



# Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden

Fra start på bobleanlegget i oktober 2002  
til april 2008

*Ånund Sigurd Kvambekk*

3  
2010



OPPDRAGSRAPPORT A

**Isforhold, temperatur- og  
saltmålinger i Holandsfjorden**  
**Fra start på bobleanlegget i oktober 2002 til  
april 2008**

# Oppdragsrapport serie A nr 3-2010

Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden.

Fra start på bobleanlegget i oktober 2002 til april 2008

**Oppdragsgiver:** Statkraft Energi AS

**Redaktør:**

**Forfatter:** Ånund Sigurd Kvambekk

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 35

**Forsidefoto:** Statkraft Glomfjord

**ISSN:** 1503-0318

**Sammendrag:** Rapporten presenterer de målte verdiene av temperatur, saltholdighet og isforhold i Nordfjorden og Holandsfjorden fra og med igangsettingen av bobleanlegget i november 2002 til avslutning av temperatur og saltholdighetsprøvene i april 2008.

**Emneord:** Vanntemperatur, Saltholdighet, Fjord, Is, Bobleanlegg

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Februar 2010

# Innhold

Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden.....	1
<b>Fra start på bobleanlegg i oktober 2002 til april 2008 .....</b>	<b>1</b>
<b>Innhold.....</b>	<b>3</b>
<b>Forord .....</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Kraftutbygginger .....</b>	<b>8</b>
2.1 Ferskvannstilførselen til Nordfjorden og Holandsfjorden .....	9
<b>3 Hydrografi .....</b>	<b>12</b>
3.1 Stasjonsnett.....	12
3.2 Fjordenes topografi og virkning på brakkvannslaget .....	12
3.3 Bobleanlegget.....	14
3.4 Målemetode.....	15
3.5 Måleperiode.....	15
3.6 Måleresultater .....	15
3.6.1 Nordfjorden og Holandsfjorden .....	17
<b>4 Isforholdene.....</b>	<b>19</b>
4.1 Generelt om islegging i fjorder .....	19
4.2 Isforholdene i Nordfjorden og Holandsfjorden .....	19
<b>5 Referanser.....</b>	<b>26</b>
<b>Vedlegg A</b>	<i>Plott av månedlige median- og ekstremverdier for temperatur og saltholdighet i Nordfjorden og Holandsfjorden.....</i>
Fig A1-A10	Månedlige median-, maksimums- og minimumsverdier for vanntemperatur (0-10 m).....
Fig A11-A20	Månedlige median-, maksimums- og minimumsverdier for saltholdighet (0-10 m) .....
Fig A21-A28	Lengdesnitt av medianverdier for temperatur og saltholdighet (0-10 m).....
Fig. A29-A32	Månedlige median-, maksimums- og minimumsverdier for temperatur og saltholdighet (10-90 m) i punkt 1 og 6 .....



**Vedlegg B***Plott av alle målinger av temperatur og saltholdighet*

	<i>i de øverste 10 m i Nordfjorden og Holandsfjorden.....</i>	B- 1
Fig. B1-B6	Alle målinger i 159.27.1 (punkt 0).....	B- 3
Fig. B7-B12	Alle målinger i 159.27.2 (punkt 1).....	B- 9
Fig. B13-B18	Alle målinger i 159.27.5 (punkt 2K).....	B- 15
Fig. B19-B24	Alle målinger i 159.27.3 (punkt 2).....	B- 21
Fig. B25-B30	Alle målinger i 159.27.4 (punkt 3).....	B- 27
Fig. B31-B36	Alle målinger i 159.28.1 (punkt 4).....	B- 33
Fig. B37-B42	Alle målinger i 159.28.2 (punkt 5).....	B- 39
Fig. B41-B48	Alle målinger i 159.28.3 (punkt 6).....	B- 45
Fig. B49-B54	Alle målinger i 159.28.4 (punkt 7).....	B- 51
Fig. B55-B60	Alle målinger i 159.28.6 (punkt 9).....	B- 57

**Vedlegg C***Plott av alle ismålingene i Nordfjorden, Holandsfjorden*

	<i>og Bjerangsfjorden.....</i>	C- 1
Fig. C1-C2	Alle områder for hvert år.....	C- 3
Fig. C3-C6	Alle år for hvert område.....	C- 5

# Forord

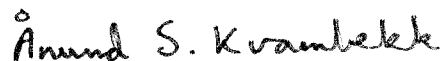
I 1920-årene ble Glomfjord kraftverk satt i drift ved Fykan innerst i Glomfjorden. Hovedmagasinet var Storglomvatnet. I 1993 ble Svartisen kraftverk åpnet og endret de hydrologiske forholdene ved at mer ferskvann enn før ble sluppet ut i Holandsfjorden, og mindre i Glomfjorden. For å øke blandingen av saltvann og ferskvann, og dermed redusere isdannelsen, ble det satt i drift et bobleanlegg i november 2002 i det trange sundet mellom Nordfjorden og Holandsfjorden.

Denne rapporten er en datarapport fra målingene av temperatur, saltholdighet og isforhold i Holandsfjorden fra bobleanlegget åpnet til målingene ble avsluttet fem og et halvt år senere i april 2008. Tidligere målinger er beskrevet i NVE Rapport 2-1997 for tiden før utbyggingen (desember 1976-februar 1993), i NVE-Dokument 17-1999 for første perioden etter utbygging (mars 1993 – desember 1998), og i NVE-Oppdragsrapport A 22-2005 for siste perioden frem til igangsettingen av bobleanlegget (januar 1999 – oktober 2002).

Oslo, februar 2010



Rune Engeset  
seksjonssjef



Ånund Sigurd Kvambekk  
prosjektleder

# Sammendrag

Svartisen kraftverk ble igangsatt i mars 1993. Opptil 70 m<sup>3</sup>/s ferskvann slippes nå ut i Nordfjorden mens det er blitt en redusert driftsvannføring i Glomfjord kraftverk. I november 2002 ble det åpnet et bobleanlegg i sundet mellom Nordfjorden og Holandsfjorden. Hensikten med dette var å hindre islegging i Holandsfjorden.

Rapporten presenterer plott av de øverste 10 m av alle målinger av temperatur og saltholdighet i Nordfjorden og Holandsfjorden for de første fem og et halvt årene etter igangsettingen av bobleanlegget, november 2002 til april 2008. Tidligere er det blitt rapportert for perioden før utbygging (desember 1976-februar 1993) i NVE Rapport 2-1997, og for perioden med utbygging frem til igangsettingen av boblekraftverket (mars 1993-oktober 2002) i NVE Dokument 17-1999 og NVE Oppdragsrapport A 22-2005. Det plottes også median-, maksimums- og minimumsverdier både som tidsserie og som lengdesnitt ut fjorden. Disse verdiene er beregnet på grunnlag av serien fra november 2002 til april 2008. Medianverdiene er også plottet fra 10-90 m for de stasjonene det er målt så dypt.

Nordfjorden tilføres nå mer enn ti ganger så mye ferskvann om vinteren som før utbyggingen. Før igangsettingen av bobleanlegget dannet det seg derfor et brakkevannslag som var 1-3 m tykt i Nordfjorden, 1-2 m tykt i Holandsfjorden innenfor Kobbskjeret og mindre enn 1 m i ytre Holandsfjord. Ved kaldt og stille vær la isen seg raskt. Når bobleanlegget settes i gang fraktes salt bunnvann til overflaten og det ferske overflatelaget brytes ned. Utenfor bobleanlegget har det vært svært få langvarige islegginger når anlegget har vært i drift. Innerst i Bjerangsfjorden ligger isen fortsatt i lengre perioder, men her er det lokalt tilførsel av ferskvann. I Åmnessundet ligger det fortsatt is i perioder. Dette sundet ligger langt unna observatøren, og det er dessverre ikke alltid klart om han har vært helt ut i Åmnessundet eller ikke.

# 1 Innledning

I 1920-årene ble Glomfjord kraftverk satt i drift ved Fykan innerst i Glomfjorden. Utslipet ved full drift var omtrent  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . I mars 1993 ble Svartisen kraftverk satt i drift med utslipp innerst i Nordfjorden på nesten  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ . Driften ved Glomfjord kraftverk ble samtidig redusert til  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$  i midlere årlig avløp. De hydrografiske forholdene i de to fjordene ble dermed vesentlig endret, spesielt i vintersesongen. Denne rapporten omhandler forholdene i de første fem og et halvt årene etter igangsettingen av bobleanlegget i sundet mellom Nordfjorden og Holandsfjorden. Tidligere er det blitt rapportert for perioden før utbygging (desember 1976-februar 1993) i NVE Rapport 2-1997, og for perioden med utbygging frem til igangsettingen av boblekraftverket (mars 1993-oktober 2002) i NVE Dokument 17-1999 og NVE Oppdragsrapport A 22-2005.

Systematiske vanntemperatur- og saltholdighetsmålinger (TS) startet i Nordfjorden og Holandsfjorden i 1976 og i Glomfjorden i 1977 i forbindelse med planleggingen av Svartisen kraftverk. TS-målingene ble tatt omtrent en gang i måneden fram til de ble avsluttet i 1989/90. Høsten 1992 ble TS-målingene gjenopptatt i Nordfjorden og Holandsfjorden. Etter oppstarten av Svartisen kraftverk ble det rapportert om isproblemer uvanlig langt ute i Holandsfjorden. Dette førte til at iskartleggingsområdet ble utvidet og målehyppigheten for TS ble økt til to ganger i måneden fra 1994. Også TS-målingene i Glomfjorden ble gjenopptatt i 1994, men kun som vintermålinger. Målingene i Glomfjord ble avsluttet våren 2001, mens målingene i Holandsfjorden fortsatte til april 2008.

Temperatur- og saltforholdene i en fjord er et komplisert samspill preget både av de lokale forholdene og av tilførsel fra området rundt. Med lokale forhold menes topografi som styrer havstrømmene, stråling og lufttemperatur som styrer energiutvekslingen samt vind som blander ferskvannet med saltere underliggende vann. Tilførselen er både ferskvann fra elver og kraftverk samt saltvann fra Atlanterhavet og Den Norske Kyststrømmen. "Normale" temperatur- og saltforhold trenger altså ikke oppstå samtidig med "normale" situasjoner for enkeltfaktorer, f.eks lufttemperatur. "Normale" forhold finnes derfor sikrest fra median- eller middelverdier fra en lang måleserie.

Ved beregning av "normal"-verdier etter igangsettingen av bobleanlegget har vi brukt den korte tidsserien fra november 2002 til april 2008. For å redusere virkningen av målefeil og ekstreme år har vi valgt å samle resultatene som medianverdier i stedet for middelverdier. Når en sammenligner med tidligere målinger må en ikke glemme den usikkerheten som ligger i korte måleperioder.

## 2 Kraftutbygginger

Glomfjord kraftverk som ble bygd tidlig i 1920-årene utnyttet fallet fra nedre Navarvatnet til fjorden. Storglomvatnet ble regulert mellom 498-521 m o.h., og ledet i tunnel over til nedre Navarvatnet. Ved full drift var driftsvannføringen omtrent 30 m<sup>3</sup>/s. Storglomfjordutbyggingen medførte en kraftig reduksjon i vanntilførselen til dette anlegget ved at vannet fra Storglomvatnet ble tatt bort og ledet gjennom Svartisen kraftverk til Nordfjorden (fig 1). Glomfjord kraftverk utnytter i dag bare vannet fra Navarvatnene og har redusert vannforbruket til omtrent 2.5 m<sup>3</sup>/s i midlere årlig avløp. I perioder er vannforbruket 6 m<sup>3</sup>/s.

Så godt som alt vannet som naturlig rant til indre deler av Nordfjorden og Holandsfjorden er fanget opp av et omfattende takrennesystem. Dette vannet kan enten brukes direkte i kraftverket eller ledes til Storglomvatnet. Fra øst overføres også (utenfor fig 1) øvre deler av Gråtåga, Beiarelva og Blakkåga. Storglomvatnet kan reguleres mellom 460-585 m o.h.

Svartisen kraftverk er i dag installert med en turbin som sluker 70 m<sup>3</sup>/s, men det er under installasjon ytterligere en turbin som kan sluke 60 m<sup>3</sup>/s, totalt 130 m<sup>3</sup>/s (i 2011).

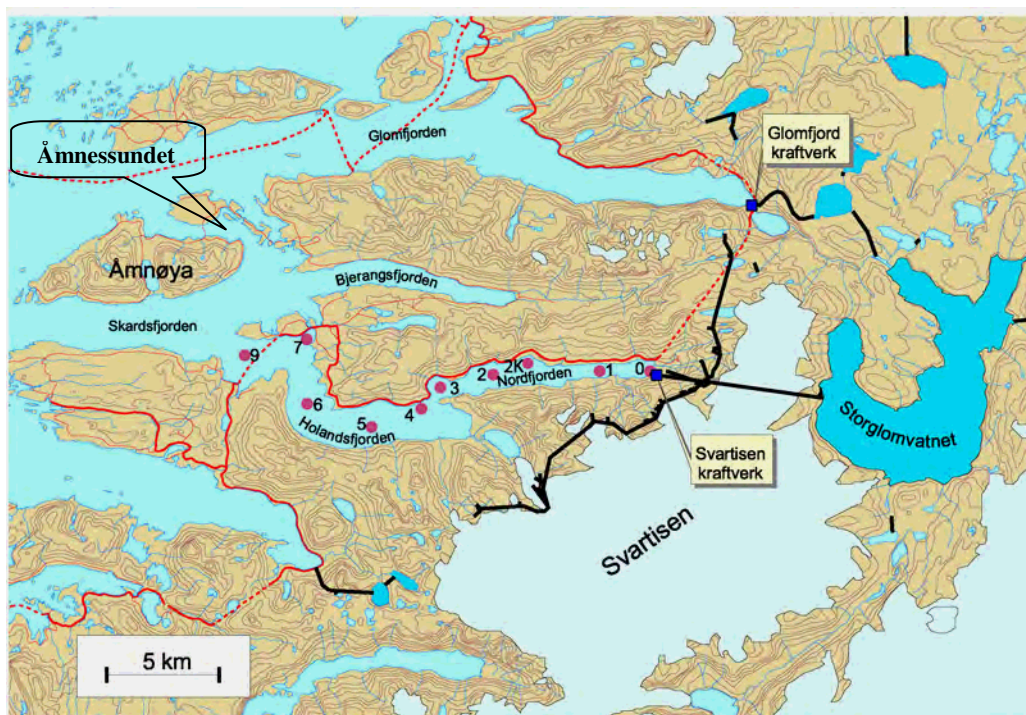


Fig 1 Kart som viser målepunktene for vanntemperatur og saltholdighet samt vannveiene knyttet til kraftutbygginger i området.

## 2.1 Ferskvannstilførselen til Nordfjorden og Holandsfjorden

Nordfjorden og Holandsfjorden har et samlet naturlig nedbørfelt på 220 km<sup>2</sup> regnet til vestenden av Forøya (ved målepunkt 9 i fig 1). Av dette er mer enn 30 % bredekket. Til å være en 23 km lang fjord er dette et lite nedbørfelt. Sammen med den relativt store bredekningen gir dette normalt liten vinteravrenning og stor avrenning hele sommeren. Takrennene fra Svartisenutbyggingen fanger inn nesten hele den bredekte delen av det naturlige nedbørfeltet, til sammen 78 km<sup>2</sup>. Storglomvatnet med tilhørende overføringer fra andre nedbørfelt bidrar med ytterligere 480 km<sup>2</sup>. Totalt dreneres altså 700 km<sup>2</sup> til Nordfjorden og Holandsfjorden, hvorav hele 80 % gjennom Svartisen kraftverk.

I vintersesongen gir full kjøring av Svartisen kraftverk (70 m<sup>3</sup>/s) mer enn en ti-dobling av normal avrenning. Svartisen kraftverk har stort sett gått for fullt, men det har vært lange perioder med driftstans (fig 3). Spesielt kan nevnes turbinhavariet som stanset kraftverket det meste av vinteren 2006-07.

Da det hovedsakelig er breområder som er regulert vekk fra Nordfjorden og Holandsfjorden, vil vi få relativt små reduksjoner i ferskvannstilførselen på forsommeren når snøen smelter i lavere fjellstrøk. På sensommeren derimot vil vi ikke få den toppen i avrenningen som skyldes bresmelting.

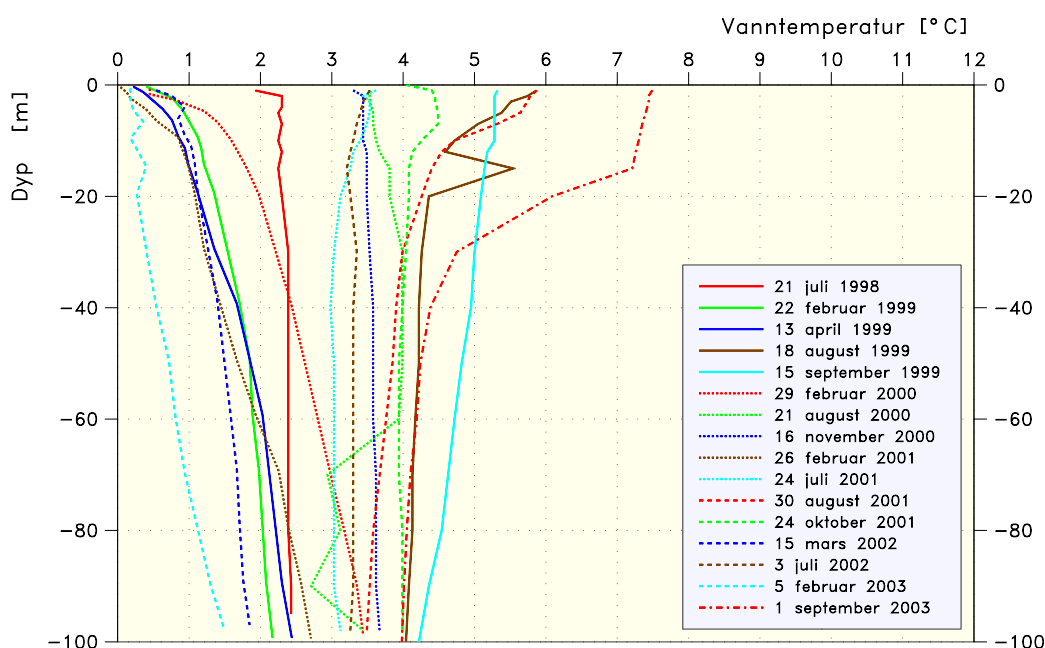


Fig 2 Plott av utvalgte vanntemperaturmålinger i Storglomvatnet.

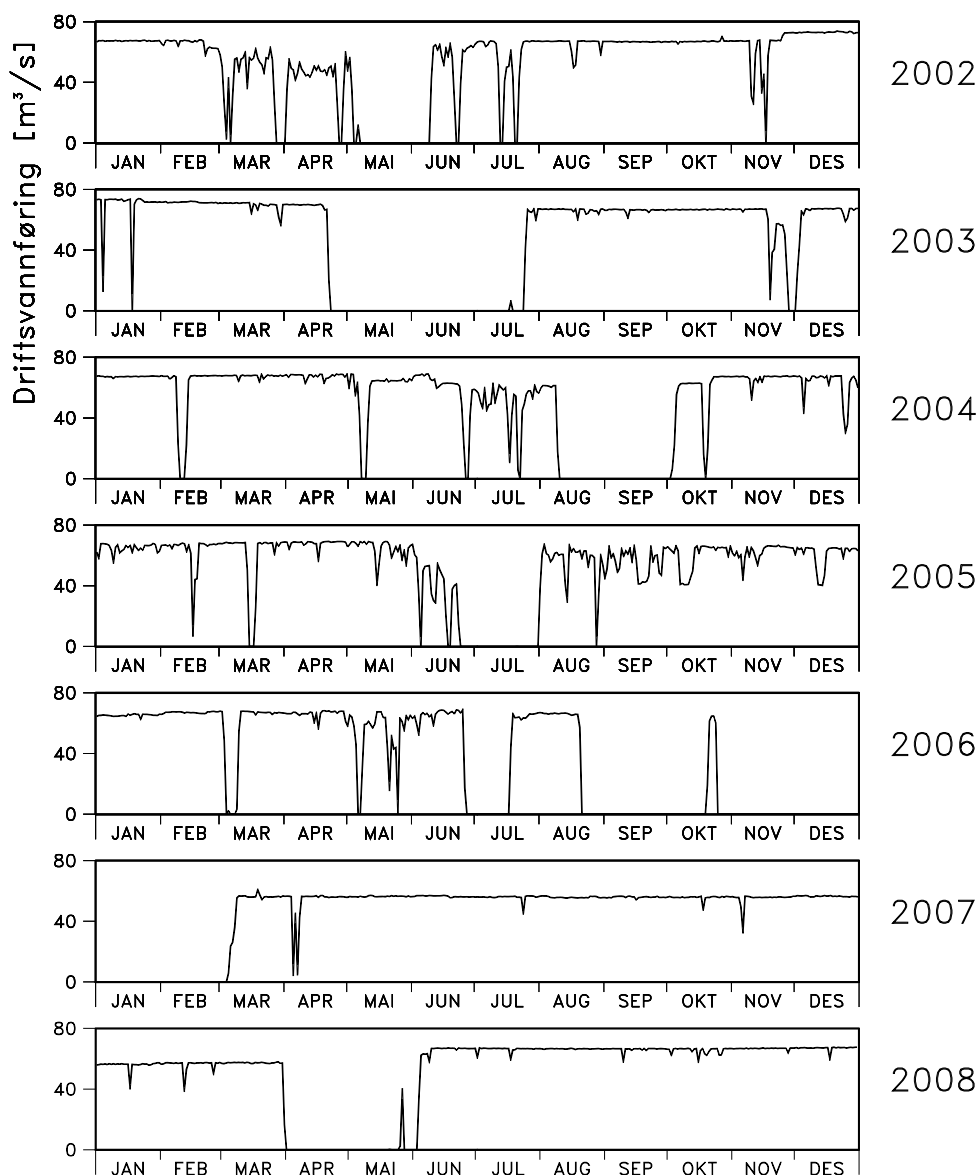


Fig 3 Driftsvannføringen i Svartisen kraftverk fra 2002 til 2008.

I middel vil bare 22 % av driftsvannet komme fra nord/syd overføringene, men dette er hovedsakelig smeltevann fra breene og er derfor konsentrert til smeltesesongen. Det utgjør da mesteparten av driftsvannet. Det resterende driftsvannet tas fra Storglomvatnet hvor inntaket ligger ved LRV (460 m o.h.). Vi forventer at magasinet hovedsakelig pendler i øvre deler av reguleringsområdet, så inntaksdypet blir oftest i 75-125 m dyp. Normalt vil derfor driftsvannet om sommeren være dominert av smeltevann fra breene og temperaturer ligger trolig rundt 1-2 °C (ikke målt). Resten av året tas vannet fra dypet i Storglomvatnet med temperaturer hovedsakelig i området 1-5 °C. Fig 2 viser at det er store variasjoner fra år til år i Storglomvatnet. Målingene fra Storglomvatnet viser av og til vannmasser som ut fra temperaturen burde være lettere enn det overliggende vannet. Trolig er det suspenderte sedimenter som hever tettheten slik at vannmassene ligger stabilt

**Tabell 1 Sammenheng mellom punktnumre i rapporten og NVEs stasjonsnumre.**

<i>Stasjons- Nummer</i>	<i>Stasjonsnavn</i>	<i>Punktnummer i fig. 1</i>
159.27.1	Nordfjorden v/Svartisen kr.st. (13)	0
159.27.2	Nordfjorden v/Kvannålia (11)	1
159.27.5	Nordfjorden v/Storvika (23)	2K
159.27.3	Nordfjorden v/Blånasen (11)	2
159.27.4	Nordfjorden v/Holandsvika (11)	3
159.28.1	Holandsfjorden v/Brasetvika (11)	4
159.28.2	Holandsfjorden v/Slettnes (11)	5
159.28.3	Holandsfjorden v/Krakneset (11)	6
159.28.4	Holandsfjorden v/Vollan (33)	7
159.28.6	Holandsfjorden v/Ågskardet (11)	9



# 3 Hydrografi

## 3.1 Stasjonsnett

Etter igangsettingen av Svartisen kraftverk har temperatur og saltholdighet vært målt i 4 punkter i Nordfjorden, 5 punkter i Holandsfjorden. Fig 1 viser plasseringen av stasjonene. Punktnumrene er de samme som ble brukt i tidligere rapporter fra målingene. Tabell 1 viser sammenhengen mellom punktnumrene og NVEs stasjonsnumre.

## 3.2 Fjordenes topografi og virkning på brakkvannslaget

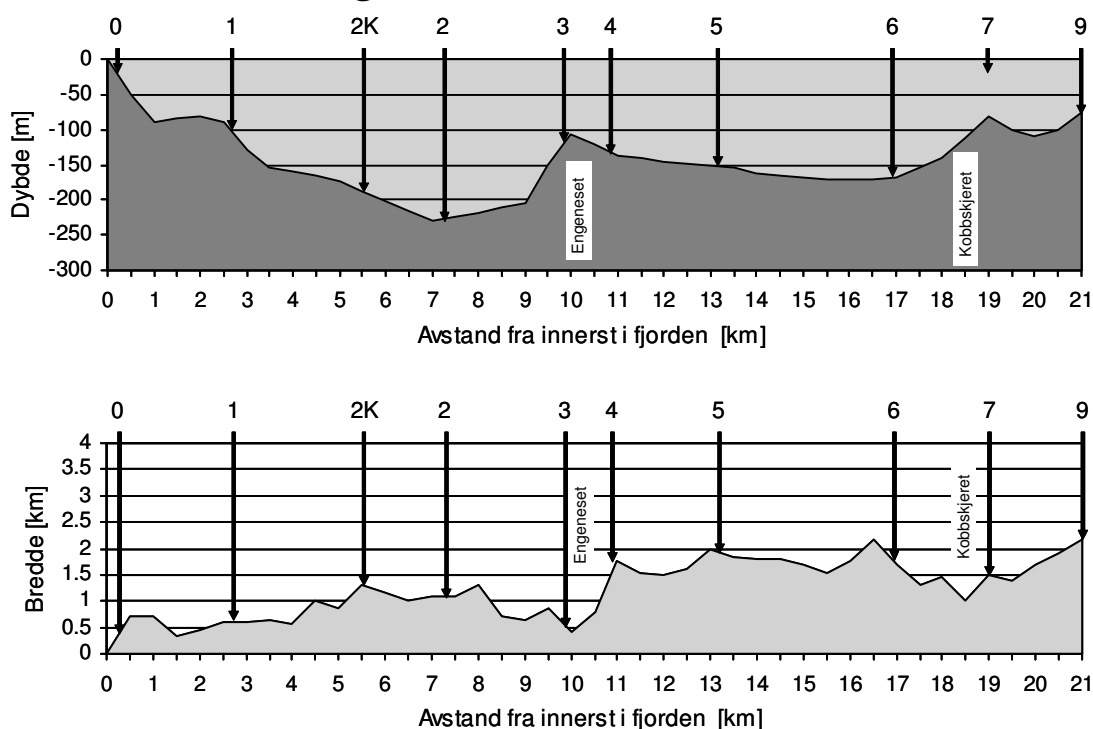


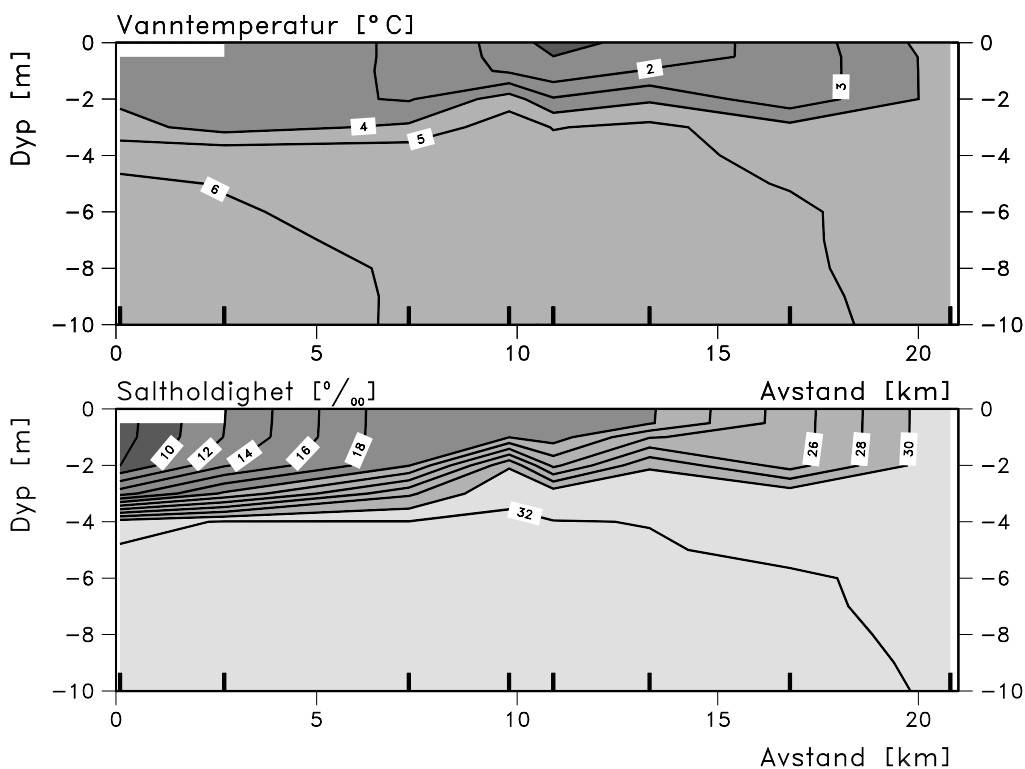
Fig 4 Dybde og bredde av Nordfjorden og Holandsfjorden. Boleanlegget ligger ved innsnevringen ved Engeneset.

Ved store ferskvannsutslipp innerst i en fjord vil det oppstå en estuarin sirkulasjon. Ferskvannet strømmet ut fjorden i overflaten og drar med seg underliggende saltvann. En svak kompensasjonsstrøm av salt havvann oppstår inn fjorden i dypet under brakkvannslaget. Denne kompensasjonsstrømmen er viktig for utskiftingen i de dypere lag av fjorden. Terskler og innsnevringar kan sette begrensinger på disse strømmene. Terskler er grunne partier som ofte finner ved utløpet av fjordene. En terskel vil begrense dypet som kompensasjonsstrømmen kan hente vann i fra. Vannet som kommer inn i fjorden vil da bli mindre salt, og vil ofte være for lett til å skifte ut bunnvannet i fjorden. Dette gir dårlige forhold for biologien i dypet. Hvis ikke terskelen er ekstremt grunn vil den ikke påvirke brakkvannslagets tykkelse.

Innsnevringer i fjordens bredde har derimot stor innvirkning på brakkvannslagets tykkelse. Ved rikelig ferskvannstilførsel vil innsnevringer føre til opphoping av ferskvann i bassenget innenfor. I hydrologien omtales dette som hydraulisk kontroll. Store innsnevringer kan også påvirke innblandingen mellom brakkvannet og det underliggende saltvannet.

Fig 4 viser dybden og bredden på Nordfjorden og Holandsfjorden i området med målestasjoner. Både Engeneset ved utløpet av Nordfjorden (bredde 400 m) og Kobbskjeret langt ute i Holandsfjorden (bredde 1000 m) kan gi hydraulisk kontroll i disse fjordene. Dette var bakgrunnen for laboratorieforsøk av blandedprosessen ved Engeneset (Smith, Steen og Rye, 1979). De konkluderte med at innblandingen ikke ville endres pga. innsnevringen ved Engeneset, men forskjellen i bredde ved de hydrauliske kontrollene ville gi dobbel så stor tykkelse på brakkvannslaget i Nordfjorden som i Holandsfjorden. Det ble også forventet en svak økning i overflatesaltholdigheten etter passering av Engeneset. Dette stemmer bra med de observerte verdier når kraftverket er i drift. Fig 5 viser temperatur og saltholdighet 4. januar 1995. Kraftverket hadde da gått uten stopp med 60 m<sup>3</sup>/s i mer enn 20 døgn, det var rolige vindforhold og isdannelse. En ser tydelig effekten av de hydrologiske kontrollene ved Engeneset (10 km) og Kobbskjeret (18.5 km).

Terskeldypet i Holandsfjorden er omtrent 75 m ved Åmnøya, og er dermed lite til hinder for utskifting ned til vårt største måledyp (90 m). Fra våre målinger kan en ikke si noe om enda større dyp.



**Fig 5** Vanntemperatur og saltholdighet i Holandsfjorden 4. januar 1995, altså FØR igangsetting av bobleanlegget. Avstanden er målepunktens avstand fra kraftverket. Innsnevringen ved samme sted som bobleanlegget nå er etablert ga som en ser et tynnere brakkvannslag ved passasjen av Engeneset (10 km).

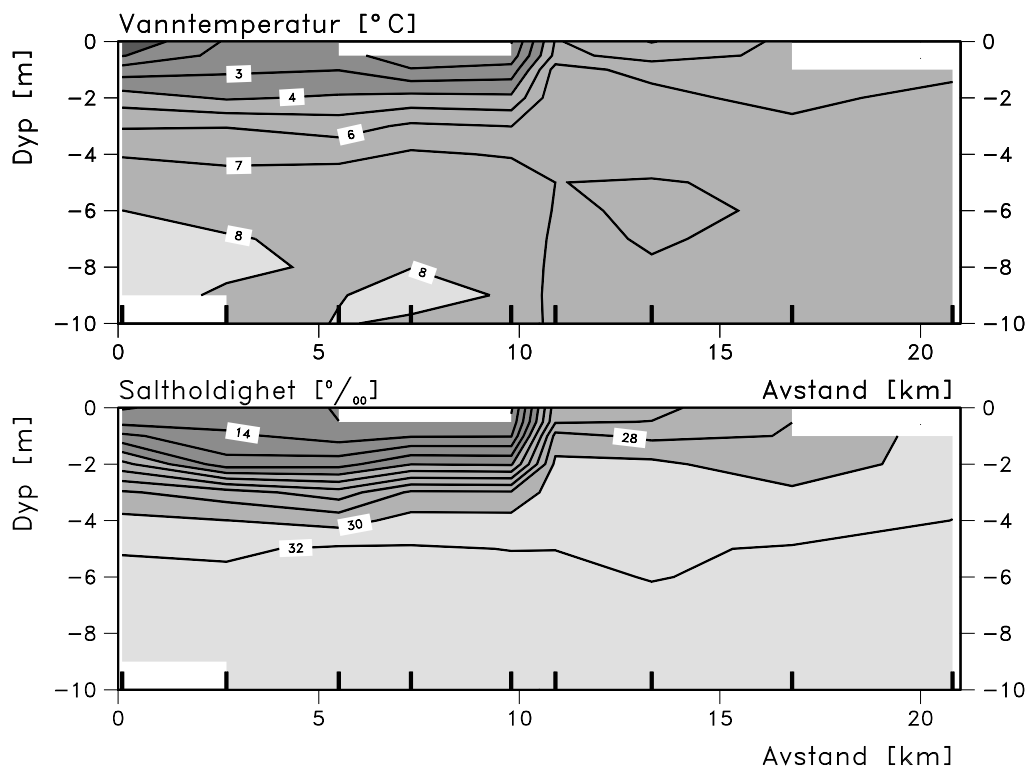
### 3.3 Bobleanlegget

Bobleanlegget består av en luftslange med mange små hull som er strukket tvers over fjorden i omtrent 15 m dyp. En kompressor pumper luft inn i slangen når det er i drift. Luftbobler presses da ut av hullene og stiger mot overflaten. Omkringliggende vann dras med og det skapes en vertikal strøm av salt vann som stiger mot overflaten og blander seg med det ferske vannet fra kraftverket.

For å få tilstrekkelig innblanding bør boblestrømmen være så kraftig at den ved overflaten overvinner den utgående ferskvannsstrømmen. Slangen plasseres derfor så nær overflaten som mulig, men samtidig så dypt at den er i kontakt med det salte vannet og dypere enn skipstrafikken.

Et bobleanlegg krever mye strøm. Anlegget kjøres derfor bare i perioder hvor det er sannsynlighet for islegging. I figurene i vedlegg B er det i den nederste figuren skravert i perioder hvor bobleanlegget var i drift, og i tabell 2 er antall dager med drift summert for hver vintersesong.

Det ser ut som at bobleanlegget i Holandsfjorden har en vellykket design som gir en god innblanding. Figur 6 viser hvordan både saltholdigheten og temperaturen i overflaten øker markant når man kommer lenger ut enn bobleanlegget, dvs. mer enn 10 km ut.



**Fig 6** Vanntemperatur og saltholdighet i Holandsfjorden 13. januar 2008 når bobleanlegget var i drift. Avstanden er målepunktens avstand fra kraftverket, og bobleanlegget ligger 10 km fra kraftverket. En ser tydelig hvordan bobleanlegget gir økt saltholdighet lenger ute i fjorden. Tilsvarende endring i saltholdigheten finner man ikke uten bobleanlegg (fig. 5)

Tabell 2 Antall dager med drift av bobleanlegget i hver vintersesong.

Sesong	Antall
2002/03	93
2003/04	89
2004/05	105
2005/06	100
2006/07	18
2007/08	128
2008/09	138

### 3.4 Målemetode

Temperatur og saltholdighet er blitt målt med en Mini STD SD-200 fra Sensordata. Dette instrumentet har ingen overflateenhet. En trykksensor finner dypet, og temperatur, saltholdighet og dyp lagres i instrumentet med gitte tidsintervaller. Dataene overføres senere direkte til en PC. Instrumentet er ferdig kalibrert fra fabrikken og nøyaktigheten er oppgitt til 0.01 ‰ i saltholdigheten, 0.01 °C i temperaturen og 0.03 m i dypet.

Ved målestart holdes instrumentet i overflaten en stund for å tilpasse seg omgivelsene. På grunn av bølger vil instrumentet da vise varierende verdier. Når instrumentet er tilpasset føres det med jevn fart ned til bunnen og fort opp igjen. Det er laget et program som automatisk fjerner tvilsomme verdier nær overflaten, og som fjerner dataene som måles på vei opp. I tillegg er det kjørt rutiner for å finne steder hvor tettheten avtar med dypet. Det hender f.eks. ofte at saltholdigheten avtar når instrumentet kjøres ned i bunnen. Slike målefeil er rettet manuelt.

### 3.5 Måleperiode

Målingene i Nordfjorden og Holandsfjorden har blitt foretatt omtrent to ganger i måneden (fig 7).

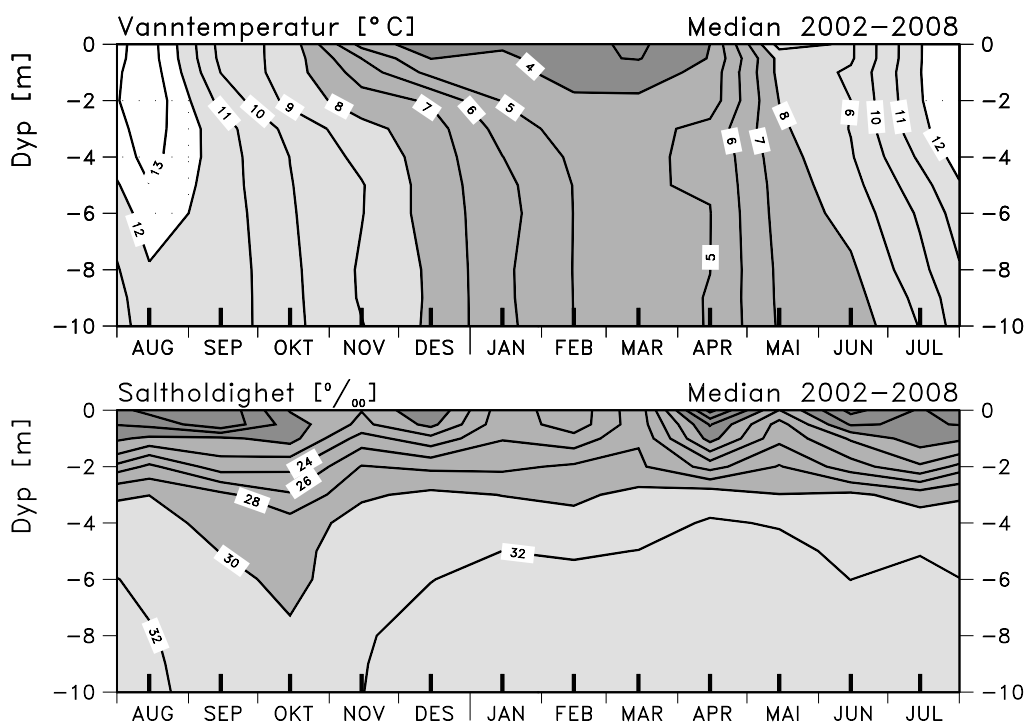
### 3.6 Måleresultater

Denne rapporten viser både de målte verdiene og beregnede midler og ekstremer. Midlere forhold er kun beregnet for målinger når kraftverket har vært i drift. Dataene er først midlet til månedsverdier for å unngå overrepresentasjon i intensiv perioder. Fra disse månedsmidlene er det for hver måned beregnet maksimums-, minimums- og medianverdi. Midler og ekstremer er beregnet på grunnlag av hele observasjonsperioden med drift av bobleanlegget (november 2002 – april 2008). Det må presiseres at 6 vintre er en altfor kort periode til at medianen kan sies å representere normalsituasjonen for fjorden, men samholdt med de observerte ekstremverdiene før og etter bobleanlegget har en et grunnlag for å se etter eventuelle store endringer.

Stasjon	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
159.27.1 Nordfjorden v/Svartisen kr.st. (13)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.27.2 Nordfjorden v/Kvannålia (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.27.3 Nordfjorden v/Blånasen (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.27.4 Nordfjorden v/Holandsvika (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.27.5 Nordfjorden v/Storvika (23)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.28.1 Holandsfjorden v/Brasetvika (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.28.2 Holandsfjorden v/Slettnes (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.28.3 Holandsfjorden v/Krakneset (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.28.4 Holandsfjorden v/Vollan (33)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
159.28.6 Holandsfjorden v/Ågskardet (11)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	

Fig 7 Strekdiagram som viser når det er foretatt temperatur- og saltmålinger i Nordfjorden og Holandsfjorden.

### 3.6.1 Nordfjorden og Holandsfjorden



**Fig 8** Median vanntemperatur og saltholdighet i punkt 6 i Holandsfjorden i perioden fra oppstarten av bobleanlegget til målingene ble avsluttet i april 2008. (som fig A8 og A18).

Alle målingene som er foretatt i Nordfjorden og Holandsfjorden er plottet i vedlegg B, fig B1-B60. Det er bare de øverste 10 m som er plottet, da variasjonene her vanskelig sees når en plottet et større dybdeintervall. Brakkvannslaget går nesten aldri så dypt som 10 m, og det er brakkvannslaget som er avgjørende for isleggingen. Sammen med plottene av temperatur og saltholdighet er det også plottet driftsvannføringen ved Svartisen kraftverk. Noen ganger er gradientene så store at det dessverre er umulig å finne den eksakte verdien fra plottet. Dette gjelder særlig for punkt 0 i Nordfjorden som er like utenfor kraftverkets utløp. Der blir det store endringer i saltholdigheten i overflaten når kraftverket slås av eller på.

Fig A1-A20 viser månedlige median- og ekstremverdier av vanntemperatur og saltholdighet i Nordfjorden og Holandsfjorden i de øverste 10 m når kraftverket går. Vi ser et markert 1-2 m tykt brakkvannslag med overflatetemperaturer 2-4 °C lavere enn det underliggende vannet. Bare midt på sommeren ble vannet så oppvarmet på vei ut fjorden at temperaturforskjellen forsvant. Maksimumstemperaturen i overflaten inntraff i juli og minimum i januar-februar, men under brakkvannslaget var ekstremene en måned forsinket. De største temperaturendringene skjedde om høsten (oktober-november) og om våren (mai-juni). Saltholdigheten i de øverste meterene viser ingen klar sesongvariasjon. Det kommer av den jevne tilgangen på ferskvann når kraftverket går. Se fig 8 som eksempel på medianverdier.

Fig A21-A28 viser de samme medianverdiene plottet som lengdesnitt ut fjorden. Midtvinters skjer det en gradvis avkjøling av brakkvannslaget på vei ut fjorden, mens det er en enda sterkere oppvarming ut fjorden om sommeren. Dette er selvsagt væravhengig. Når en kommer til Engeneset (ca 10 km) fører innsnevringen til en

heving av temperaturkurvene og salthodighetskurvene (se avsnittet om fjordenes topografi). Samme effekt, men mye kraftigere, får man når bobleanlegget er i drift. Selv om ikke anlegget er i kontinuerlig drift ser en dette tydelig i medianen for vintermålingene fra november til mars

Driftsvannet om vinteren holder trolig en temperatur mellom 2-4 °C (Fig. 2). På sin vei ut fjorden kjøles vannet ytterligere ned når det er kulde. Desto tynnere brakkvannslaget er, desto raskere skjer nedkjølingen. Under stille forhold og stans i bobleanlegget finner vi derfor de laveste overflatetemperaturene i de ytre delene av fjorden. Ved drift av bobleanlegget skjer det en brå økning i overflatetemperaturen utenfor bobleanlegget. Overflatetemperaturen er da flere grader høyere enn innenfor bobleanlegget (fig. 5 og 6).

Når kraftverket stanser kan vinden forholdsvis enkelt blande vannmassene, og brakkvannslaget forsvinner. Størst virkning har dette om vinteren når ferskvannstilførselen fra restfeltet er liten. Hvis det er vindstille og kaldt ved en slik stans kan en derimot få rask islegging av indre del av Nordfjorden.

I fig A29-A32 er median- og ekstremverdiene plottet i dybdeintervallet 10-90 m i punktene 2K og 5. I de andre punktene er det bare målt ned til 20 m. Det var små forskjeller mellom punkt 2K og 5 i disse dypene.

# 4 Isforholdene

## 4.1 Generelt om islegging i fjorder

I en godt blandet fjord vil det være små vertikale tetthetsforskjeller. Når overflatelaget avkjøles vil tettheten øke og vannpakken vil synke og blande seg med lettere vann. Samtidig presses varmere vann til overflaten og forsinker isleggingen. Denne vertikale sirkulasjonen fortsetter til hele den blandete vannpakken har nådd frysepunktet. Dype fjorder med liten ferskvannstilførsel islegges derfor sjelden eller aldri.

En liten ferskvannstilførsel i overflaten vil dramatisk endre tetthetsbildet. Saltet er nemlig den dominerende faktoren for tettheten, så ferskvann er betydelig lettere enn saltvann, uansett temperatur. I praksis skjer det en blanding av de to massene slik at en har et brakkvannslag med lav saltholdighet og en skarp overgangssone med raskt økende saltholdighet med dypet. Ved nedkjøling oppstår det på nytt en vertikal sirkulasjon til det blandete laget har nådd samme tetthet. Først da fryser overflatelaget. Den store forskjellen ligger i tykkelsen på det blandete laget. Ved brakkvann er laget som må nedkjøles ofte mindre enn et par meter og nedkjøling skjer derfor raskt. Isleggingen skjer raskere desto tynnere brakkvannslaget er. Ved stille vær over en allerede nedkjølt fjord ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) kan en få en rask islegging dersom det regner eller snør. Det vil da dannes en tynn fersk overflate som raskt fryser til is.

Da ferskvannet transporteres ut fjorden, og det tar tid å kjøle ned vannet, vil det være et isfritt område nær utslippspunktet. Mengden ferskvann og vanntemperaturen bestemmer størrelsen på det isfrie området.

Vinden skaper en mekanisk vertikal sirkulasjon som blander vannmassene. Et tynt brakkvannslag vil derfor være mer utsatt for å bli blandet med det underliggende saltvannet.

Innsnevring i fjorden fører til både oppstrømming av varmere vann og større strømhastighet. Isforholdene vil derfor være dårligere i slike sund.

Det synes som at fjorder islegges oftest i perioder med moderat kulde (Asvall, 1973). Dette kan skyldes at ferskvannstilførselen vanligvis er meget liten ved sterk kulde, men kan også ha sammenheng med at det ofte er fralandsvind i forbindelse med sterk kulde. Et tynt ferskvannslag kan da lett blåse ut fjorden og bevirke at varmere og saltere dypvann kommer opp.

## 4.2 Isforholdene i Nordfjorden og Holandsfjorden

Isforholdene som er beskrevet her er forholdene med drift av Svartisen kraftverk og med et bobleanlegg ved Engeset som skrur på ved behov. Observasjonene er fra november 2002 til april 2008.

Nordfjorden og Holandsfjorden med ytre deler er delt inn i 20 områder (fig 9). Isobservasjonene i området er blitt dekket av to observatører, henholdsvis områdene 1-5 og 6-20. Isobservasjonene tas ved vesentlige endringer i isforholdene. Som en ekstra sikkerhet skal det minst observeres en gang i måneden. Det antas derfor at et



iskart er gyldig frem til neste iskart. Der dette åpenbart er feil, er det brukt skjønn eller markert med manglende observasjoner.

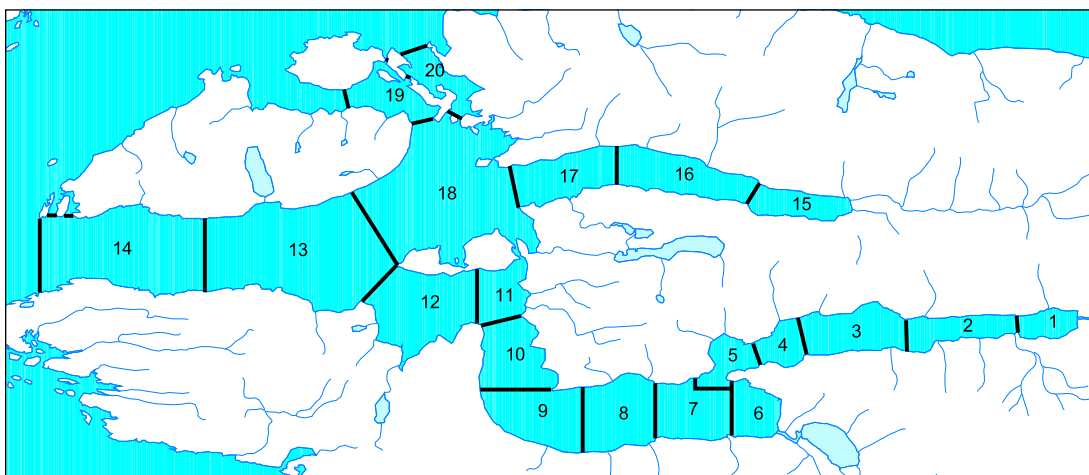


Fig 9 Inndelingen av Nordfjorden og Holandsfjorden med ytre områder.

Fra disse iskartene er istypen og iskonsentrasjonen (andel av overflaten som er dekket med gitt istype) blitt avlest for hvert av de 20 områdene. Tabell 3 viser fordelingen av de ulike istypene i hvert område for hele perioden.

Tabell 3 Prosentvis andel av de fem istypene for hver av de 20 områdene i Nordfjorden og Holandsfjorden med ytre områder i perioden etter oppstarten av bobleanlegget (november 2002 – april 2008). Det er sett bort fra isfrie døgn.

Område:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Begynnende isdannelse	19	52	56	45	46	49	56	58	62	65	50	82	0	0	11	17	30	21	2	0
Snøsørpe	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	5	9	33	0	1	1	2	1	1	0
Drivis	2	1	4	5	5	0	8	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tynn is, til hinder for små båter	45	23	27	37	33	43	32	20	30	33	45	9	67	100	29	42	38	49	29	0
Tykk is, til hinder for større båter	34	24	13	14	16	7	2	9	3	0	0	0	0	0	60	40	31	29	68	0

Det opereres med fem istyper:

- 1 - Begynnende isdannelse
- 2 - Snøsørpe
- 3 - Drivis
- 4 - Tynn is, til hinder for små båter
- 5 - Tykk is, til hinder for større båter

Erfaring tilsier at observatører ikke skiller mellom istype 1 og 2, så de bør vurderes samlet.

I beregninger av overflatekonsentrasjoner er konsentrasjonen til drivis redusert til halvparten. Hvis et område er helt dekket av drivis blir altså overflatekonsentrasjonen satt til 50 %. I vedlegg C (fig C1-C6) er alle observasjonene plottet for vintrene 2002/2003 til 2007/2008, både samlet som alle områder for hvert år, og som alle år for hvert område. Isobservasjoner før november 2002 er plottet i tidligere

datarapporter. Fig 10 viser gjennomsnittelig overflatekonsentrasjon for alle områdene. Dataene er først midlet over fem døgn (pentademidler) for å glatte kurvene. Også isfrie perioder er med i midlingen.

