølgjeperiode ( $T_p$ ) for lokaliteten Bjørgen kjem frå sør og er berekna til å bli **1,11 m** og **2,88 s**. Dette tilsvarar bølgjeklasse C = “stor eksponering” (**tabell 8, vedleggstabell 6**). Den høgaste bølgja ( $H_{max}$ ) er berekna til å bli **2,11 m**. Den effektive strøklengda er klart størst mot nordnordaust, men sidan den forventa 50-årsvinden frå denne retninga er vesentleg lågare enn den forventa 50-årsvinden frå sør, vil vind frå sør gi den største forventa bølgjehøgda på lokaliteten. Den lengste bølgjeperioden på lokaliteten kjem forøvrig med vind frå nordnordaust (3,13 s, jf. **figur 16**).

Lokalitetsklassen for dimensjonering av flytekrage og totalanlegg er  $C_c$  tilsvarande ein lokalitet med stor eksponering for bølgjer og stor eksponering for straum. Lokalitetsklassen for dimensjonering av notpose er  $C_c$ , tilsvarande “Kategori 3”, jf. **tabell 8**.



**Figur 16.** Signifikant bølgjehøgde ( $H_s$ , m) og bølgjeperiode (pikperiode,  $T_p$ , s) for ein returperiode på 50 år for lokaliteten Bjørgen vist som rose. Figuren syner fordelinga for kvar 22,5 grad.

Det finnest tre ulike typar straum som påverkar straumbiletet på lokaliteten. **Vindstraum** vert danna når vind bles over sjøen. Vindstraumen i overflata kan vere 2 - 5 % av vinden sin hastigheit i fjord- og kyststrøk. Full storm (25 m/s) kan setje opp ein vindfart på 0,5 m/s på ope hav. **Tidevatnstraum** vert sett opp av tidevatnets periodiske rørsle. Dette kan gi stor straumfart, spesielt i sund og fjordarmar. Maksimal tidevasstraum (offshore) vert rekna å vere 0,5 m/s sør for 61 ° N og 0,8 m/s nord for 61 ° N. **Trykkdriven** straum oppstår når vasstanden er ulik. Det er kjent at Kyststraumen går nordover langs Norskekysten med inntil 0,5 m/s. Avrenning frå elvar i fjordar danner ein utoverretta brakkvasstraum.

Når ein måler overflatestraum på 1 m djup på ein lokalitet over ein månad, så kan straummålingsserien innehalde komponentar av alle tre straumtypar. Ved stille og tørt vær vil tidevatnstraum dominere. Ved uroleg vær og mykje nedbør vil trykkdriven straum og vindstraum påverke målingane mykje. NS 9415 legg til grunn 10-årsstraumen og 50-årsbølgja for lokalitetsklassifiseringa der utrekning av 10-årsstraumen skal basere seg på ein månad med straummålingar.

Ein forventa 50-årsvind på ein lokalitet vil kunne setje opp ein sterk vindstraum der tilhøva ligg til rette for det (f. eks når vinden bles ut over ein lang og nokså rett fjord). I ein sørvendt fjord slik som Ålfjorden, vil ein kunne få ein del utoverretta vindstraum i fjordens retning. Med sterk vind innover i fjorden sin retning vil denne og kunne setje opp ein viss vindstraum, men i noko mindre omfang avdi vatnet vil verte stuva opp inne i fjorden. Når vinden så avtek, vil ein kunne få ein kraftig utoverstraum eller

oppstuvingsstraum, som i enkelte høve kan gi ein overflatestraum på opp mot 0,8 m/s. På lokaliteten ved Bjørgen vil det vere sterk storm frå sør (30,4 m/s) som gir den høgaste signifikante 50-årsbølgja (1,11 m). Med sterk storm frå sør kan ein forvente at det vert sett opp ein overflatestraum i retning nord, men det er vanskeleg å estimere kor sterk denne vil kunne bli på grunn av at det avheng av effektiv strøklengde og varigheita av den sterke vinden. Ved dette høvet er 10-årsstraumen forventa å skulle vere sterkast i retning sør (0,81 m/s). Dette inneber at den forventa 10-årsstraumen vil ha motsett retning av den forventa 50-års vindstraumen.