Tabell 4 viser lengden på hver issesong og antall sammenhengende perioder med isdekke. Med lengden menes her antall døgn med is observert innenfor området. Det er store variasjoner fra år til år. Stort sett er det flest isperioder i vintre med flest isdøgn. Det tyder på at isen er såpass tynn at den lett brytes opp ved mildvær eller vind. Unntaket er område 15 innerst i Bjerangsfjorden. Der ligger isen som regel ut sesongen når den først har lagt seg. Forholdene der minner på mange måter om innerst i Nordfjorden før utbyggingen.

Fig 11 viser sannsynligheten for at en islagt periode varer lengre enn antall døgn angitt langs x-aksen. I statistikken er hvert islagt døgn gitt en verdi lik lengden på perioden den er en del av. Det er nok at deler av området er islagt. Det er så kjørt en "sannsynlighet for overskridelse" på disse dataene. Ved å sammenligne figurer fra tidligere rapporter kan en dermed se om det skjer en forskyvning i dominerende periodelengde, for eksempel fra stabilt isdekke om vinteren (= lang periode) til kortvarige perioder med is som forsvinner igjen (= kort periode). En ser derimot ikke om det er blitt noen endring i antall islagte døgn da y-aksen er en relativ verdi, og vil således starte på 100 % hvis det har vært minst ett islagt døgn:

Det store ferskvannsutslippet fra Svartisen kraftverk med temperatur godt over frysepunktet (2-5°C), gjør at isforholdene i Nordfjorden er ganske ustabile. Isen kommer og går i et sett. I perioder med islegging er det uvanlig at isbildet holder seg uendret i mer enn 3 døgn. Isen legger seg ikke innerst i Nordfjorden på grunn av det varme driftsvannet, men ved en eventuell driftsstans i en kuldeperiode vil hele fjorden islegges raskt. Statistikken blir derfor litt forstyrret på grunn av den lange driftsstansen i vinteren 2006/07 hvor kraftverket stod store deler av vinteren (november-januar). Da la isen seg stabilt innerst i Nordfjorden i deler av stansen. I figur 11 ser det derfor ut som at det er vanlig med relativt lange perioder med isdekke i område 1, mens sannheten er at det ved drift av kraftverket sjelden er is der.

Etter oppstarten av bobleanlegget er det svært uvanlig med lange isleggingsperioder i områdene 6-14. I de ytterste områdene er det ennå noen lengre perioder, men det er trolig at dette skyldes lokalt tilsig og ikke kraftverket. Særlig gjelder dette i Bjerangsfjorden. I Åmnessundet har det også lett for å legge seg is øst for brua til Åmnøya. Der har bygging av broer og moloer skjermet området slik at ferskvannstilførsel lett får ligge i ro i overflaten, og når isen legger seg brytes den heller ikke så lett opp.

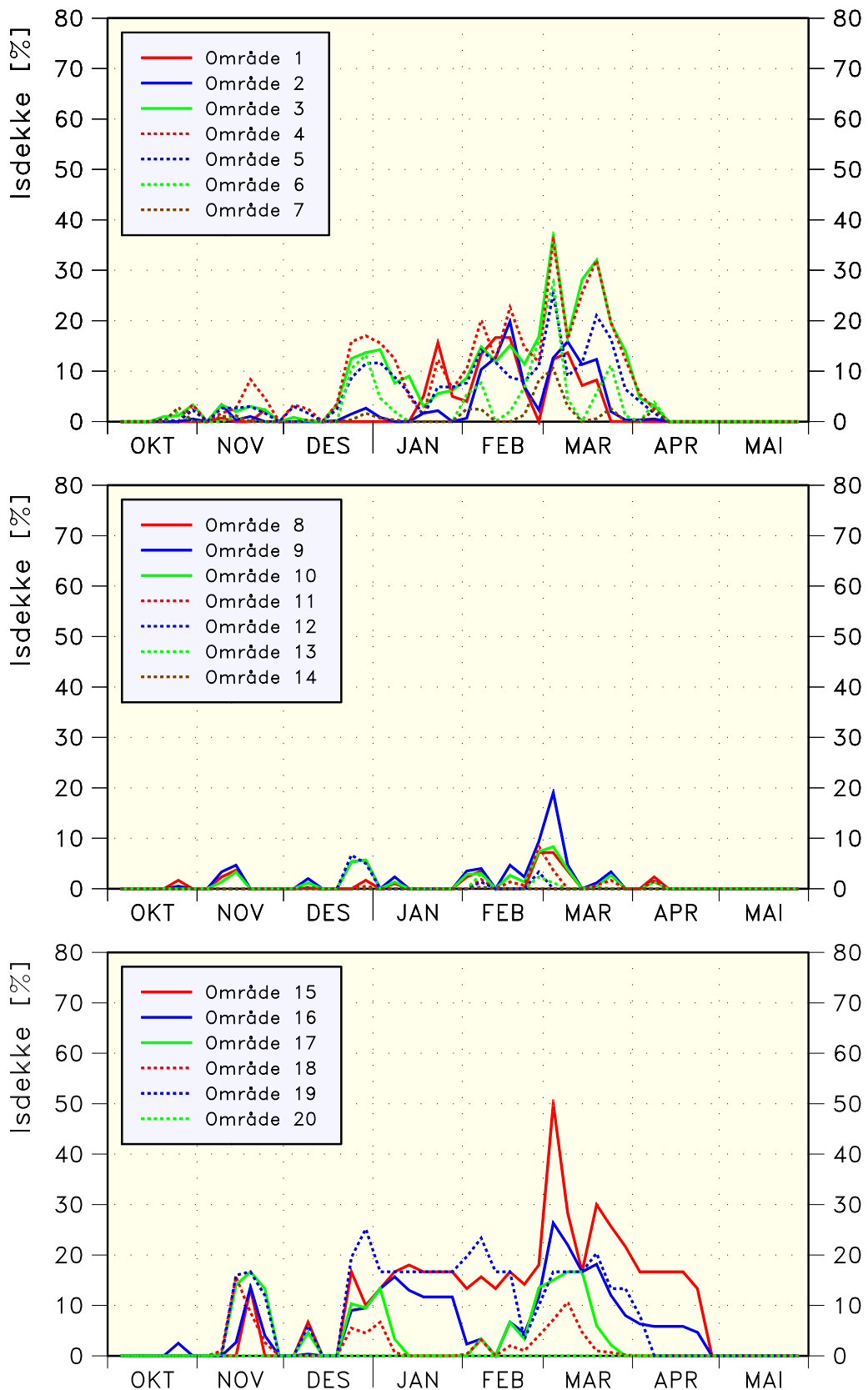
Det er også viktig å huske at det er nok med is i deler av området for at det skal registreres som sammenhengende isdekke i figur 11. I område 18 var det noen lange perioder med is, men stort sett var bare små deler av området isdekket (Vedlegg C6).

Tabell 5 viser start og slutt på issesongene fra 2002/03 til 2007/08. I områdene 2-5 i Nordfjorden var det vanlig med perioder med islegging fra november til mars. I de andre områdene var issesongen hovedsakelig fra januar til mars. Unntaket var de skjermete områdene i Bjerangsfjorden (15 og 16) og Åmnessundet (19) hvor isen i isrike vintre kan ligge til godt ut i april.

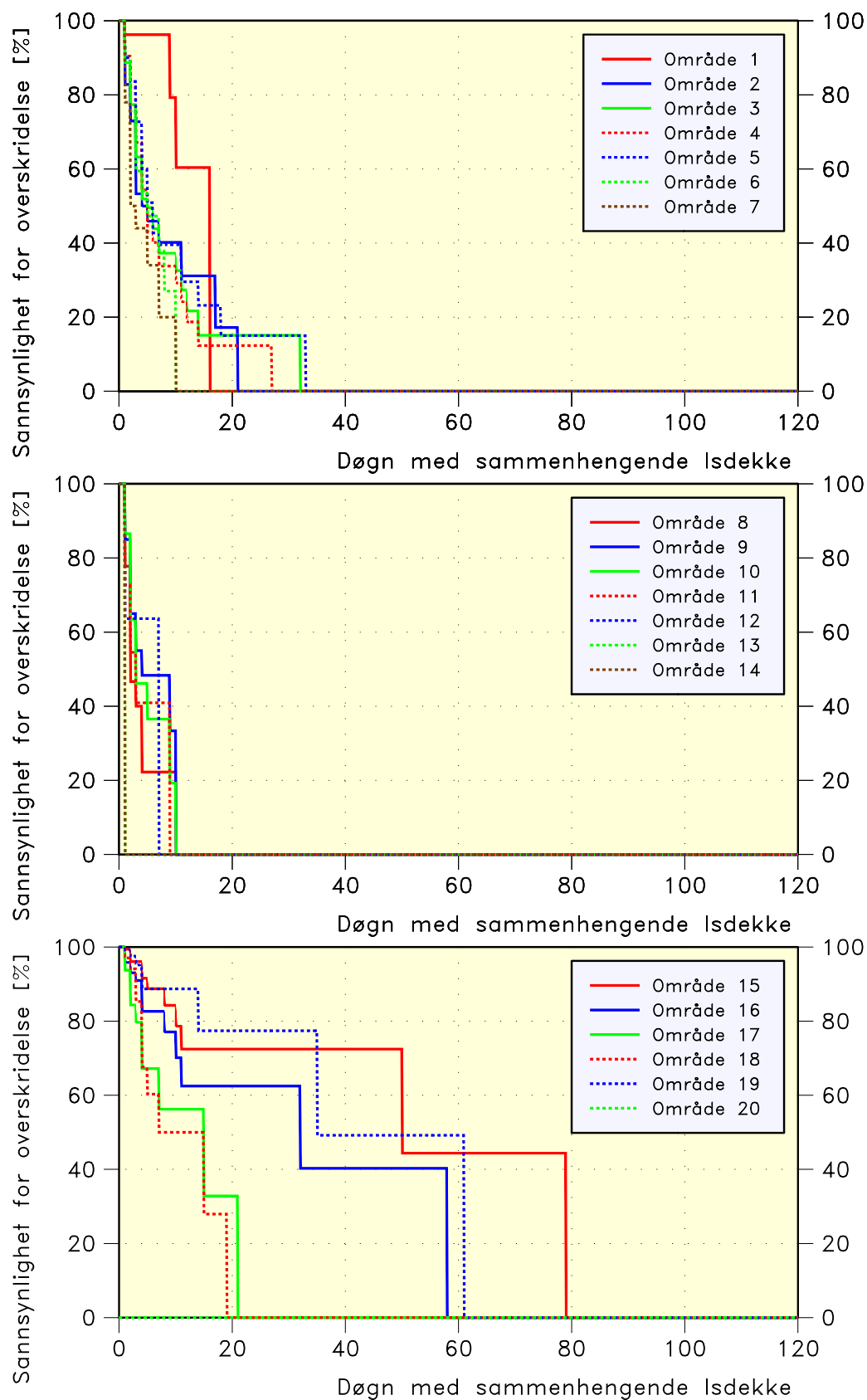
**Tabell 4 Antall døgn med is observert i perioden november 2002 – april 2008 i hver av områdene 1-20 i Nordfjorden og Holandsfjorden (=lengde). Døgnene er summert for hver vintersesong. Det er også angitt antall sammenhengende perioder med isdekke i hver sesong (=ant.per.). Nederst er angitt største og minste verdi samt median og middelvei.**

	Område	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2002/03	lengde	1	12	42	46	42	26	17	16	27	26	5
	ant.per.	1	7	13	13	13	5	5	4	6	6	2
2003/04	lengde	1	16	31	32	34	1	1	1	1	1	1
	ant.per.	1	10	11	11	12	1	1	1	1	1	1
2004/05	lengde	9	20	41	41	42	11	9	7	6	4	1
	ant.per.	1	7	10	10	9	4	4	4	3	2	1
2005/06	lengde	10	34	52	52	53	26	15	12	17	14	10
	ant.per.	1	7	11	11	8	6	6	6	5	5	2
2006/07	lengde	32	29	15	13	10	3	3	3	3	3	3
	ant.per.	2	5	5	5	4	2	2	2	2	2	2
2007/08	lengde	0	11	31	35	39	7	5	6	6	4	2
	ant.per.	0	5	12	11	11	5	4	4	4	3	2
Maks	lengde	32	34	52	52	53	26	17	16	27	26	10
	ant.per.	2	10	13	13	13	6	6	6	6	6	2
Min	lengde	0	11	15	13	10	1	1	1	1	1	1
	ant.per.	0	5	5	5	4	1	1	1	1	1	1
Median	lengde	5	18	36	38	40	9	7	6	6	4	2
	ant.per.	1	7	11	11	10	4	4	4	4	2	2
Middel	lengde	9	20	35	36	37	12	8	8	10	9	4
	ant.per.	1	7	10	10	10	4	4	4	4	3	2

	Område	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2002/03	lengde	7	0	0	73	64	32	30	75	0
	ant.per.	1	0	0	4	5	6	5	2	0
2003/04	lengde	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	ant.per.	0	0	0	1	1	0	0	0	0
2004/05	lengde	0	0	0	11	9	0	4	4	0
	ant.per.	0	0	0	3	3	0	1	1	0
2005/06	lengde	2	3	1	81	66	30	32	45	0
	ant.per.	2	3	1	2	5	5	5	5	0
2006/07	lengde	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	ant.per.	1	0	0	0	1	1	0	0	0
2007/08	lengde	1	0	0	12	3	1	2	0	0
	ant.per.	1	0	0	2	2	1	1	0	0
Maks	lengde	7	3	1	81	66	32	32	75	0
	ant.per.	2	3	1	4	5	6	5	5	0
Min	lengde	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ant.per.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Median	lengde	1	0	0	12	6	1	3	2	0
	ant.per.	1	0	0	2	2	1	1	0	0
Middel	lengde	2	0	0	30	24	11	11	21	0
	ant.per.	1	0	0	2	3	2	2	1	0



**Fig 10** Gjennomsnittlige pentadeverdier (5-døgnsmidler) av iskonsentrasjonen for hver av de 20 områdene i Nordfjorden og Holandsfjorden fra oppstarten av bobleanlegget til slutt på målingene av temperatur og saltholdighet (november 2002 – april 2008). Alle observerte verdier er med i midlingen, også isfrie perioder.



**Fig 11** Sannsynligheten for at en sammenhengende islagt periode (isdekke > 0) varer lengre enn angitt ved x-aksen. Hver periode i statistikken er vektet med lengden på perioden. Sannsynligheten er beregnet for hver av de 20 områdene i Nordfjorden og Holandsfjorden fra oppstarten av bobleanlegget til slutt på målingene av temperatur og saltholdighet (november 2002 – april 2008).

**Tabell 5 Første og siste isleggingsdato i område 1-20 i Nordfjorden og Holandsfjorden for hver issesong fra oppstarten av bobleanlegget til slutt på målingene av temperatur og saltholdighet (november 2002 – april 2008). Nederst er angitt tidligste og seneste observerte start, tidligste og seneste slutt samt mediandatoen for start og slutt på issesongen. Isfrie år ble ikke inkludert når tidligste, seneste og medianer ble beregnet.  
 --- 0 --- betyr at det var en isfri sesong.  
 ----- betyr at det manglet observasjoner rundt start eller slutt.**

	Område	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2002/03	start	11.nov	11.nov	11.nov	11.nov	11.nov	22.des	11.nov	11.nov	11.nov	11.nov
	slutt	11.nov	20.mar	20.mar	20.mar	20.mar	9.mar	9.mar	9.mar	9.mar	9.mar
2003/04	start	22.nov	19.nov	19.nov	19.nov	19.nov	3.mar	3.mar	3.mar	3.mar	3.mar
	slutt	22.nov	2.apr	3.apr	3.apr	3.apr	3.mar	3.mar	3.mar	3.mar	3.mar
2004/05	start	14.mar	29.okt	29.okt	29.okt	29.okt	21.feb	22.feb	22.feb	26.feb	2.mar
	slutt	22.mar	23.mar	29.mar	29.mar	29.mar	26.mar	26.mar	26.mar	26.mar	26.mar
2005/06	start	3.mar	19.des	22.okt	22.okt	22.okt	25.okt	23.okt	23.okt	25.okt	7.des
	slutt	12.mar	27.mar	29.mar	29.mar	30.mar	27.mar	22.mar	22.mar	22.mar	22.mar
2006/07	start	19.jan	28.des	28.des	28.des	12.feb	19.mar	19.mar	19.mar	19.mar	19.mar
	slutt	21.feb	10.apr	10.apr	10.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr
2007/08	start	---0--	30.des	4.des	4.des	4.des	13.nov	13.nov	11.des	11.des	11.des
	slutt	---0--	24.mar	29.mar	29.mar	31.mar	23.mar	5.feb	23.mar	23.mar	5.feb
Start:	tidligst	11.nov	29.okt	22.okt	22.okt	22.okt	25.okt	23.okt	23.okt	25.okt	11.nov
	senest	14.mar	30.des	28.des	28.des	12.feb	19.mar	19.mar	19.mar	19.mar	19.mar
Slutt:	tidligst	11.nov	20.mar	20.mar	20.mar	20.mar	3.mar	5.feb	3.mar	3.mar	5.feb
	senest	22.mar	10.apr	10.apr	10.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr	9.apr
Median:	start	19.jan	4.des	15.nov	15.nov	15.nov	22.jan	3.jan	17.jan	19.jan	21.jan
	slutt	21.feb	26.mar	29.mar	29.mar	31.mar	25.mar	16.mar	23.mar	23.mar	16.mar

	Område	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2002/03	start	18.feb	23.des	---0--	---0--	18.nov	16.nov	11.nov	11.nov	12.nov	---0--
	slutt	1.mar	29.des	---0--	---0--	10.mar	10.mar	1.mar	20.feb	20.feb	---0--
2003/04	start	3.mar	---0--	---0--	---0--	3.mar	3.mar	---0--	---0--	---0--	---0--
	slutt	3.mar	---0--	---0--	---0--	3.mar	3.mar	---0--	---0--	---0--	---0--
2004/05	start	26.mar	---0--	---0--	---0--	21.feb	22.feb	---0--	17.mar	17.mar	---0--
	slutt	26.mar	---0--	---0--	---0--	20.mar	20.mar	---0--	20.mar	20.mar	---0--
2005/06	start	5.feb	5.feb	5.feb	5.feb	7.des	23.okt	7.des	26.des	7.des	---0--
	slutt	6.mar	26.feb	5.mar	5.feb	24.apr	24.apr	22.mar	27.mar	3.apr	---0--
2006/07	start	19.mar	19.mar	---0--	---0--	---0--	19.mar	19.mar	---0--	---0--	---0--
	slutt	9.apr	19.mar	---0--	---0--	---0--	19.mar	19.mar	---0--	---0--	---0--
2007/08	start	11.des	11.des	---0--	---0--	14.jan	13.nov	13.nov	4.feb	---0--	---0--
	slutt	31.des	11.des	---0--	---0--	31.mar	15.jan	13.nov	5.feb	---0--	---0--
Start:	tidligst	11.des	11.des	5.feb	5.feb	18.nov	23.okt	11.nov	11.nov	12.nov	-----
	senest	26.mar	19.mar	5.feb	5.feb	3.mar	19.mar	19.mar	17.mar	17.mar	-----
Slutt:	tidligst	31.des	11.des	5.mar	5.feb	3.mar	15.jan	13.nov	5.feb	20.feb	-----
	senest	9.apr	19.mar	5.mar	5.feb	24.apr	24.apr	22.mar	27.mar	3.apr	-----
Median:	start	25.feb	14.jan	5.feb	5.feb	14.jan	4.jan	25.nov	15.jan	7.des	-----
	slutt	5.mar	28.jan	5.mar	5.feb	20.mar	15.mar	10.mar	6.mar	20.mar	-----

## 5 Referanser

Asvall, Randi Pytte, 1973:

Breheim- og Storbreheim-verkene. En vurdering av mulige virkninger på vanntemperatur- og isforhold i berørte vestlige vassdrag og i indre Nordfjord. NVE Rapport nr 5/1973.

Hansen, Erik & Jan Mathiesen, 1977:

Virkninger på vanntemperatur og isforhold i Saltdalsfjorden, Beiarn, Melfjord og Glomfjord. Notat fra NVE. Utredning Svartisen-prosjektene S-128.

Kvambekk, Ånund Sigurd, 1997:

Temperatur- og saltmålinger og isforhold i Holandsfjorden og Glomfjorden før åpningen av Svartisen kraftverk (1976-1993). NVE-rapport 2/1997.

Kvambekk, Ånund Sigurd, 1999:

Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden og Glomfjorden. Etter åpningen av Svartisen kraftverk (1993-1998). NVE-rapport 17/1999.

Kvambekk, Ånund Sigurd, 2005:

Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden og Glomfjorden. Fra 1999 til start av bobleanlegget i oktober 2002. NVE oppdragsrapport A 22-2005.

Smith, B., J.E. Steen & H. Rye, 1979:

Fortrukket modell av Enganeset, Svartisenutbyggingen. VHL, SINTEF rapport nr. STF60 F7810

# VEDLEGG A

Plott av månedlige median- og ekstremverdier for temperatur og saltholdighet i Nordfjorden og Holandsfjorden når kraftverket går





## Vedlegg A. Plott av månedlige median- og ekstremverdier for temperatur og saltholdighet i Nordfjorden og Holandsfjorden når kraftverket går

Fig A1-A10 viser månedlige median-, maksimums- og minimumsverdier for vanntemperatur og fig A11-A20 viser tilsvarende for saltholdighet. Verdiene gjelder for perioden med bobleanlegg fra og med november 2002 til og med siste måling i april 2008, men kun i perioden hvor kraftverket var i drift. Alle målingene som er foretatt mens kraftverket sto stille er tatt vekk i statistikken. Det er ikke skilt på om bobleanlegget var i drift eller ikke. Alle plottene viser de øverste 10 m i Nordfjorden og Holandsfjorden. Konturintervallet er 1 °C for temperaturplottene og 2 ‰ for saltholdighetsplottene. For å lette lesingen av plottene er visse intervaller skyggelagt:

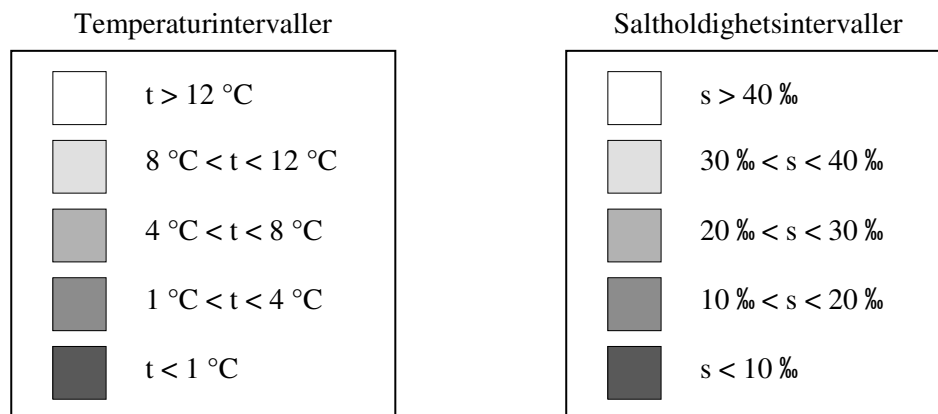
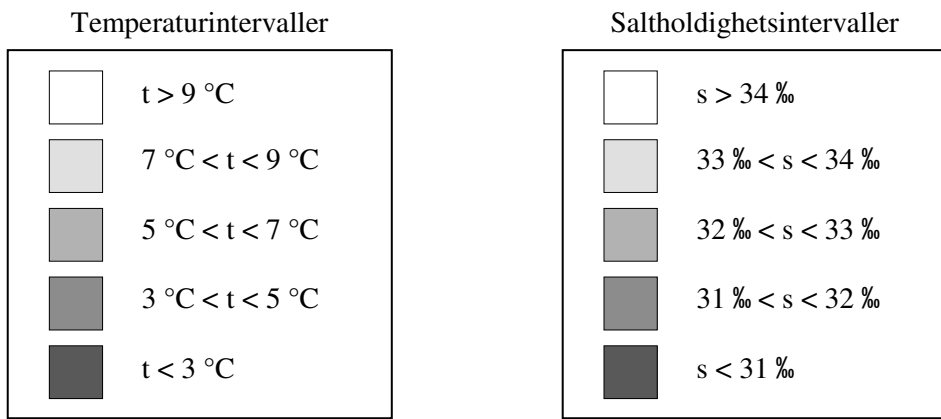


Fig A21-A28 viser de samme medianverdiene som i fig A1-A20, men her er de plottet som et lengdesnitt ut fjorden. Avstanden i plottet er avstanden fra bunnen av Nordfjorden målt langs midten av fjorden. Da Svartisen kraftverk også ender ut innerst i Nordfjorden, kan plottene også tolkes som avstand fra utslippspunktet. Punkt 7 er ikke tatt med i lengdesnittet da det ligger inne i en bukt og ikke nødvendigvis representerer hovedstrømmen ut fjorden.

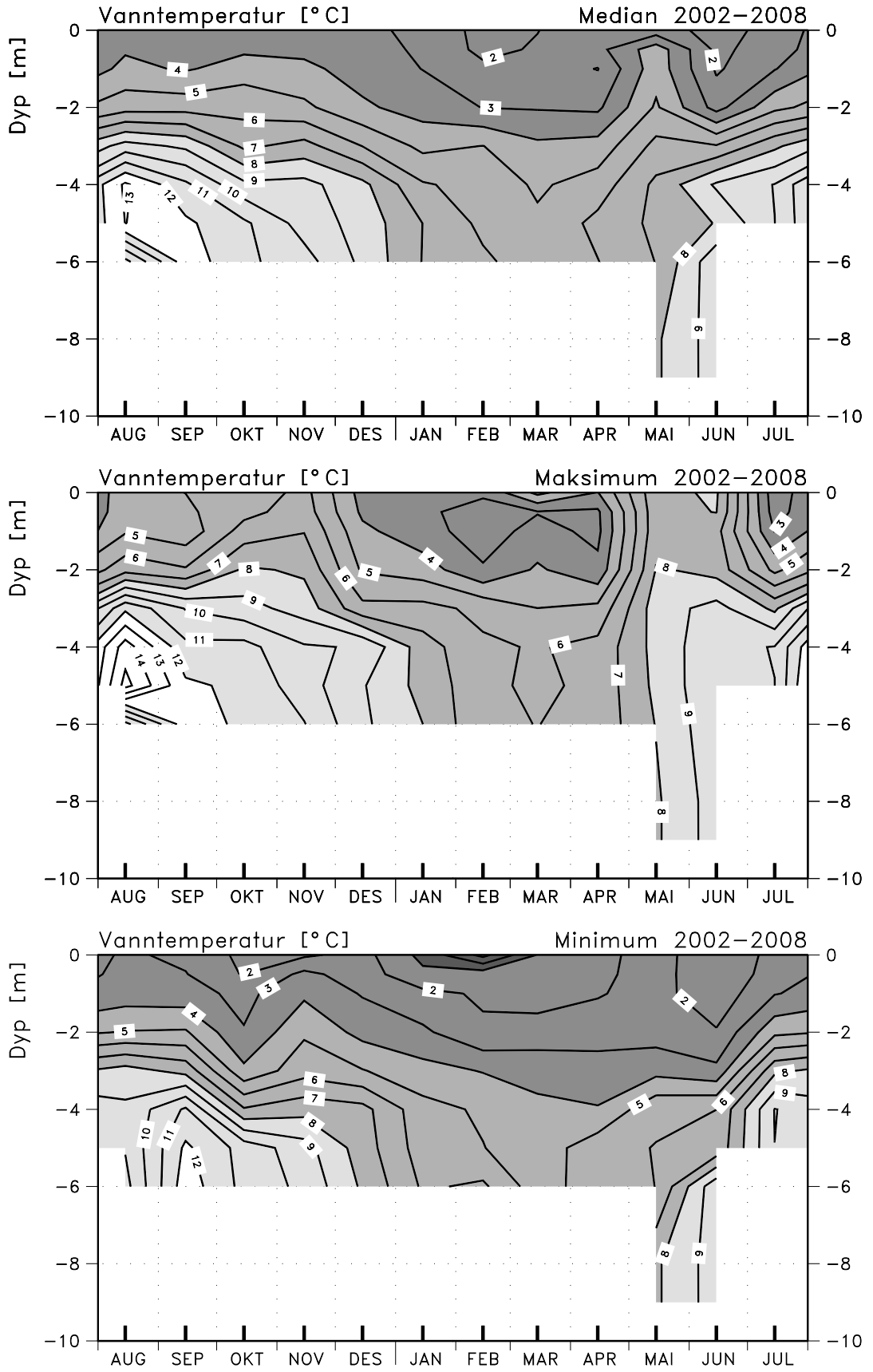
Fig A29-A32 viser månedlige median-, maksimums- og minimumsverdier for dypet 10 m - 90 m. Det ble bare målt så dypt i punktene 2K og 5 (Før april 2001 så dypt i punktene 1 og 6). I disse plottene er det brukt et annet skyggeintervall:



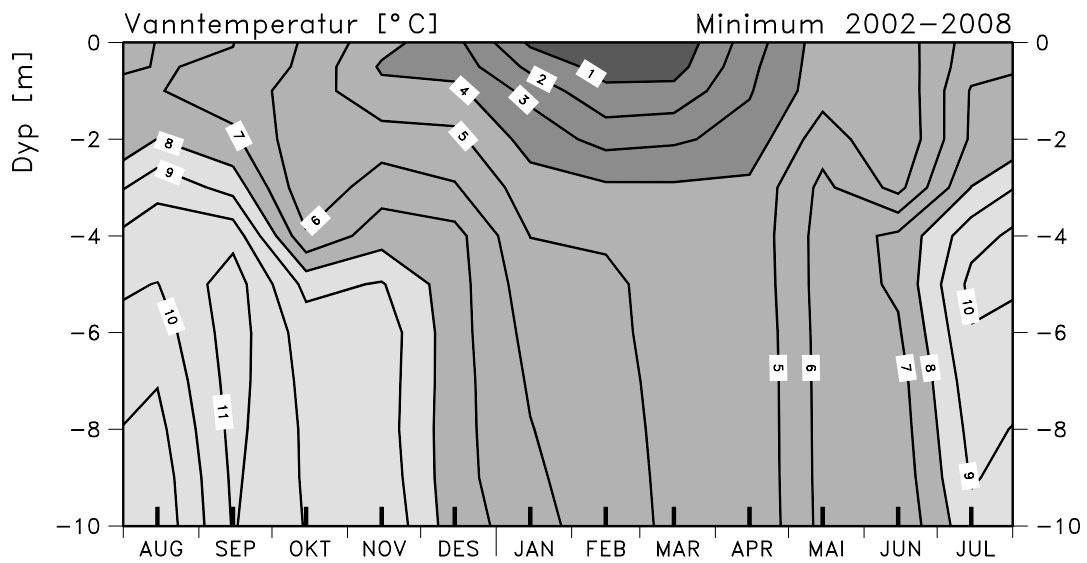
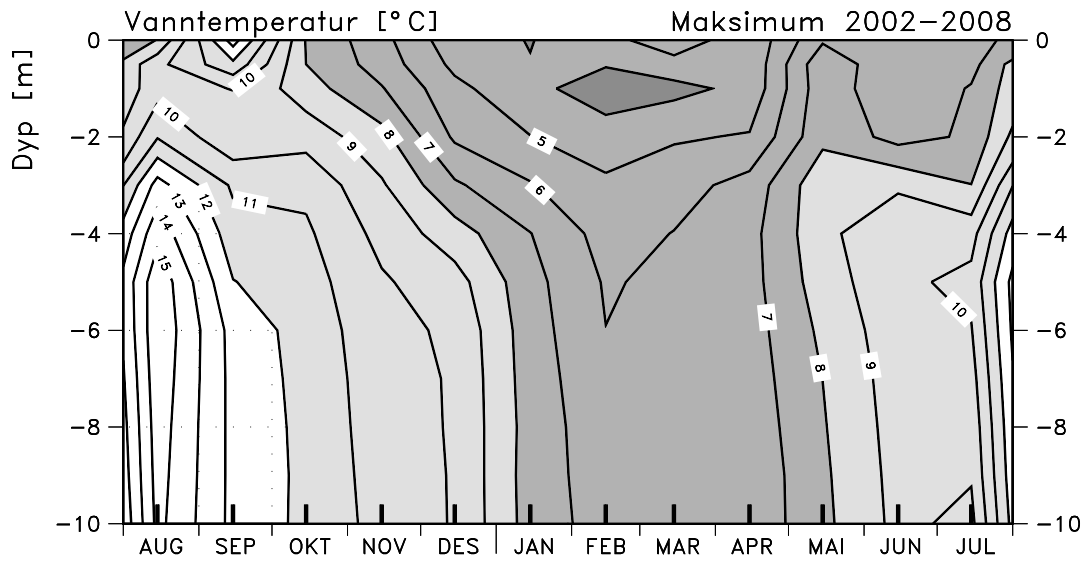
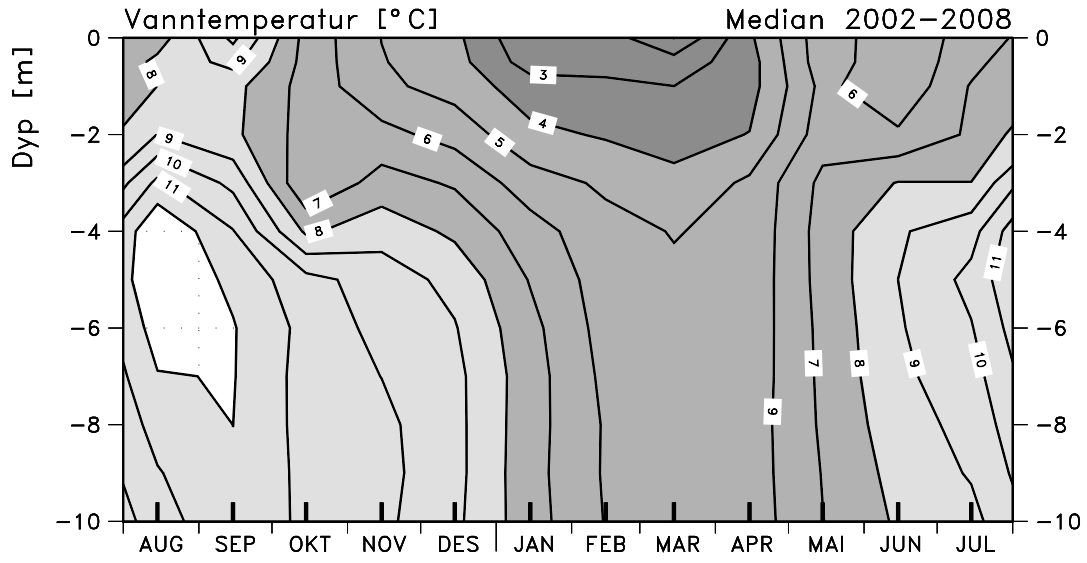
De korte tykke vertikale strekene på bunnlinjen viser når det er foretatt målinger i tidsplottene, og hvor det er foretatt målinger i lengdesnittet. Konturene er interpolert fra disse målingene.

Hvite rektangulære felter uten konturlinjer er områder som mangler data. Typisk finner en dette i det helt øverste laget forsøkt målt under ustabile forhold.

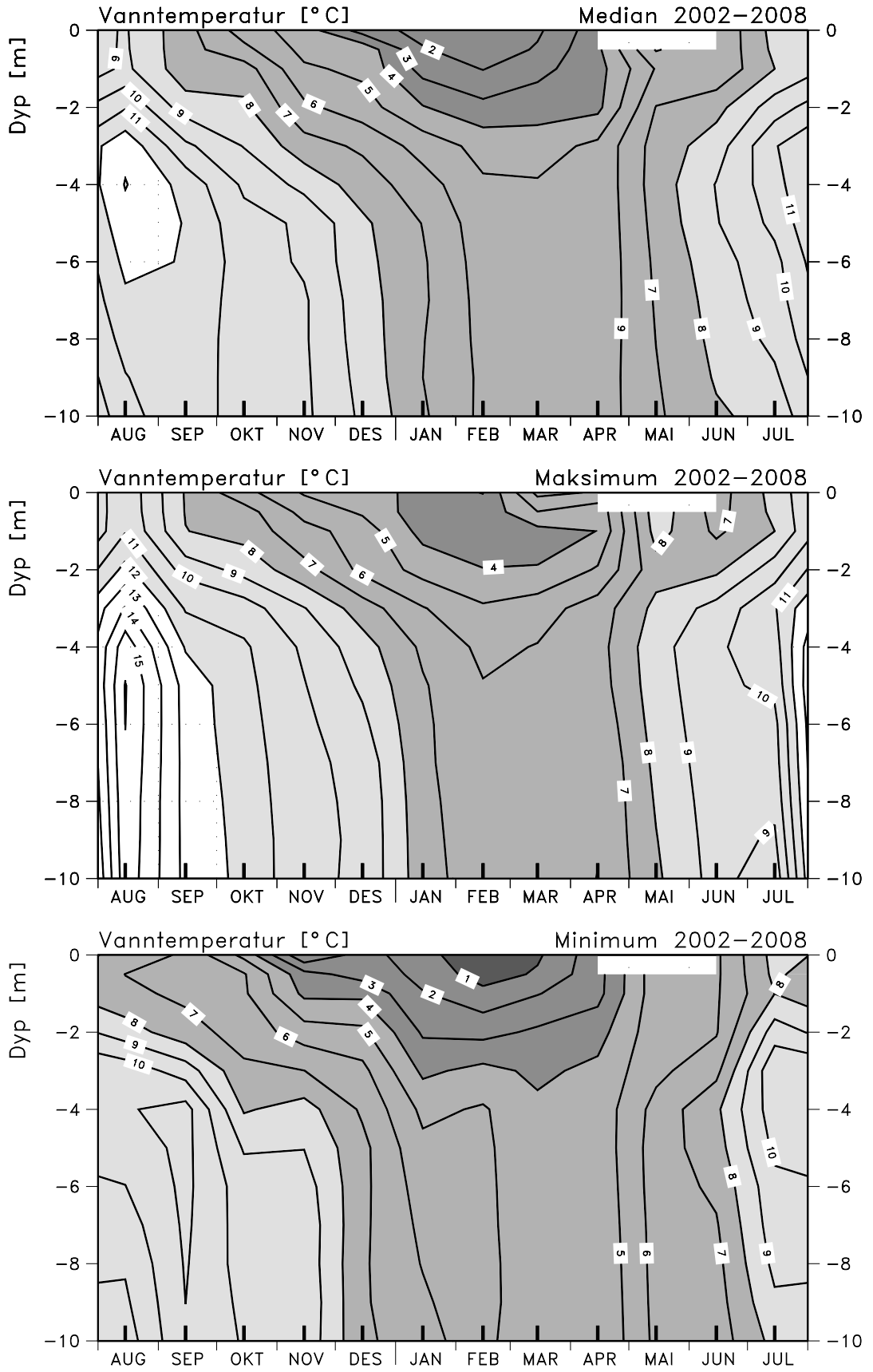
Nordfjorden punkt 0



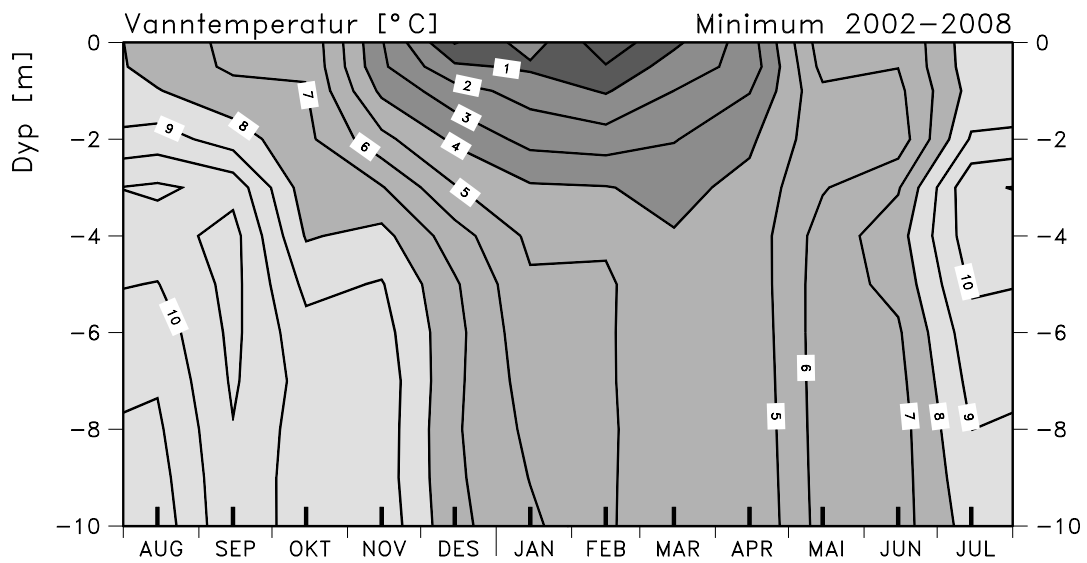
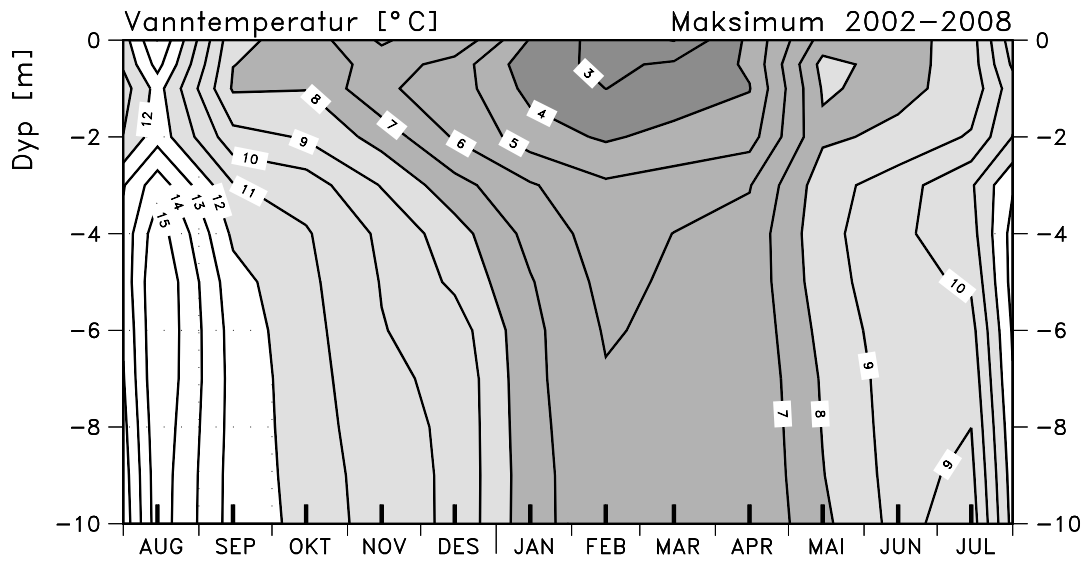
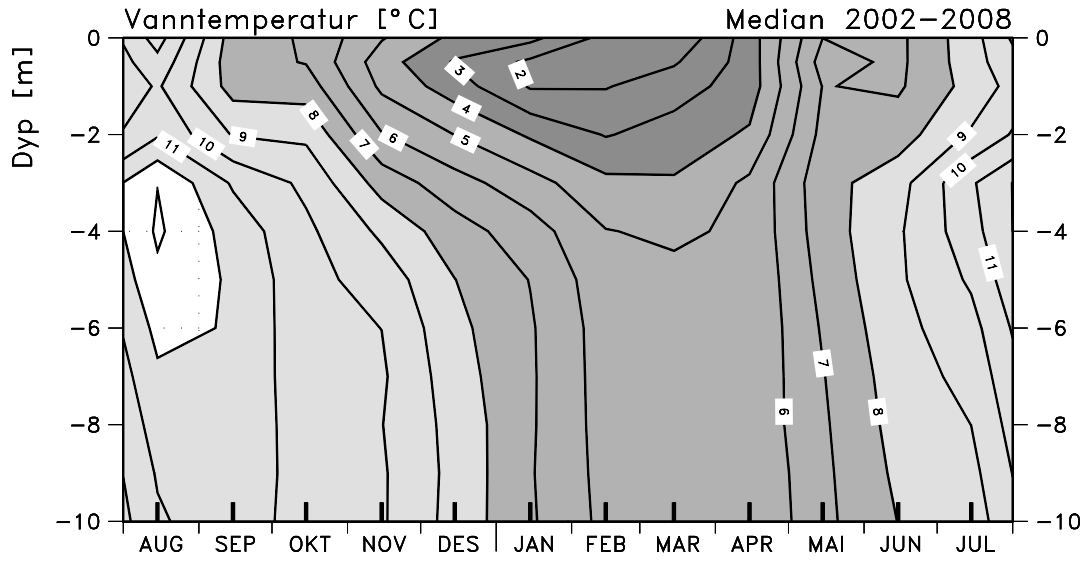
Nordfjorden punkt 1



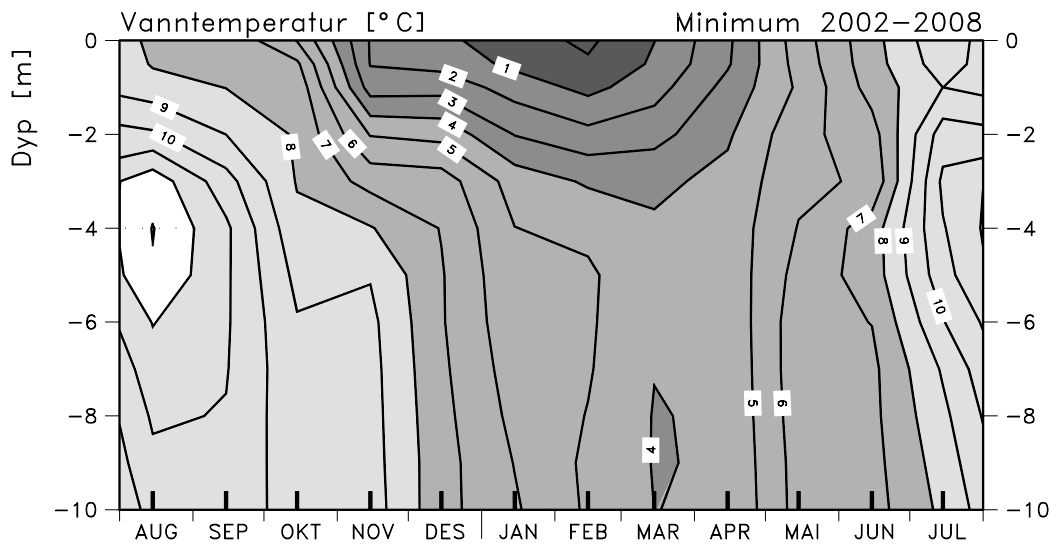
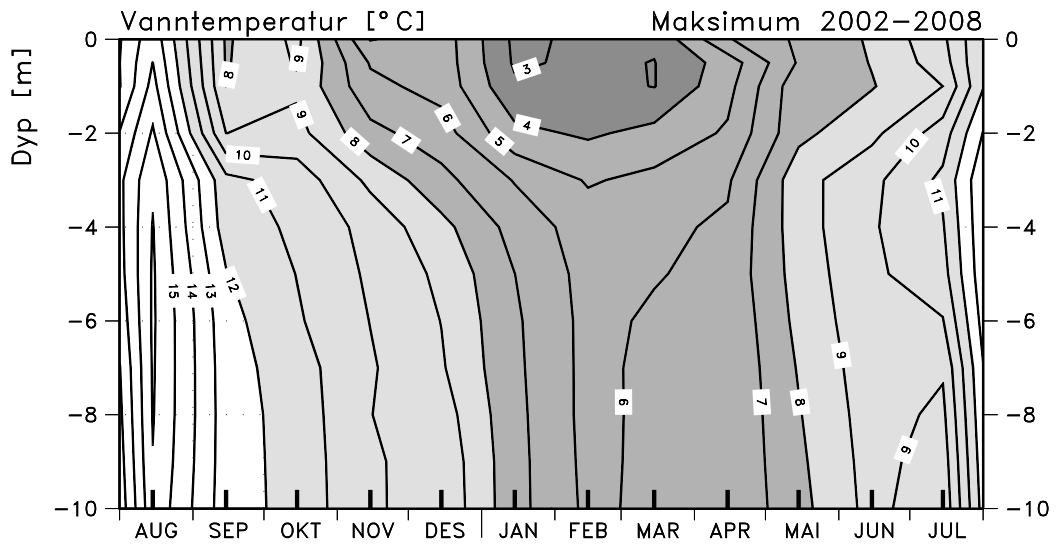
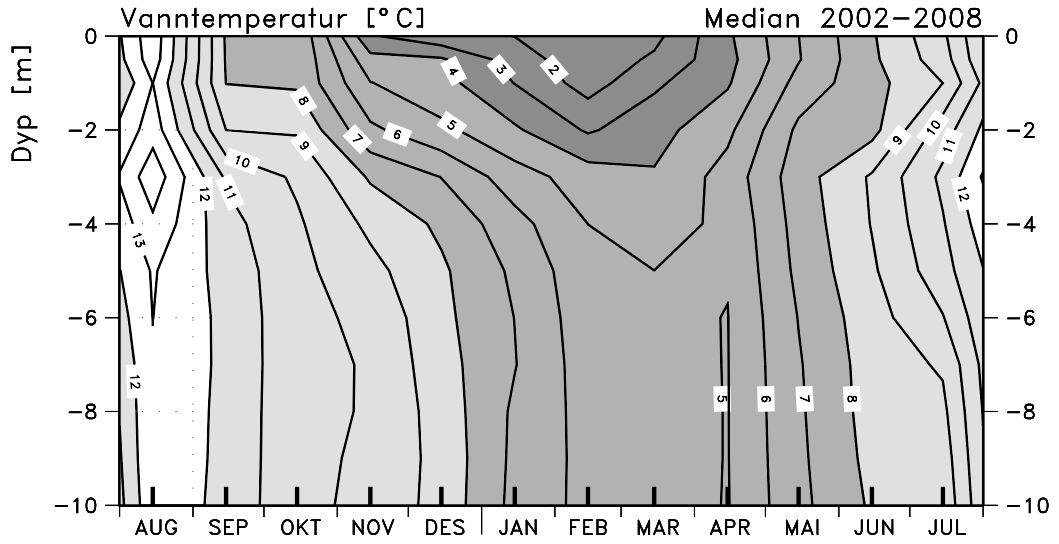
Nordfjorden punkt 2K



Nordfjorden punkt 2

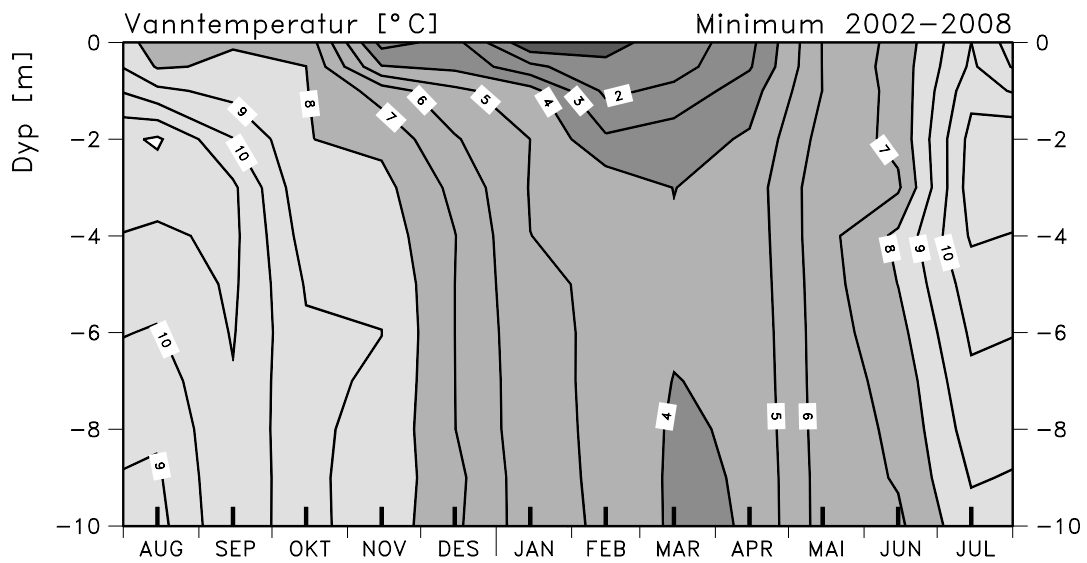
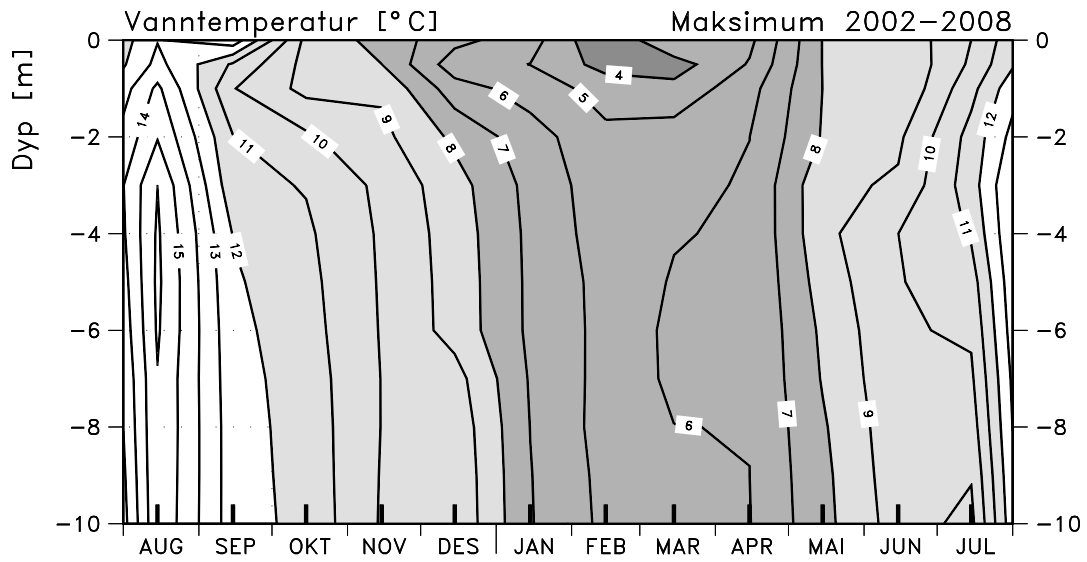
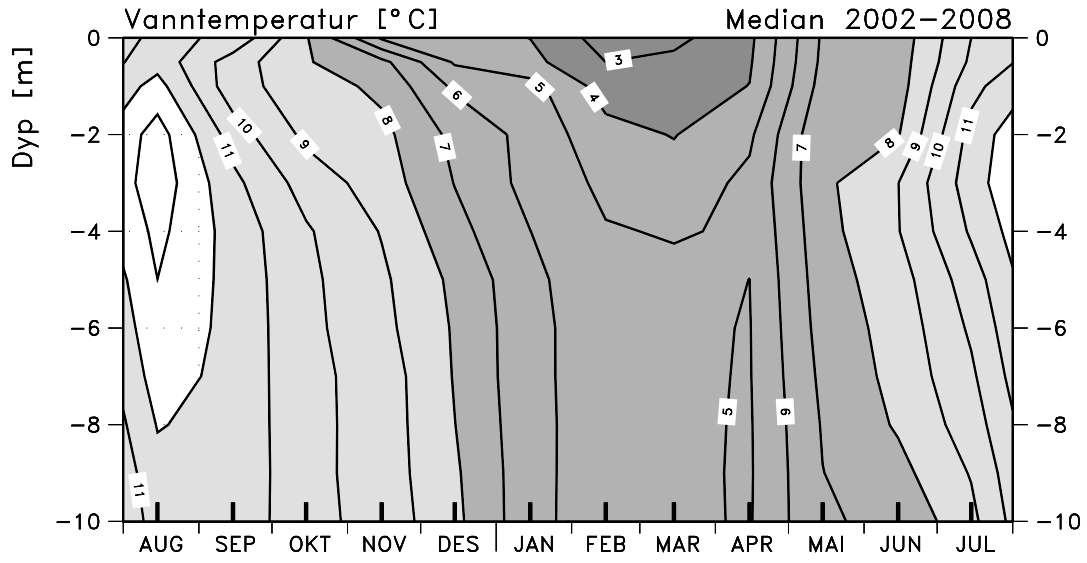


Nordfjorden punkt 3

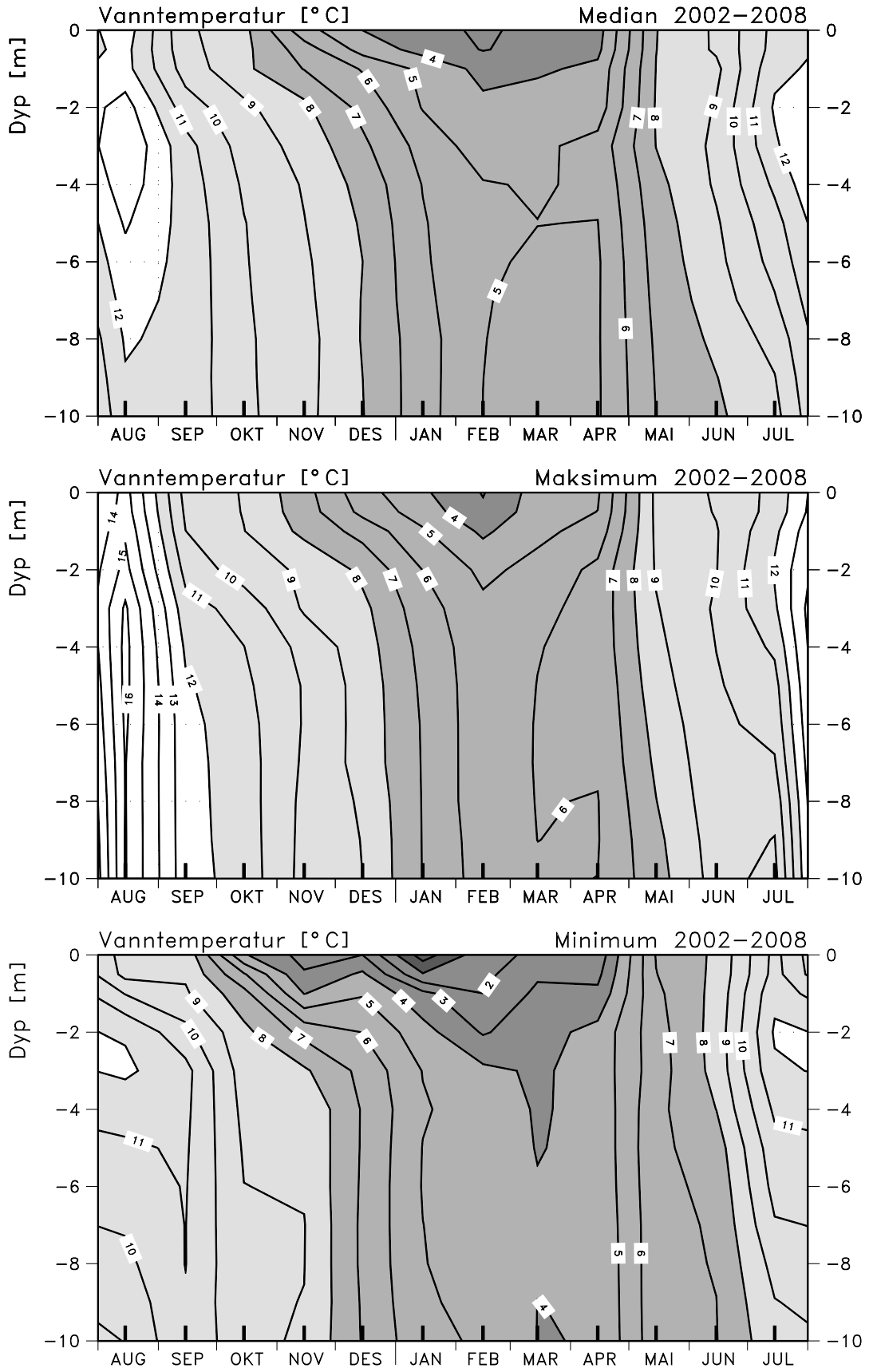




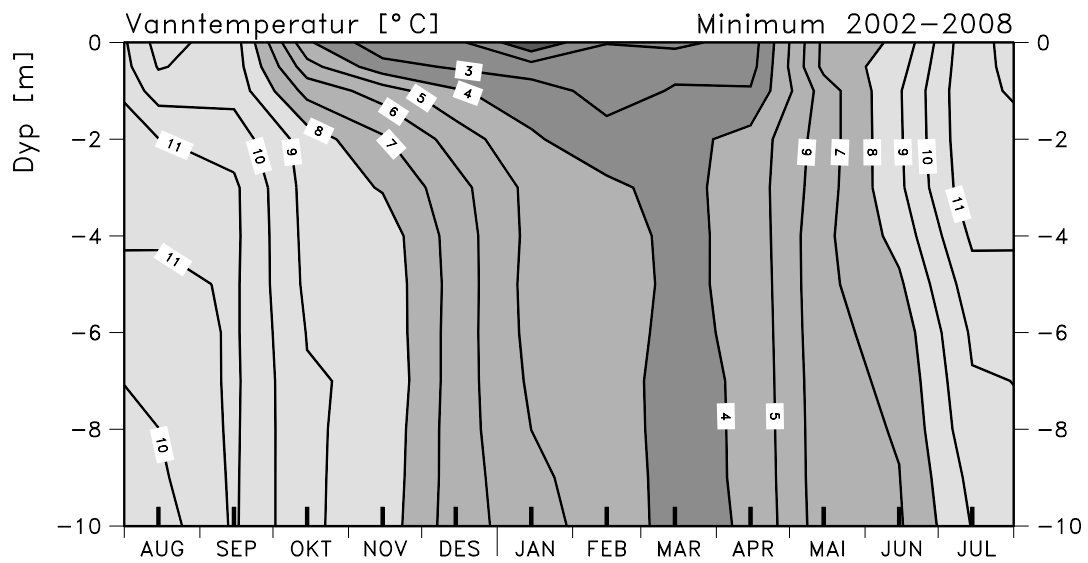
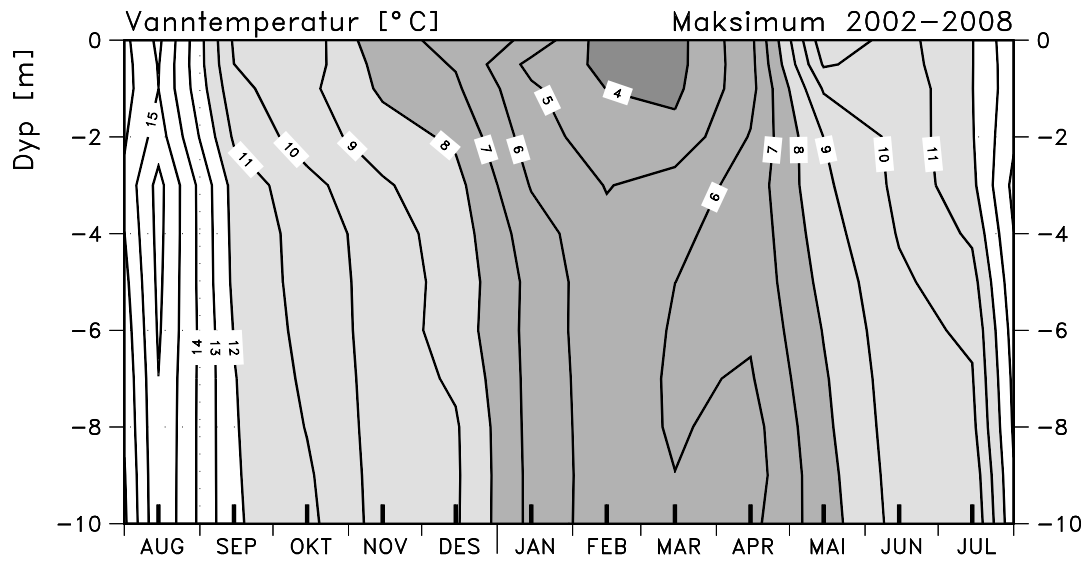
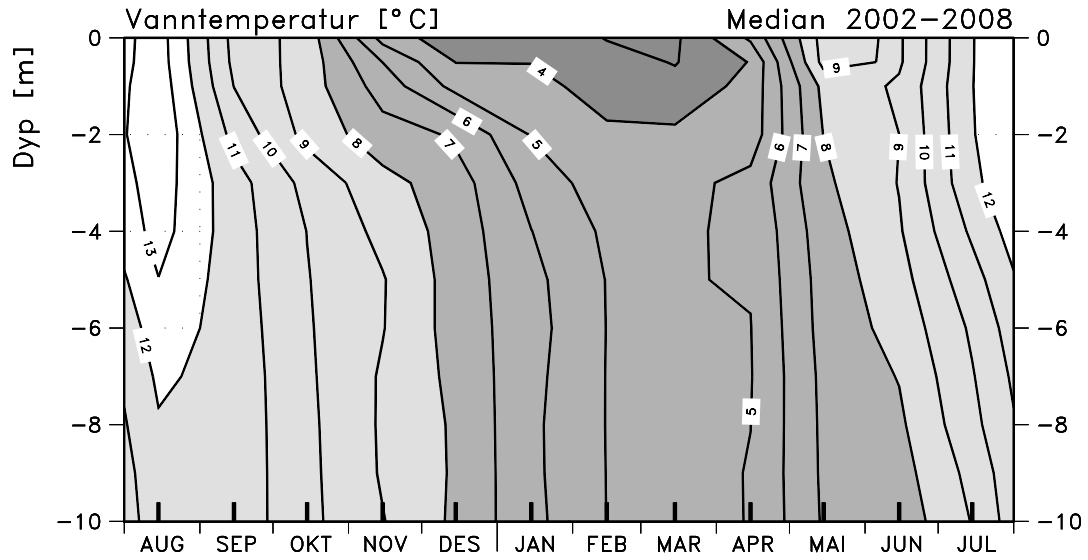
Holandsfjorden punkt 4



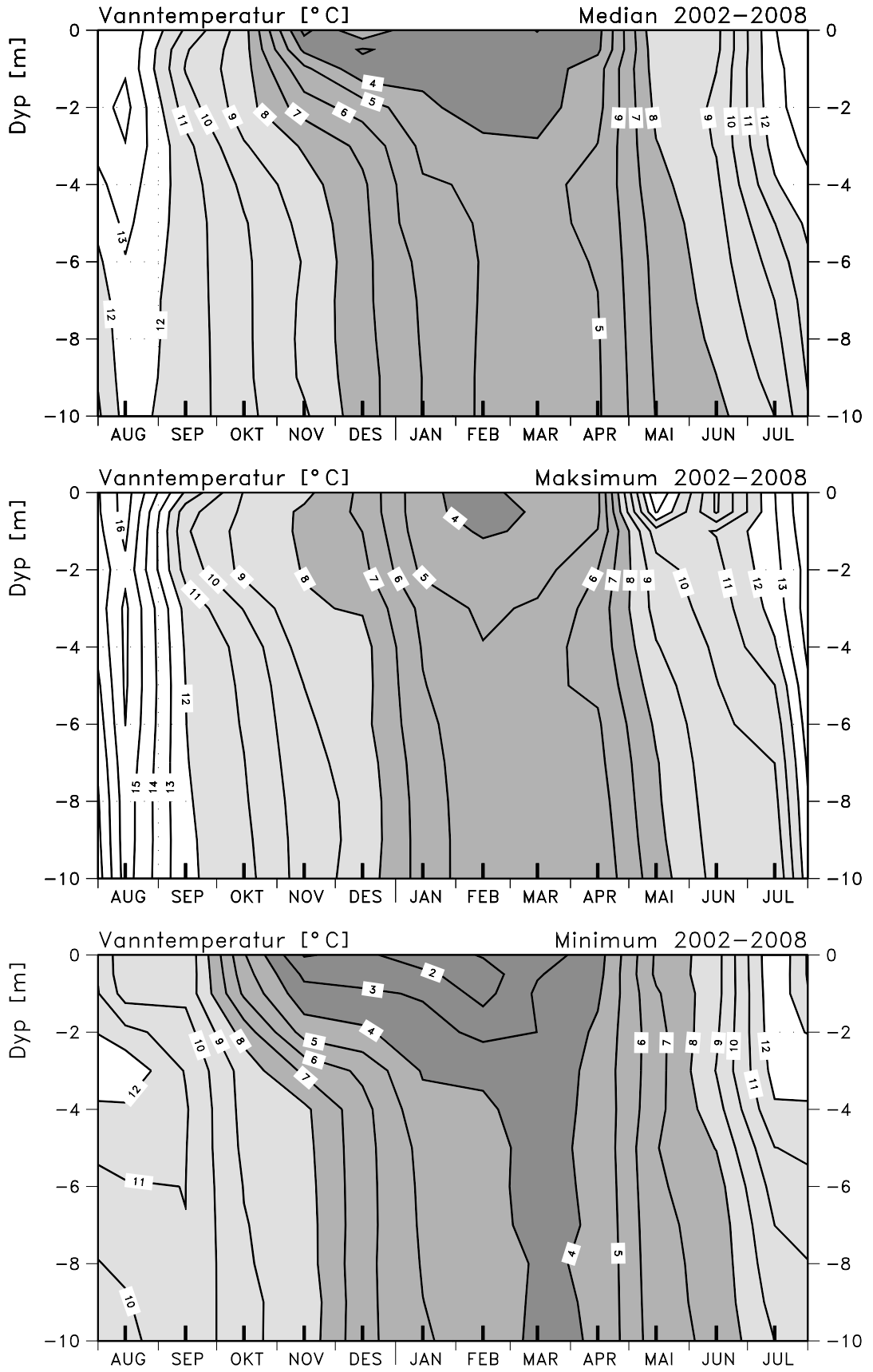
Holandsfjorden punkt 5



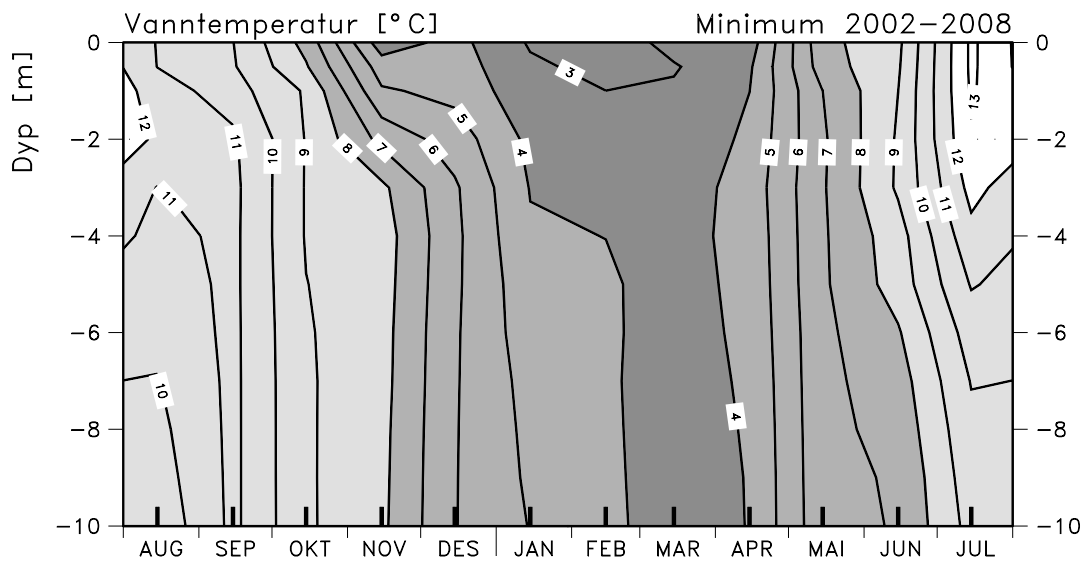
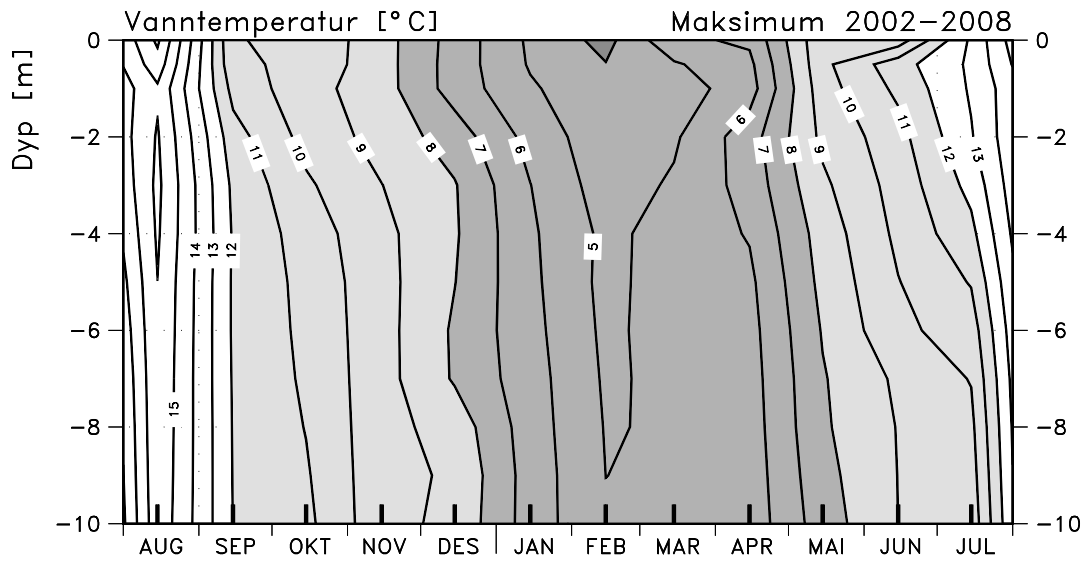
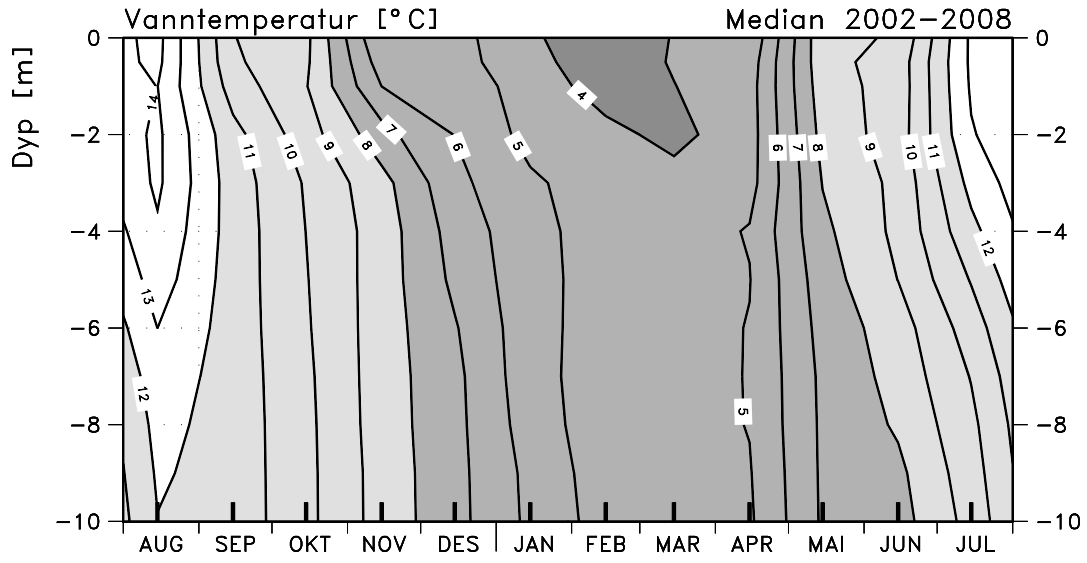
Holandsfjorden punkt 6



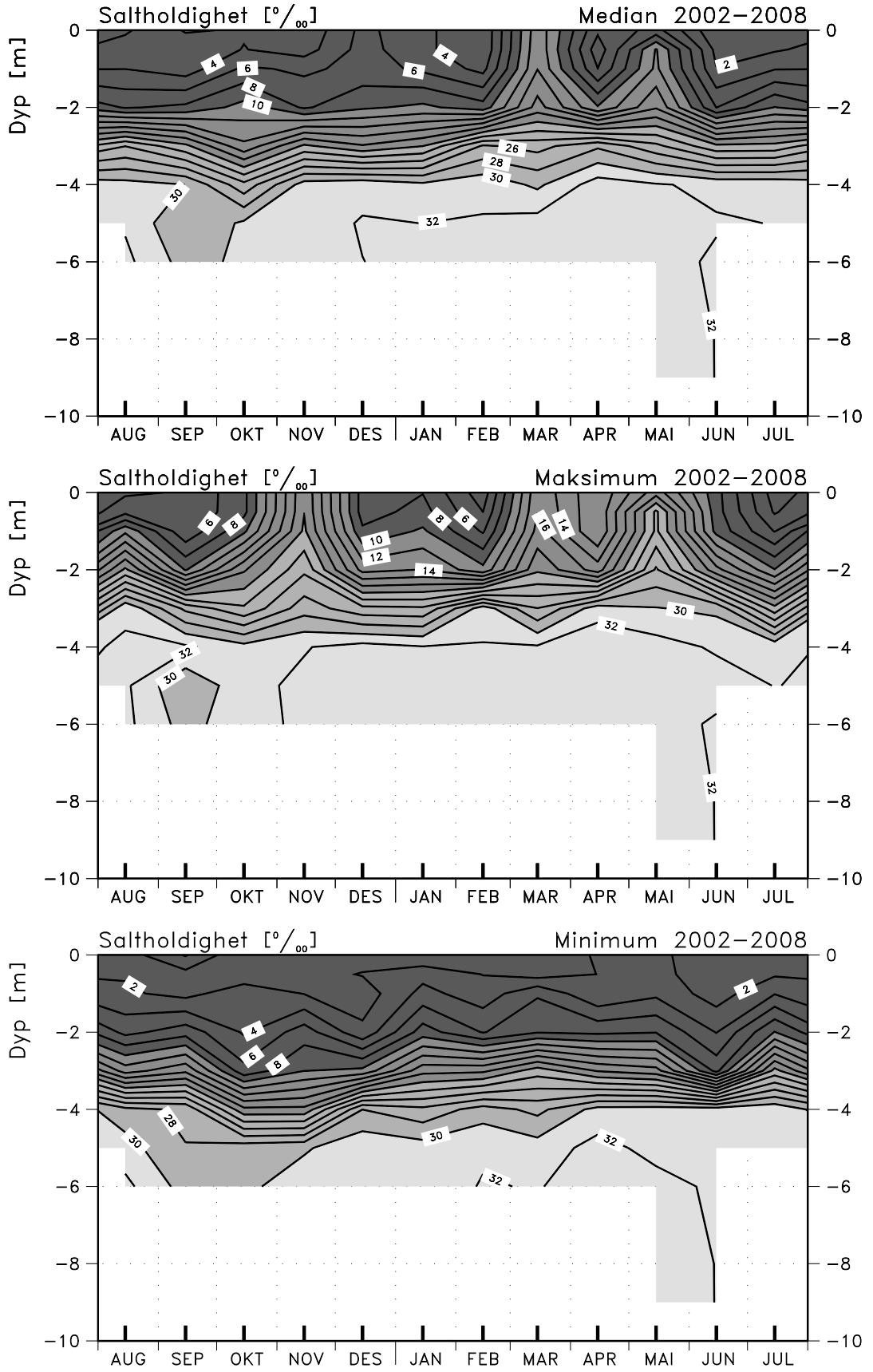
Holandsfjorden punkt 7



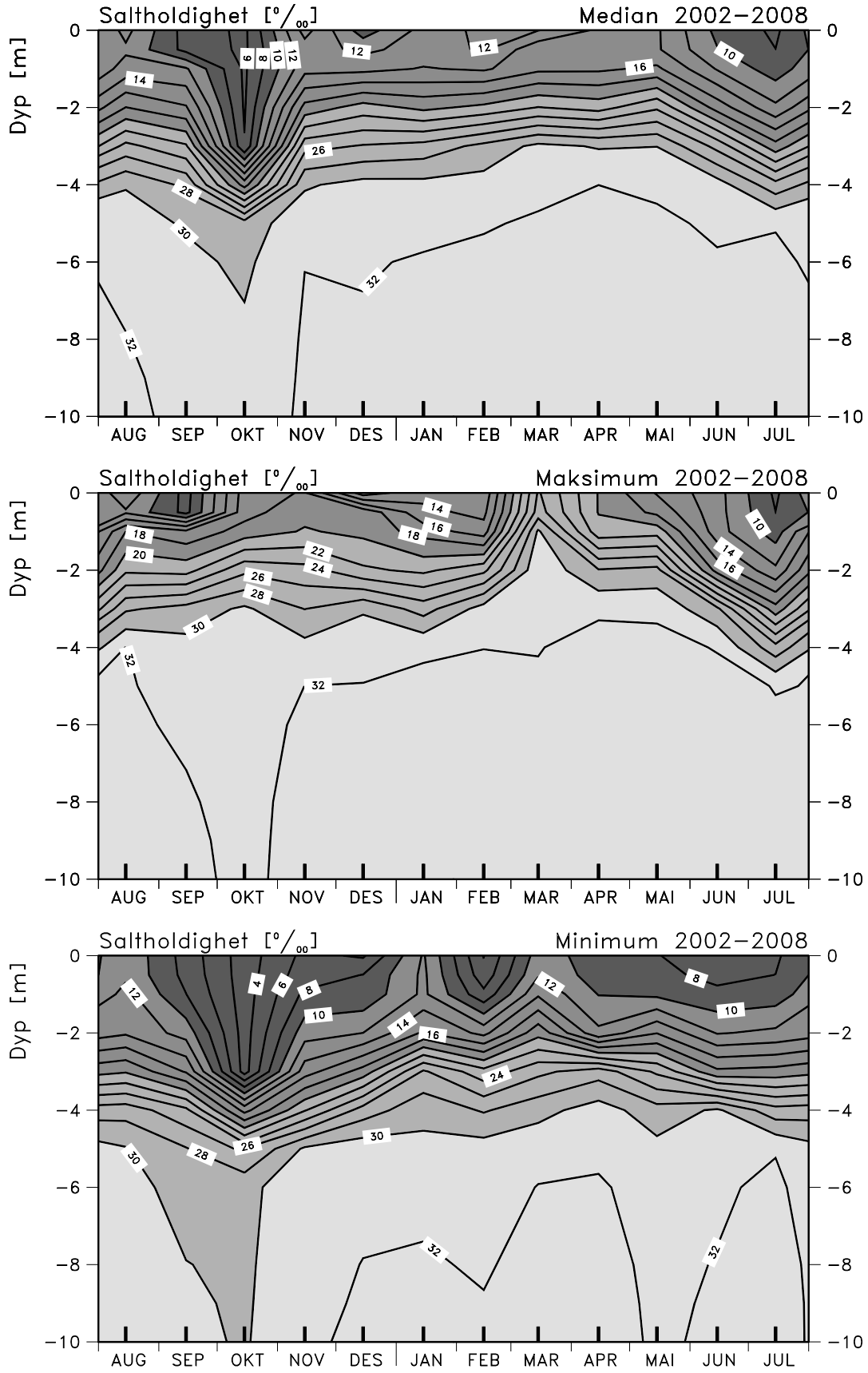
Holandsfjorden punkt 9



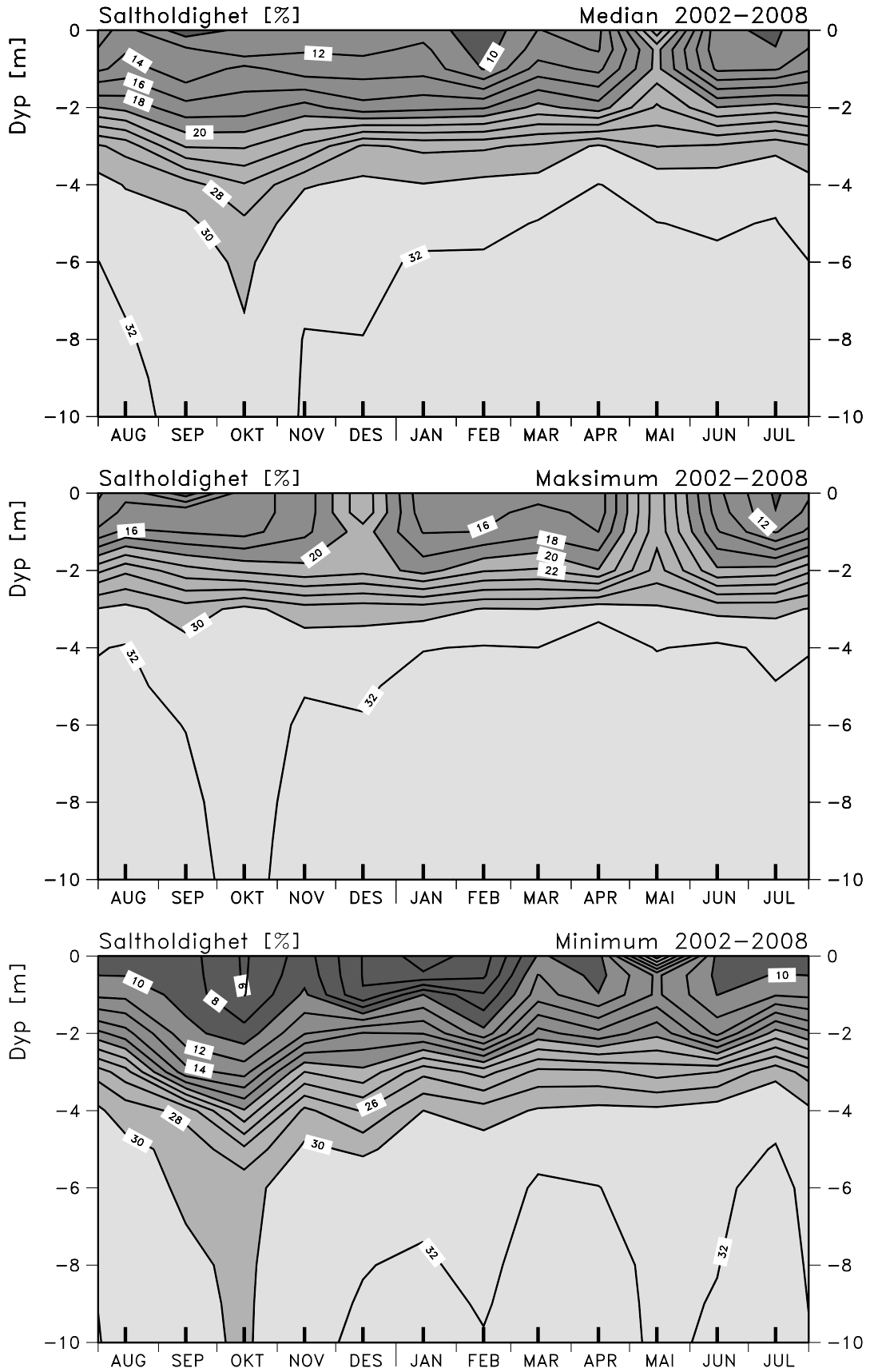
Nordfjorden punkt 0



Nordfjorden punkt 1

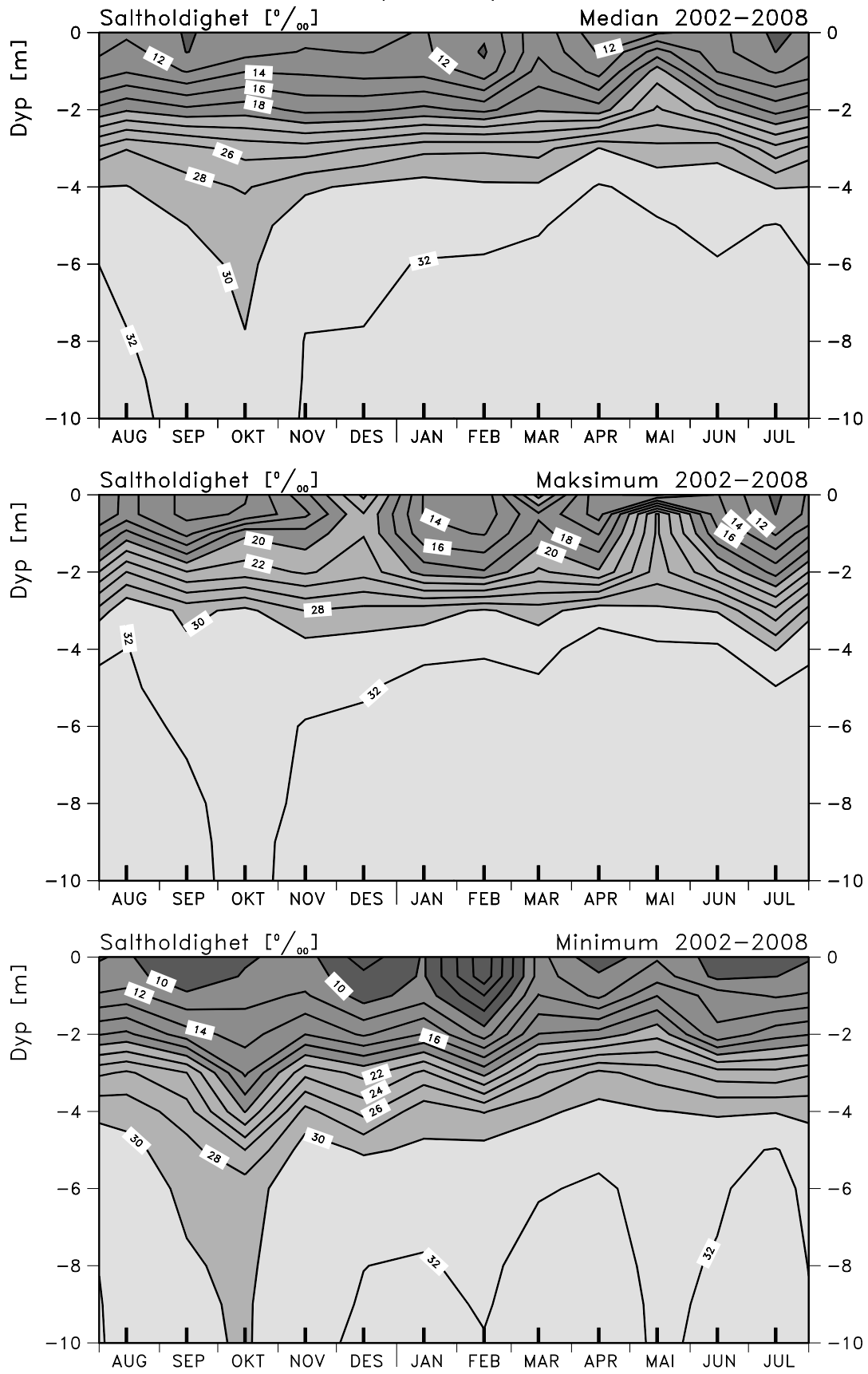


Nordfjorden punkt 2K

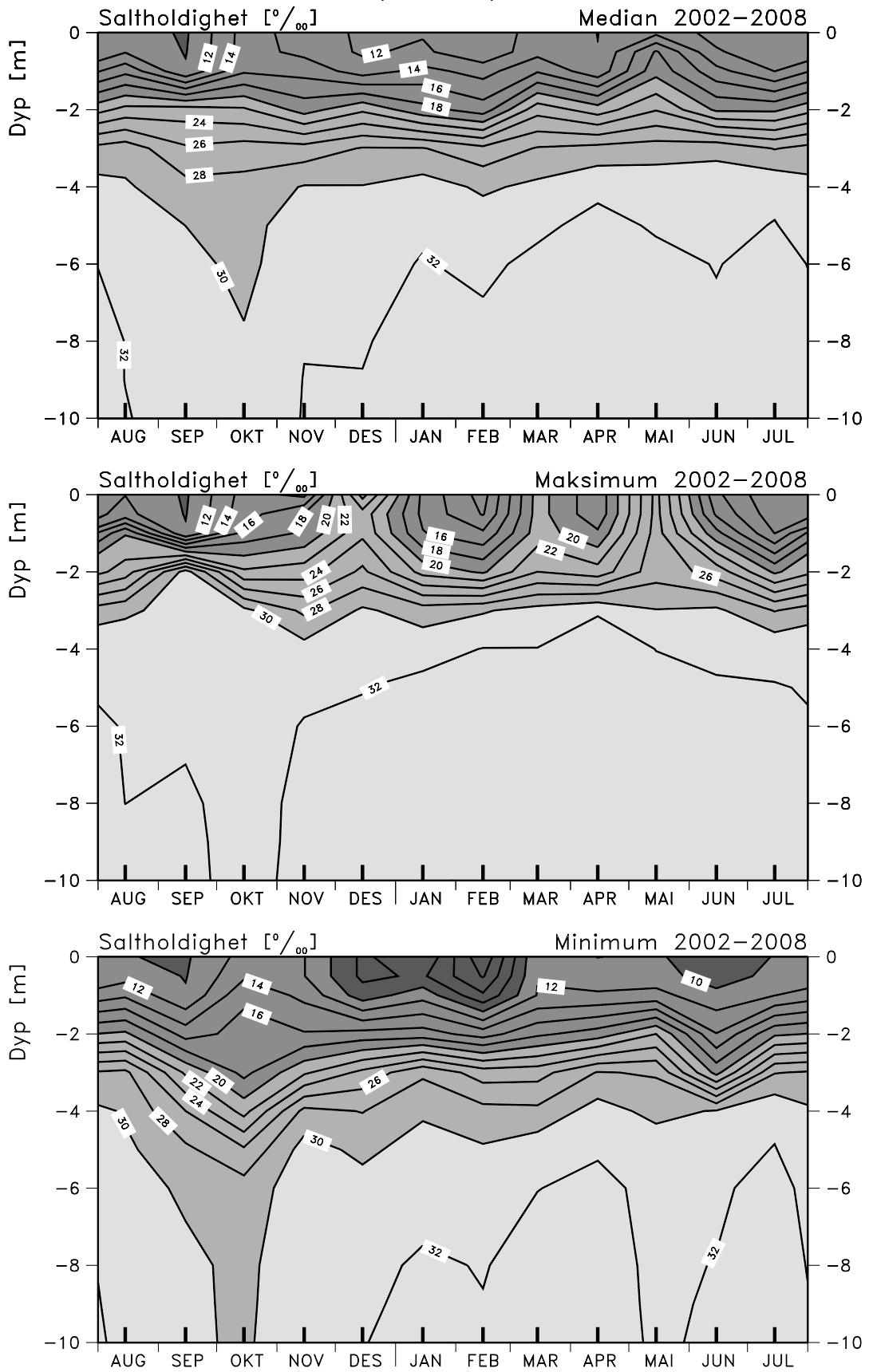




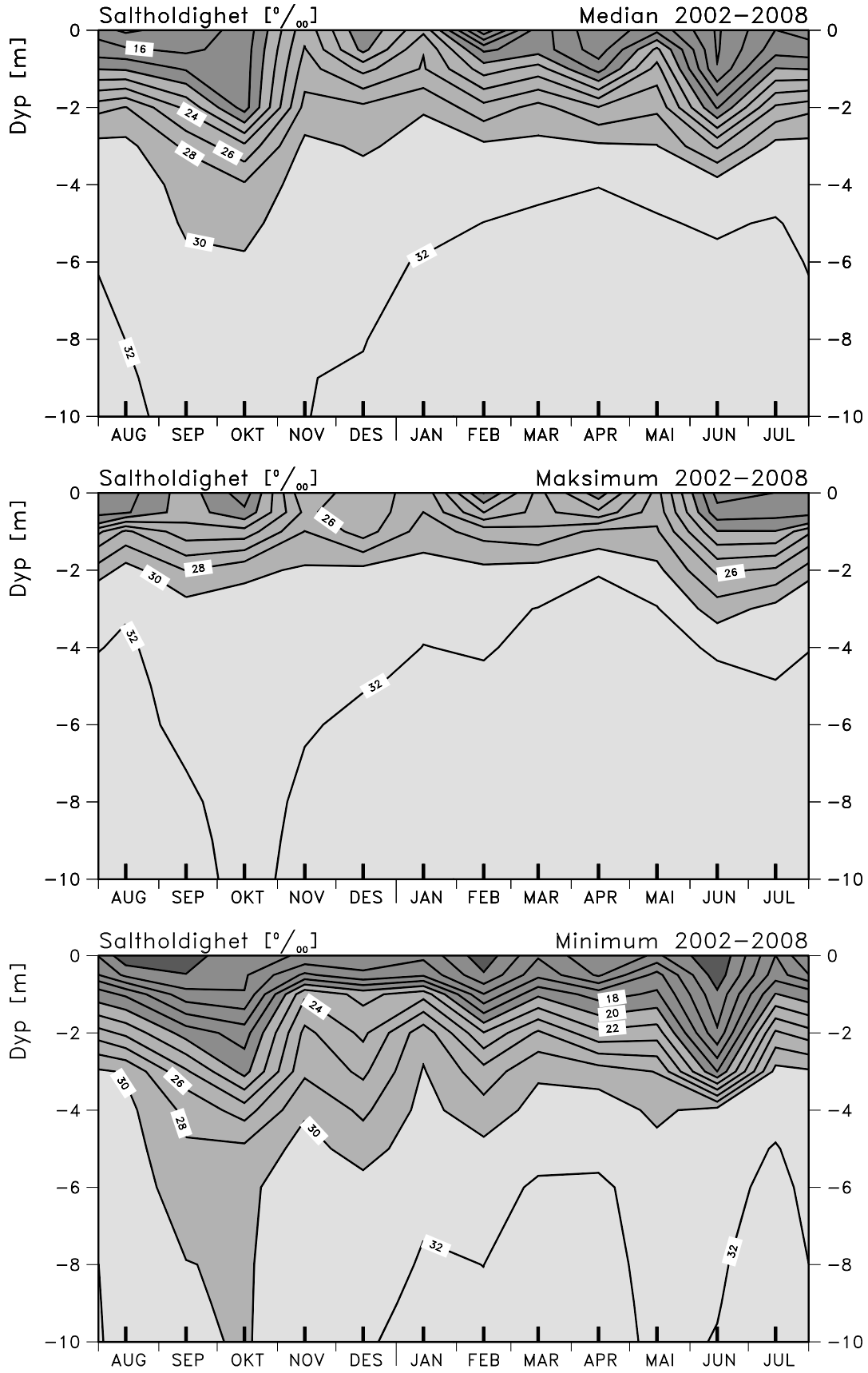
Nordfjorden punkt 2



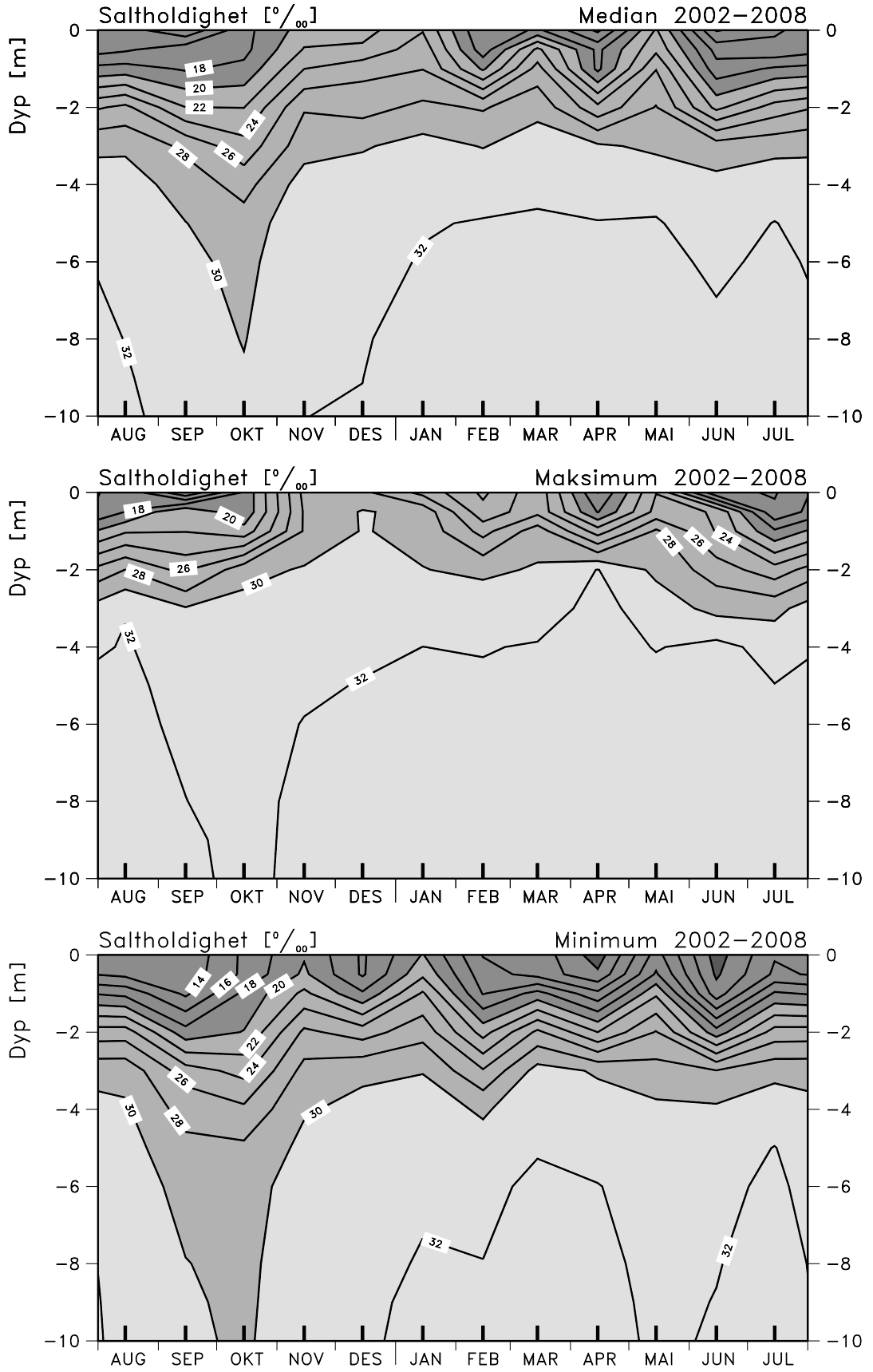
Nordfjorden punkt 3



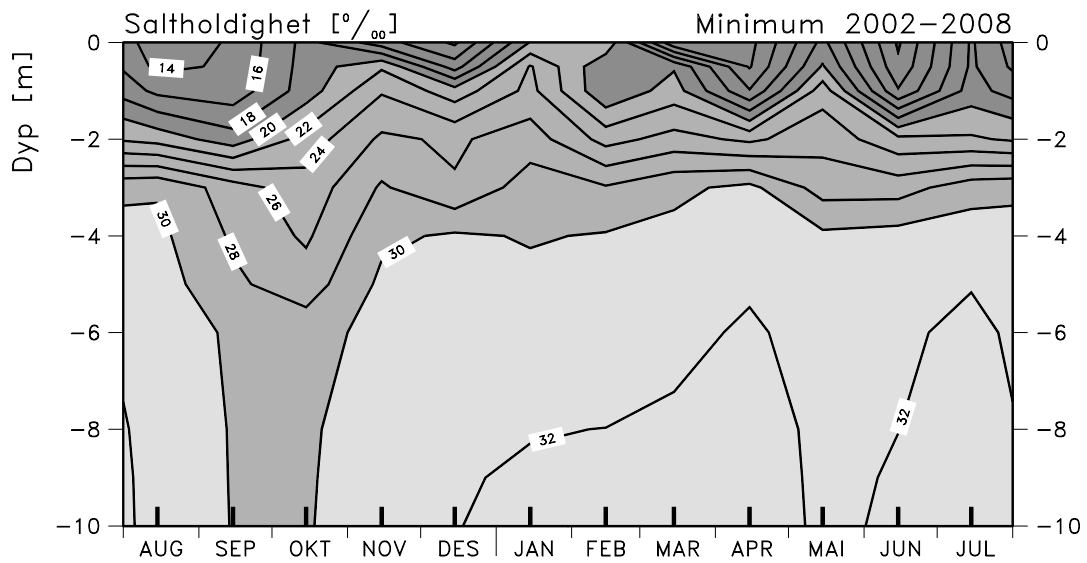
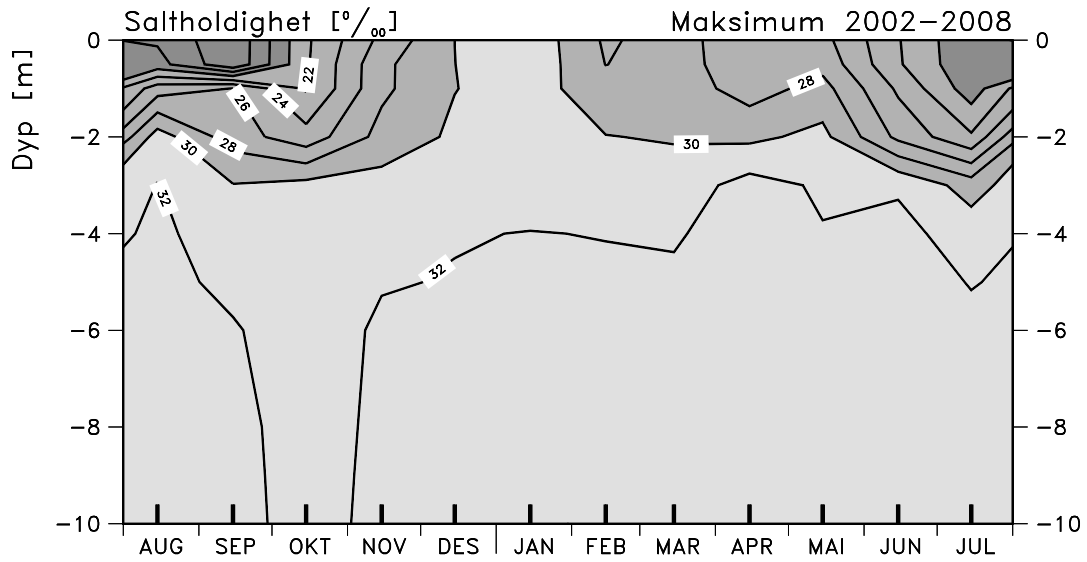
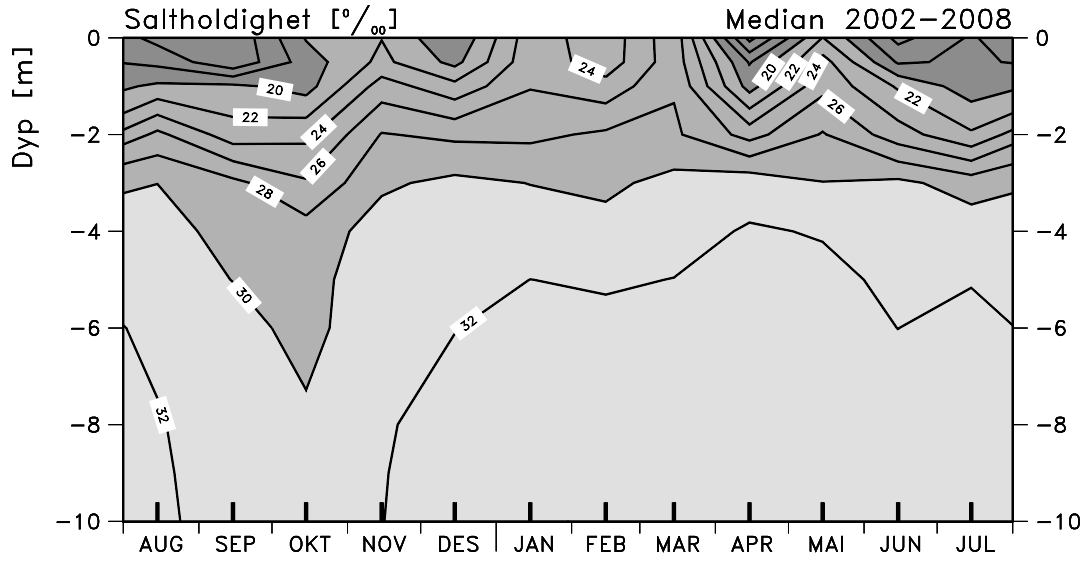
Holandsfjorden punkt 4