## TIDEVATN

Skildring av tidevatnvariasjon skal i samsvar med standarden inkludere ekstremverdiar, også stormflo. Følgjande verdiar er henta frå *Tidevannstabeller for den norske kyst 2003, 66 årgang*, korrigert til næraste sekundærhamn (**tabell 9**):

**Tabell 9.** Tidevatnvariasjon på lokaliteten Bjørgen.

| Standardhamn: <b>Bergen</b> | Sekundærhamn: <b>Leirvik</b>        | Høgdekorreksjon: <b>0,76</b> |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
|                             | Høgaste observerte vasstand         | <b>182 cm</b>                |
| Høgvatn:                    | Høgaste astronomiske tidevatn (HAT) | <b>137 cm</b>                |
|                             | Middel spring høgvatn (MHWS)        | <b>115 cm</b>                |
|                             | Middel spring lågvatn (MLWS)        | <b>22 cm</b>                 |
| Lågvatn:                    | Lågaste astronomiske tidevatn (LAT) | <b>0 cm</b>                  |
|                             | Lågaste observerte vasstand         | <b>-32 cm</b>                |

## TEMPERATUR, FARE FOR ISLEGGING / ISGANG

Lokaliteten ligg langt ute i ein forholdsvis kystnær fjordarm, og det er ikkje spesielt store ferskvasstilførsler i området. Det vil dermed vere liten fare for islegging eller isgang i lokalitetsområdet. Døgnmiddeltemperaturen målt av straummålaren på 1 meters djup var i perioden 13. januar til 13. februar ikkje under 4,6 °C (**figur 3 s. 12**).

## SKILDRING AV BOTNTYPE

Det vart teke 3 prøver for kartlegging av botntilhøva i lokalitetsområdet med ein 0,028 m<sup>2</sup> stor van Veen grabb (sjå side 22). Grabbhogga viste av det er bratt fjellbotn utan primærsediment på 110-180 meters djup i lokalitetsområdet. Ein må truleg ned på nærare 400-450 meters djup der fjordbotn flatar ut før ein finn vesentlege mengder sediment. Erfaringsmessig vil sedimentet på ca 450 meters djup hovudsakleg bestå av fin sand, silt og leire.

## REFERANSAR

- FISKERIDIREKTORATET.** Veiledning for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til fiskeoppdrettsvirksomhet.
- GOLMEN, L. G. & E. NYGAARD 1997.**  
Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø.  
*NIVA-rapport 3709, 58 sider, ISBN 82-577-3275-3*
- GOLMEN, L. G. & A. SUNDFJORD 1999.**  
Strøm på havbrukslokaliteter.  
*NIVA-rapport 4133, 33 sider, ISBN 82-577-3743-7*
- MOLVÆR, J., J. KNUTZEN, J. MAGNUSSON, B. RYGG, J. SKEI & J. SØRENSEN 1997.**  
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.  
*SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997.*
- NORSK STANDARD NS 3491-4.**  
Prosjektering av konstruksjoner - Dimensjonerende laster - Del 4: Vindlaster  
*Norges standardiseringsforbund, 106 sider.*
- NORSK STANDARD NS 9410.**  
Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. 1. utgave mars 2000.  
*Norges standardiseringsforbund, 22 sider.*
- NORSK STANDARD NS 9415.**  
Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift. 1. utgave august 2003.  
*Norges standardiseringsforbund, 75 sider.*
- STIGEBRANDT, A. 1992.**  
Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.  
*ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.*
- TIDEVANNSTABELLER FOR DEN NORSKE KYST. 66. ÅRGANG 2003.**  
*Statens kartverk sjø, 88 sider.*