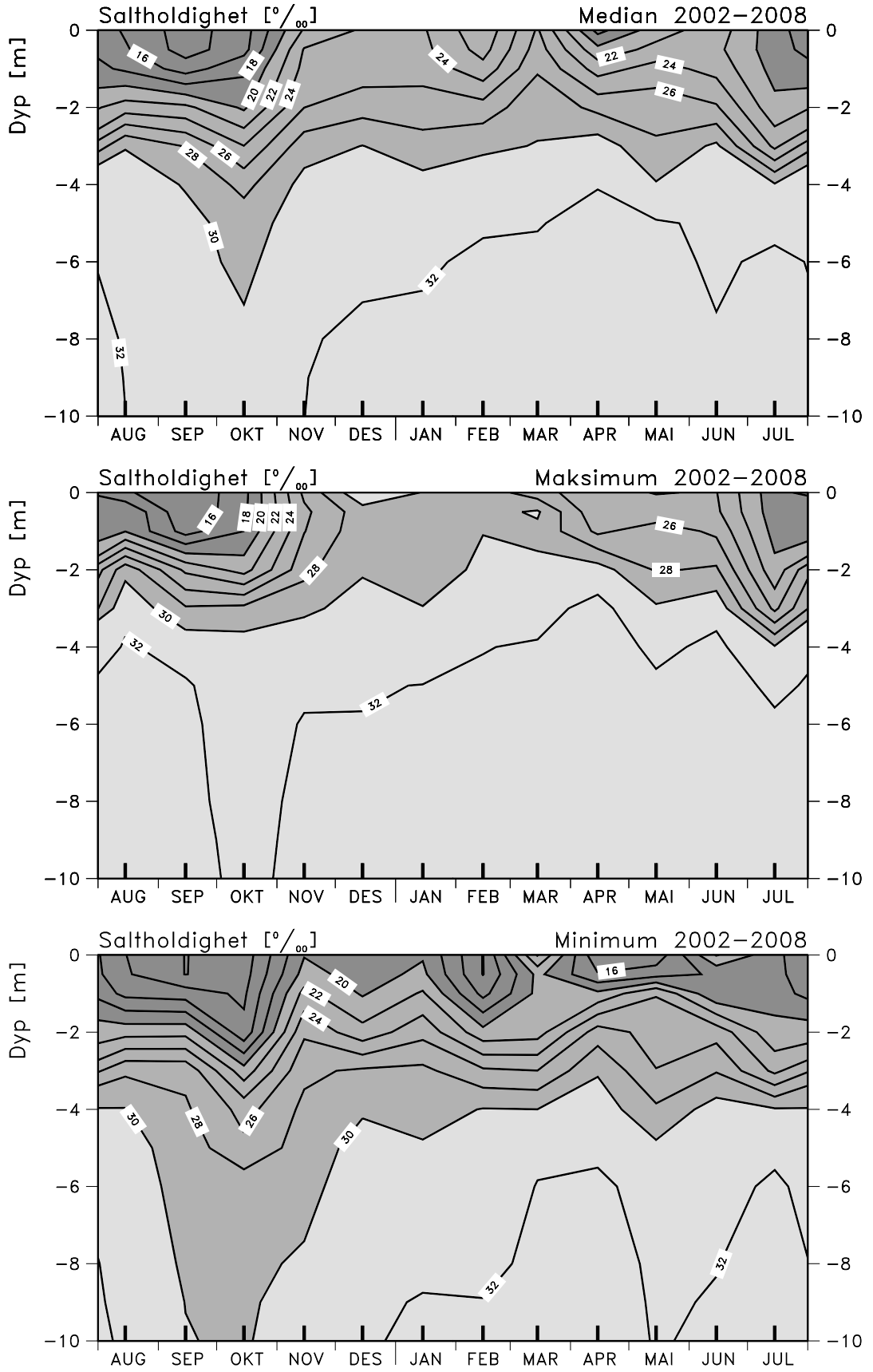
Holandsfjorden punkt 5



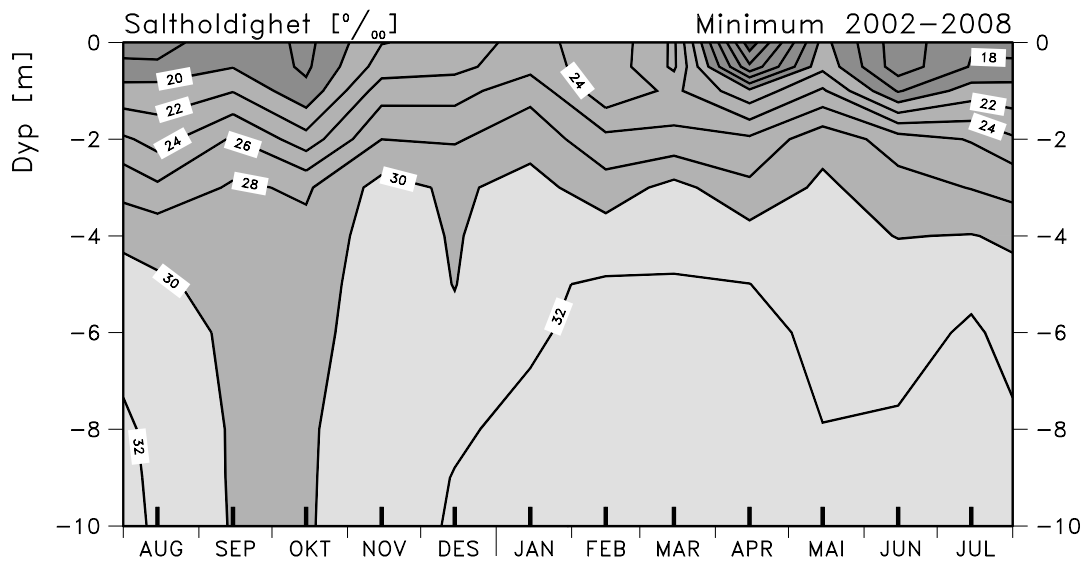
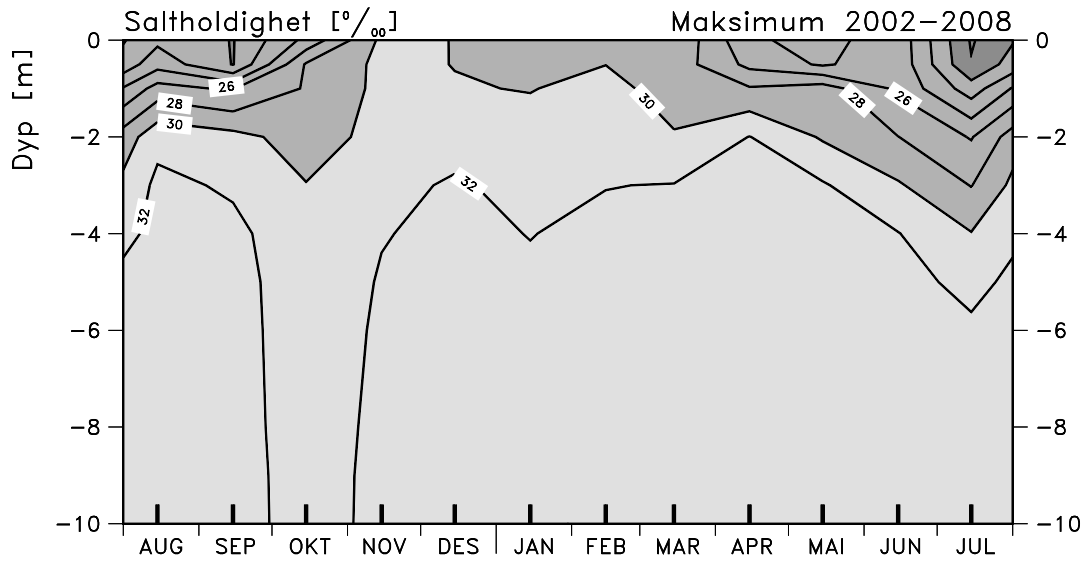
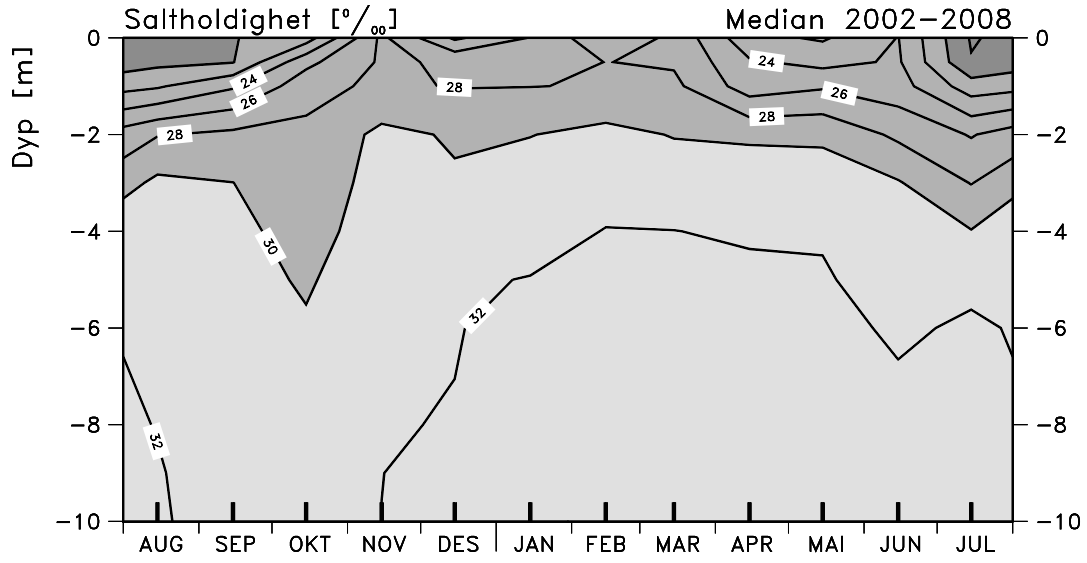
Holandsfjorden punkt 6



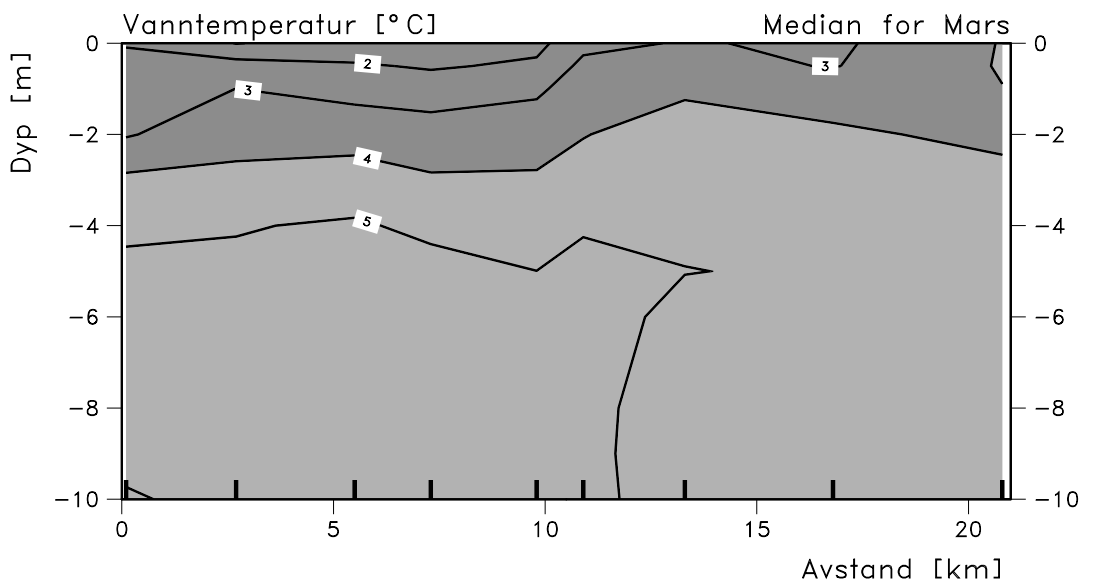
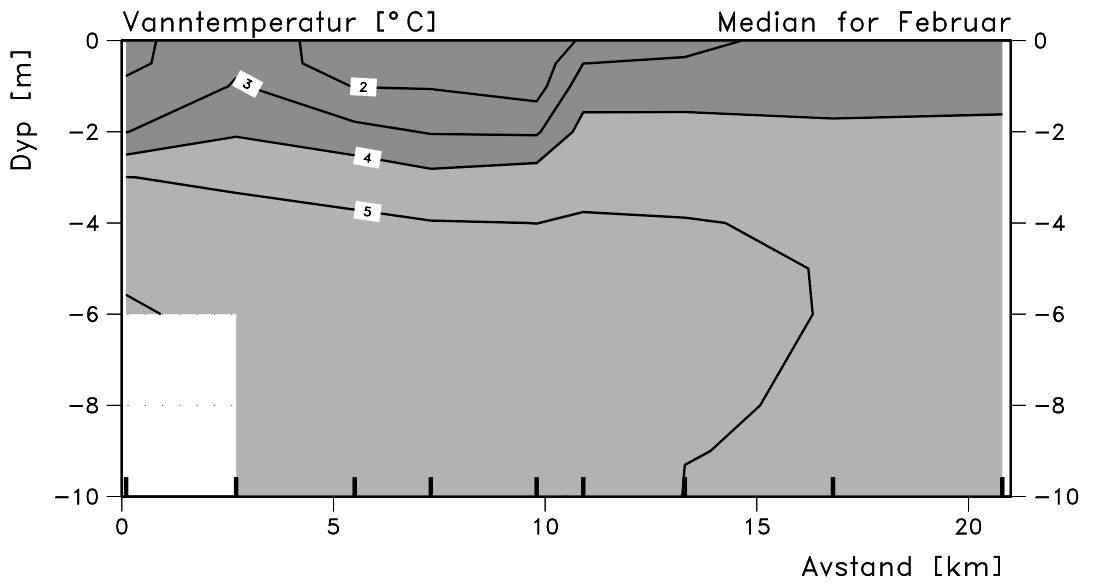
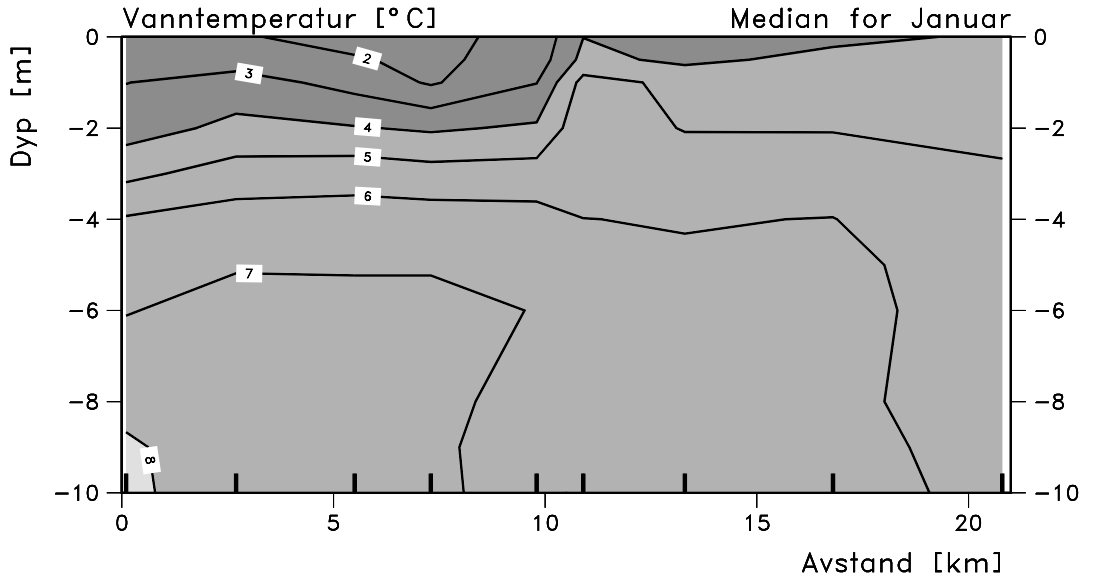
Holandsfjorden punkt 7



Holandsfjorden punkt 9

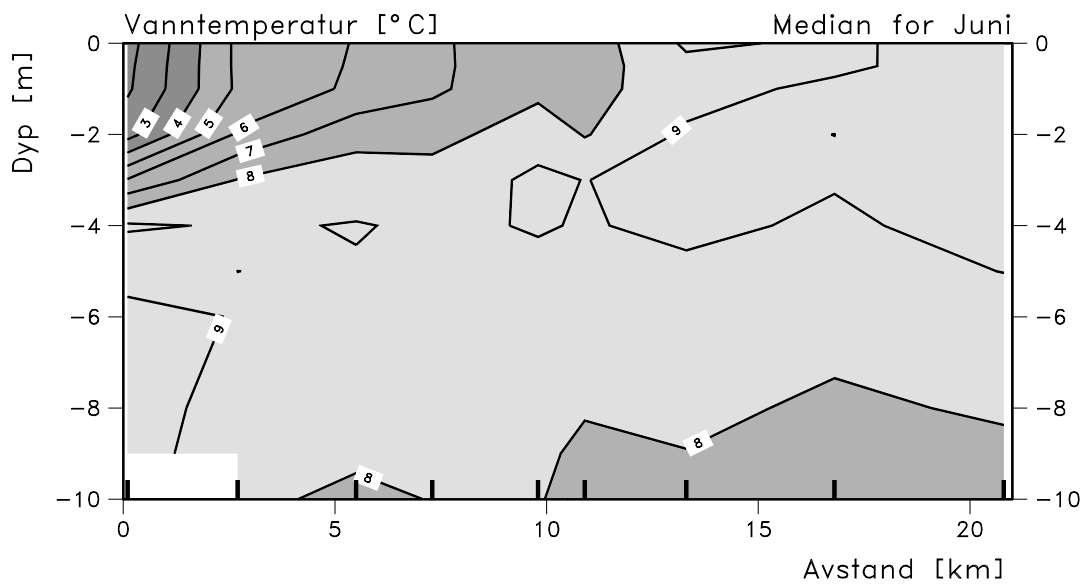
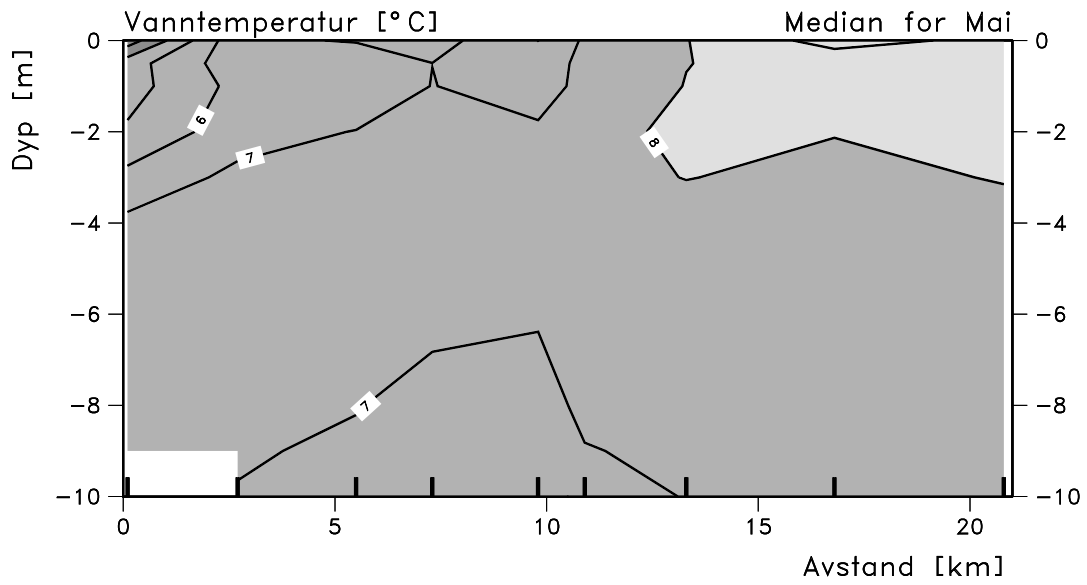
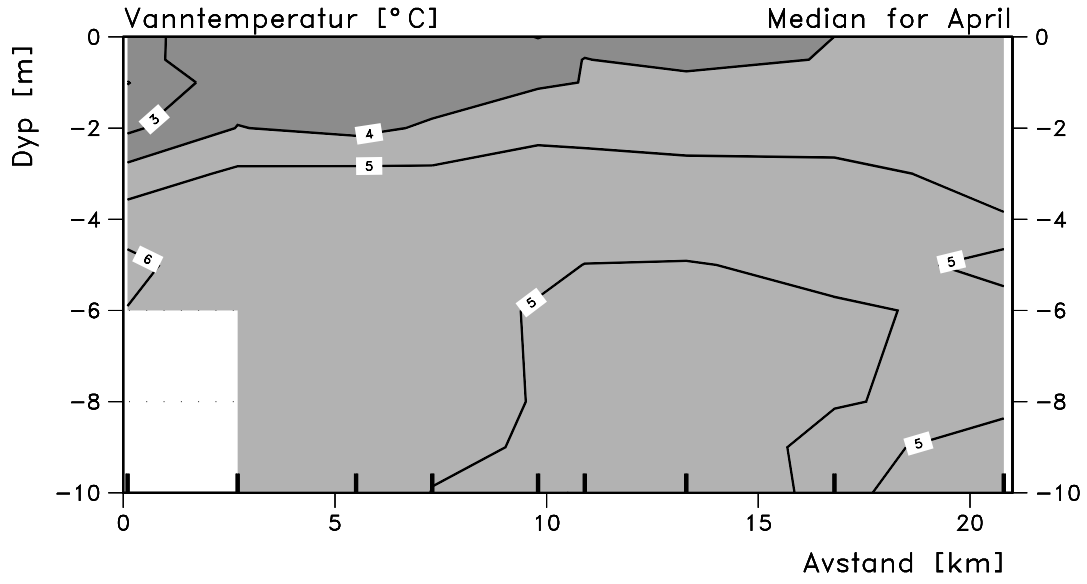


Nordfjorden/Holandsfjorden

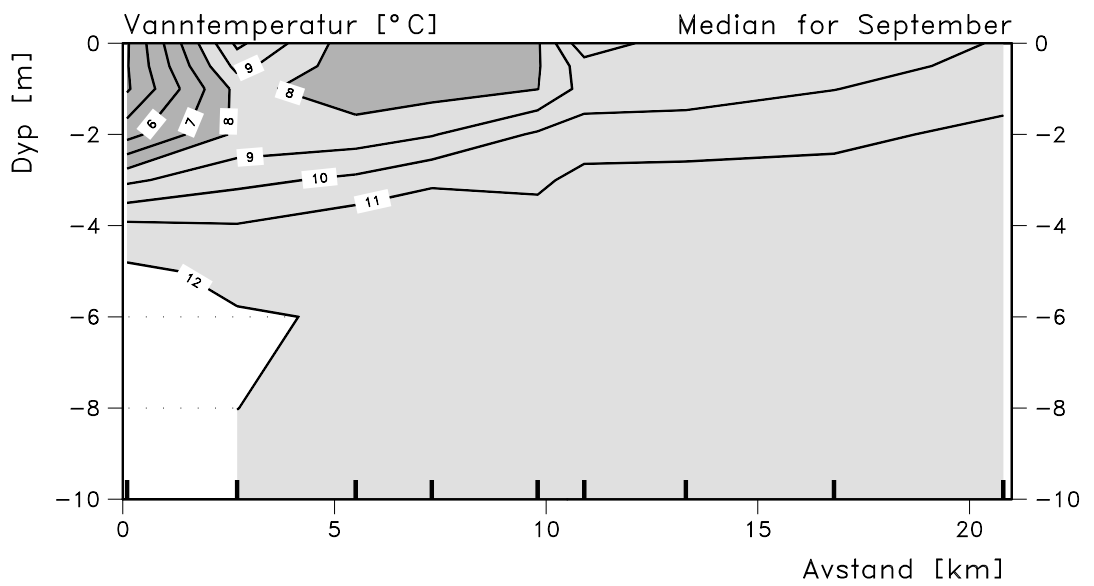
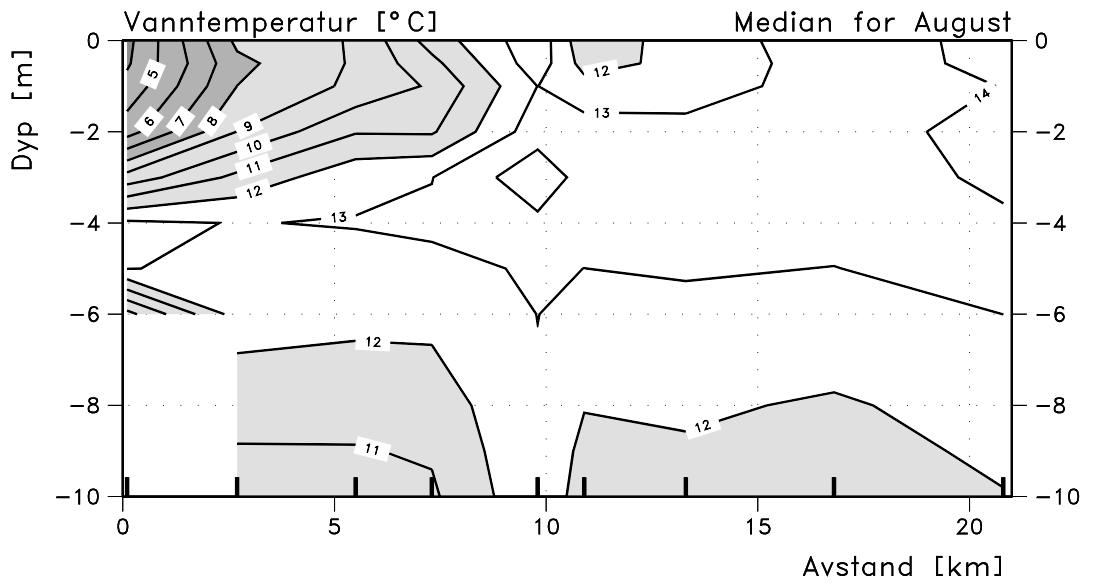
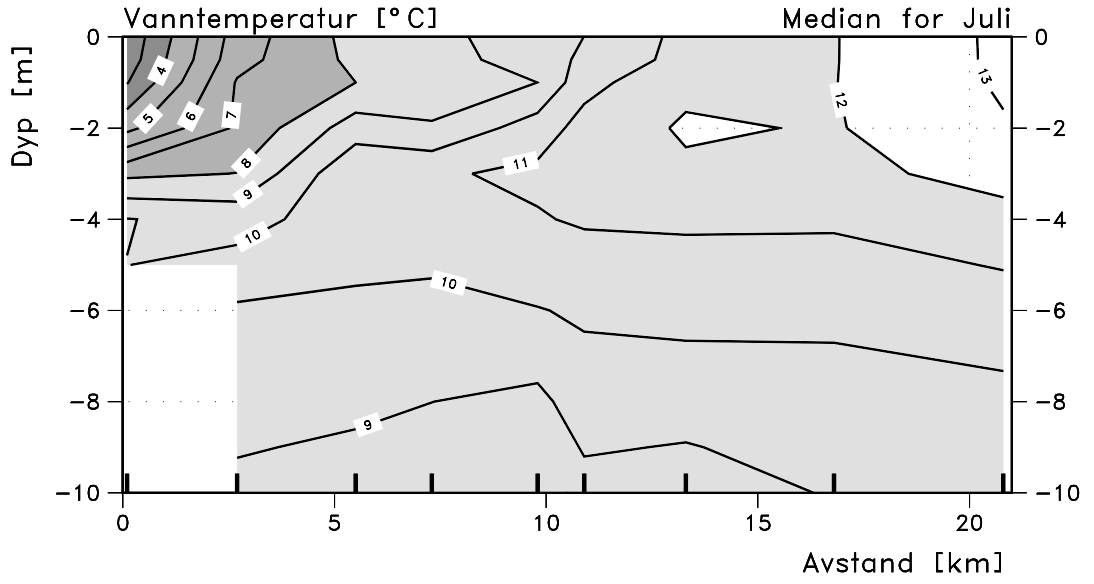




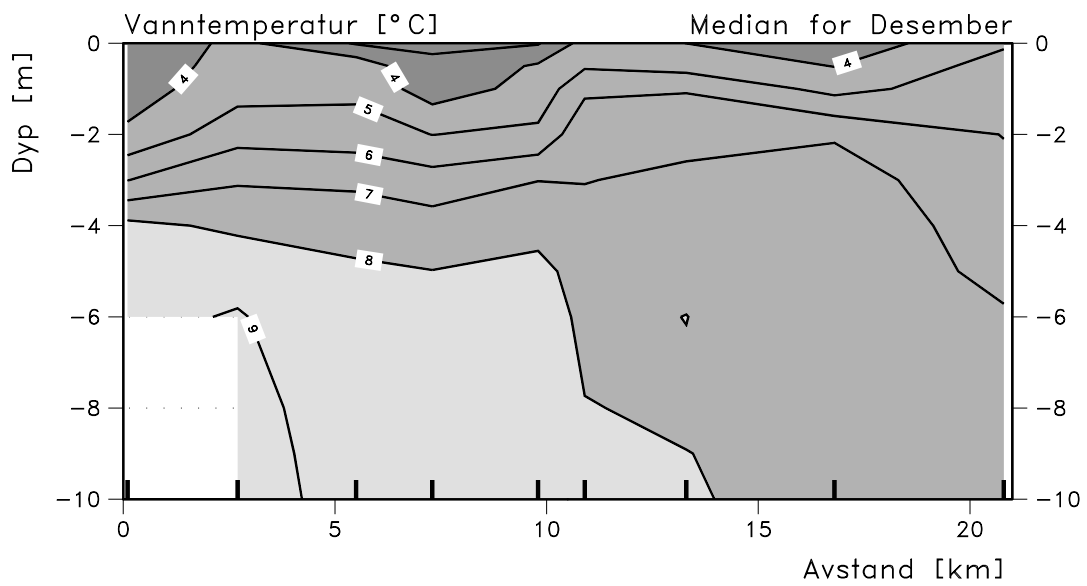
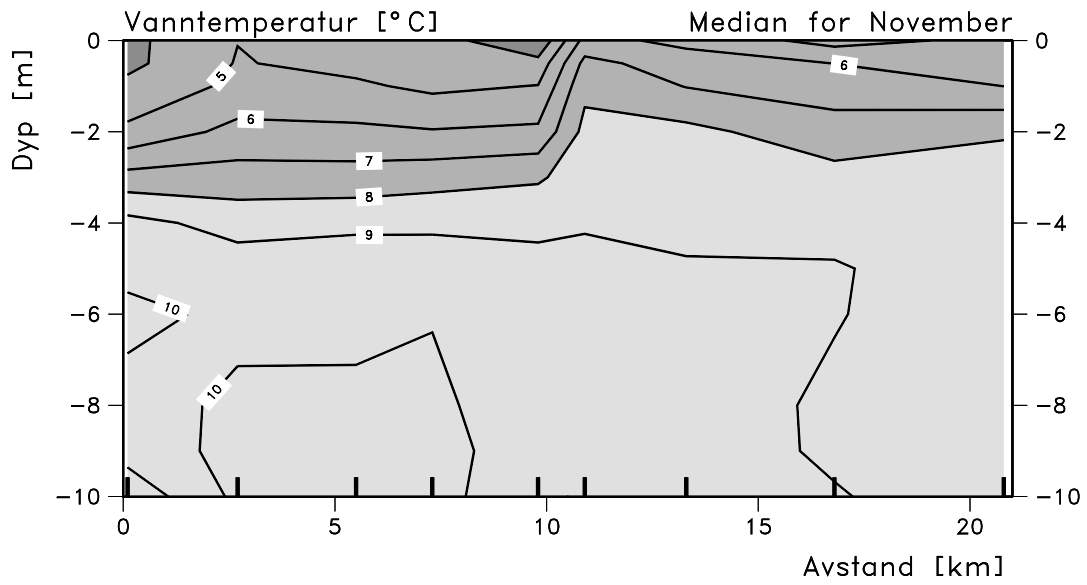
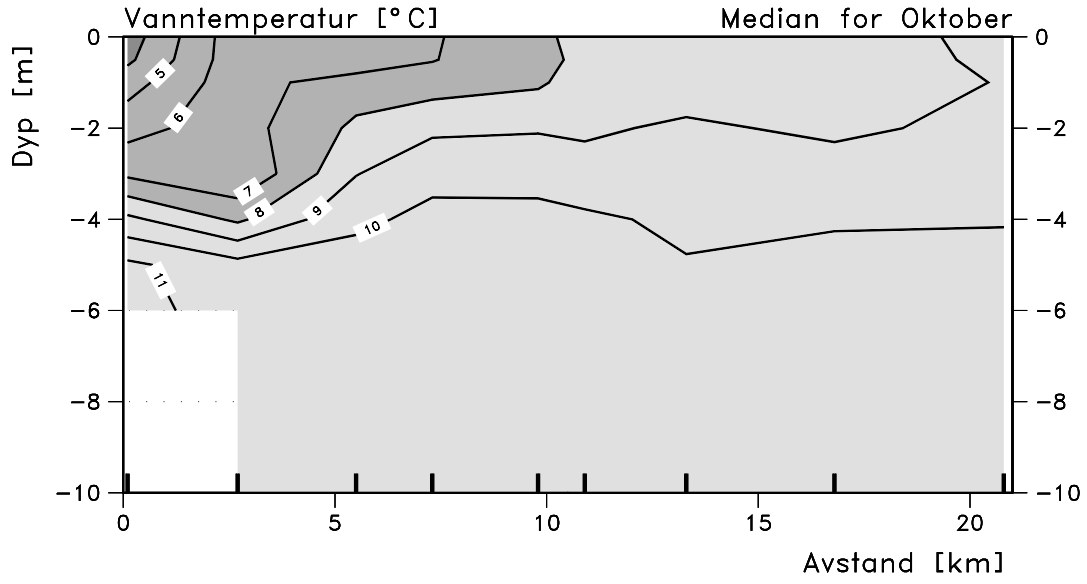
Nordfjorden/Holandsfjorden

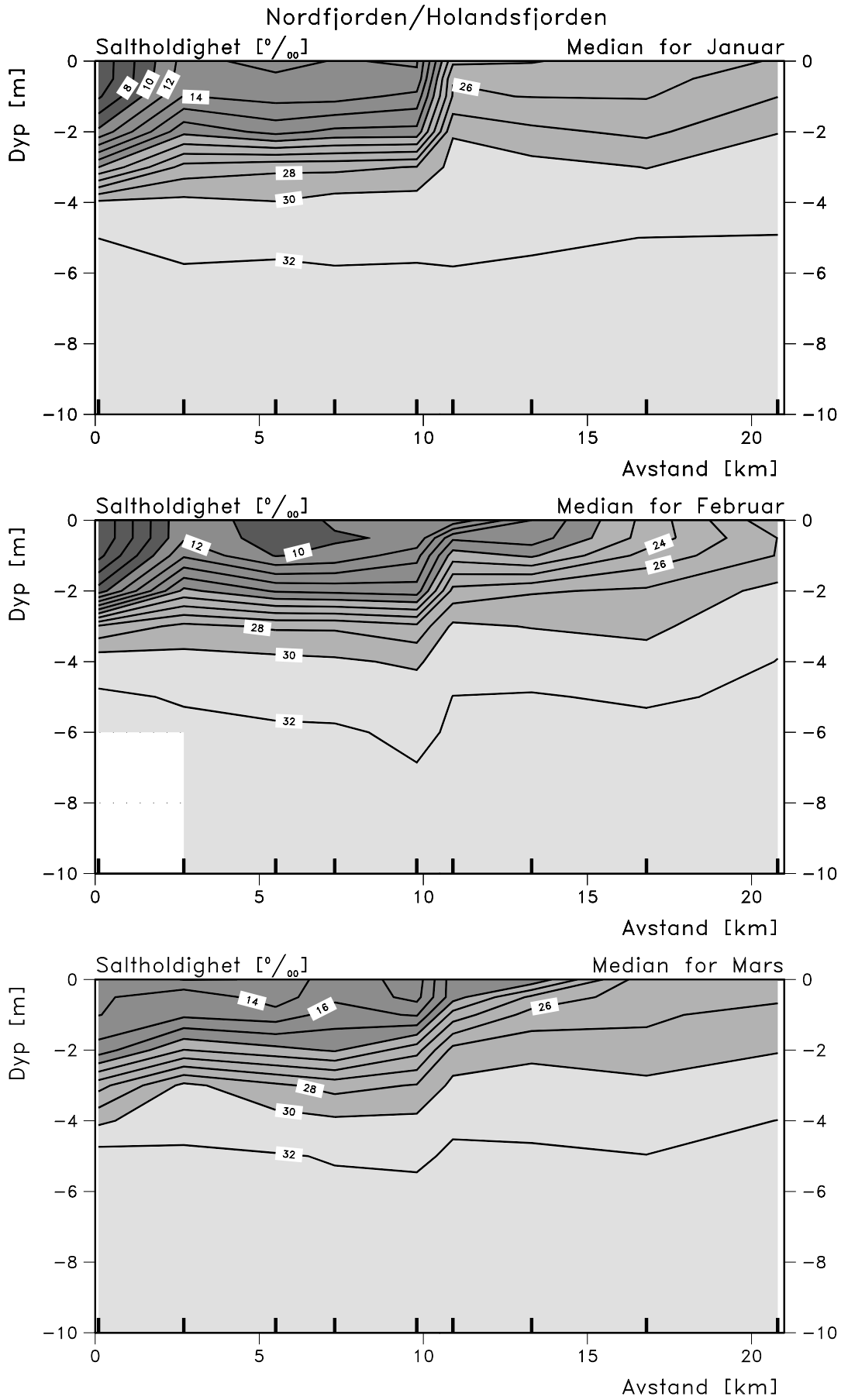


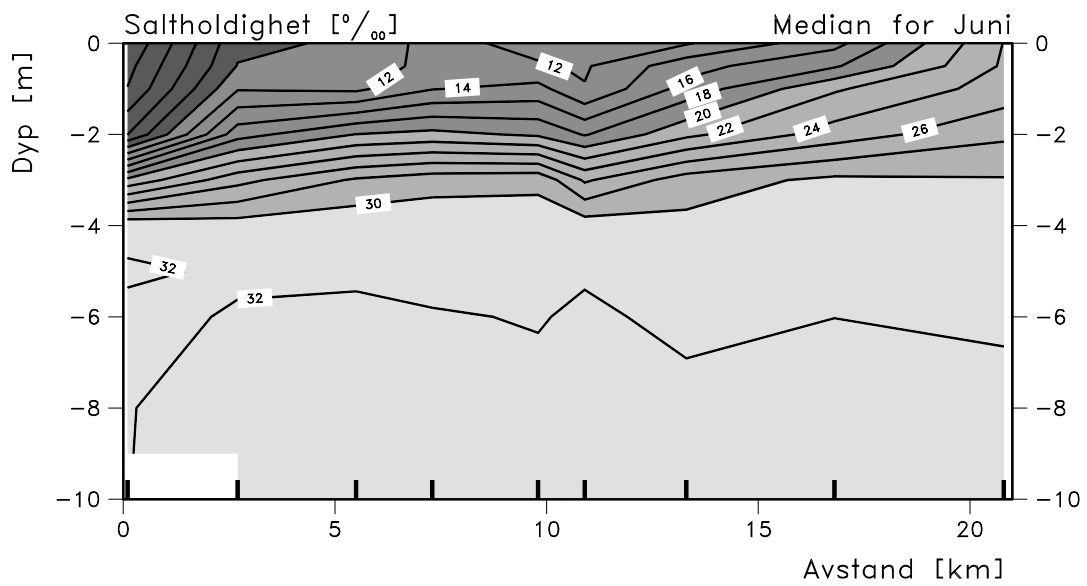
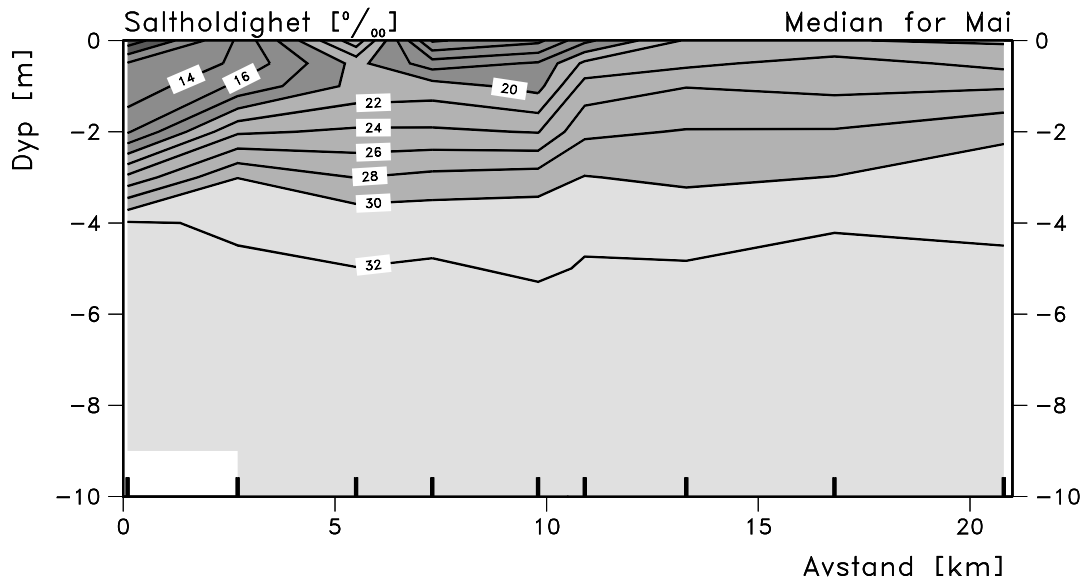
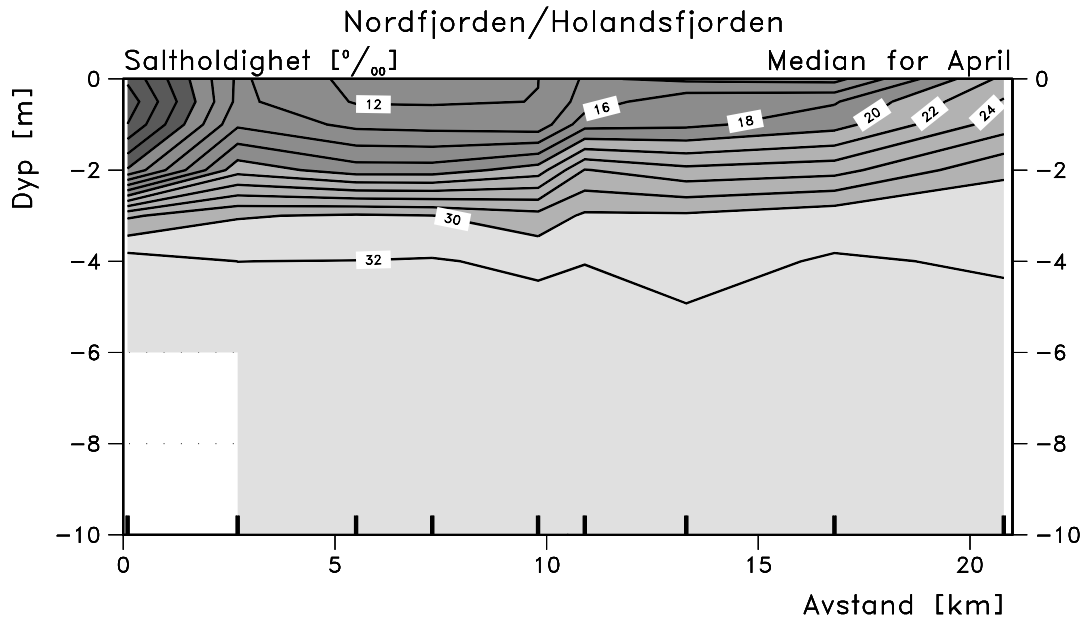
Nordfjorden/Holandsfjorden



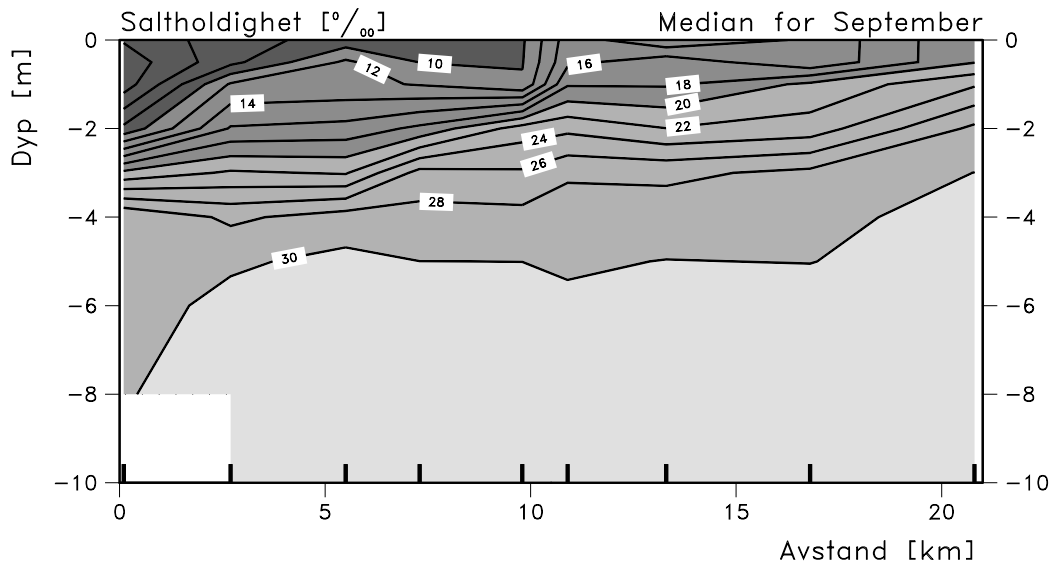
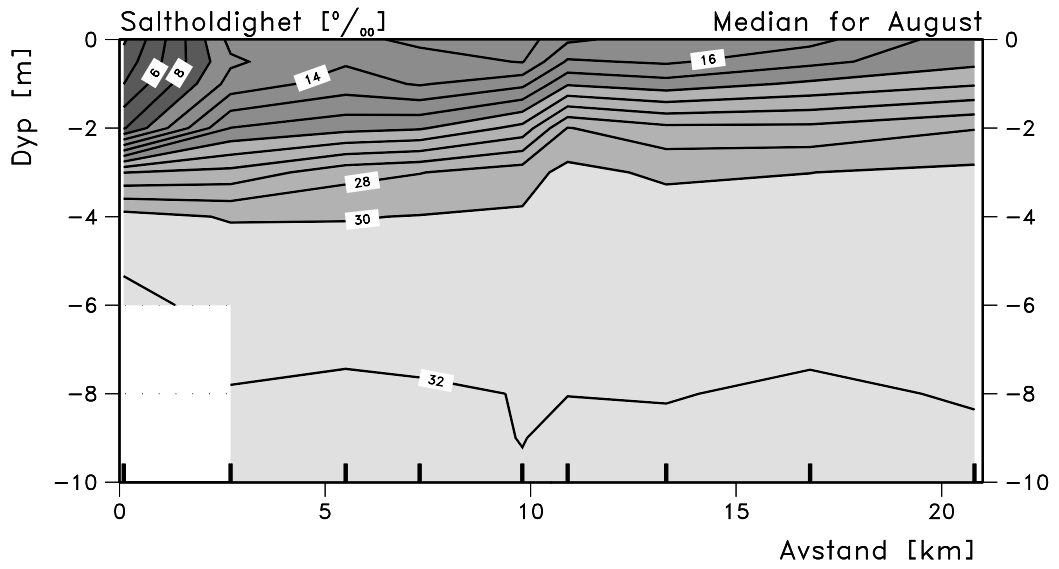
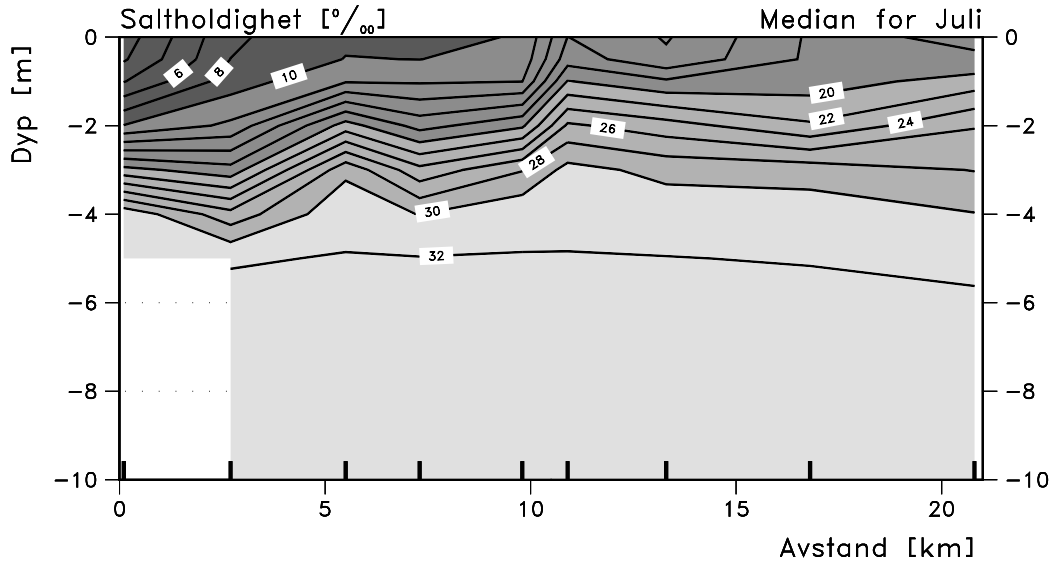
Nordfjorden/Holandsfjorden