## VEDLEGGSTABELLAR

*Vedleggstabell 1. Oversyn over straumaktiviteten i alle 15 graders kompassektorar på 1 m djup for lokaliteten Bjørgen. Måleperiode: 13. januar - 13. februar 2004. Antal målingar: 4456. Intervalltid: 10 min.*

|             | Current speed groups |             |             |             |             |             |            |             |            |            |            |            |      | Total flow                     |      |
|-------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------|--------------------------------|------|
|             | 1                    | 3           | 4           | 5           | 6           | 8           | 10         | 15          | 25         | 50         | 75         | 100        | Sum% | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | %    |
| 15          | 1                    | 12          | 42          | 47          | 39          | 72          | 34         | 65          | 51         | 10         | 0          | 0          | 8.4  | 20856                          | 8.9  |
| 30          | 0                    | 47          | 46          | 83          | 77          | 162         | 110        | 167         | 70         | 18         | 0          | 0          | 17.5 | 42482                          | 18.1 |
| 45          | 1                    | 27          | 43          | 62          | 61          | 89          | 32         | 16          | 3          | 0          | 0          | 0          | 7.5  | 11923                          | 5.1  |
| 60          | 0                    | 33          | 40          | 45          | 28          | 40          | 2          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 4.2  | 5278                           | 2.3  |
| 75          | 2                    | 21          | 19          | 18          | 19          | 15          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 2.1  | 2446                           | 1.0  |
| 90          | 2                    | 29          | 15          | 18          | 4           | 4           | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.6  | 1520                           | 0.6  |
| 105         | 5                    | 19          | 13          | 6           | 2           | 2           | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.1  | 865                            | 0.4  |
| 120         | 1                    | 33          | 19          | 13          | 8           | 5           | 2          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.8  | 1822                           | 0.8  |
| 135         | 4                    | 26          | 8           | 9           | 9           | 10          | 1          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.5  | 1582                           | 0.7  |
| 150         | 2                    | 32          | 27          | 9           | 10          | 11          | 5          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 2.2  | 2341                           | 1.0  |
| 165         | 3                    | 55          | 21          | 15          | 7           | 17          | 8          | 2           | 0          | 0          | 0          | 0          | 2.9  | 3161                           | 1.3  |
| 180         | 0                    | 57          | 54          | 35          | 29          | 53          | 51         | 35          | 13         | 1          | 0          | 0          | 7.4  | 13043                          | 5.6  |
| 195         | 0                    | 32          | 62          | 55          | 58          | 109         | 98         | 168         | 198        | 158        | 0          | 0          | 21.1 | 81224                          | 34.7 |
| 210         | 0                    | 13          | 25          | 33          | 32          | 38          | 56         | 96          | 81         | 33         | 0          | 0          | 9.1  | 30095                          | 12.8 |
| 225         | 2                    | 7           | 10          | 17          | 10          | 13          | 17         | 8           | 3          | 0          | 0          | 0          | 2.0  | 3510                           | 1.5  |
| 240         | 0                    | 6           | 12          | 5           | 9           | 6           | 2          | 2           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.9  | 1295                           | 0.6  |
| 255         | 2                    | 3           | 7           | 4           | 4           | 3           | 1          | 2           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.6  | 754                            | 0.3  |
| 270         | 1                    | 4           | 2           | 6           | 1           | 7           | 1          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.5  | 661                            | 0.3  |
| 285         | 0                    | 6           | 10          | 6           | 4           | 0           | 1          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.6  | 670                            | 0.3  |
| 300         | 1                    | 10          | 10          | 1           | 5           | 0           | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.6  | 574                            | 0.2  |
| 315         | 0                    | 7           | 12          | 10          | 7           | 3           | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.9  | 986                            | 0.4  |
| 330         | 1                    | 12          | 14          | 12          | 4           | 4           | 2          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.1  | 1206                           | 0.5  |
| 345         | 0                    | 18          | 21          | 10          | 14          | 7           | 6          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 1.7  | 2099                           | 0.9  |
| 360         | 1                    | 24          | 22          | 25          | 18          | 23          | 11         | 4           | 0          | 0          | 0          | 0          | 2.9  | 3934                           | 1.7  |
| <b>Sum%</b> | <b>0.7</b>           | <b>12.0</b> | <b>12.4</b> | <b>12.2</b> | <b>10.3</b> | <b>15.6</b> | <b>9.9</b> | <b>12.7</b> | <b>9.4</b> | <b>4.9</b> | <b>0.0</b> | <b>0.0</b> |      |                                |      |