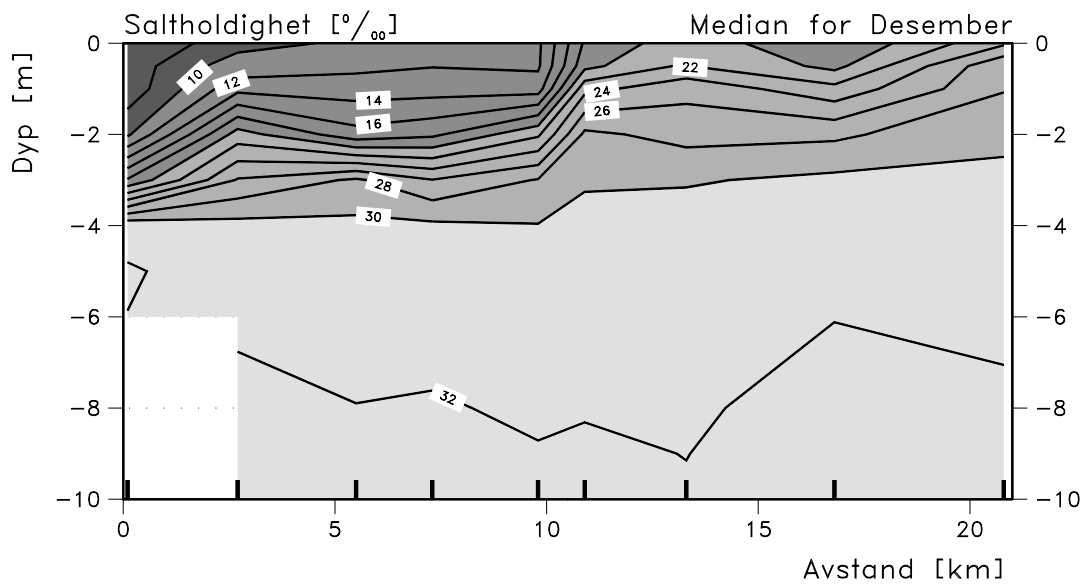
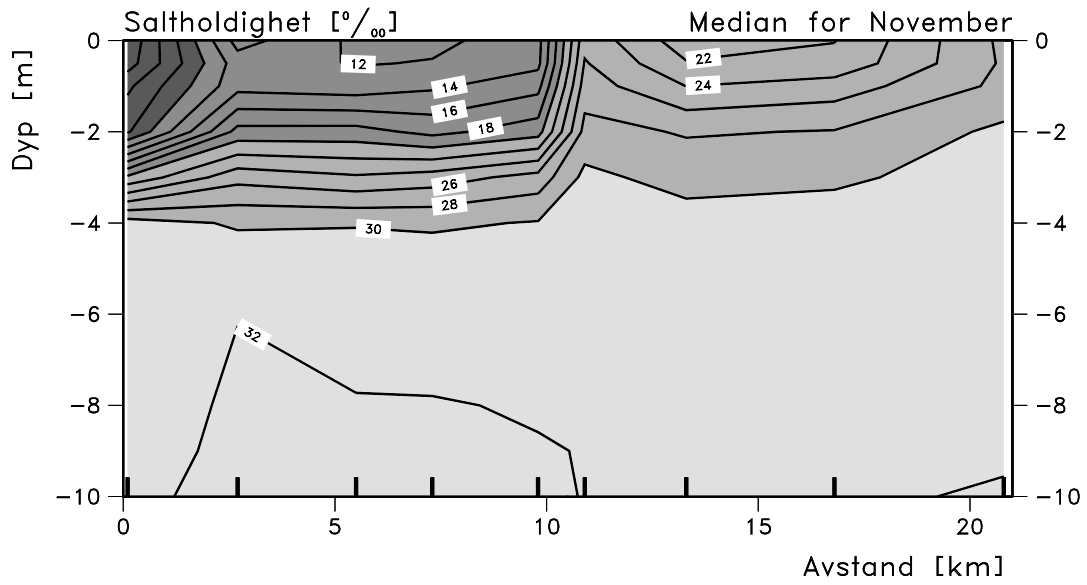
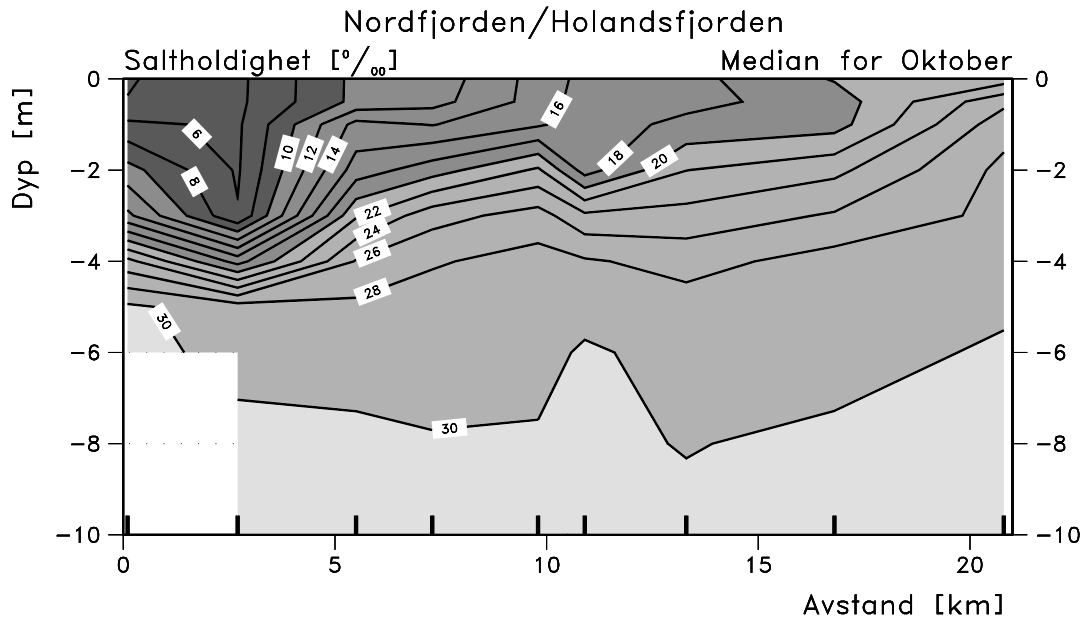




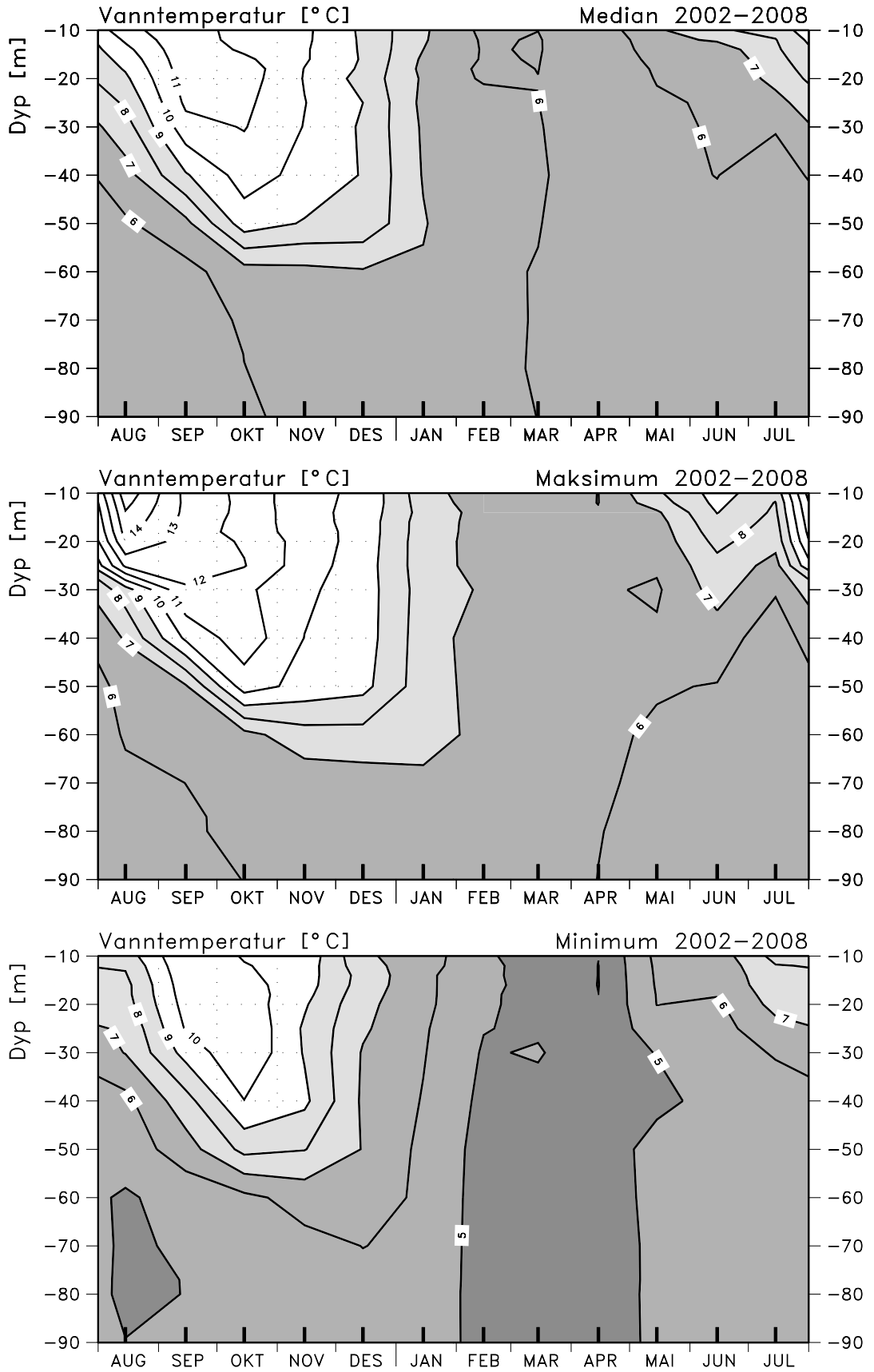


Nordfjorden/Holandsfjorden



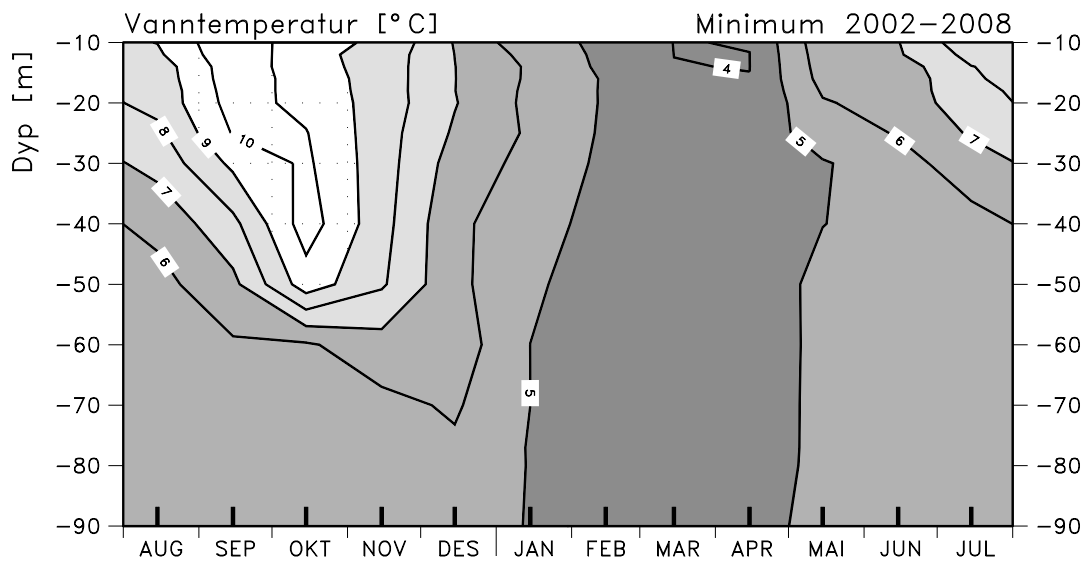
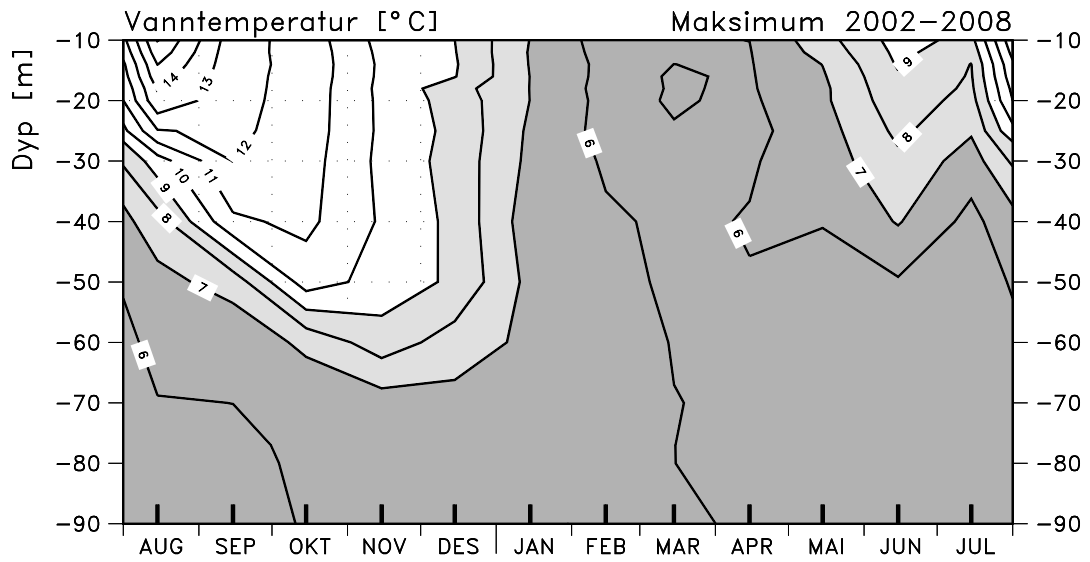
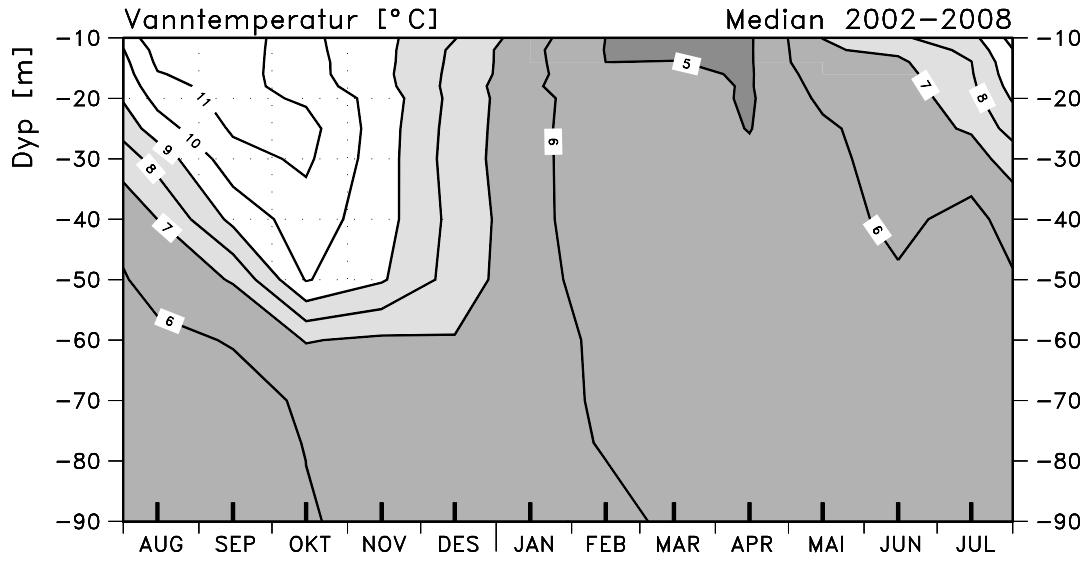


Nordfjorden punkt 2K

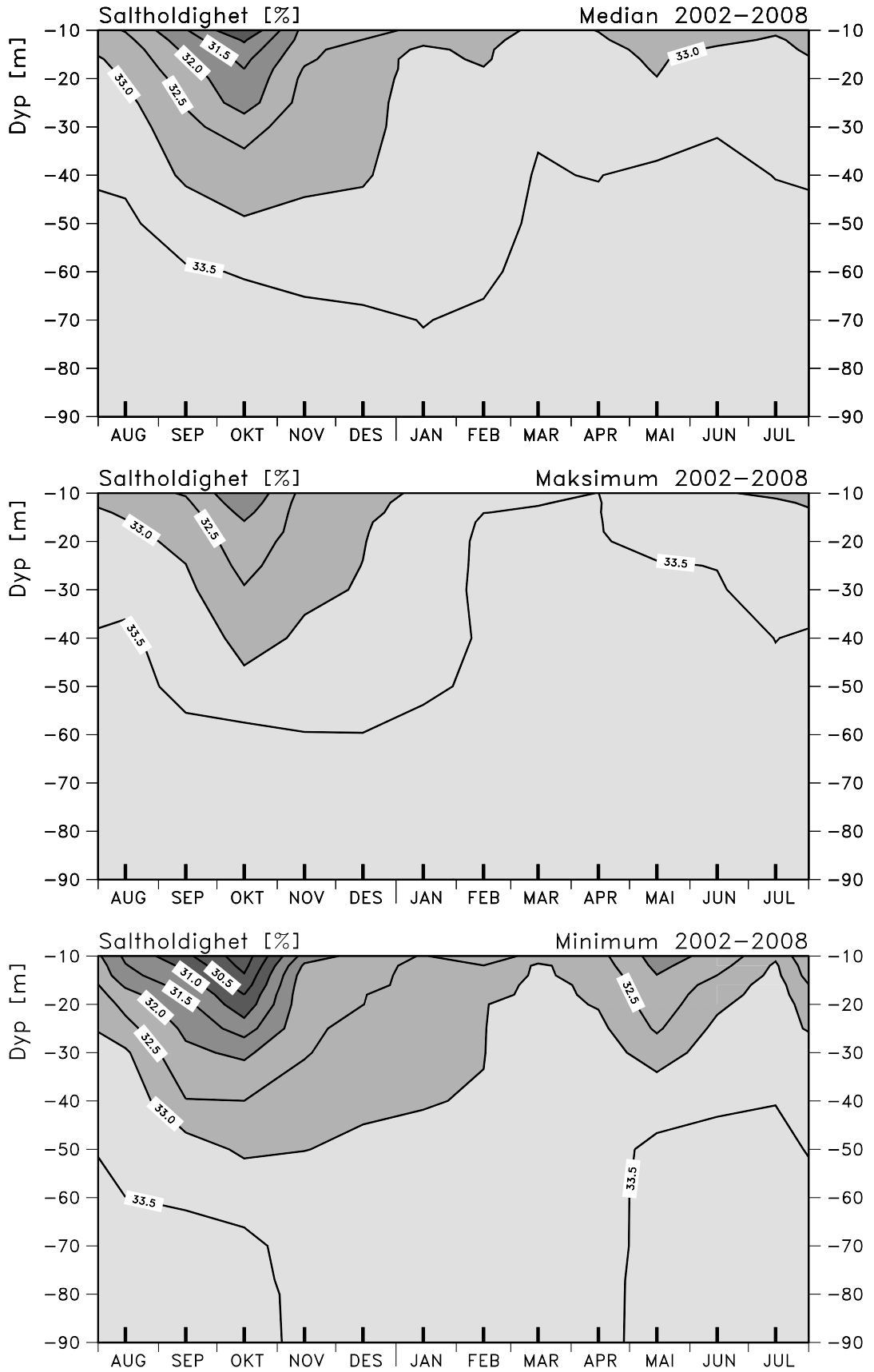




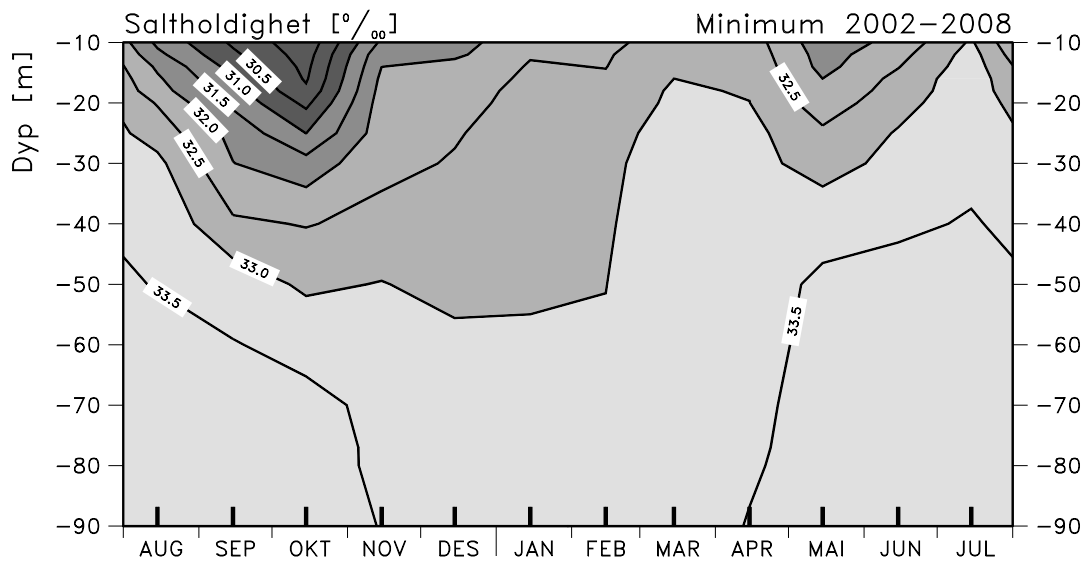
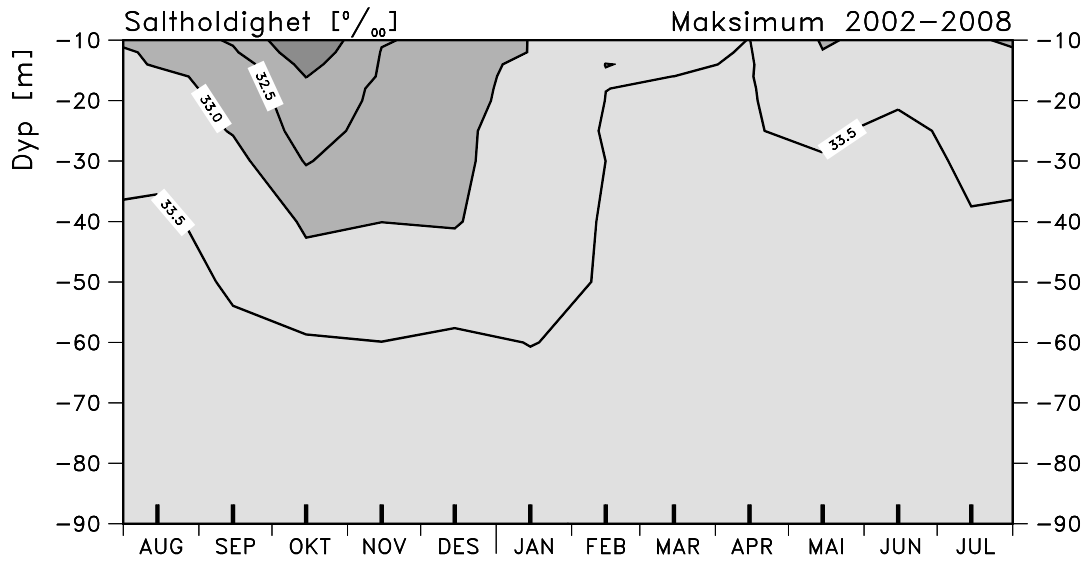
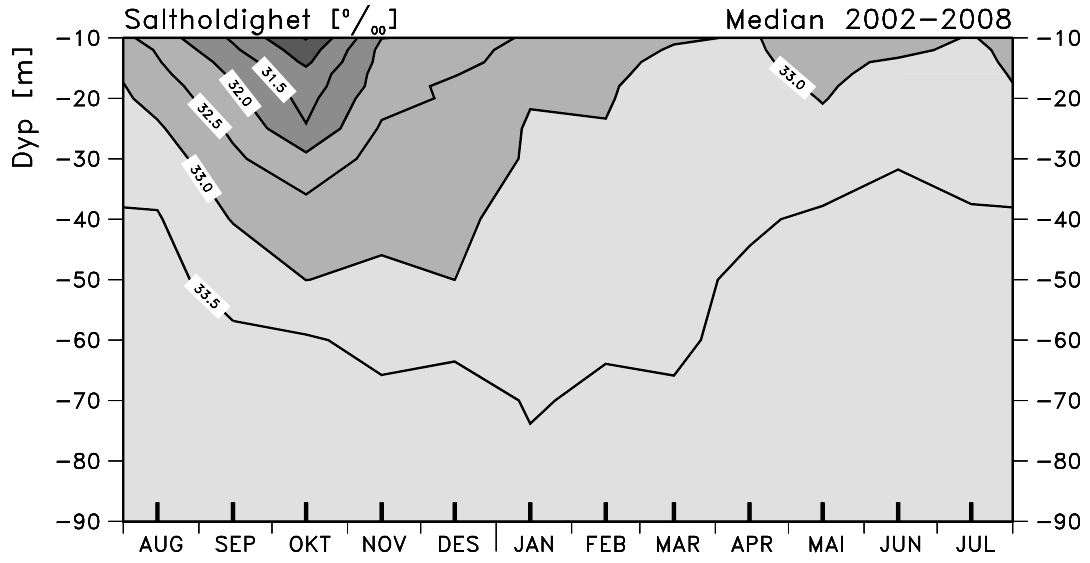
Holandsfjorden punkt 5



Nordfjorden punkt 2K



Holandsfjorden punkt 5



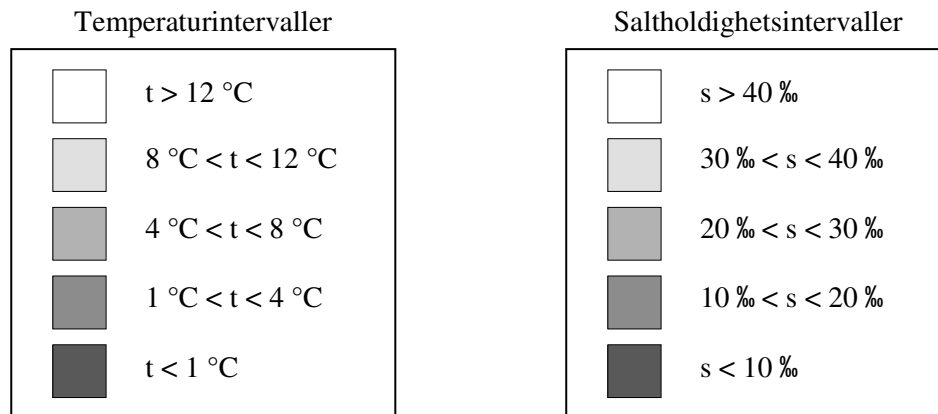
# **VEDLEGG B**

Plott av alle målinger av temperatur og saltholdighet i de øverste 10 m i Nordfjorden  
og Holandsfjorden



## Vedlegg B. Plott av alle målinger av temperatur og saltholdighet i de øverste 10 m i Nordfjorden og Holandsfjorden

Fig B1-B60 viser konturplott av alle målingene av vanntemperatur og saltholdighet for perioden med bobleanlegg fra og med november 2002 til og med siste måling i april 2008. Det er bare de øverste 10 m som er plottet. Konturintervallet er  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  for temperaturplottene og  $2\text{ }_{\text{‰}}$  for saltholdighetsplottene. For å lette lesingen av plottene er visse intervaller skyggelagt:



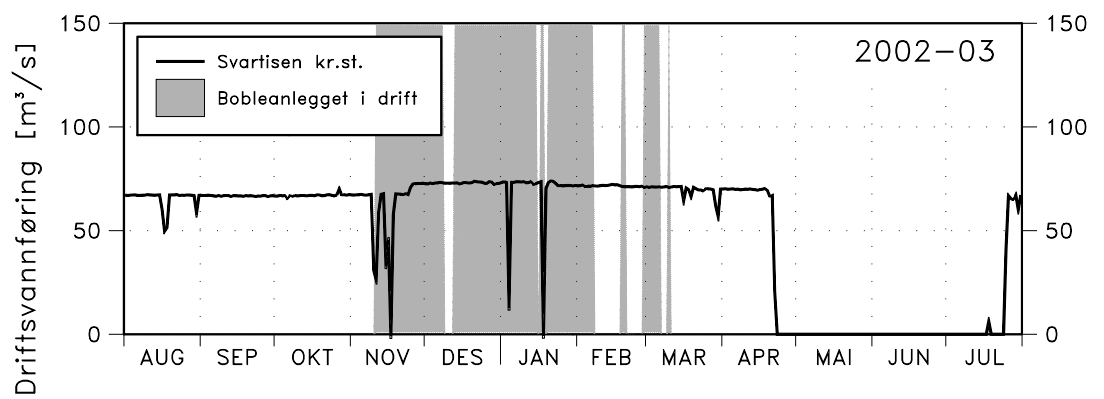
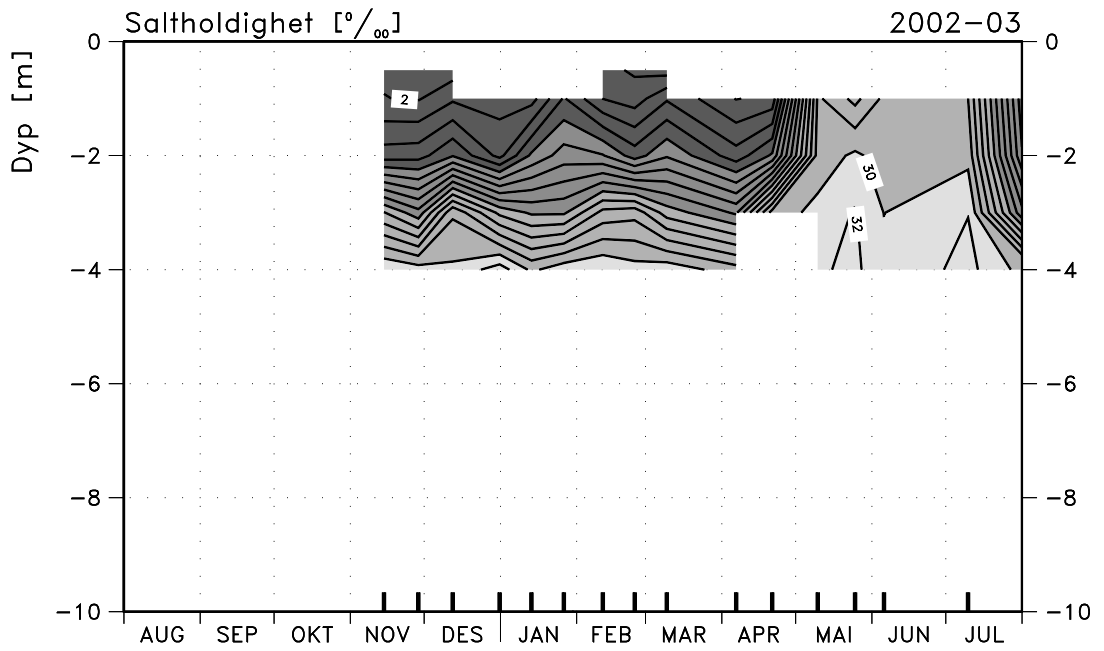
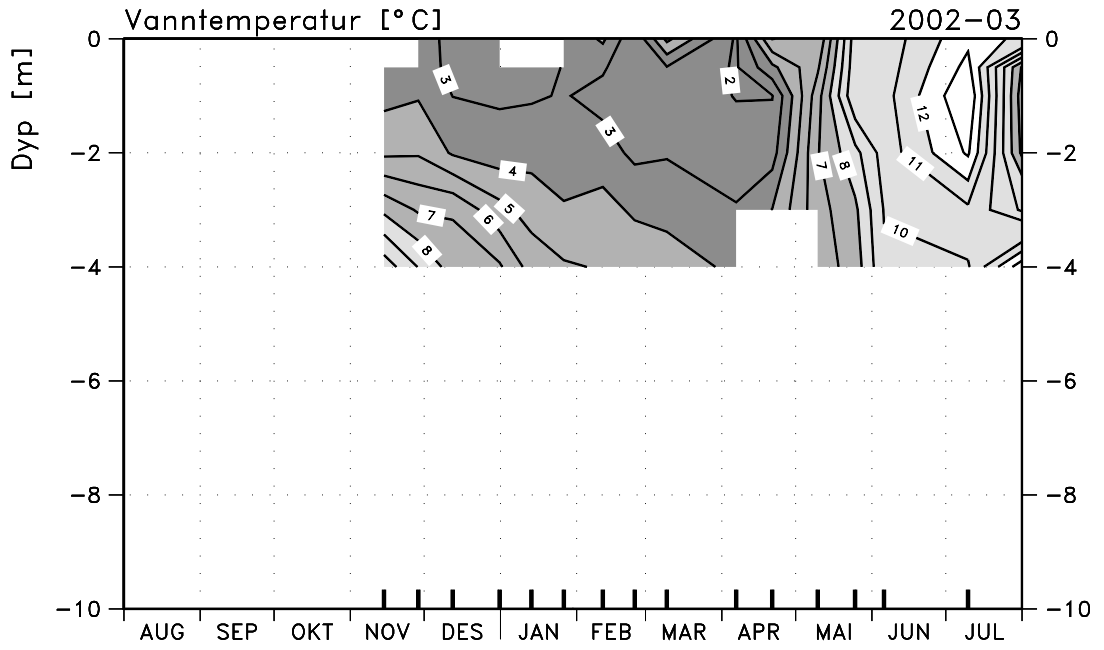
De korte tykke vertikale strekene på bunnlinjen viser når det er foretatt målinger. Konturene er interpolert fra disse målingene. Noen ganger er det svært få data som det er interpolert mellom. Se derfor nøye på avstanden til nærmeste målepunkt når figuren tolkes.

Hvite rektangulære felter uten konturlinjer er områder som mangler data. Typisk finner en dette i det helt øverste laget forsøkt målt under ustabile forhold.

For å se virkningen av Svartisen kraftverk er driftsvannføringen i Svartisen kraftverk plottet nederst i fig B1-B60.

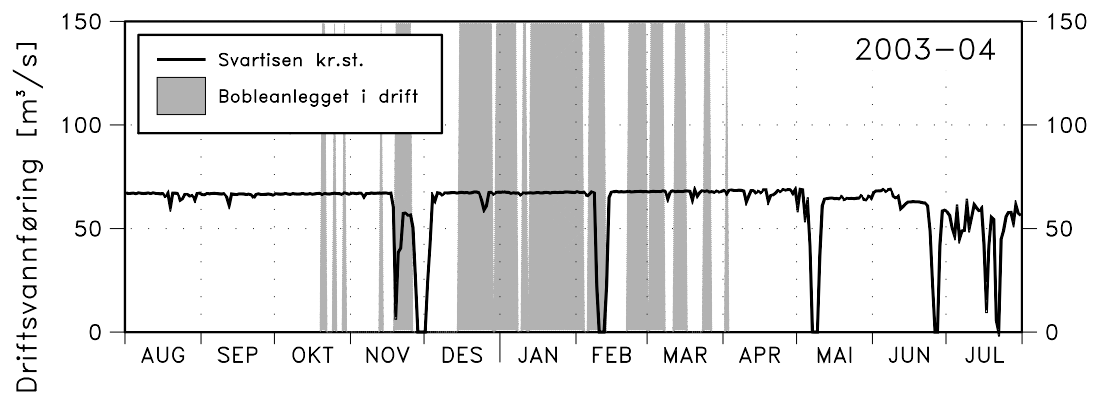
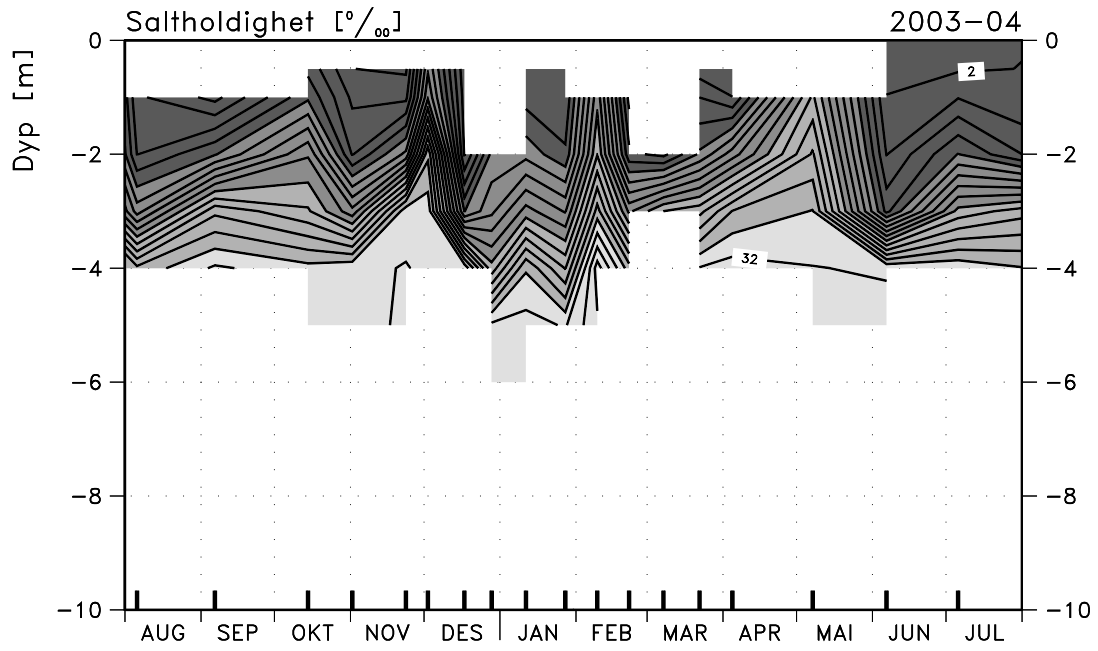
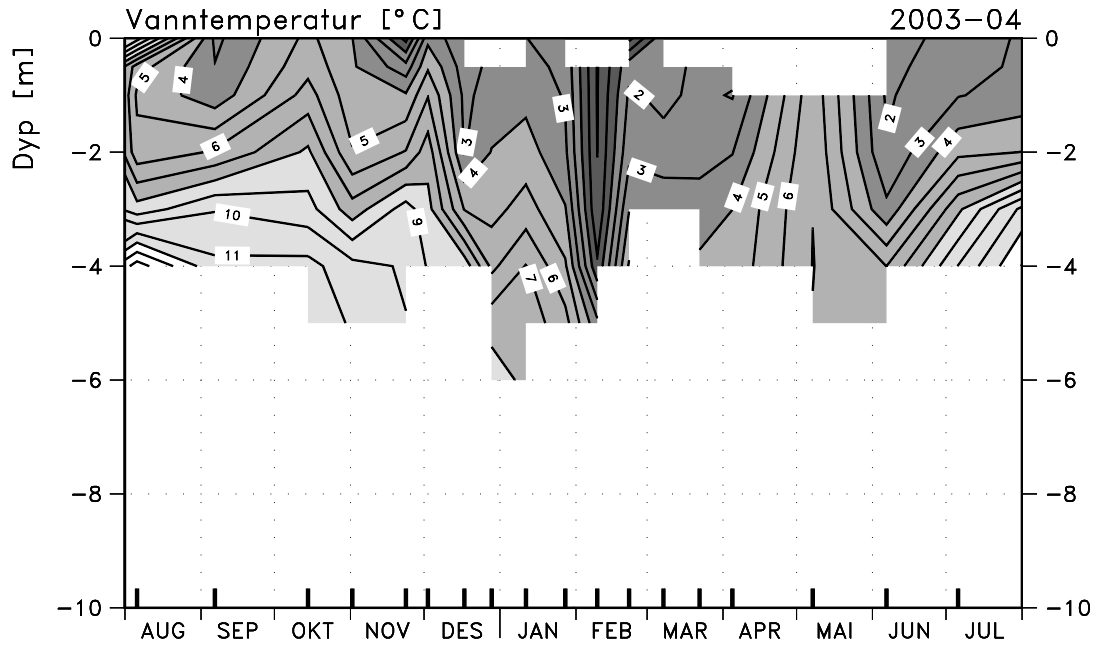


Nordfjorden punkt 0

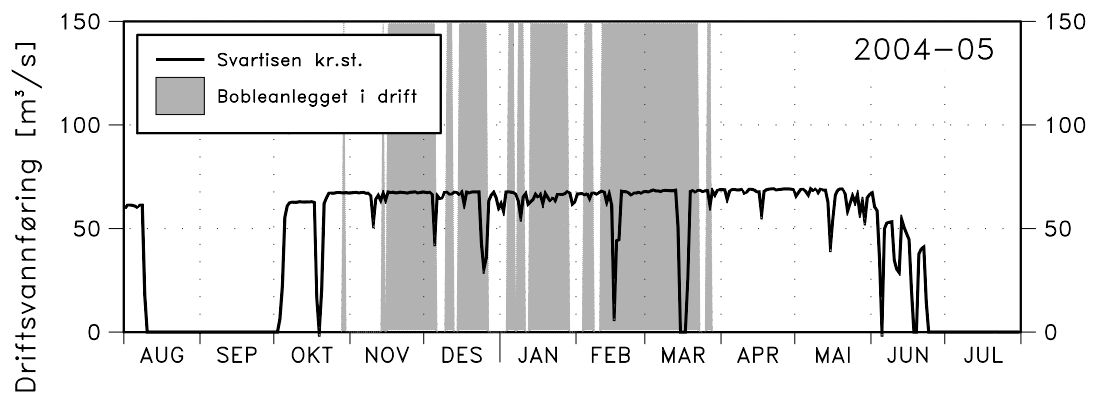
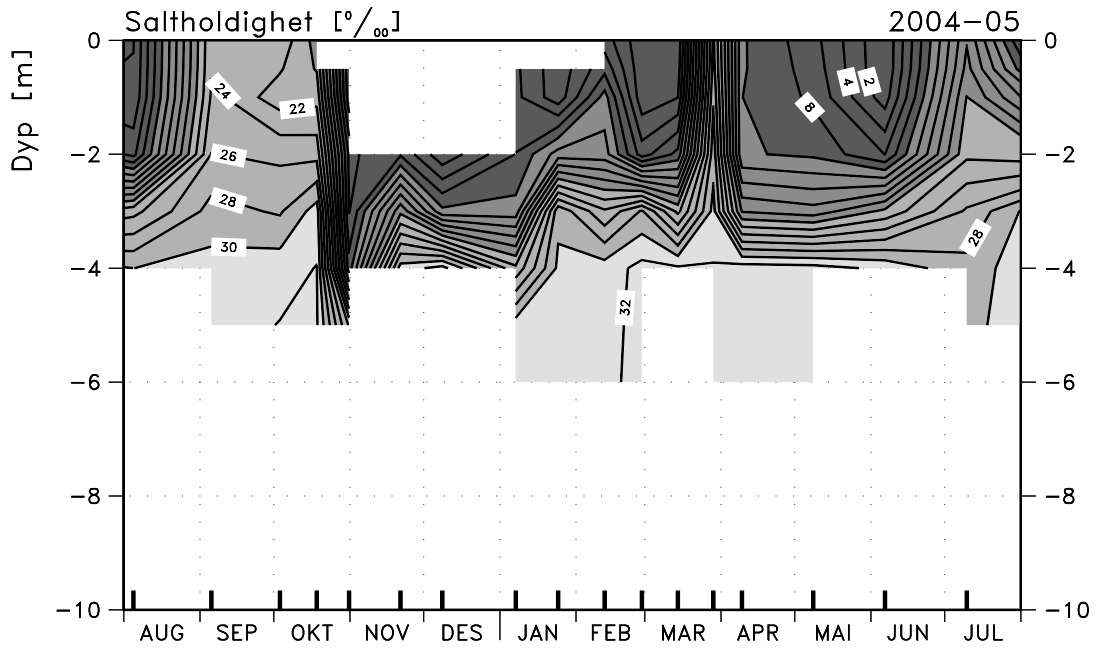
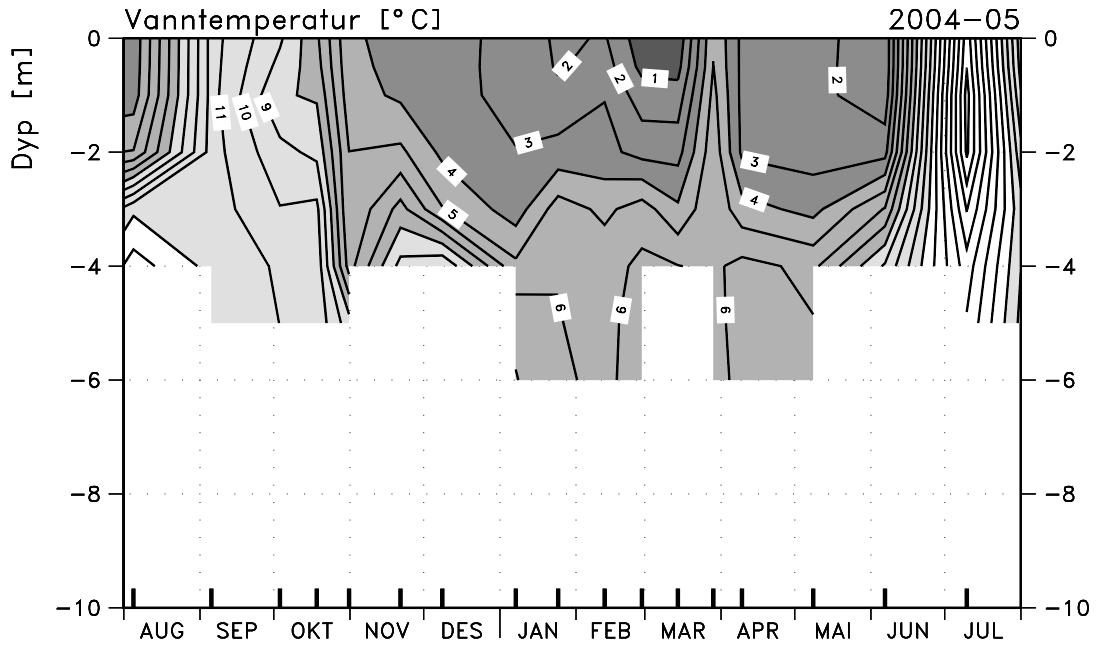




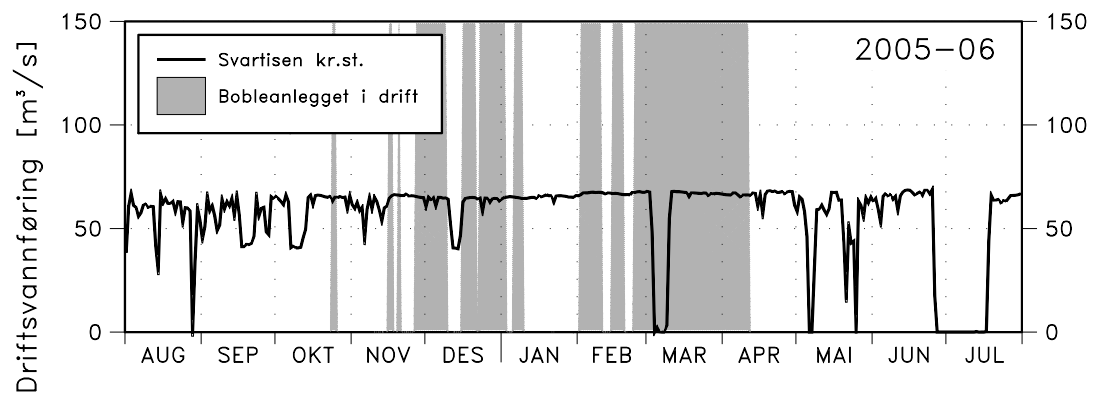
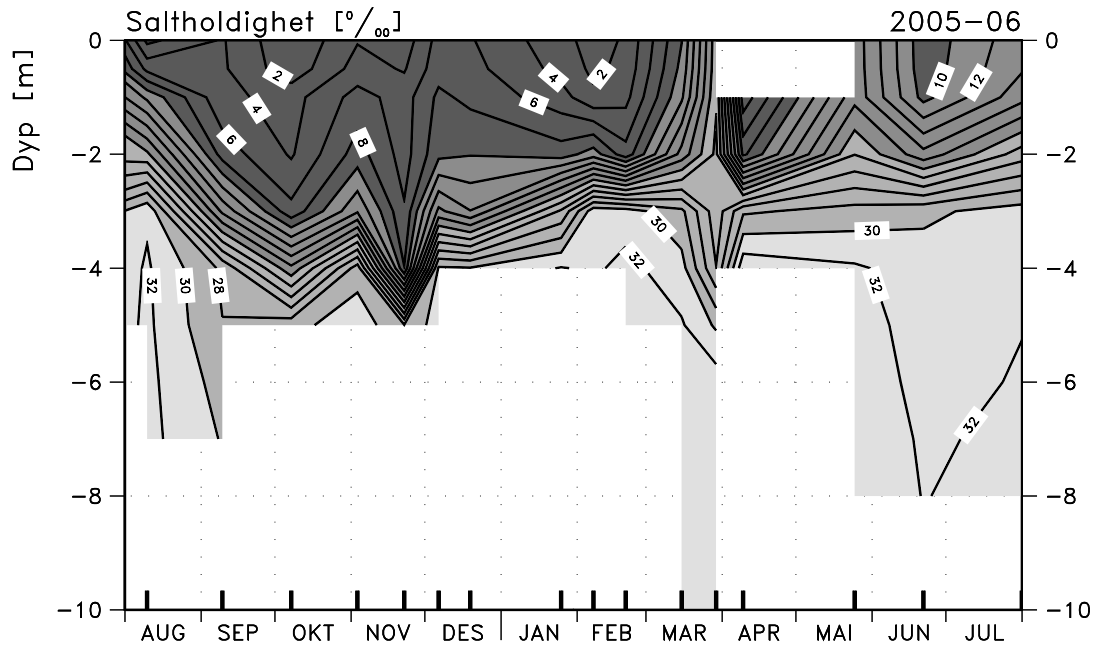
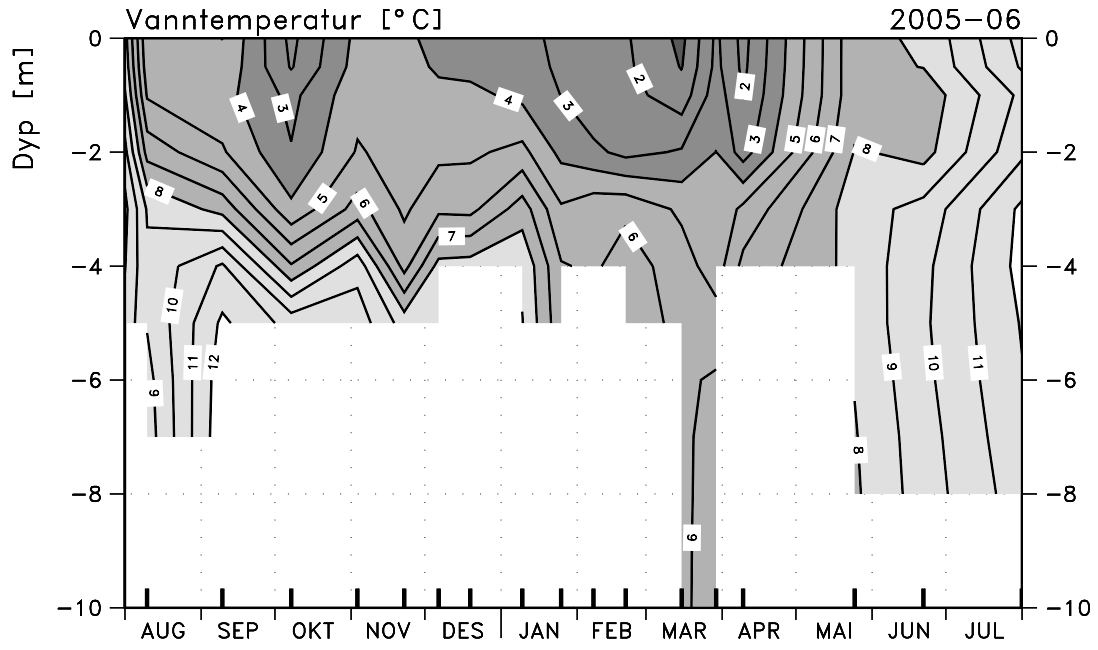
Nordfjorden punkt 0