*Vedleggstabell 2. Oppsummering av statistiske data for straummålingane på 1 m djup for lokaliteten Bjørgen. Måleperiode: 13. januar - 13. februar 2004. Antal målingar: 4456. Intervalltid: 10 min..*

| Gjennomsnittleg straumhastigheit (cm/s) | Varians (cm/s) <sup>2</sup> | Standardavvik (cm/s) | Gjennomsnittleg standardavvik (cm/s) | Maksimum straumhastigheit (cm/s) | Minimum straumhastigheit (cm/s) | Signifikant maksimum hastigheit (cm/s) | Signifikant minimum hastigheit (cm/s) |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| 8,8                                     | 50,533                      | 7,179                | 0,819                                | 49,0                             | 0,2                             | 16,5                                   | 3,3                                   |

**Vedleggstabell 3.** Oversyn over straumaktiviteten i alle 15 graders kompassektorar på 8 m djup for lokaliteten Bjørgen. Måleperiode: 13. januar - 13. februar 2004. Antal målingar: 4456. Intervalltid: 10 min.

|             | Current speed groups |             |            |            |            |            |            |             |             |            |            |            |      | Total flow                     |      |
|-------------|----------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|--------------------------------|------|
|             | 1                    | 3           | 4          | 5          | 6          | 8          | 10         | 15          | 25          | 50         | 75         | 100        | Sum% | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | %    |
| 15          | 29                   | 184         | 66         | 59         | 53         | 89         | 52         | 75          | 40          | 8          | 0          | 0          | 14.7 | 25282                          | 13.2 |
| 30          | 16                   | 115         | 42         | 52         | 34         | 59         | 68         | 117         | 53          | 1          | 0          | 0          | 12.5 | 25723                          | 13.5 |
| 45          | 22                   | 51          | 15         | 11         | 8          | 14         | 10         | 7           | 0           | 0          | 0          | 0          | 3.1  | 3329                           | 1.7  |
| 60          | 13                   | 26          | 2          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.9  | 402                            | 0.2  |
| 75          | 22                   | 13          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.8  | 251                            | 0.1  |
| 90          | 13                   | 10          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.5  | 192                            | 0.1  |
| 105         | 16                   | 18          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.8  | 292                            | 0.2  |
| 120         | 10                   | 20          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.7  | 252                            | 0.1  |
| 135         | 12                   | 27          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.9  | 415                            | 0.2  |
| 150         | 12                   | 37          | 6          | 0          | 1          | 1          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 1.3  | 684                            | 0.4  |
| 165         | 24                   | 73          | 9          | 3          | 1          | 2          | 1          | 3           | 1           | 0          | 0          | 0          | 2.6  | 1709                           | 0.9  |
| 180         | 19                   | 186         | 57         | 28         | 35         | 49         | 26         | 69          | 76          | 19         | 0          | 0          | 12.7 | 26502                          | 13.9 |
| 195         | 20                   | 147         | 99         | 63         | 63         | 109        | 85         | 178         | 322         | 57         | 0          | 0          | 25.7 | 77392                          | 40.5 |
| 210         | 16                   | 95          | 40         | 44         | 21         | 29         | 23         | 51          | 77          | 9          | 0          | 0          | 9.1  | 20756                          | 10.9 |
| 225         | 9                    | 50          | 6          | 7          | 2          | 8          | 3          | 6           | 1           | 0          | 0          | 0          | 2.1  | 2152                           | 1.1  |
| 240         | 15                   | 35          | 3          | 4          | 1          | 1          | 1          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 1.3  | 755                            | 0.4  |
| 255         | 5                    | 25          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.7  | 289                            | 0.2  |
| 270         | 6                    | 20          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.6  | 290                            | 0.2  |
| 285         | 10                   | 14          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.5  | 179                            | 0.1  |
| 300         | 6                    | 23          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.7  | 268                            | 0.1  |
| 315         | 11                   | 28          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0.9  | 355                            | 0.2  |
| 330         | 13                   | 33          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 1.0  | 394                            | 0.2  |
| 345         | 24                   | 64          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 2.0  | 908                            | 0.5  |
| 360         | 36                   | 113         | 15         | 9          | 1          | 1          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 3.9  | 2215                           | 1.2  |
| <b>Sum%</b> | <b>8.5</b>           | <b>31.6</b> | <b>8.3</b> | <b>6.3</b> | <b>4.9</b> | <b>8.1</b> | <b>6.0</b> | <b>11.4</b> | <b>12.8</b> | <b>2.1</b> | <b>0.0</b> | <b>0.0</b> |      |                                |      |