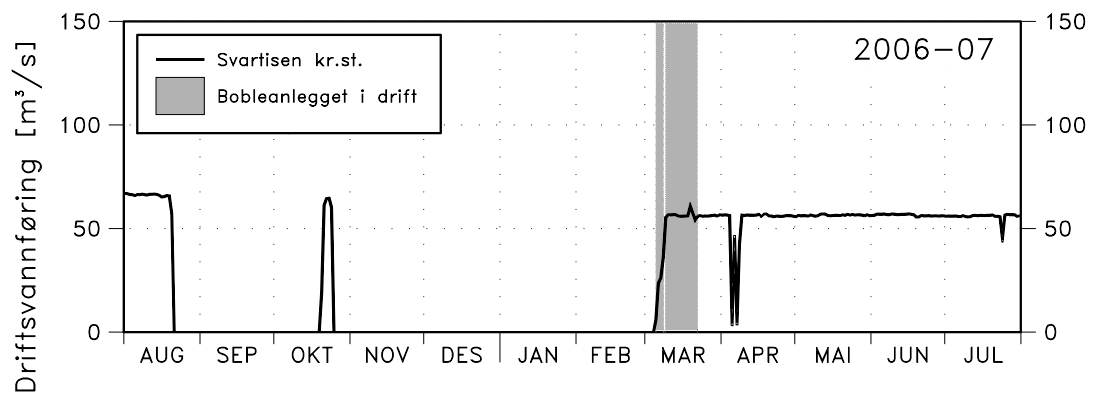
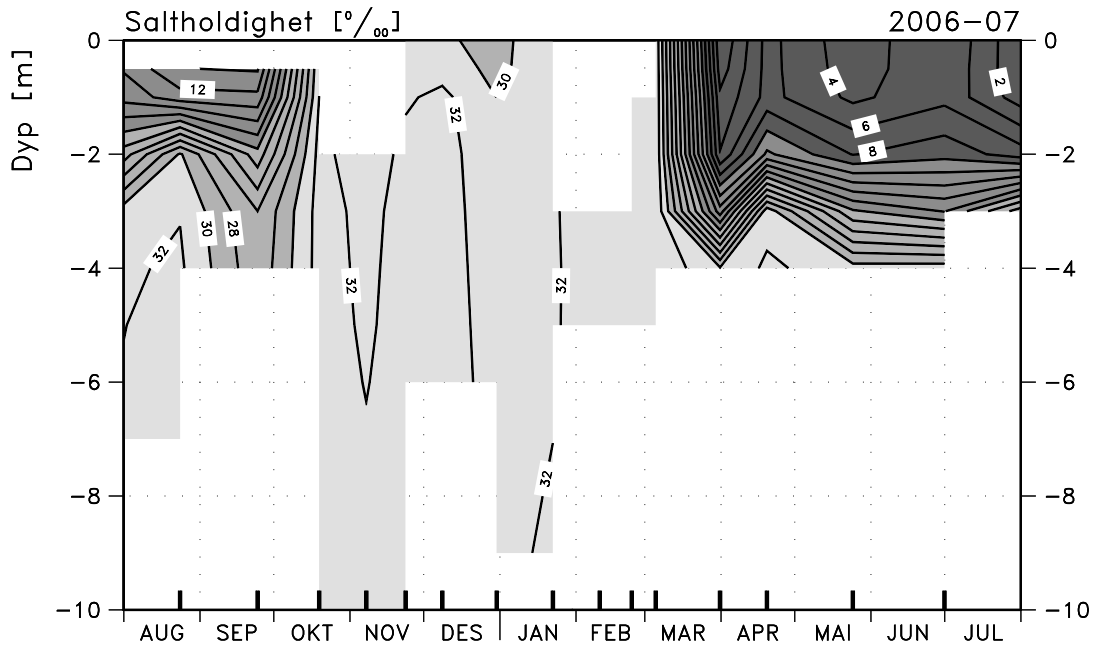
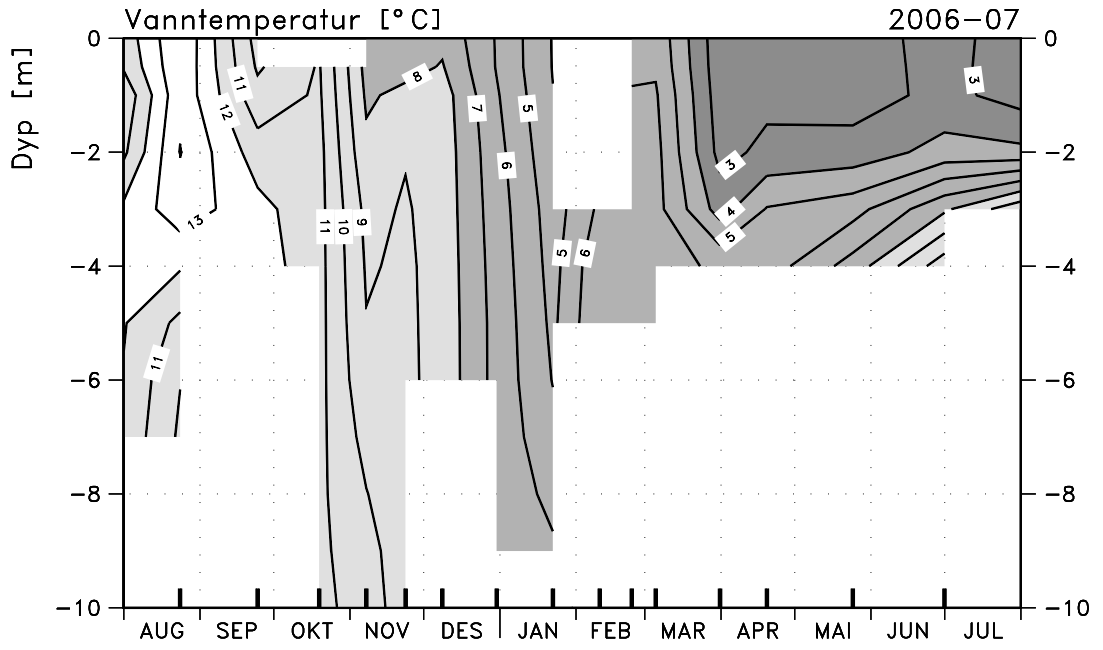
Nordfjorden punkt 0



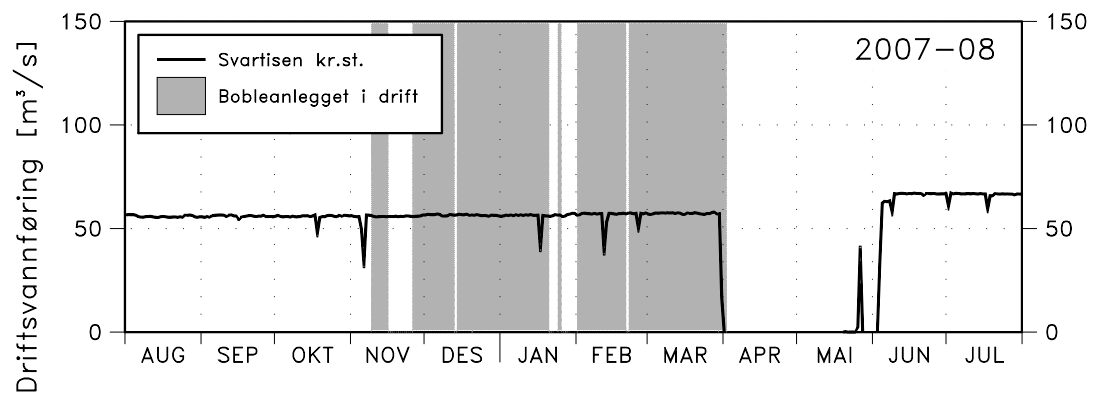
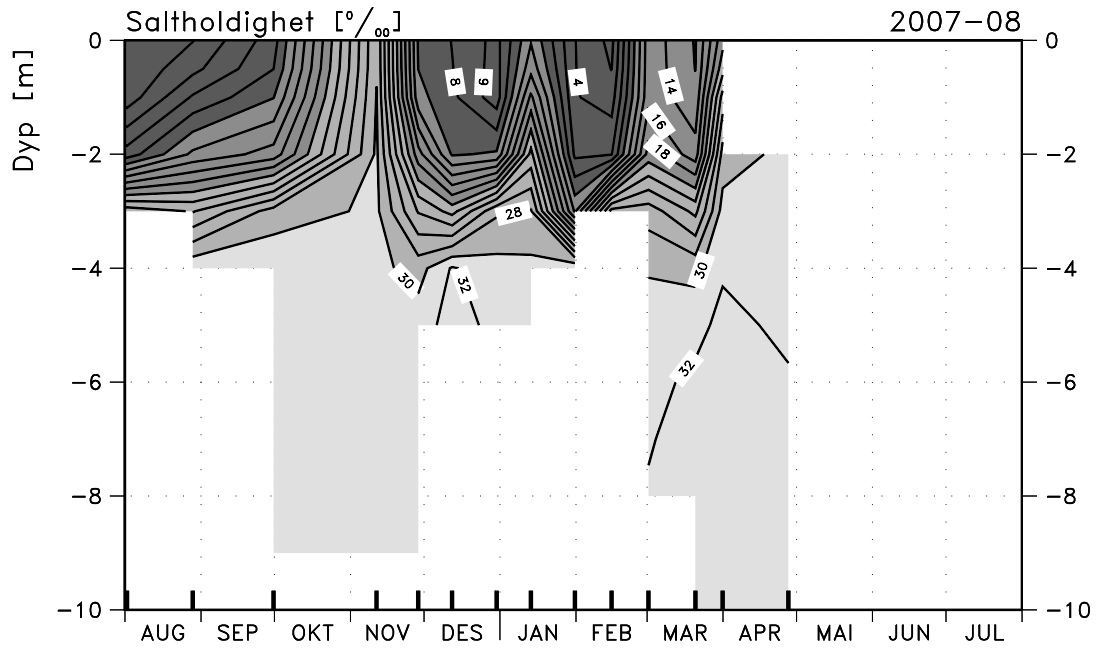
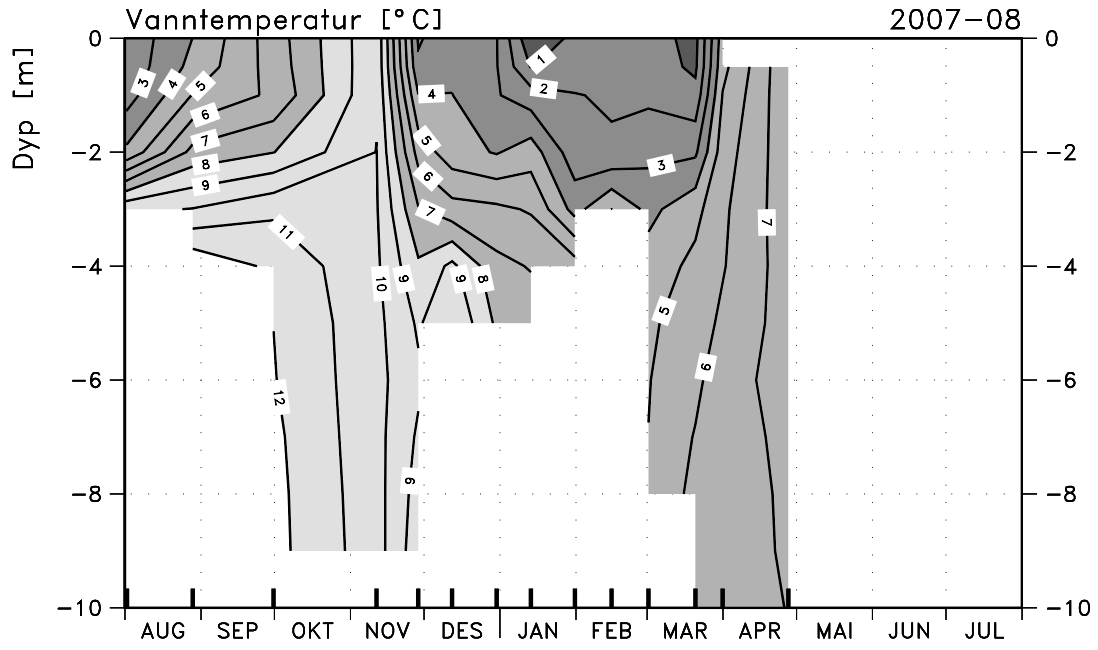
Nordfjorden punkt 0



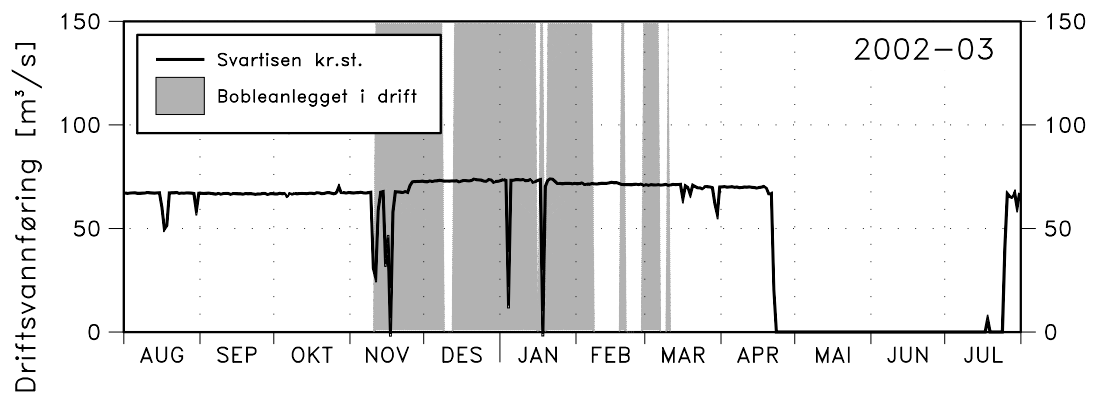
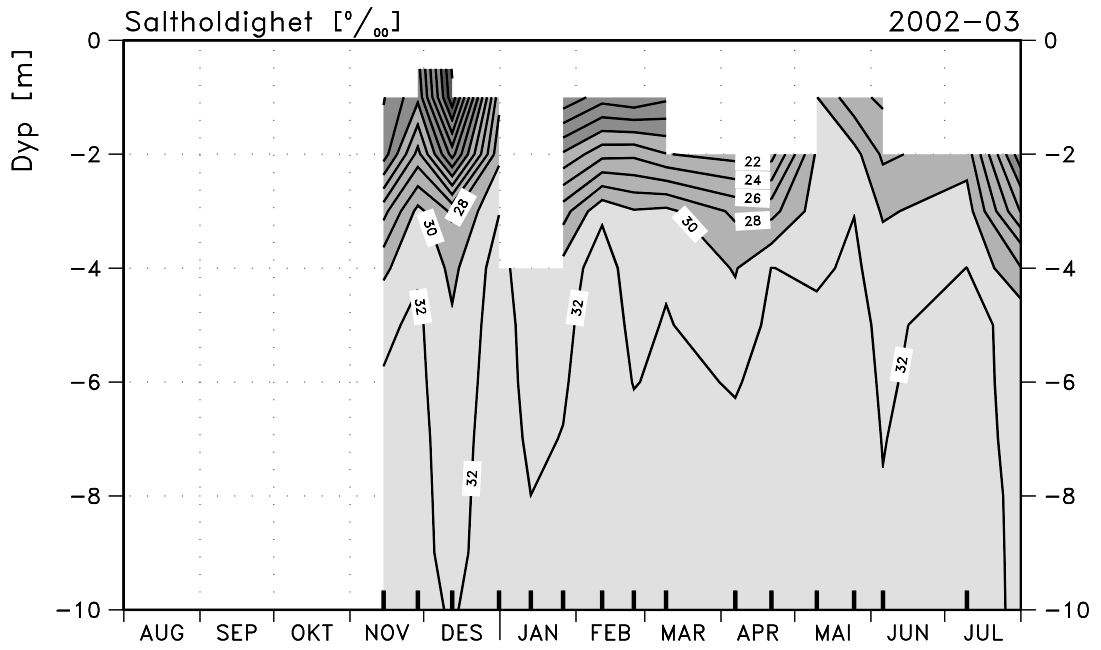
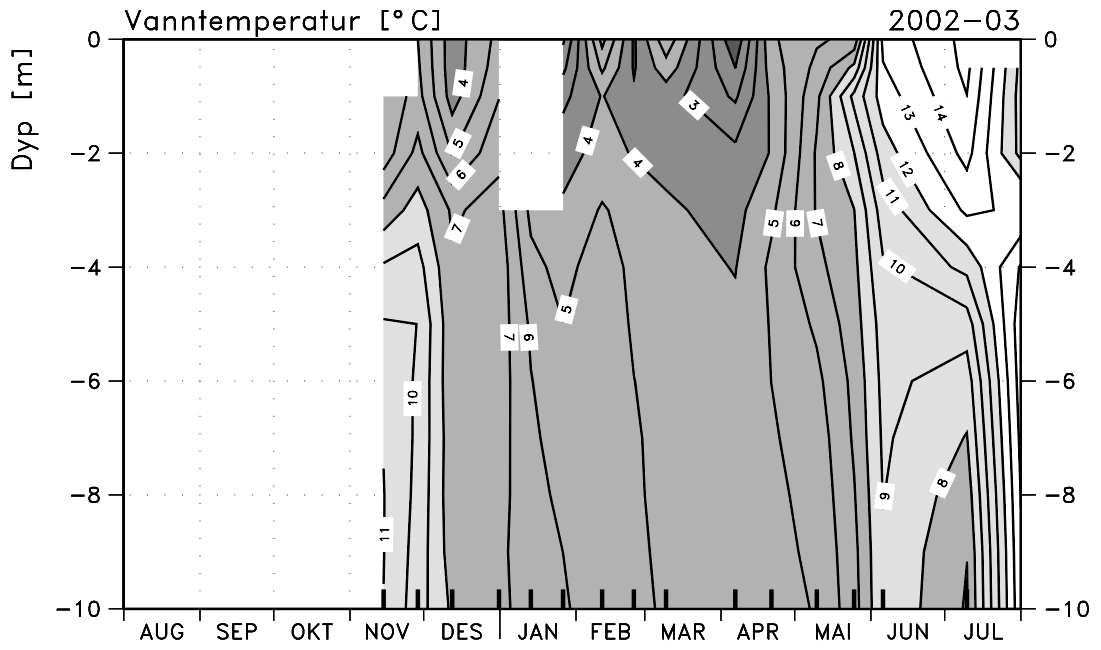
Nordfjorden punkt 0



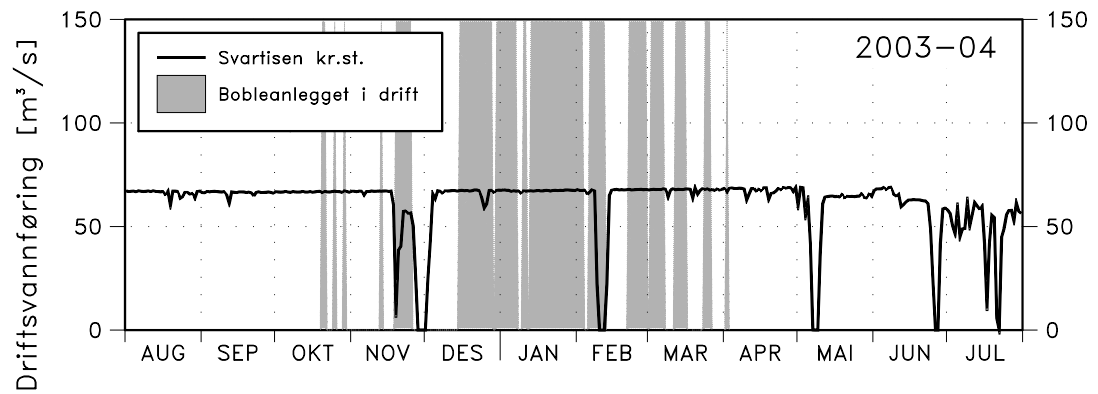
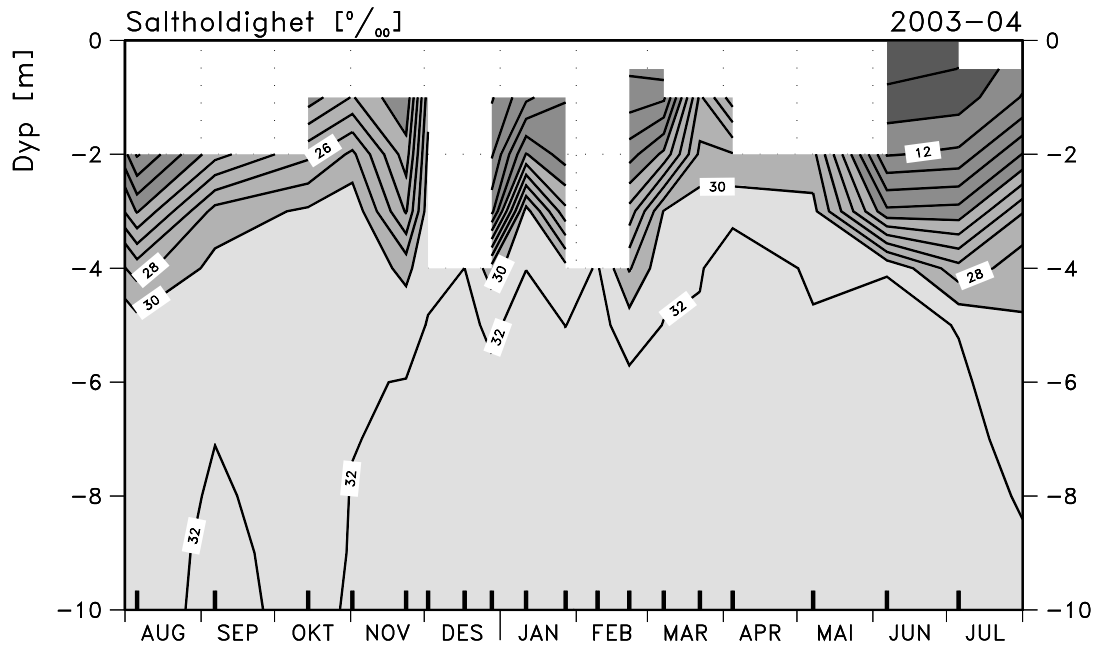
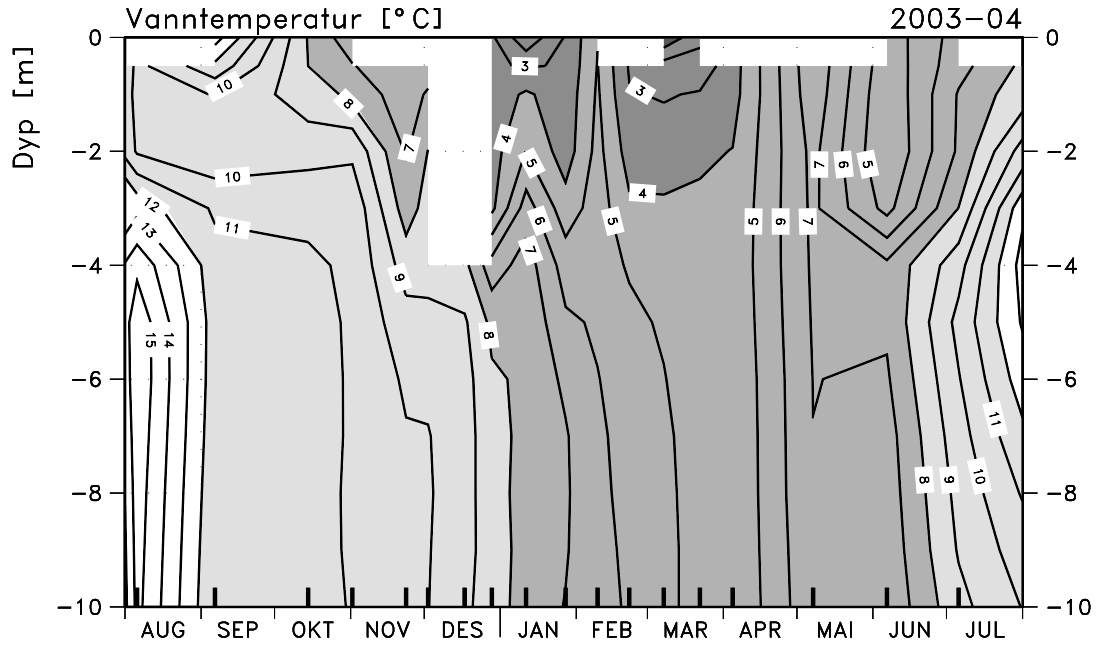
Nordfjorden punkt 0



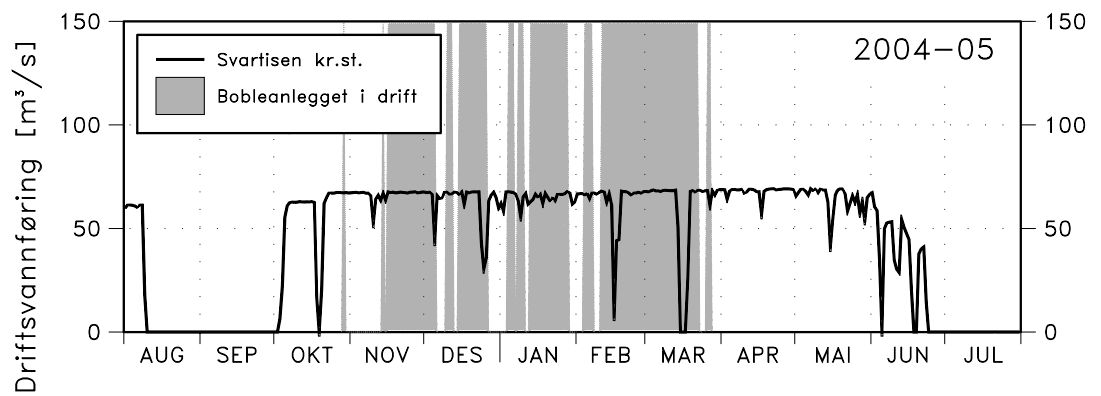
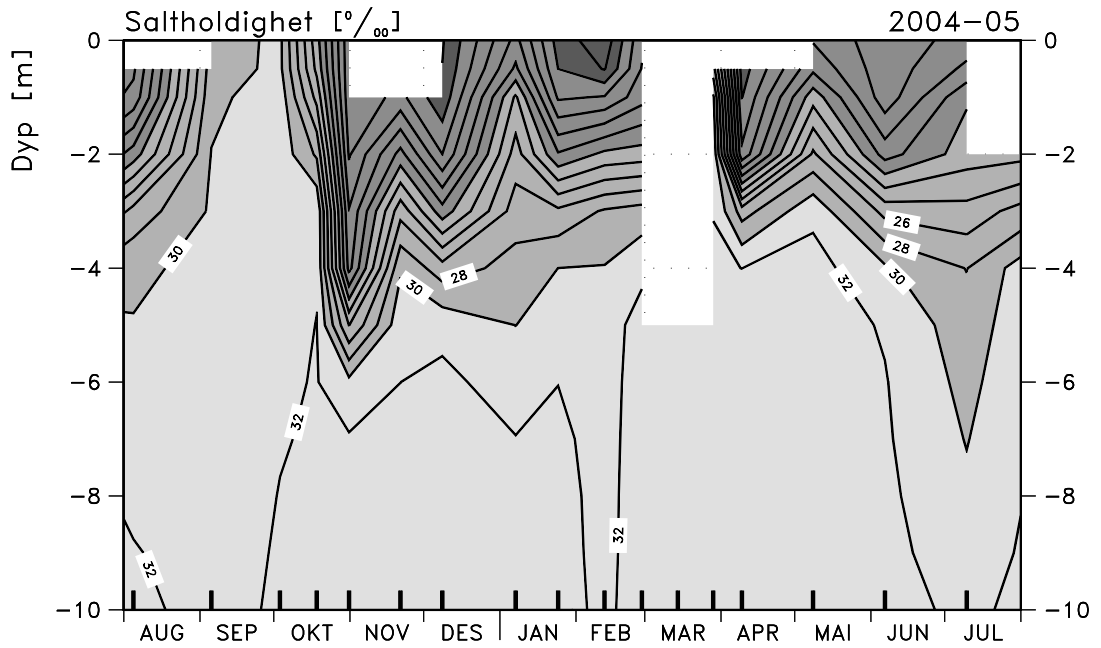
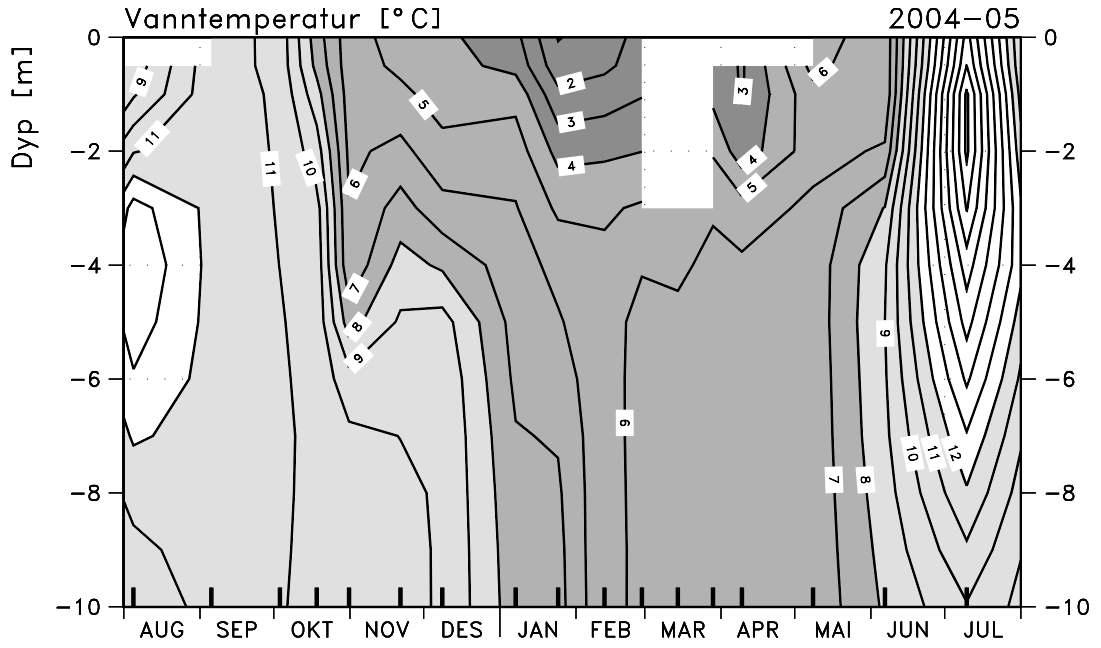
Nordfjorden punkt 1



Nordfjorden punkt 1

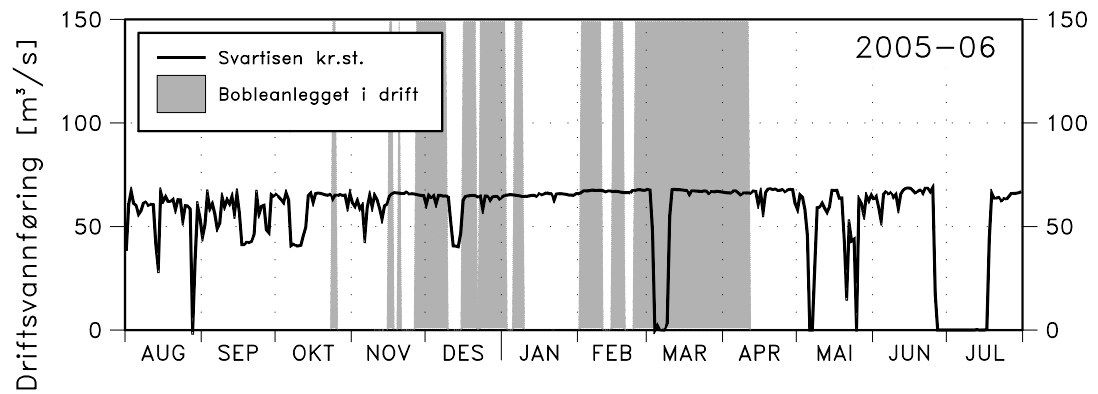
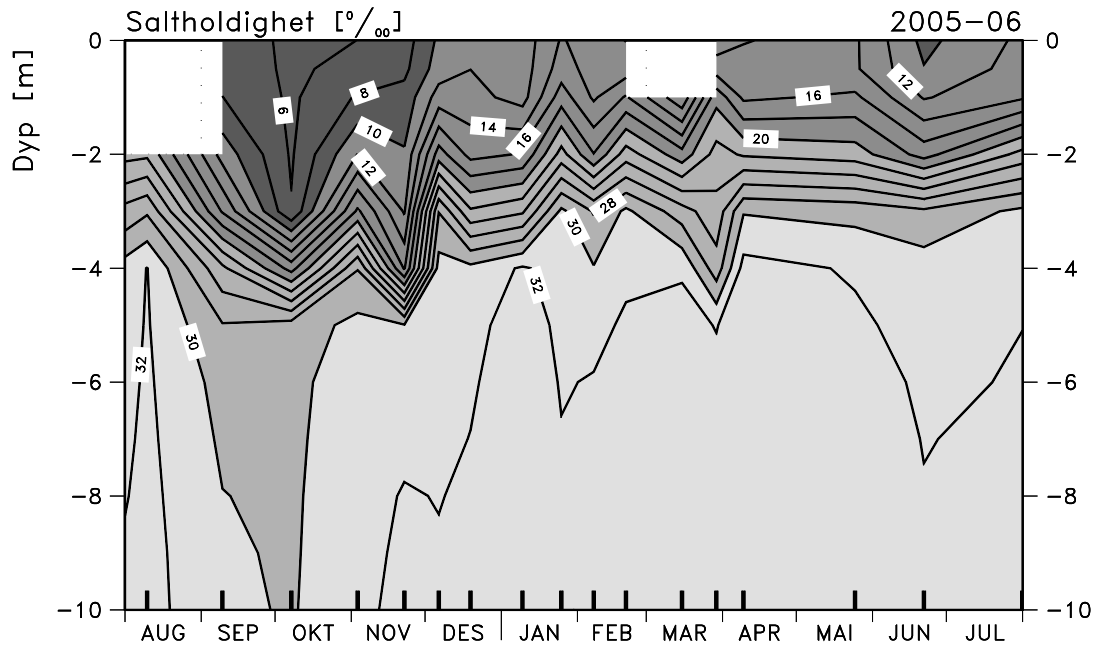
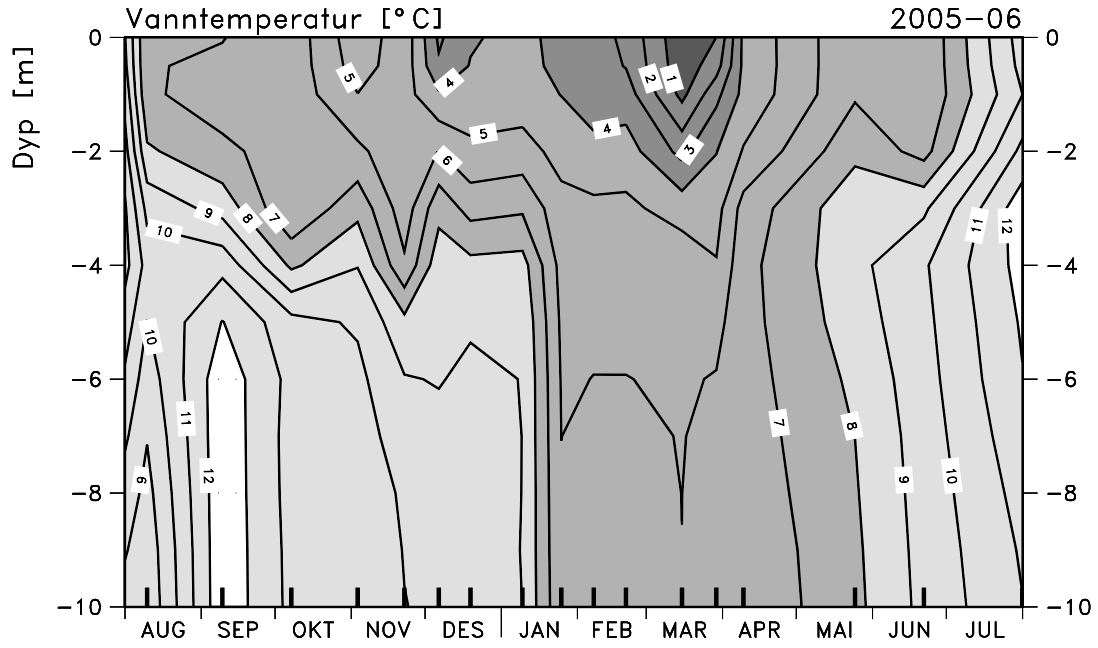


Nordfjorden punkt 1

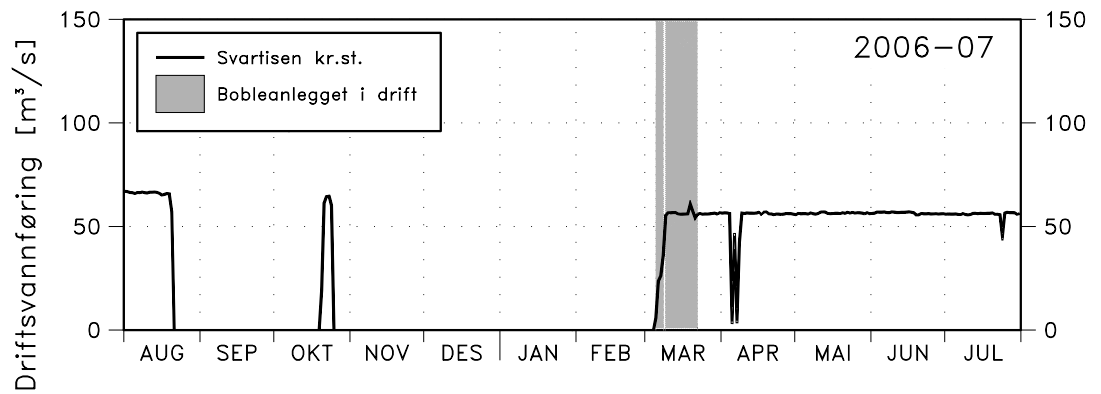
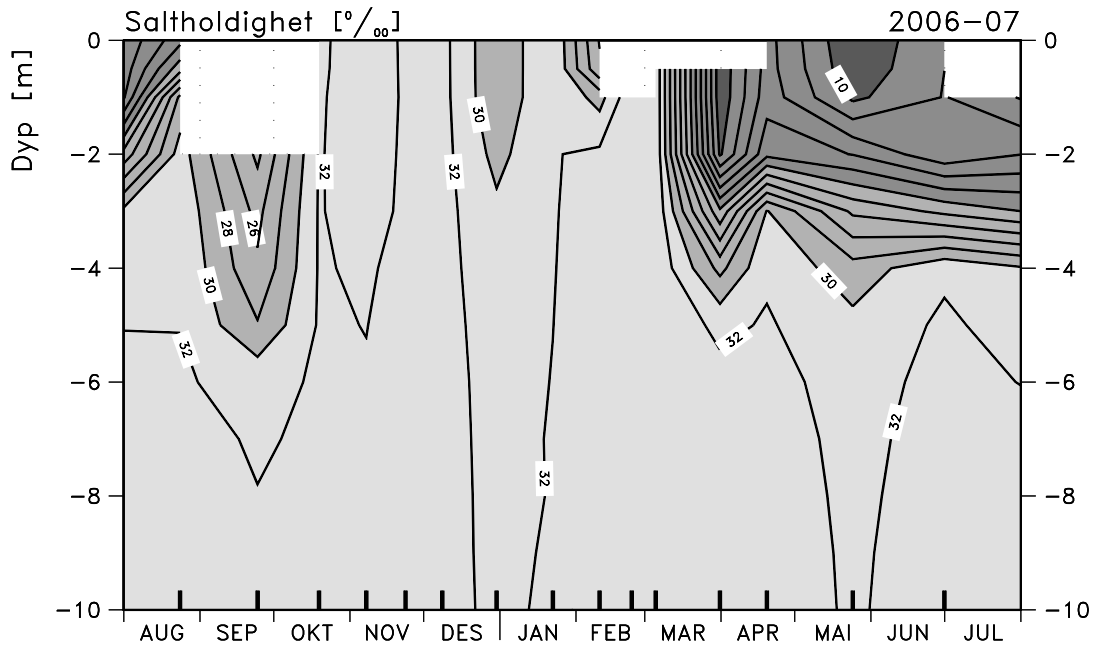
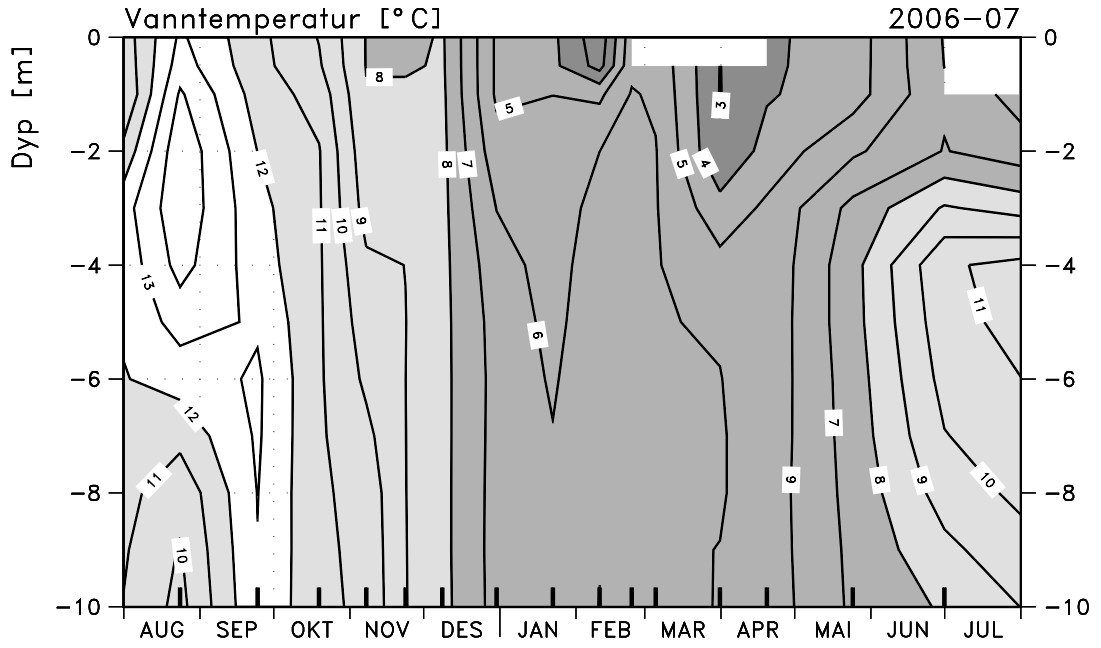




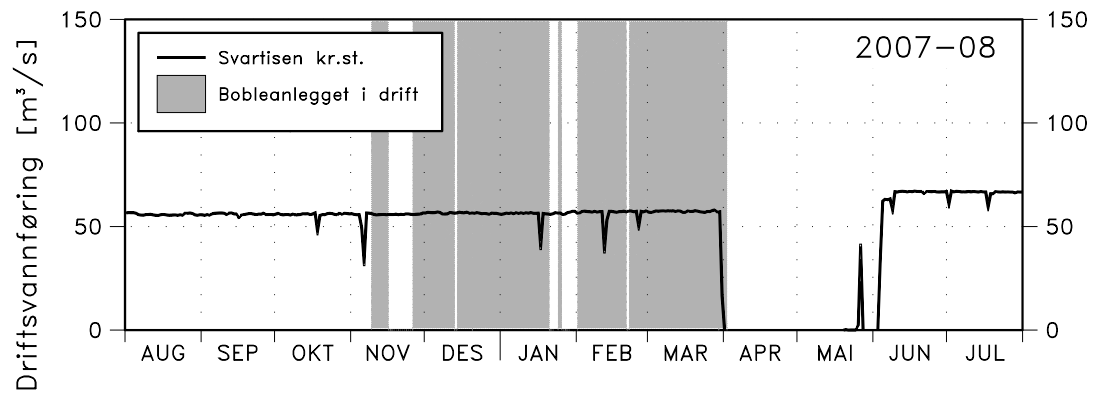
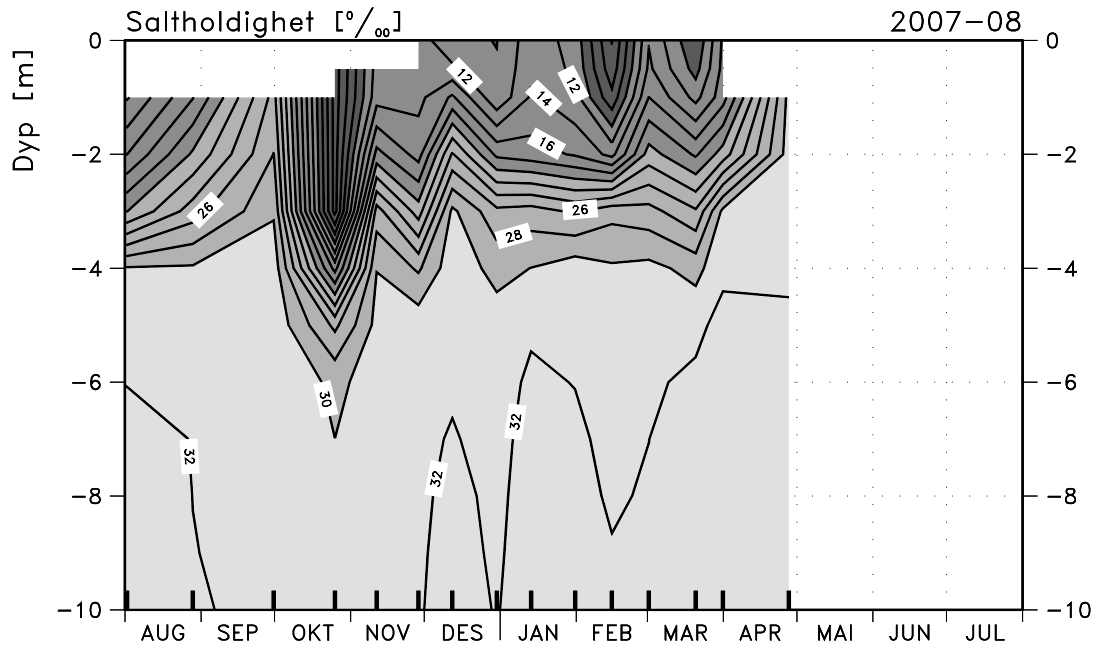
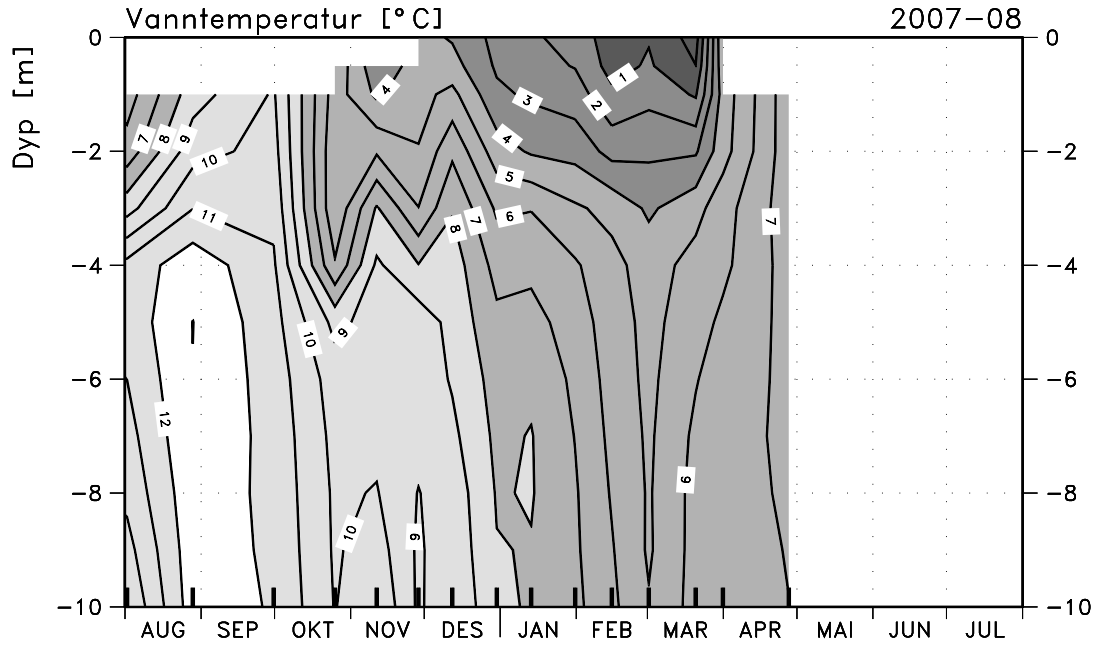
Nordfjorden punkt 1



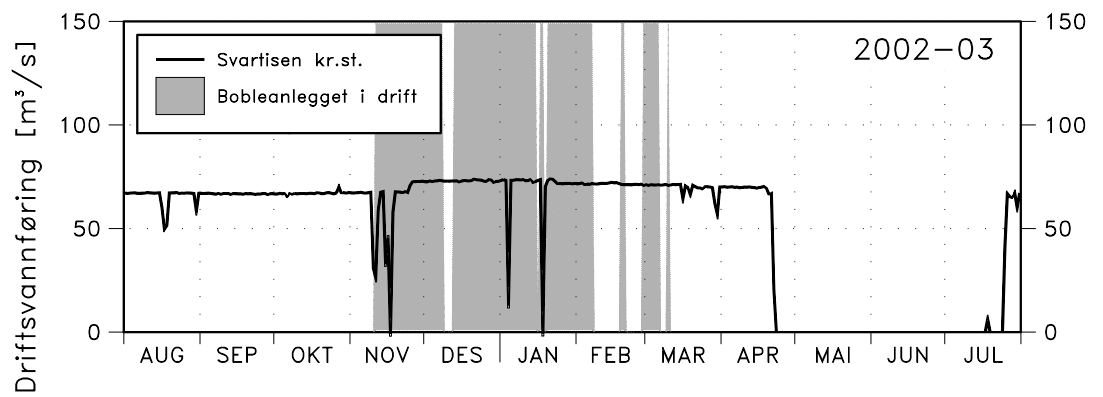
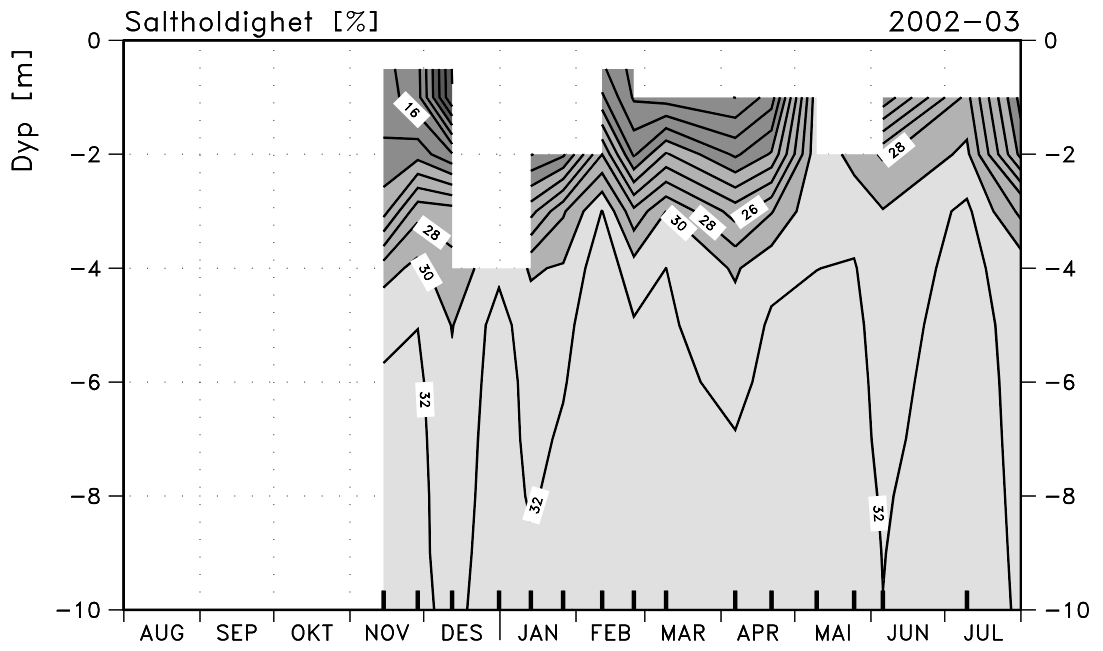
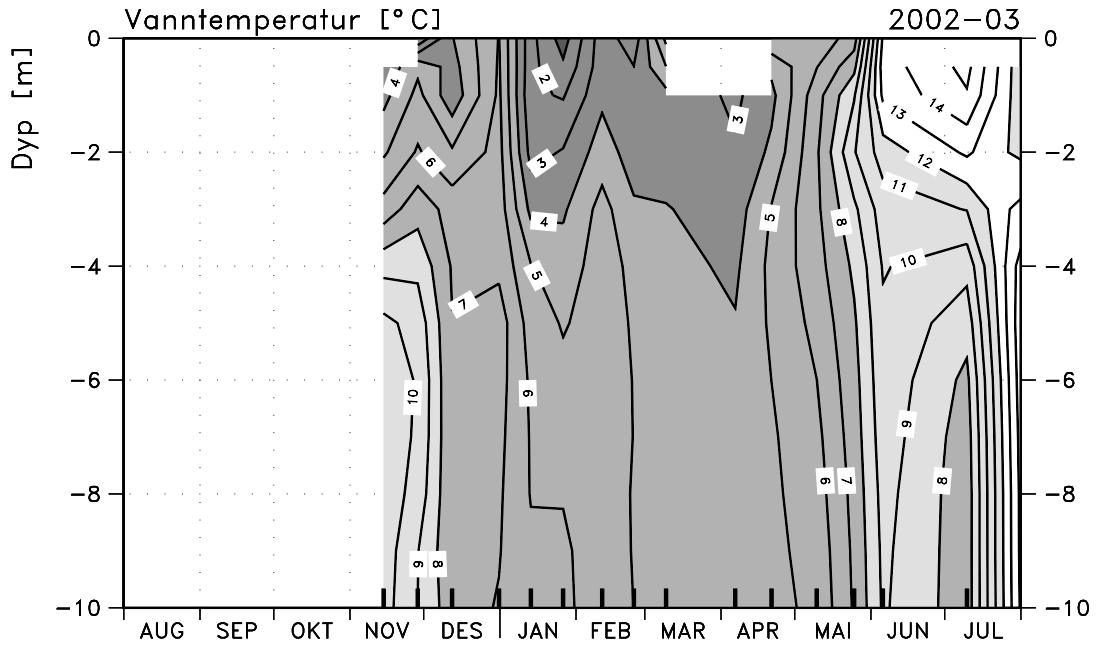
Nordfjorden punkt 1