**Vedleggstabell 4.** Oppsummering av statistiske data for straummålingane på 8 m djup for lokaliteten Bjørgen. Måleperiode: 13. januar - 13. februar 2004. Antal målingar: 4456. Intervalltid: 10 min..

| Gjennomsnittleg straumhastigheit (cm/s) | Varians (cm/s) <sup>2</sup> | Standardavvik (cm/s) | Gjennomsnittleg standardavvik (cm/s) | Maksimum straumhastigheit (cm/s) | Minimum straumhastigheit (cm/s) | Signifikant maksimum hastigheit (cm/s) | Signifikant minimum hastigheit (cm/s) |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| 7,1                                     | 46,086                      | 6,789                | 0,950                                | 37,6                             | 0,0                             | 15,2                                   | 1,6                                   |

**Vedleggstabell 5.** Målt maksimalstraum på 1 og 8 meters djup og berekna 10-årsstraum på 1 og 8 meters djup i ulike retningar for lokaliteten Bjørgen.

| Retning | Maks straum<br>1 m (cm/s) | Maks straum<br>8 m (cm/s) | 10-årsstraumen<br>1 m (cm/s) | 10-årsstraumen<br>8 m (cm/s) |
|---------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1-14    | 33.4                      | 28.4                      | 55.11                        | 46.86                        |
| 15-29   | 33.8                      | 25.2                      | 55.77                        | 41.58                        |
| 30-44   | 19.0                      | 14.2                      | 31.35                        | 23.43                        |
| 45-59   | 8.2                       | 4.2                       | 13.53                        | 6.93                         |
| 60-74   | 7.6                       | 2.4                       | 12.54                        | 3.96                         |
| 75-89   | 8.0                       | 3.2                       | 13.2                         | 5.28                         |
| 90-104  | 6.8                       | 2.8                       | 11.22                        | 4.62                         |
| 105-119 | 8.6                       | 2.6                       | 14.19                        | 4.29                         |
| 120-134 | 8.4                       | 3.6                       | 13.86                        | 5.94                         |
| 135-149 | 9.8                       | 6.8                       | 16.17                        | 11.22                        |
| 150-164 | 12.4                      | 16.8                      | 20.46                        | 27.72                        |
| 165-179 | 27.2                      | 37.6                      | 44.88                        | 62.04                        |
| 180-194 | 49.0                      | 36.0                      | 80.85                        | 59.40                        |
| 195-209 | 47.8                      | 33.8                      | 78.87                        | 55.77                        |
| 210-224 | 21.4                      | 22.6                      | 35.31                        | 37.29                        |
| 225-239 | 14.2                      | 10.0                      | 23.43                        | 16.50                        |
| 240-254 | 11.8                      | 4.0                       | 19.47                        | 6.6                          |
| 255-269 | 9.0                       | 3.6                       | 14.85                        | 5.94                         |
| 270-284 | 8.8                       | 2.6                       | 14.52                        | 4.29                         |
| 285-299 | 5.8                       | 2.4                       | 9.57                         | 3.96                         |
| 300-314 | 7.6                       | 3.4                       | 12.54                        | 5.61                         |
| 315-329 | 9.6                       | 2.4                       | 15.84                        | 3.96                         |
| 330-344 | 10.0                      | 3.4                       | 16.5                         | 5.61                         |
| 345-360 | 13.6                      | 6.6                       | 22.44                        | 10.89                        |