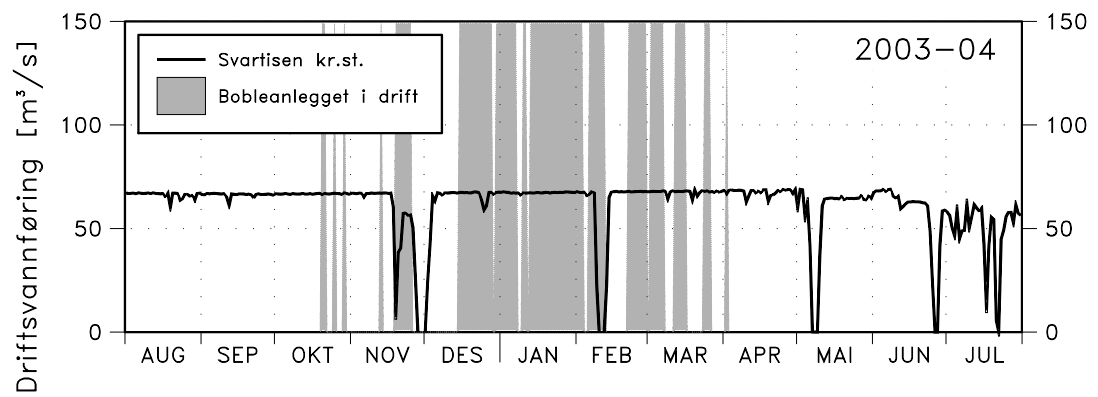
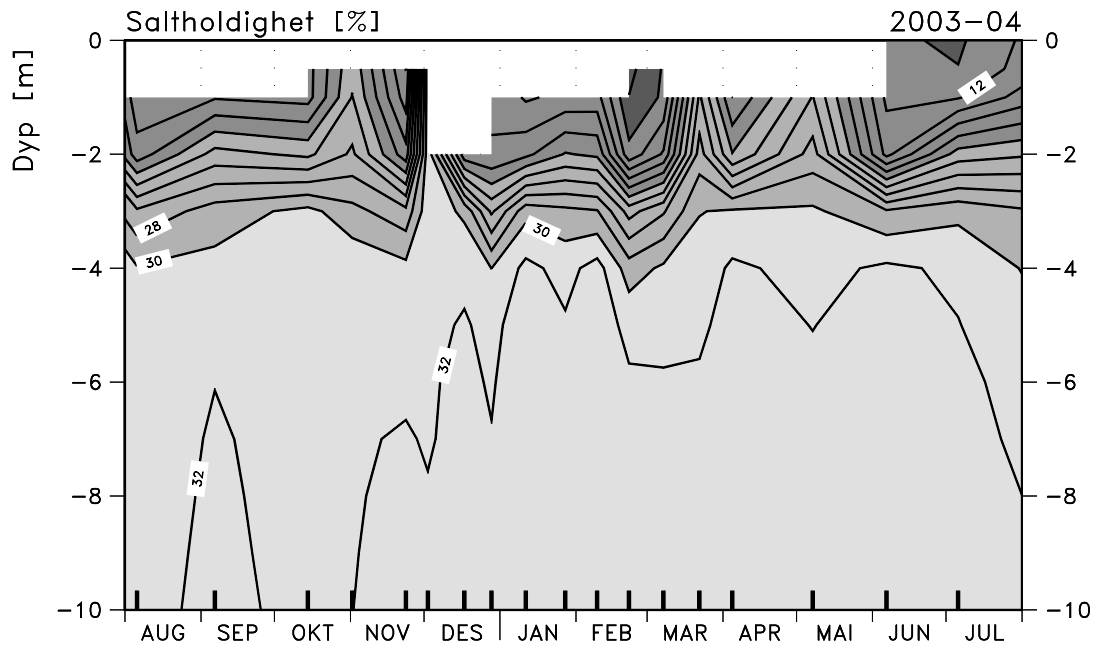
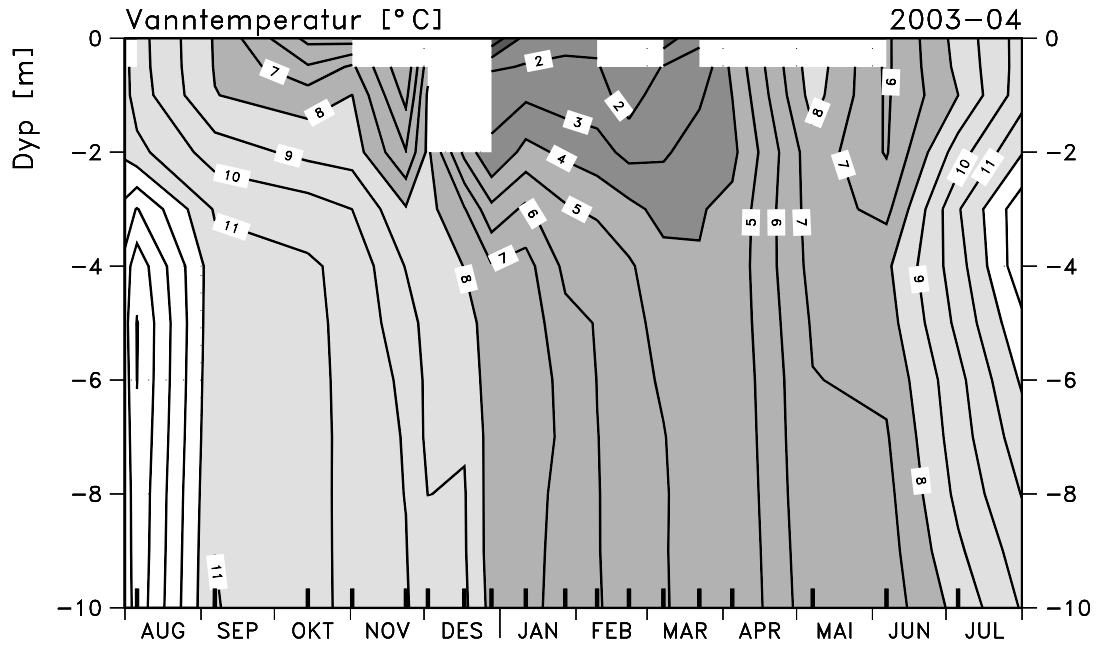
Nordfjorden punkt 1



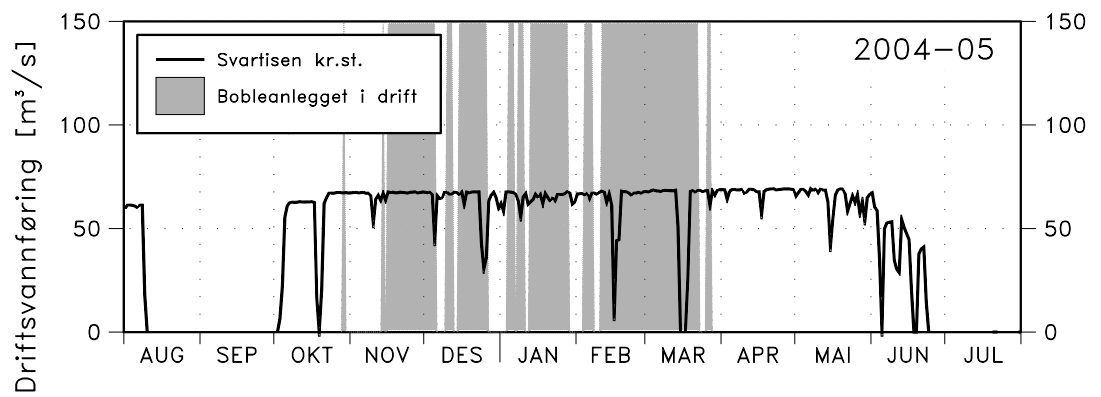
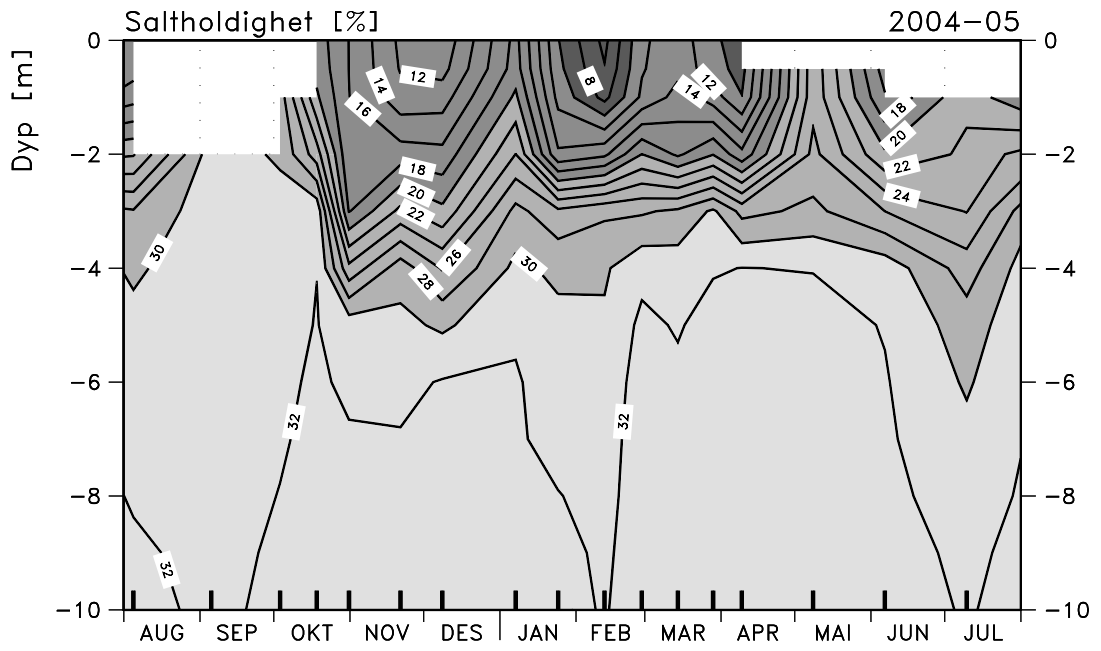
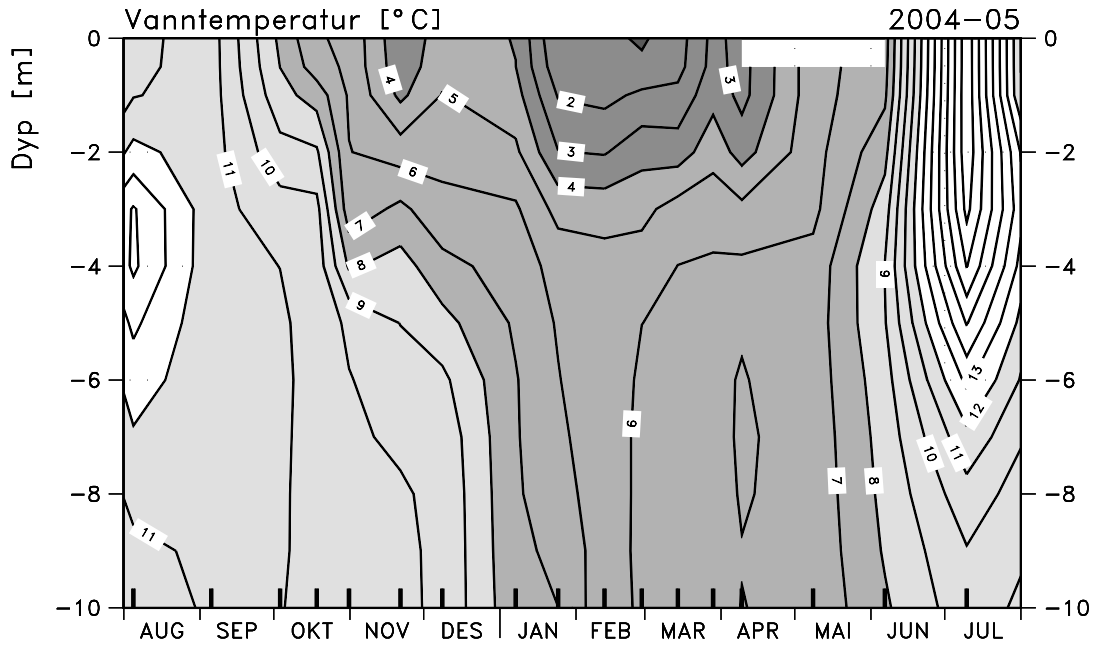
Nordfjorden punkt 2K



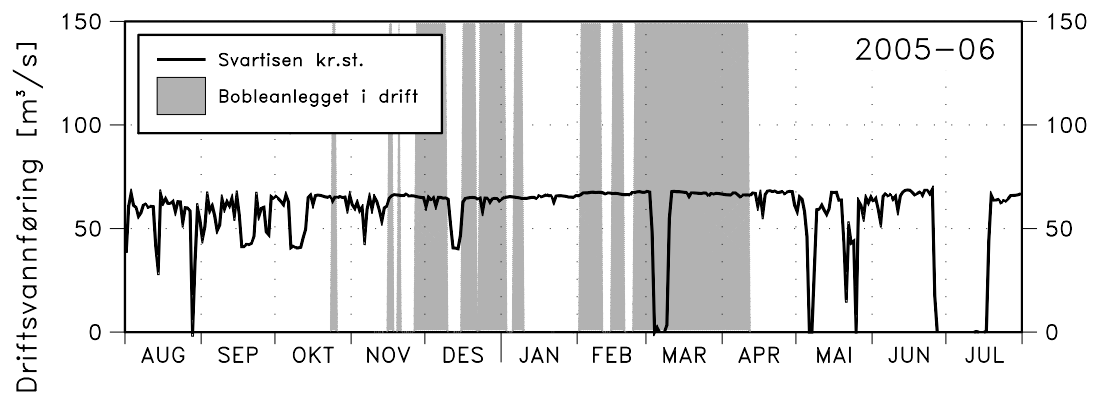
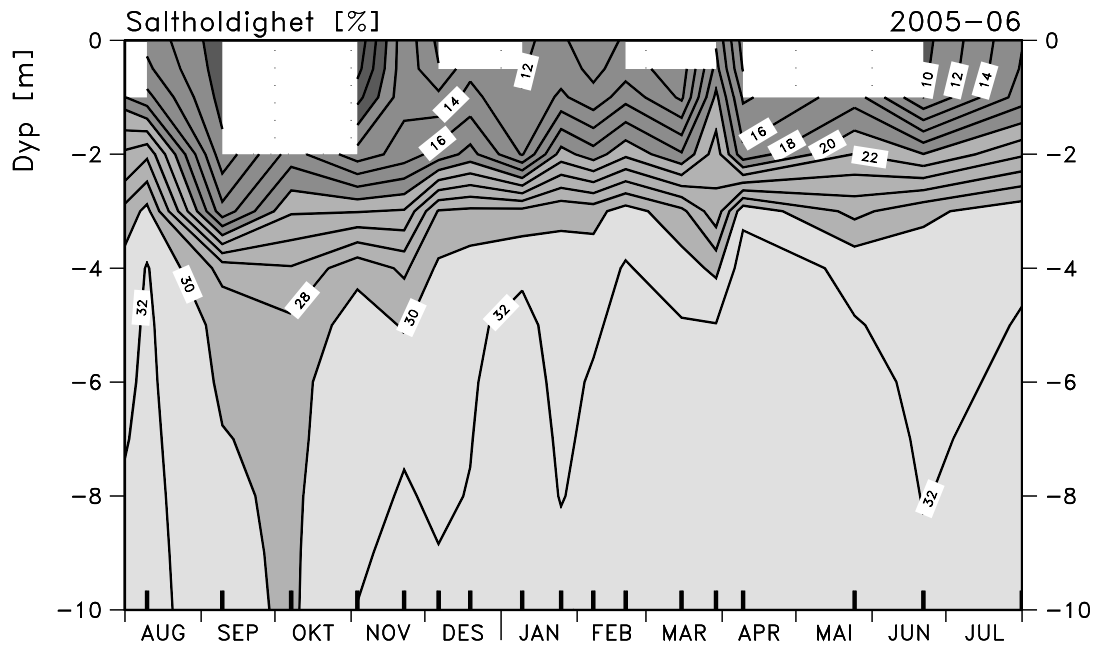
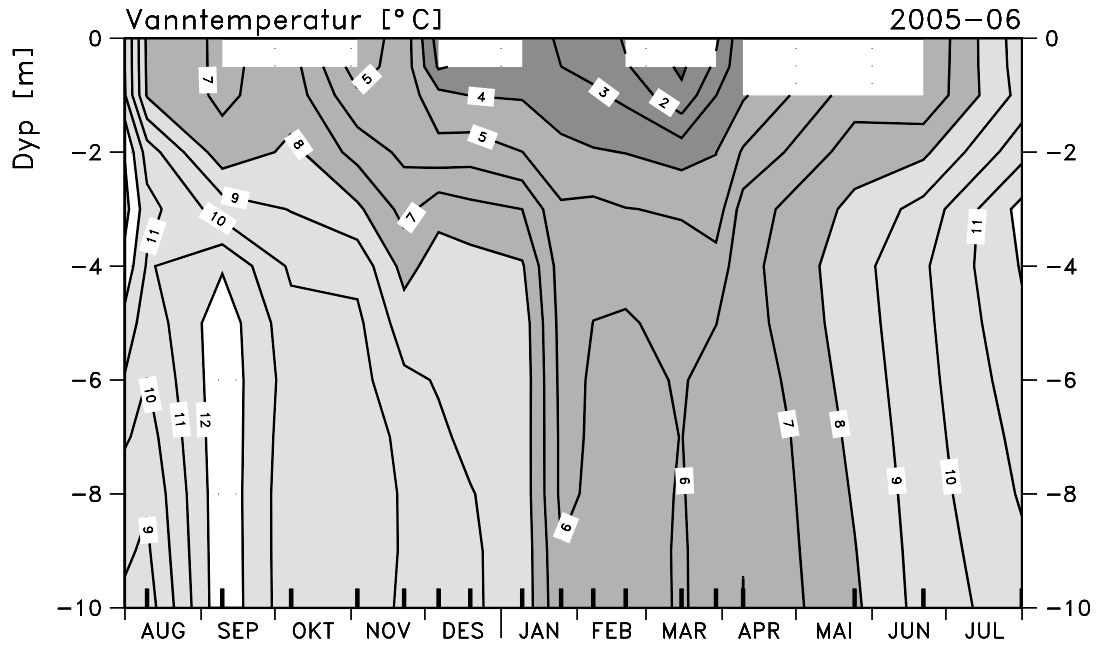
Nordfjorden punkt 2K



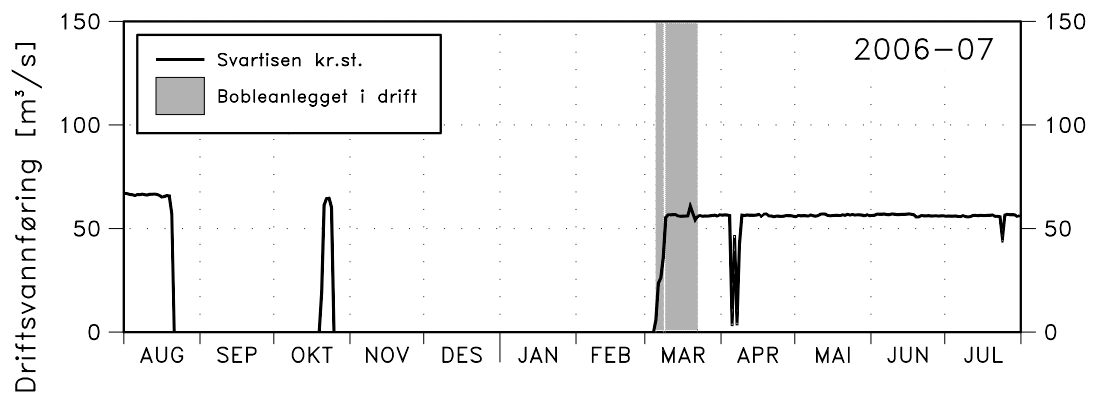
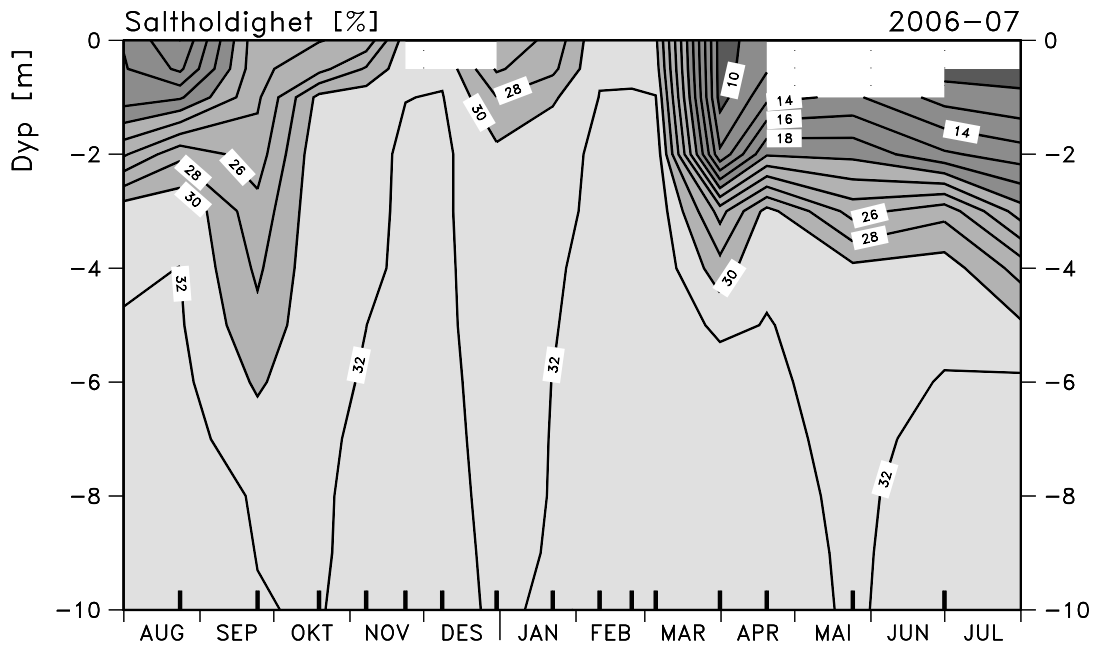
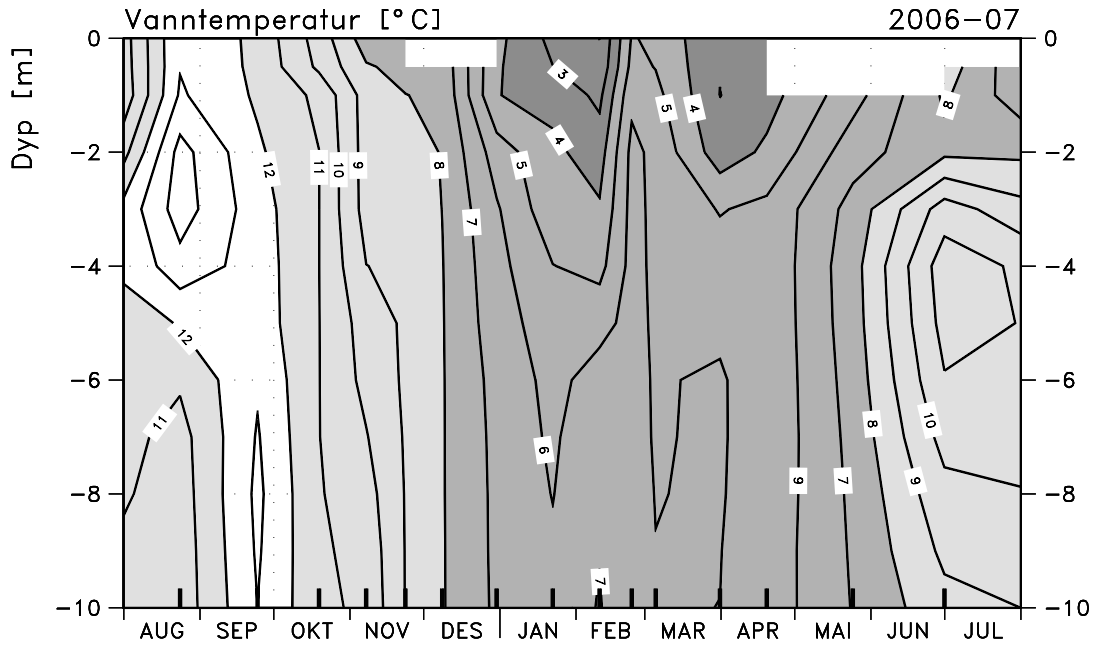
Nordfjorden punkt 2K



Nordfjorden punkt 2K

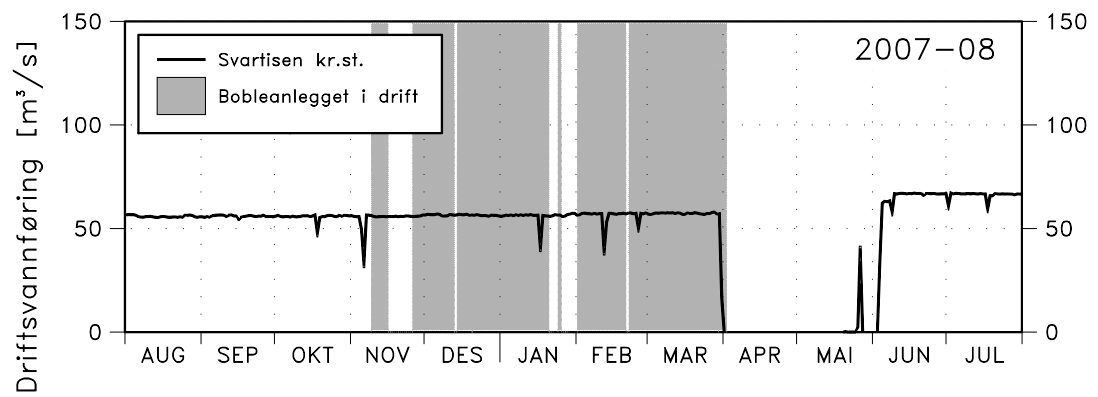
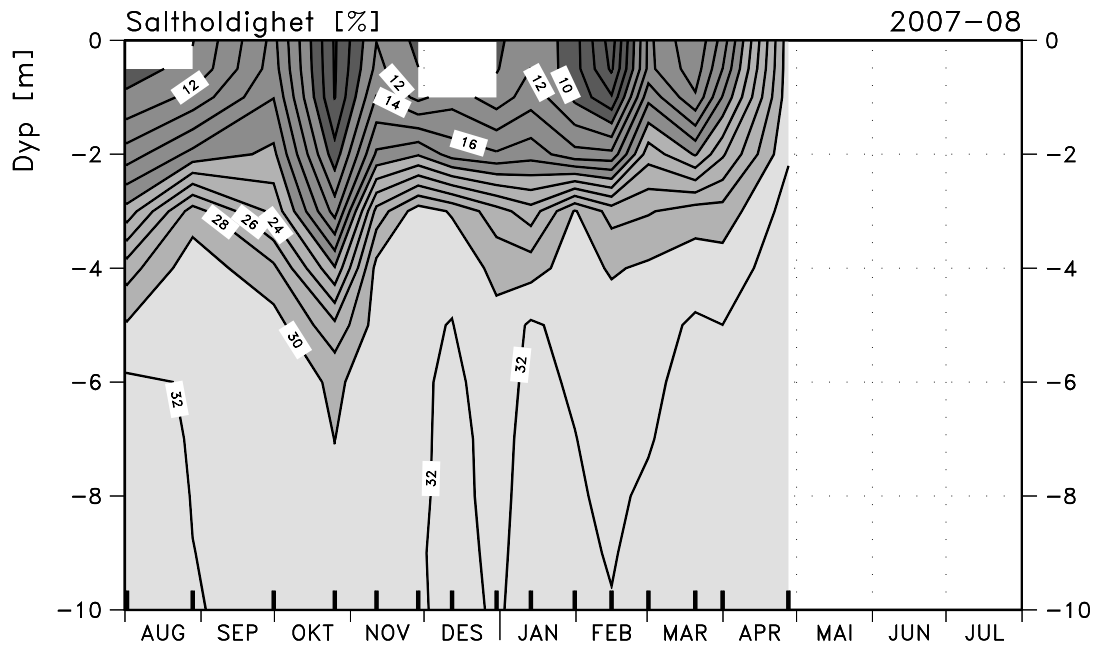
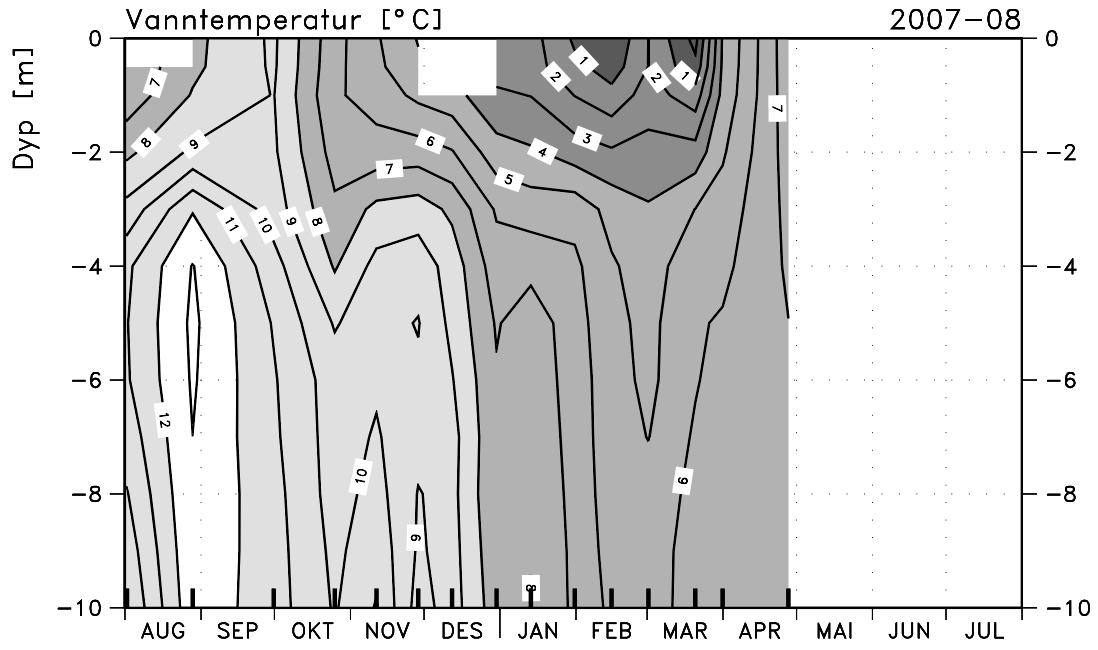


Nordfjorden punkt 2K

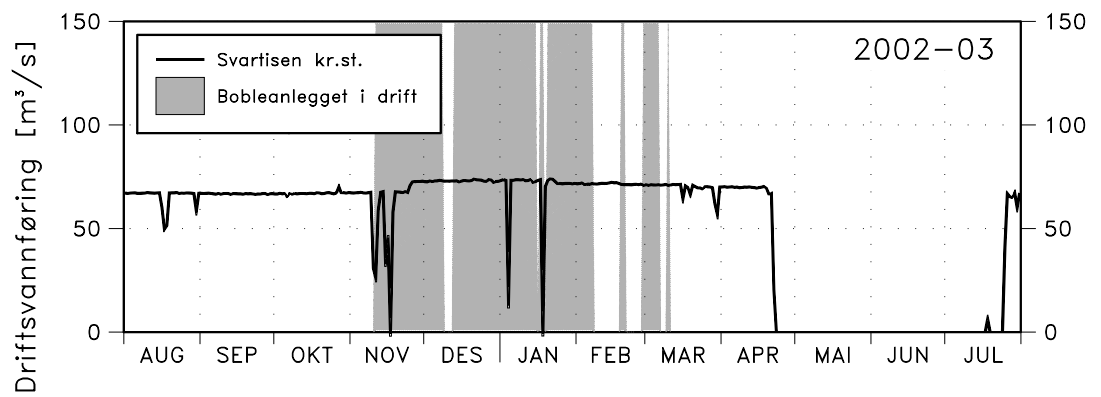
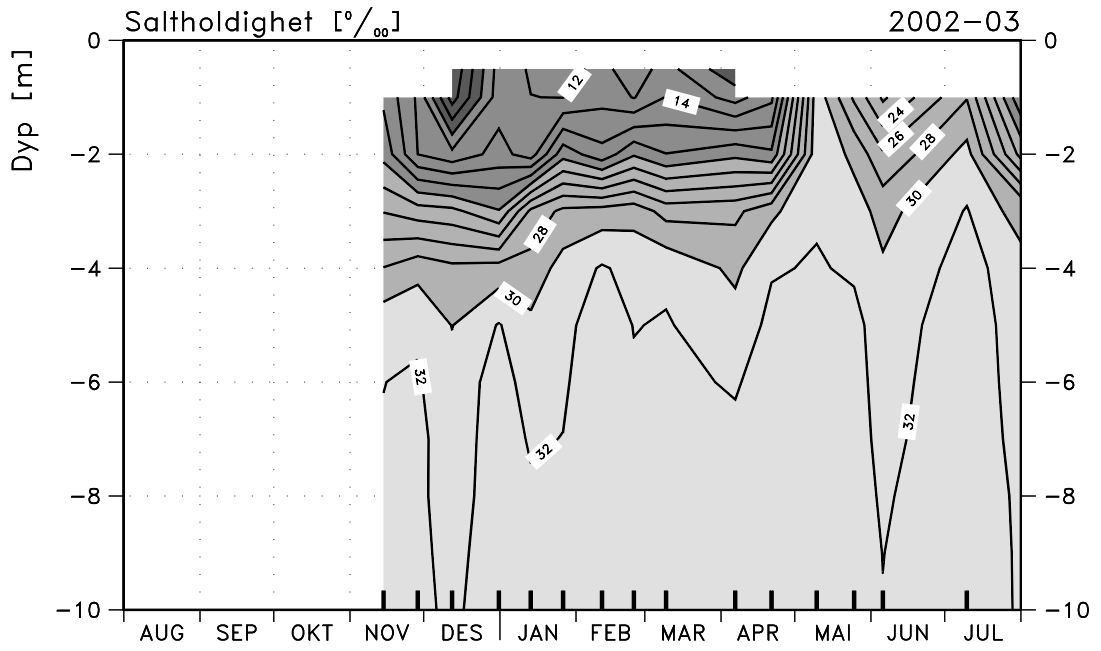
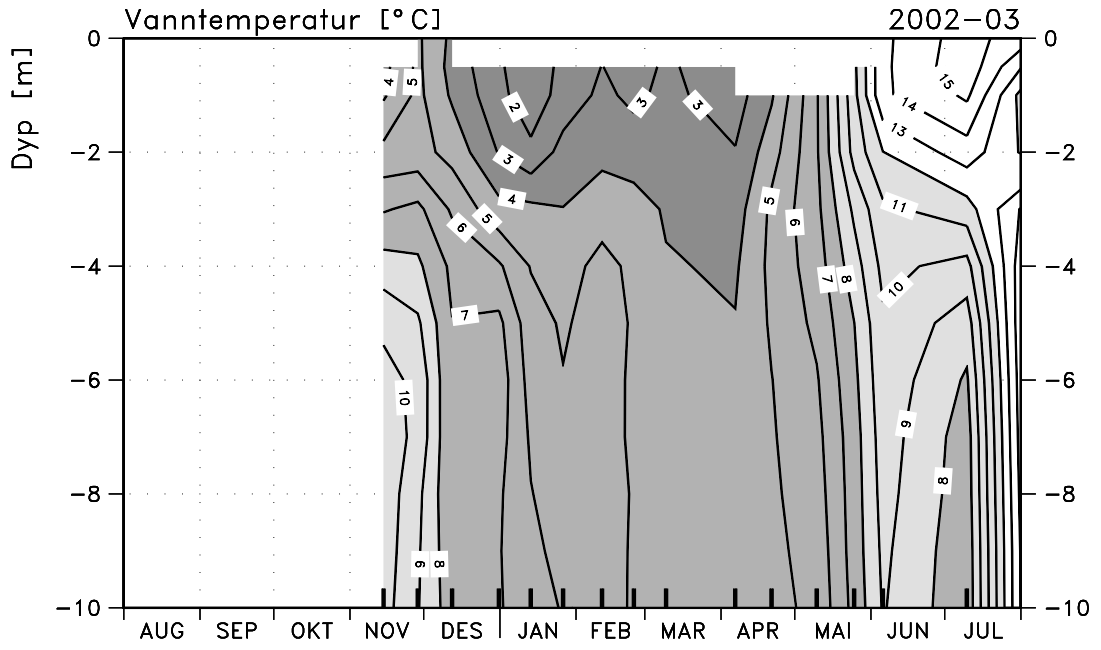




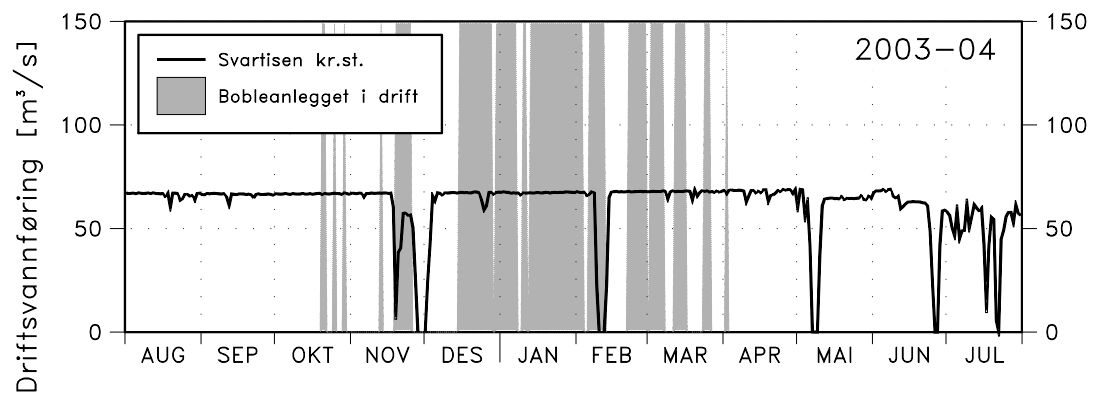
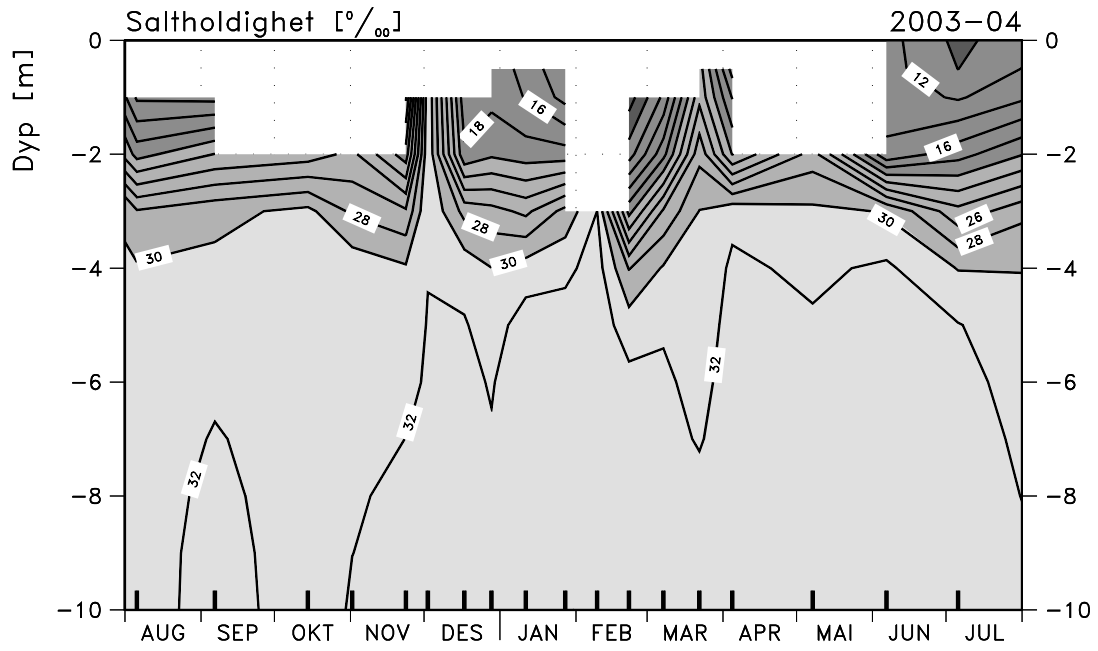
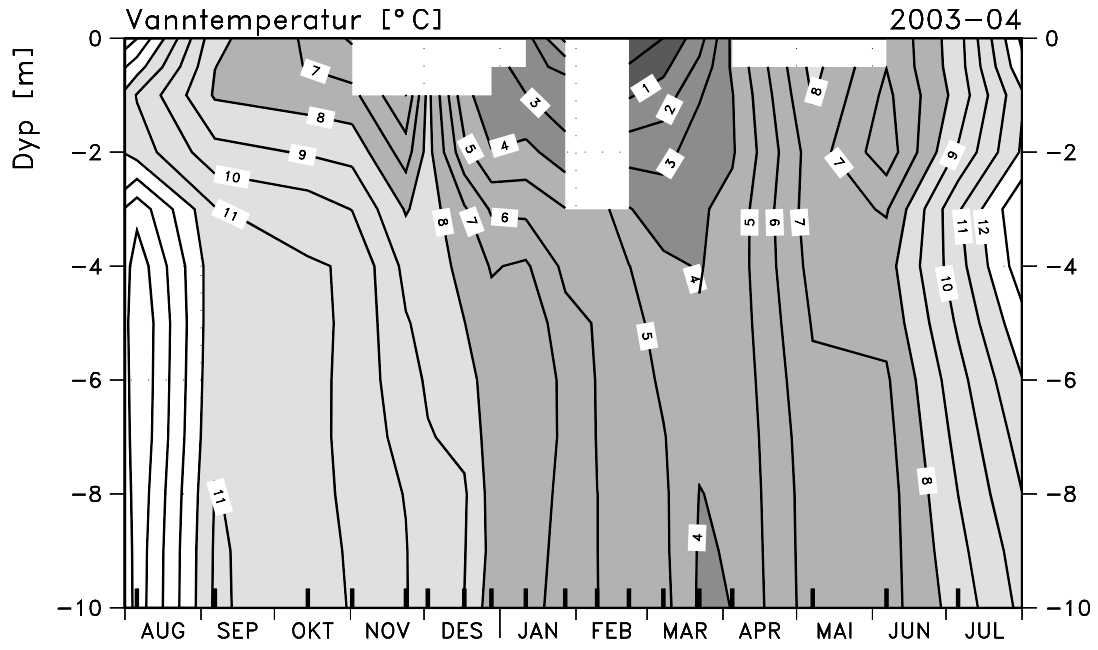
Nordfjorden punkt 2K



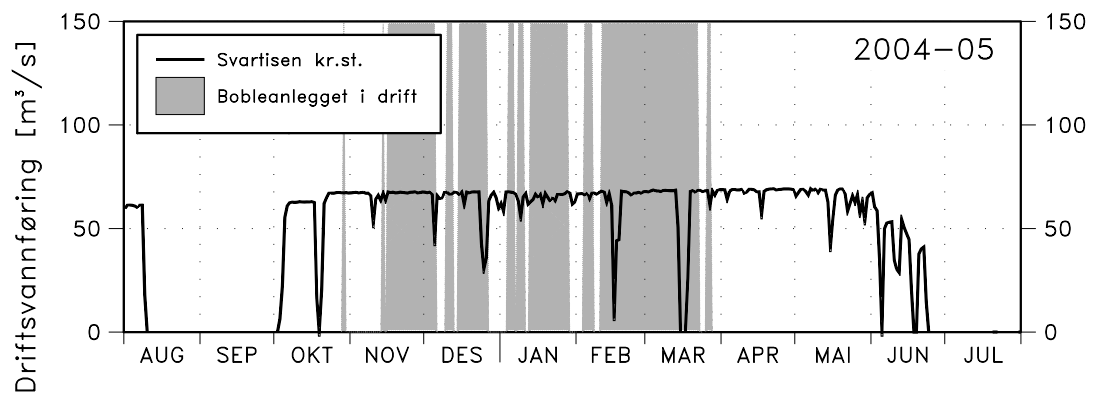
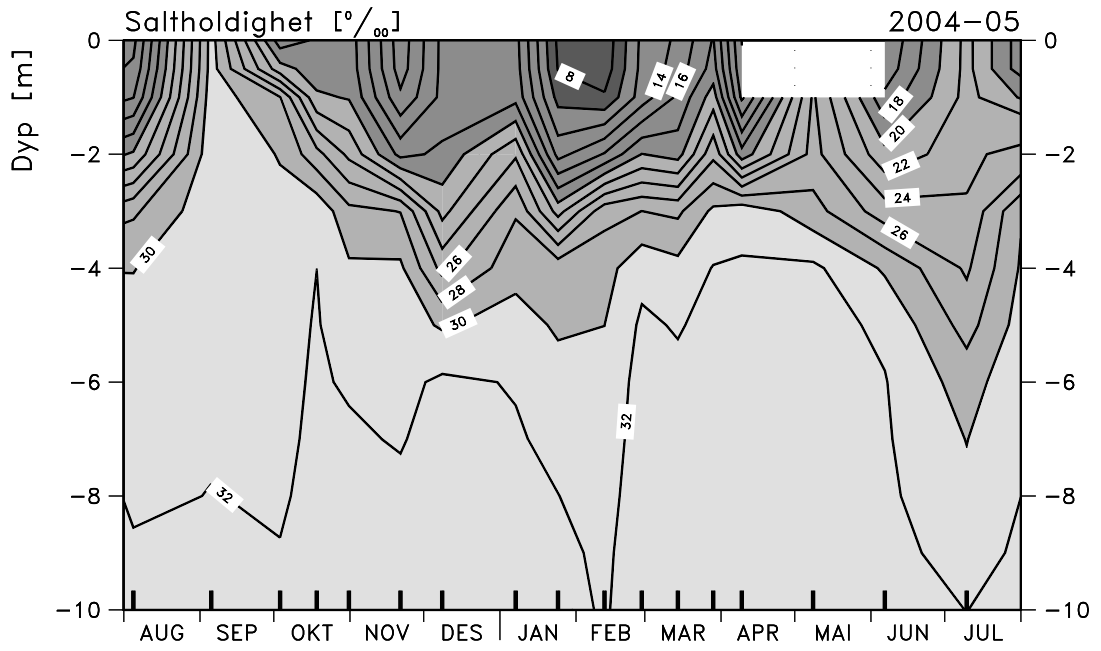
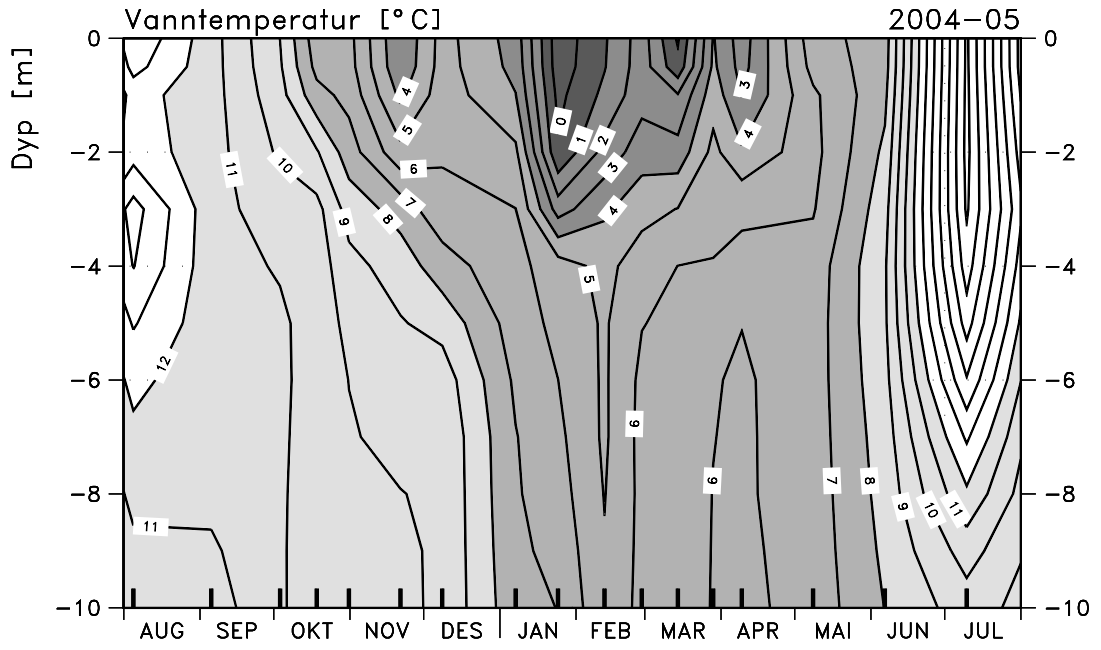
Nordfjorden punkt 2