**Vedleggstabell 6.** Berekna effektiv strøklengde, vindfart, 50-års signifikant bølgehøgde med tilhøyrande, pikperiode og maksimal bølgehøgde i ulike retningar for lokaliteten Bjørgen.

| Retning     | Effektiv<br>Strøklengde<br>F (m) | Vindfart<br>U (m/s) | Signifikant<br>bølgehøgde<br>Hs | Pikperiode<br>Tp | Bølgehøgde<br>Hmax |
|-------------|----------------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 1 - 22,5    | 744                              | 27.4                | 0.58                            | 1.95             | 1.10               |
| 22,5 - 45   | 3835                             | 22.8                | 1.05                            | 3.13             | 2.00               |
| 45 - 67,5   | 2724                             | 18.3                | 0.68                            | 2.55             | 1.29               |
| 67,5 - 90   | 1710                             | 21.3                | 0.65                            | 2.32             | 1.23               |
| 90 - 112,5  | 1717                             | 24.3                | 0.76                            | 2.46             | 1.45               |
| 112,5 - 135 | 1785                             | 25.9                | 0.84                            | 2.55             | 1.59               |
| 135 - 157,5 | 1657                             | 27.4                | 0.87                            | 2.55             | 1.65               |
| 157,5 - 180 | 1355                             | 28.9                | 0.84                            | 2.44             | 1.59               |
| 180 - 202,5 | 2108                             | 30.4                | 1.11                            | 2.88             | 2.11               |
| 202,5 - 225 | 1407                             | 30.4                | 0.91                            | 2.52             | 1.72               |
| 225 - 247,5 | 198                              | 30.4                | 0.34                            | 1.31             | 0.65               |
| 247,5 - 270 | 149                              | 30.4                | 0.30                            | 1.19             | 0.56               |
| 270 - 292,5 | 119                              | 30.4                | 0.26                            | 1.11             | 0.50               |
| 292,5 - 315 | 119                              | 30.4                | 0.26                            | 1.11             | 0.50               |
| 315 - 337,5 | 149                              | 30.4                | 0.30                            | 1.19             | 0.56               |
| 337,5 - 360 | 248                              | 28.9                | 0.36                            | 1.38             | 0.68               |

## OM GYTRE SD-6000 STRØMMÅLAR

Straummålarer som er nytta er av typen Gytre målar, SD 6000. Rotoren har ein tregleik som krev ein viss straumhastigheit for at rotoren skal gå rundt. Ved låg straumhastigheit vil Gytre målarer difor i mange høve vise noko mindre straum enn det som er reelt, fordi den svakaste straumen i periodar ikkje vert fanga tilstrekkeleg opp av målarer. På lokaliteten er ein god del av straummålingane på alle djup lågare enn 3-4 cm/s, og difor kan ein ikkje utelukke at lokaliteten på desse djupnene faktisk er noko meir straumsterk enn målingane syner for dei periodane ein har målt låg straum. I dei periodane målarer syner tilnærma straumstille kan straumen periodevis eigentleg vere 1 – 2 cm/s sterkare. Målingane på alle djup er såleis **minimumsstraum** all den tid ein har indikasjonar på at Gytre straummålarer måler mindre straum enn sann straum ved låg straumhastigheit.

Ein må i denne samanheng gjere merksam på at straummålarer som er nytta på denne lokaliteten registrerer ein verdi på 1,0 cm/s når rotoren ikkje har gått rundt i løpet av måleintervallet (30 min). Terskelverdien er sett til 1,0 cm/s for å kompensere for at rotoren krev ein viss straumhastigheit for å drive den rundt. Ved dei høva der målarer syner verdiar under 1,0 cm/s, skuldast dette at rotoren ikkje har gått rundt i løpet av måleintervallet, men at det likevel har vore nok straum til at målarer har skifta retning. Straumvektoren for måleintervallet vert då rekna ut til å verte lågare enn 1 cm/s.

Ein instrumenttest der ein Gytre målar (SD 6000) og ein Aanderaa målar (RCM7 straummålar) vart samanlikna, utført av NIVA i 1996. Aanderaa-målarer har ein rotor med litt anna design enn SD 6000. Testen synte at RCM 7 straummålarer ga 19 % høgare middelstraumfart enn Gytre målarer (Golmen & Nygård 1997). På låge straumverdiar synte Gytre målarer mellom 1 og 2 cm/s under Aanderaa målarer, dvs at når Gytre målarer synte 1-2 cm/s, så synte Aanderaa målarer 2 – 3 cm/s. Dette kan som nemnt forklarast ut frå vassmotstanden i rotorburet til ein Gytre målar, samt at det er ein viss tregleik i ein rotor der rotoren må ha ein gitt straumhastigheit for å gå rundt. Ved låge straumstyrkar går større del av energien med til å drive rundt rotoren på ein Gytre målar enn på ein Aanderaa målar.

Det vart i 1999 utført ein ny instrumenttest av same typar straummålarer som vart testa i 1996 (Golmen & Sundfjord 1999). Testen vart utført på ein lokalitet på 3 m djup i 9 dagar i januar 1999. I tillegg til Aanderaa- og SD 6000-målarer stod det ein NORTEK 500 kHz ADP (Acoustic Doppler Profiler) straummålar på botn. Denne måler straum ved at det frå målarer sine hydrofonar vert sendt ut ein akustisk lydimpuls med ein gitt frekvens (t.d. 500 kHz) der delar av signalet vert reflektert tilbake til instrumentet av små partiklar i vatnet. ADP straummålarer har fleire celler/kanalar og kan måle straum i fleire ulike djupnesjikt, t.d. kvar meter i ei vassøyle på 50 m. Ved å samanlikne straummålingane på 3 m djup (Aanderaa- og Gytremålarer) med NORTEK ADP (celle 31, ca 4 m djup) fann ein at NORTEK ADP målte ein snittstraum på 5,1 cm/s, Aanderaa RCM 7 ein snittstraum på 2,7 cm/s, og SD 6000 ein snittstraum på 2,0 cm/s.

Ein ser at i denne instrumenttesten ligg begge rotormålarer langt under ADP målarer når det gjeld straumhastigheit. Sjølv om ein ikkje kan trekke bastante konklusjonar ut frå eit enkelt forsøk, ser ein at rotormålarer generelt måler mindre straum enn «sann straum» ved låg straumhastigheit.

Det må nemnast at etter at denne instrumenttesten vart utført, har det vorte utvikla eit nytt og meir robust rotorbur i syrefast stål på Gytre målarer, som på ein betre måte registrerer straumen ved låg straumhastigheit. Dette rotorburet vart brukt i alle tre straummålarer på lokaliteten. Det står att å utføre ein instrumenttest med dette rotorburet, men det er grunn til å tru at denne typen rotorbur ikkje i like stor grad som det gamle rotorburet måler mindre straum enn sann straum ved låg straumhastigheit.