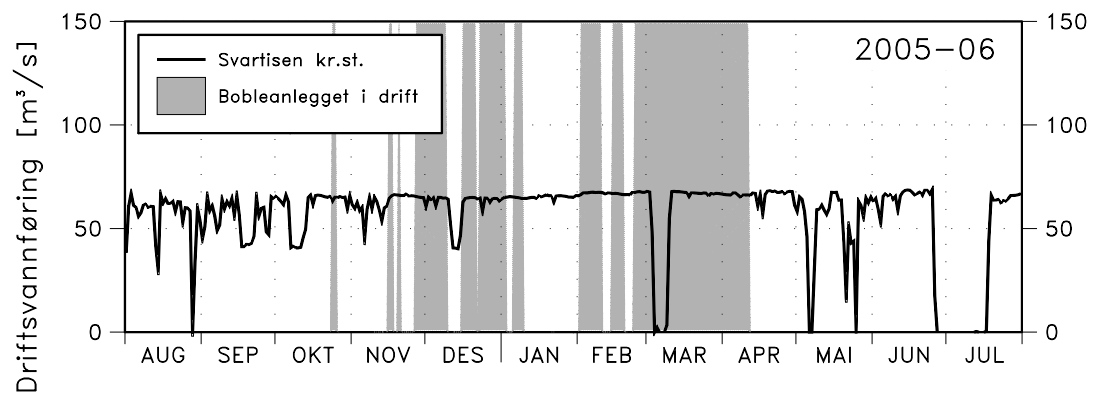
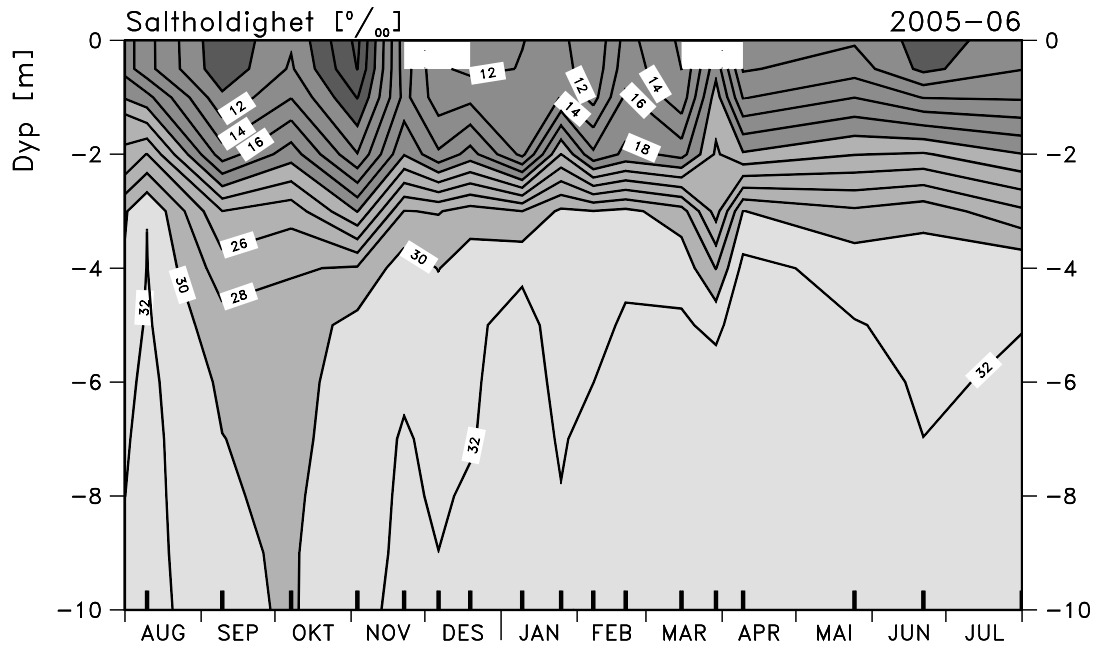
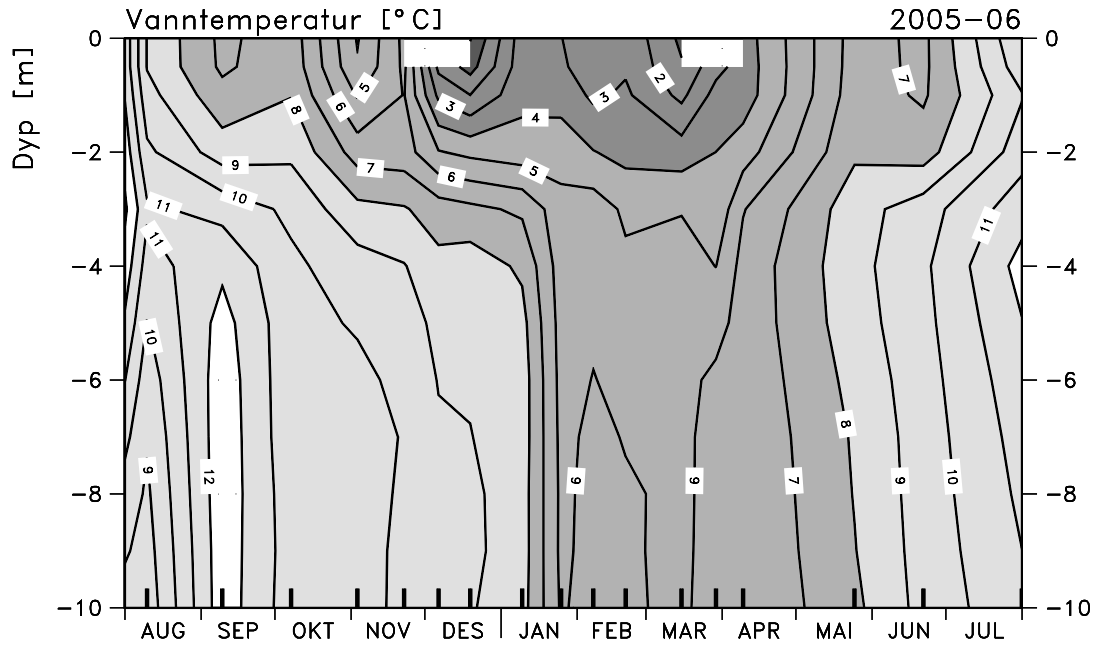
Nordfjorden punkt 2



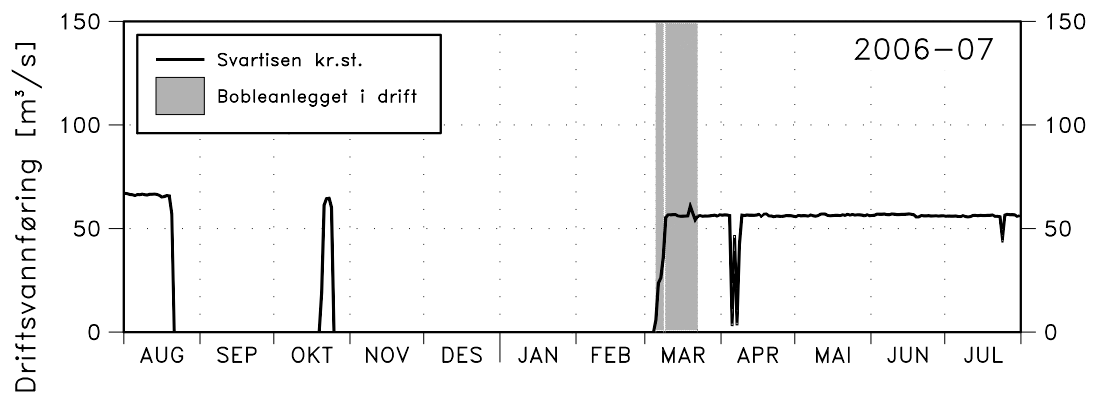
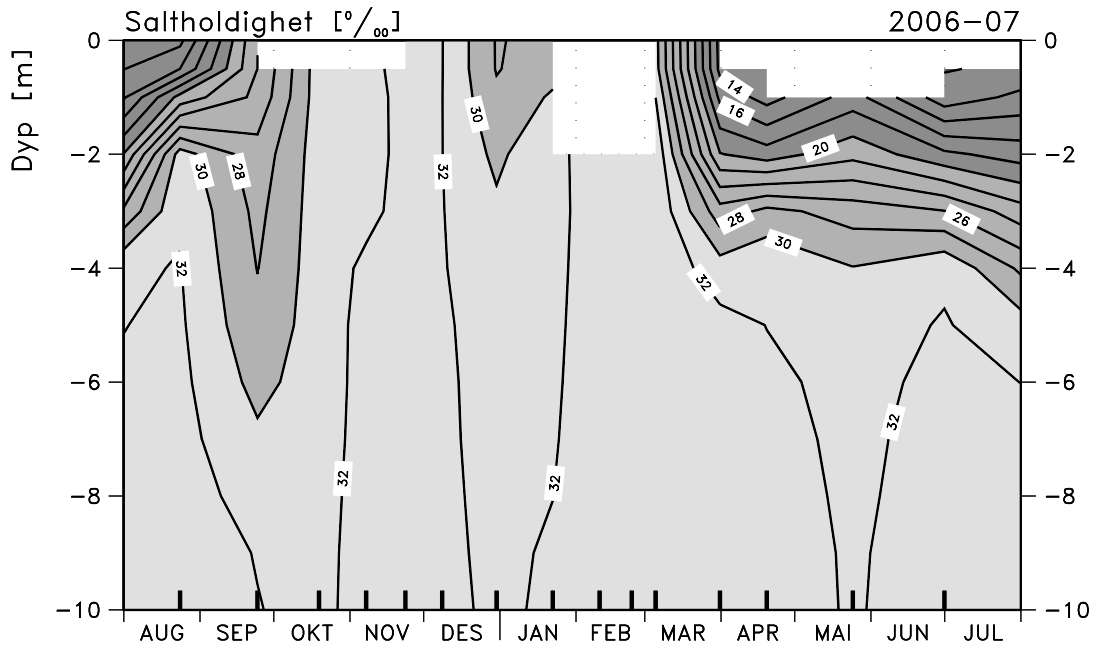
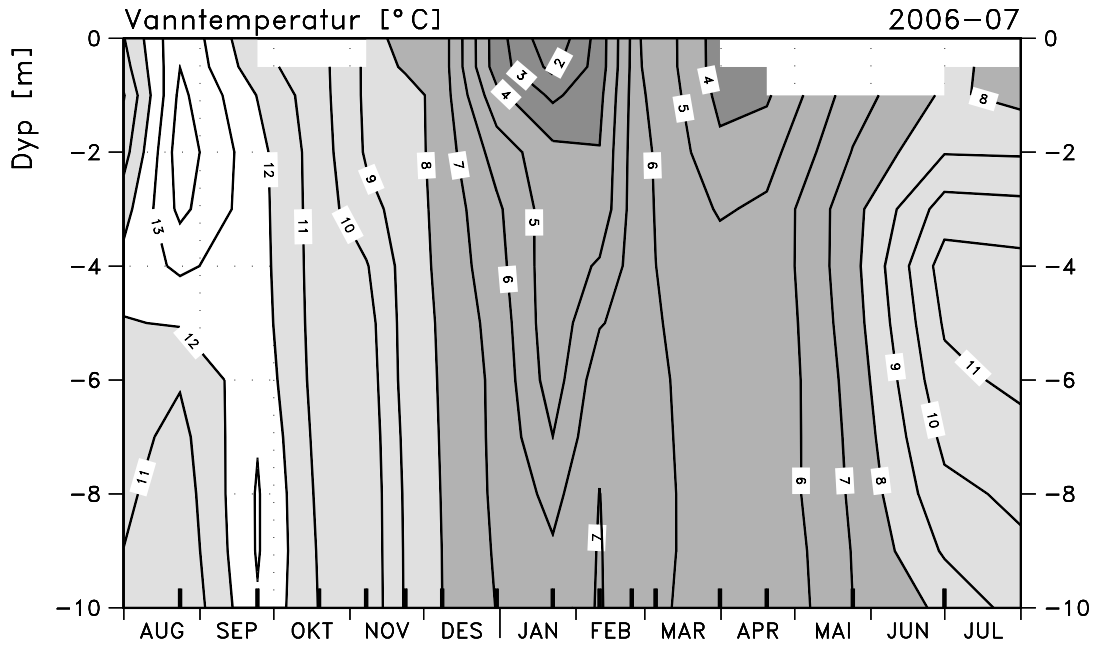
Nordfjorden punkt 2



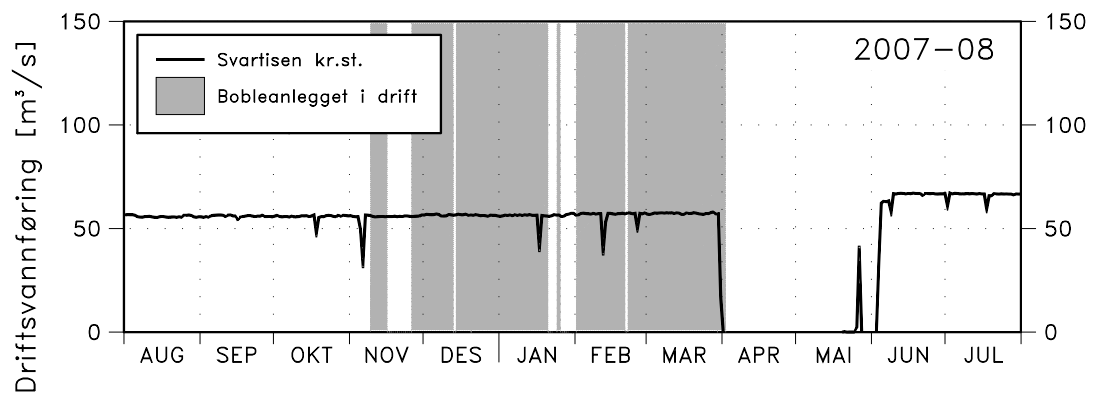
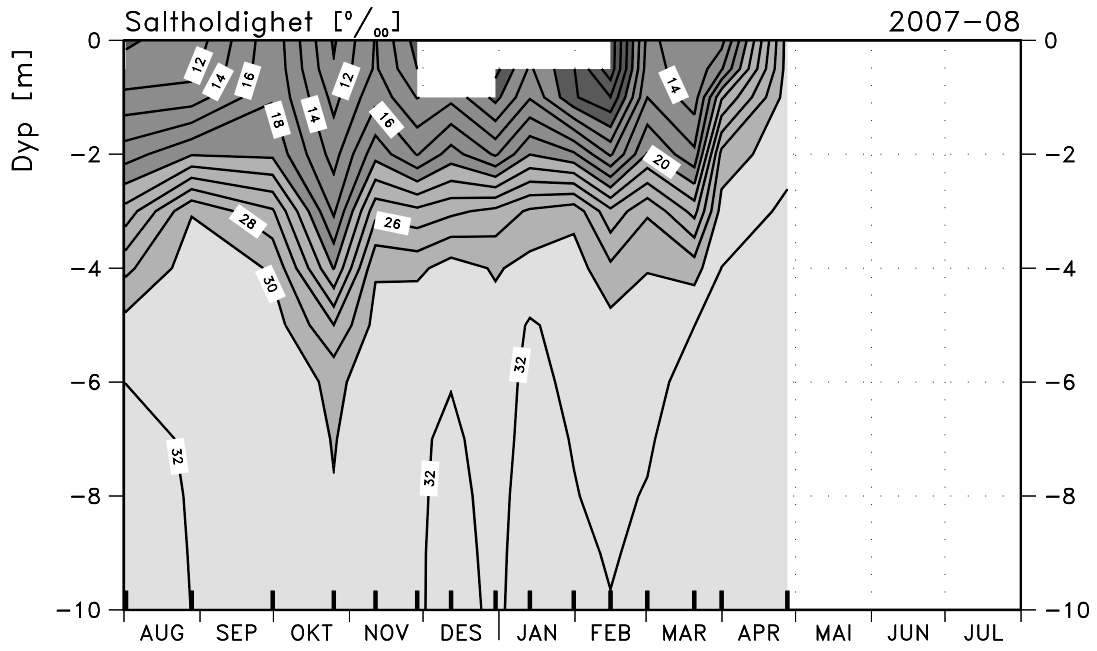
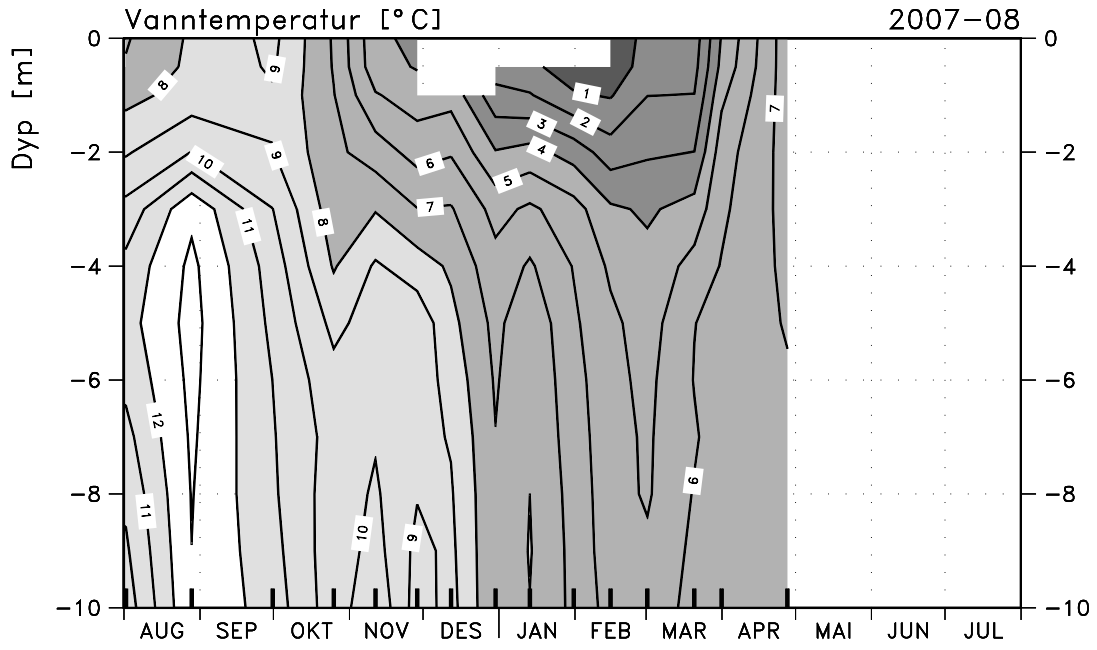
Nordfjorden punkt 2



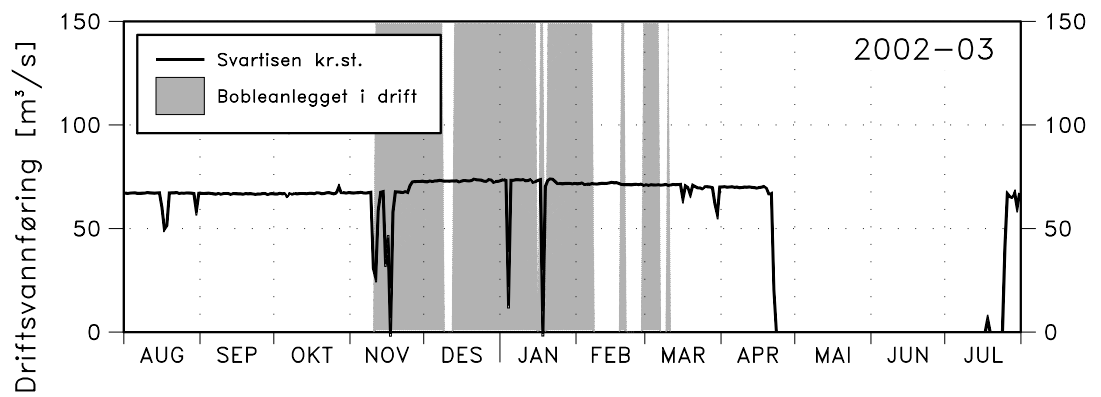
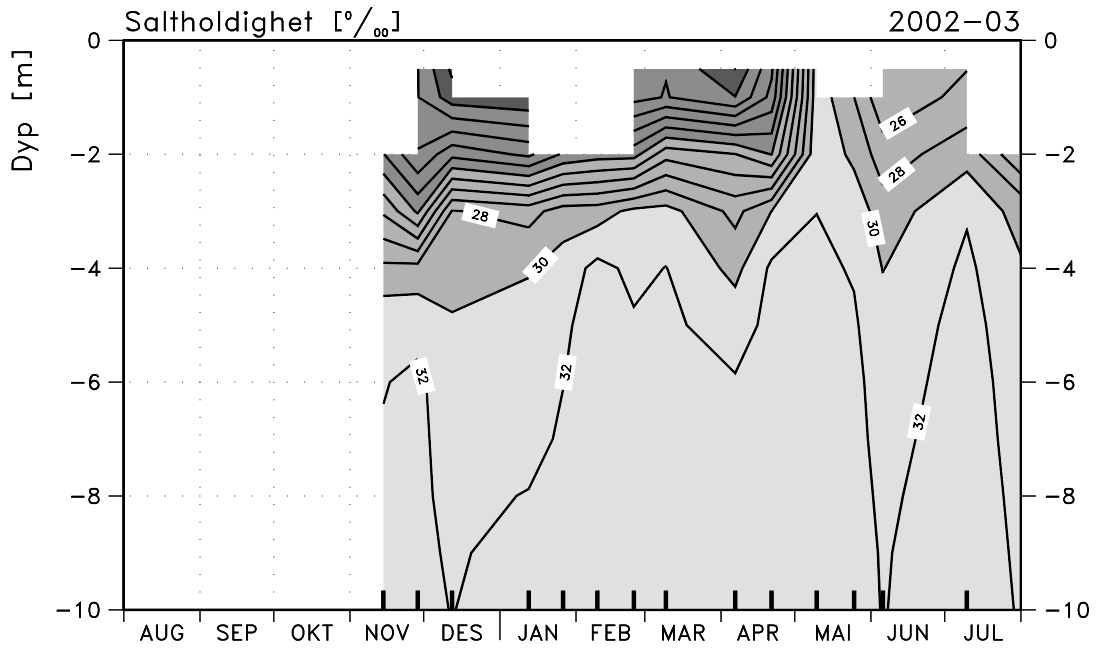
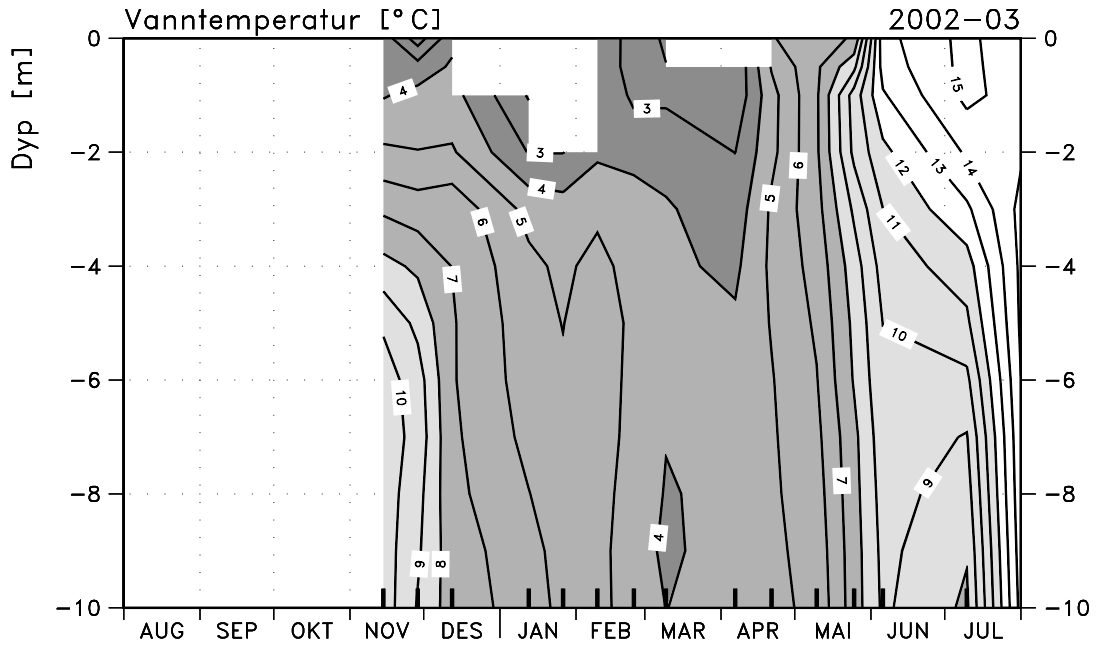
Nordfjorden punkt 2



Nordfjorden punkt 2

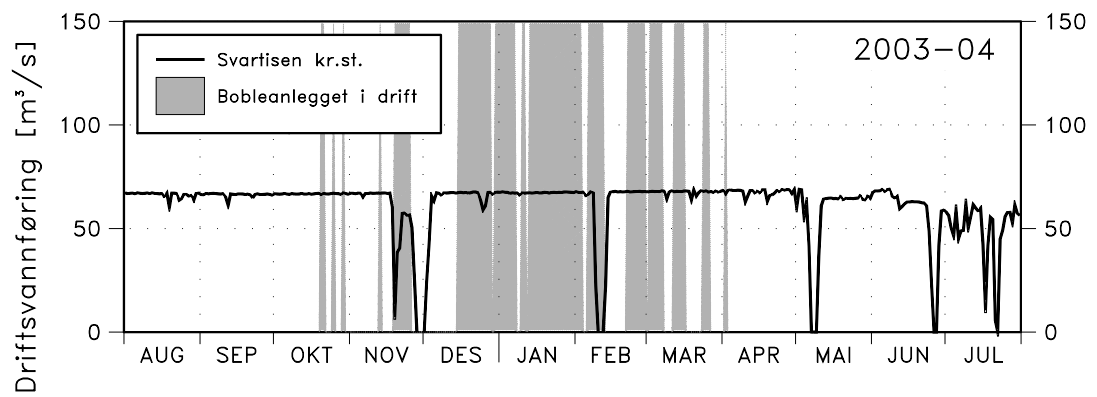
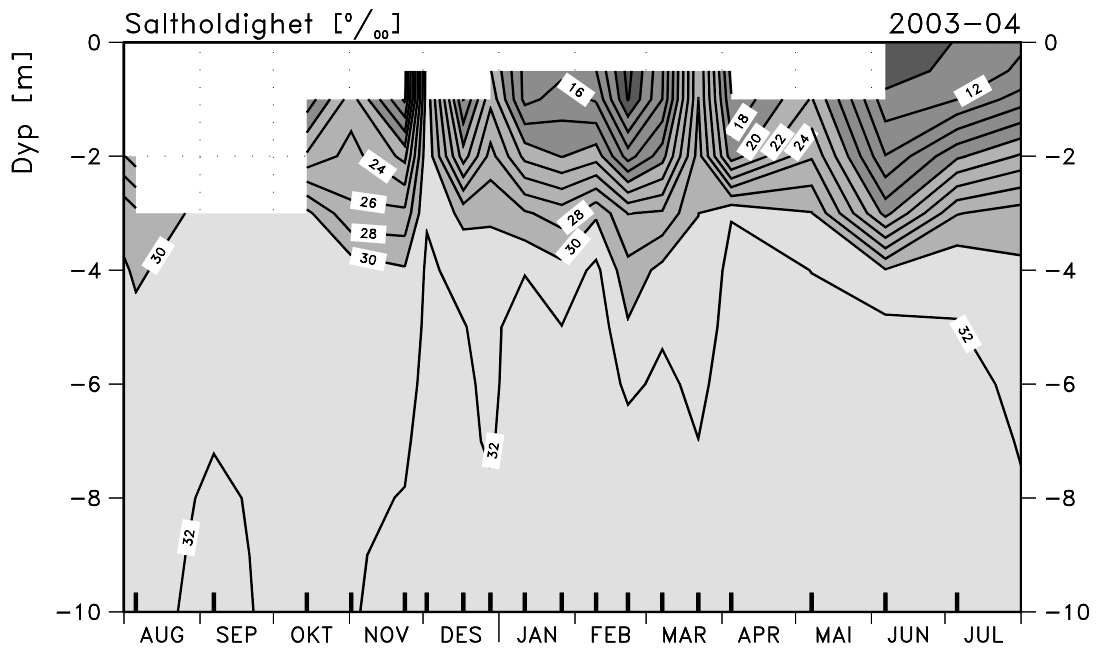
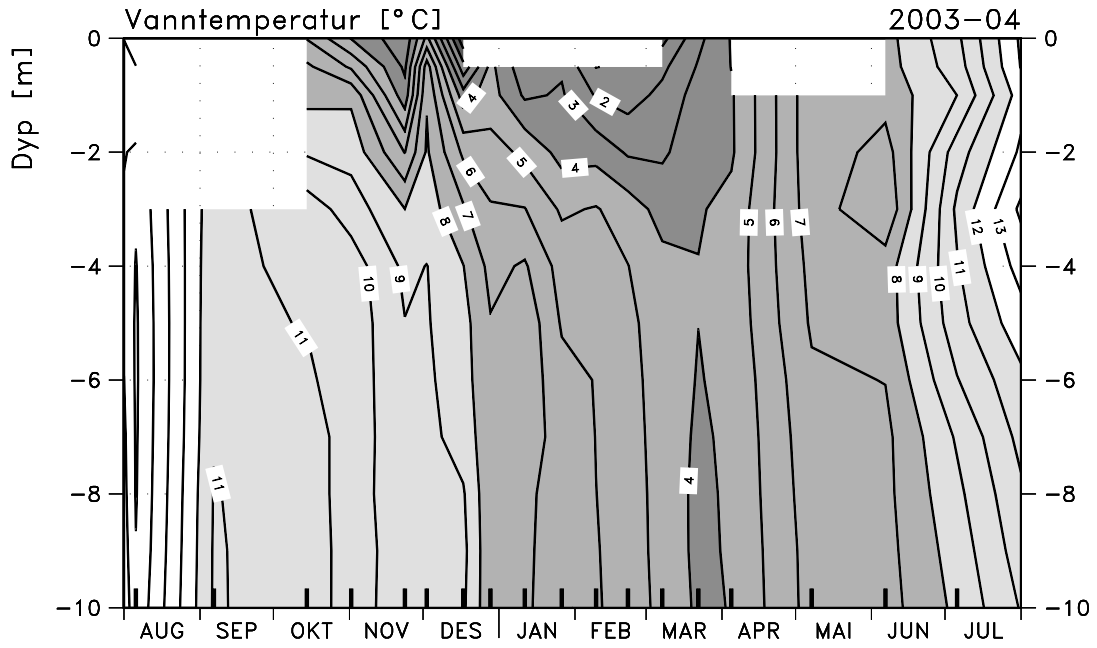


Nordfjorden punkt 3

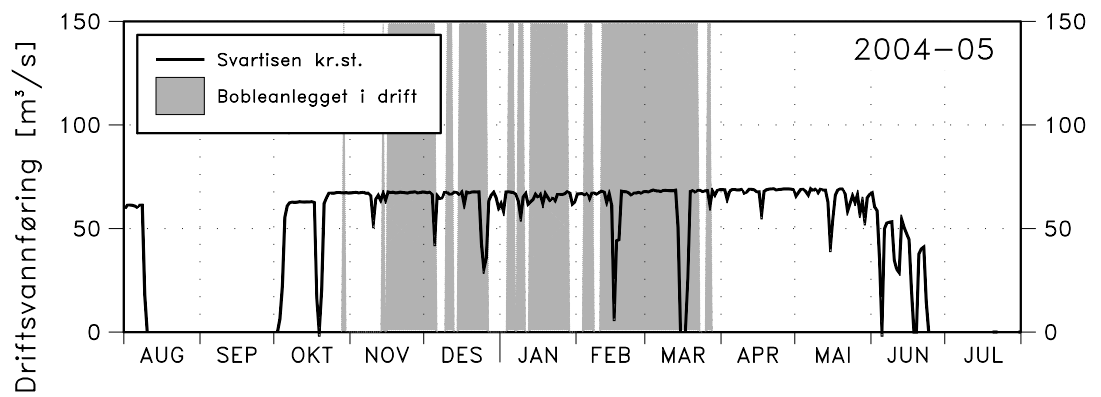
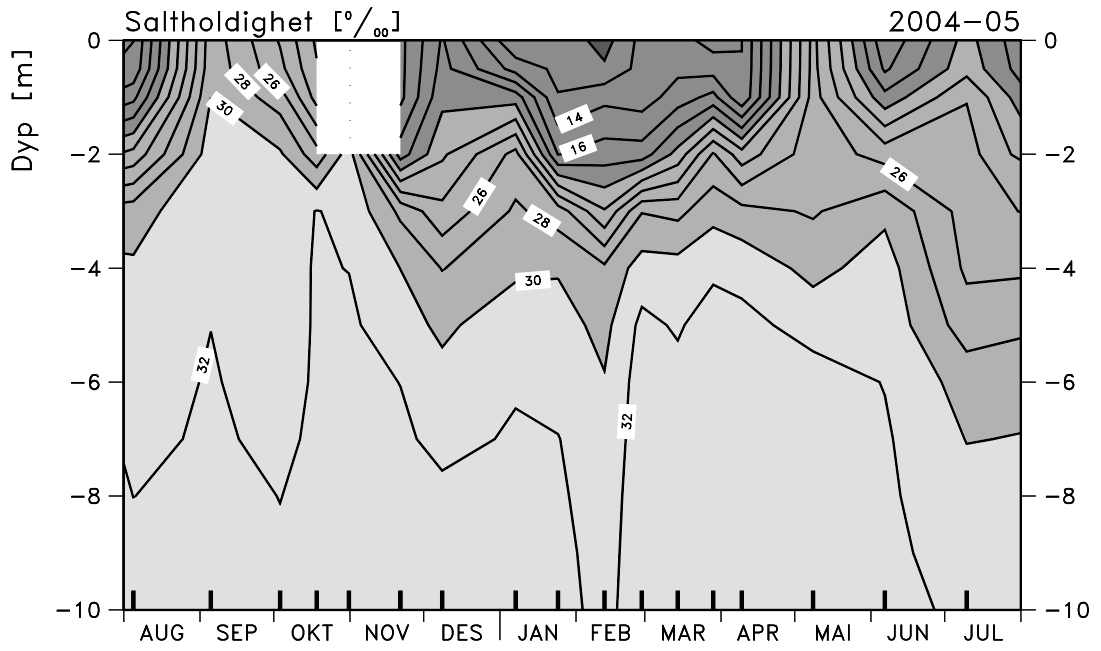
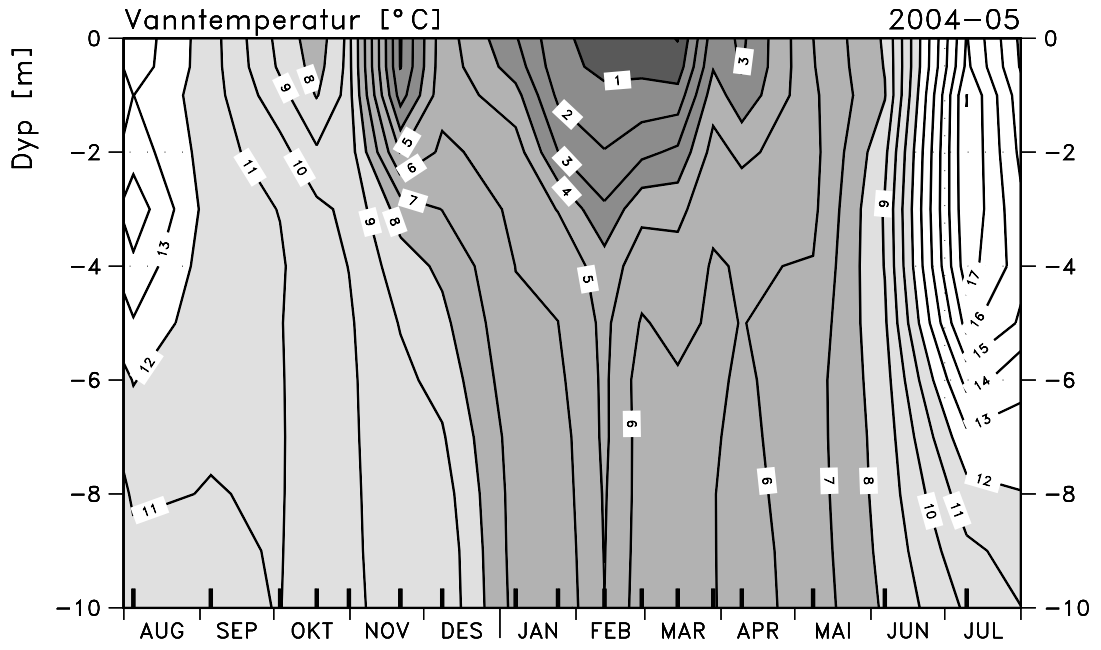




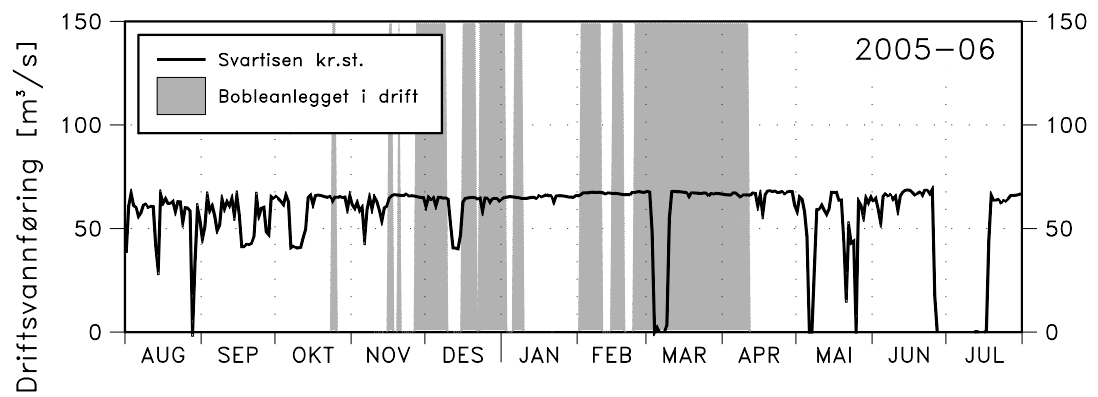
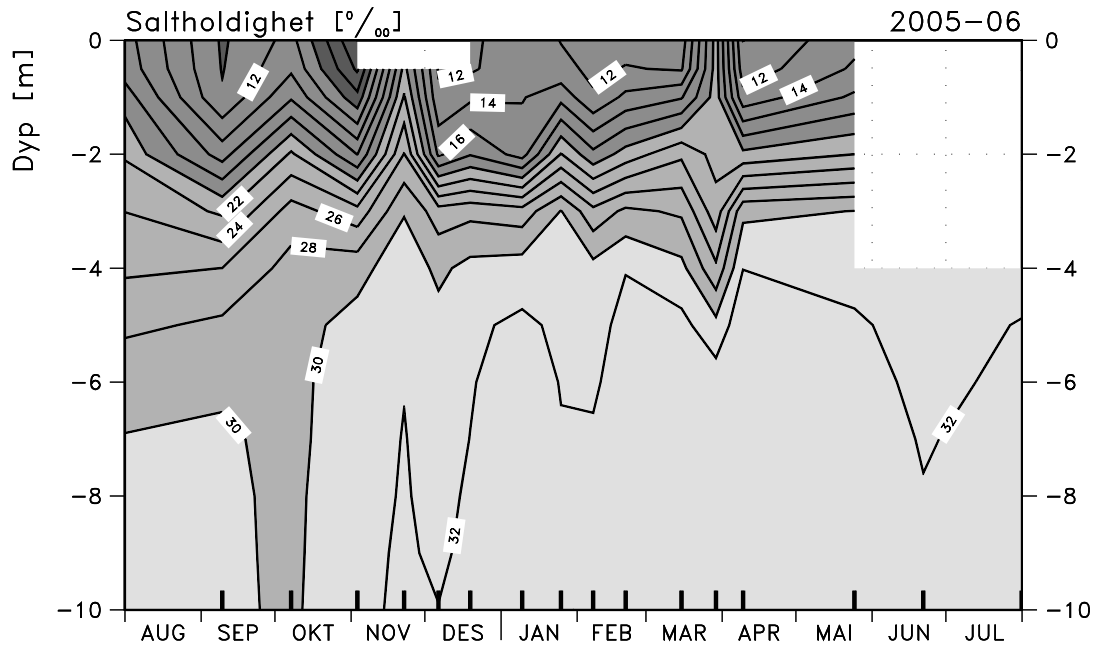
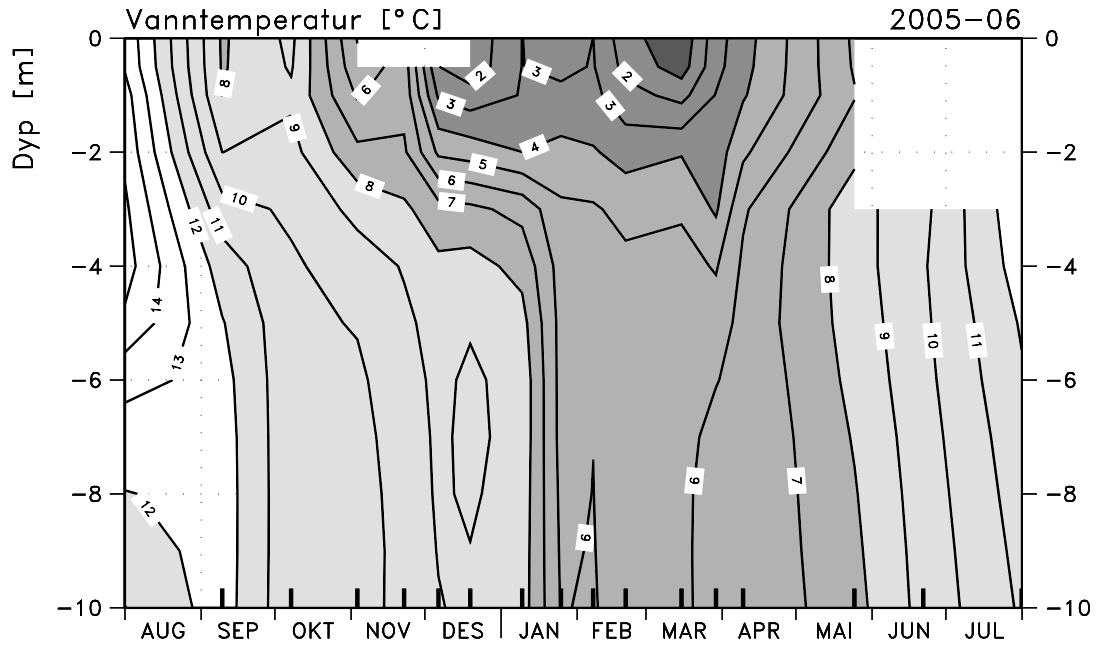
Nordfjorden punkt 3



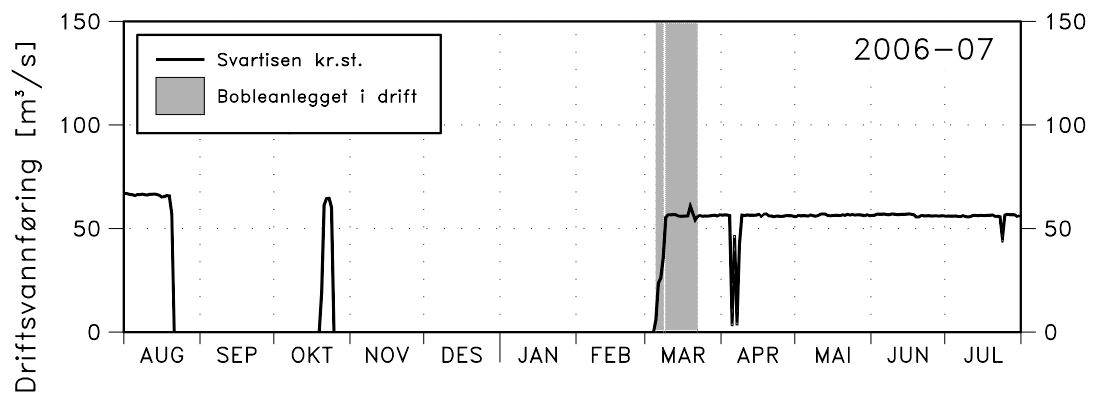
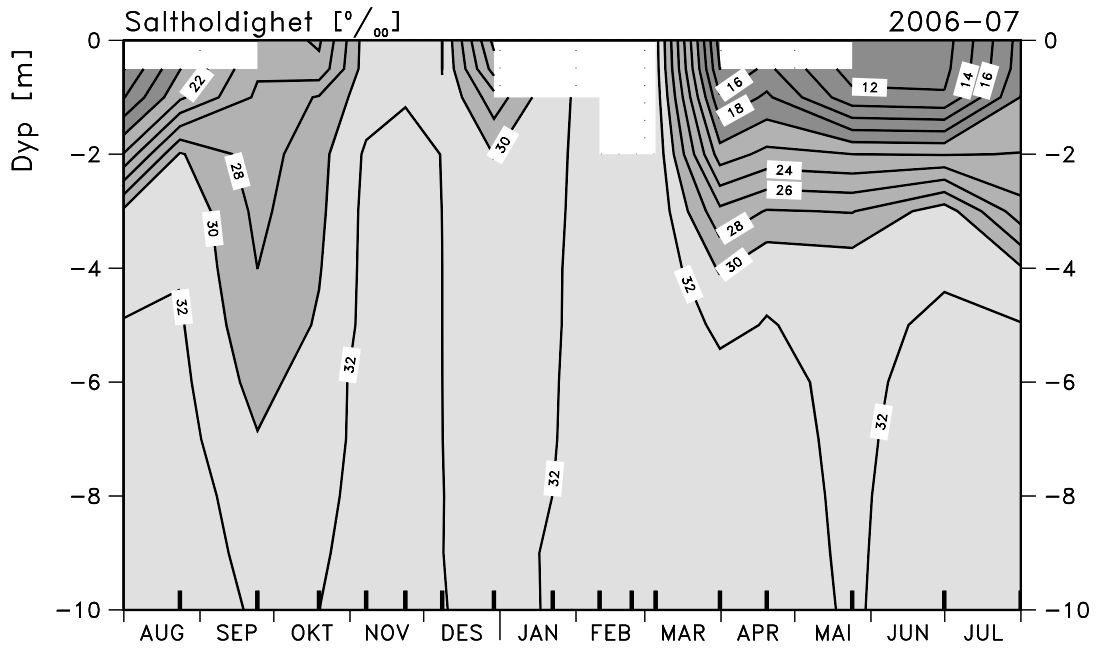
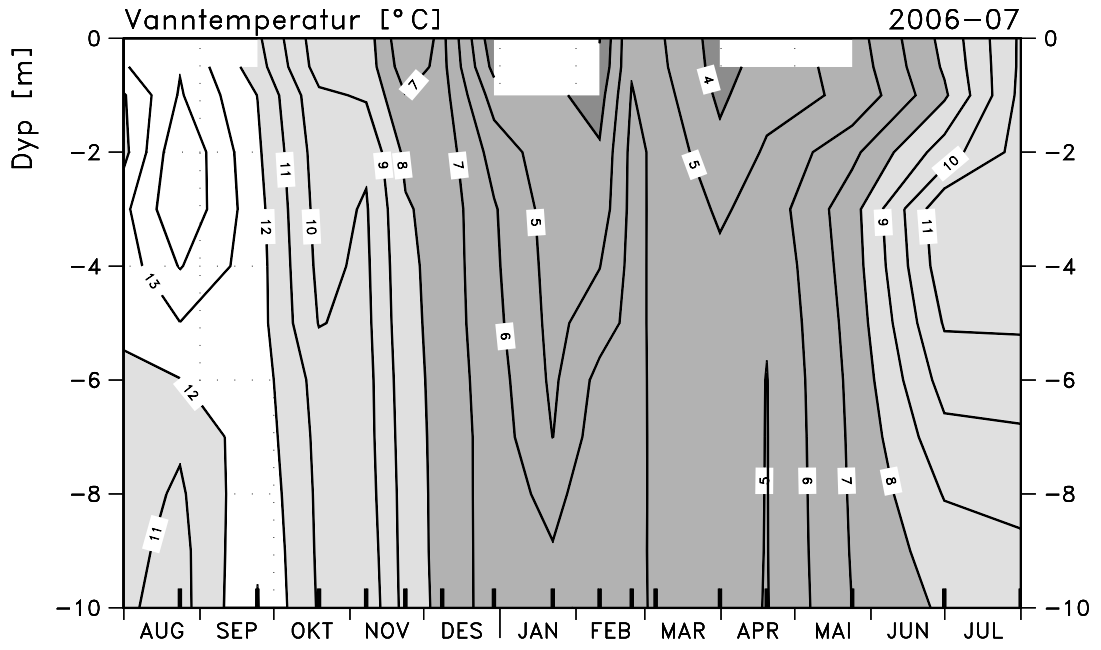
Nordfjorden punkt 3



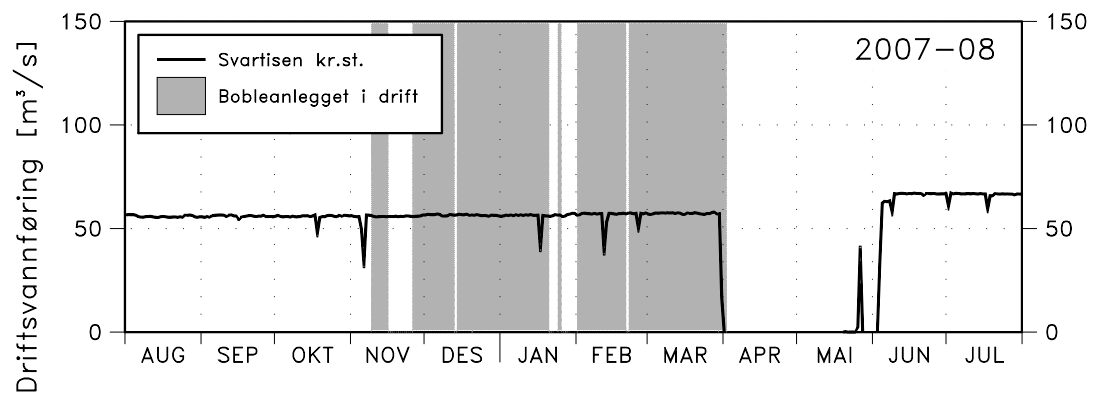
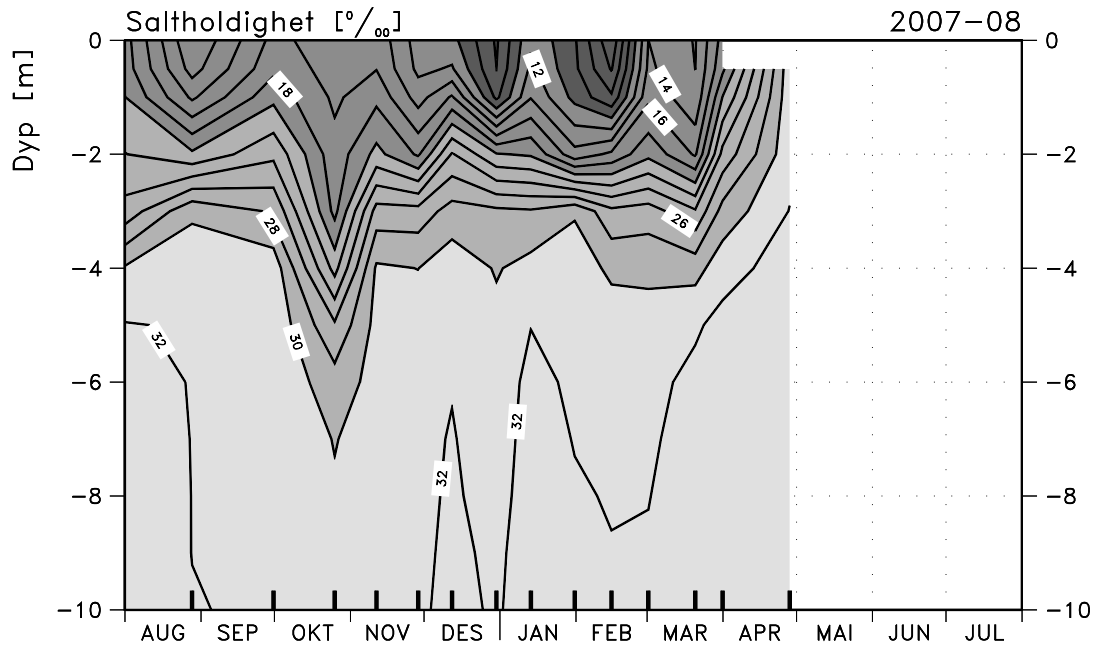
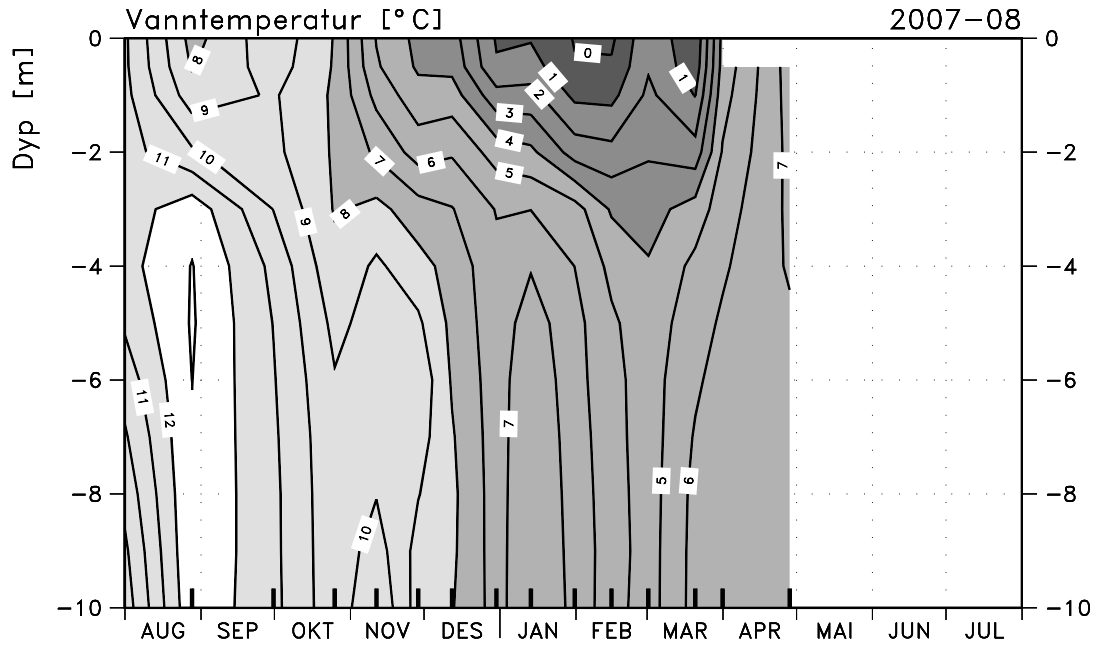
Nordfjorden punkt 3



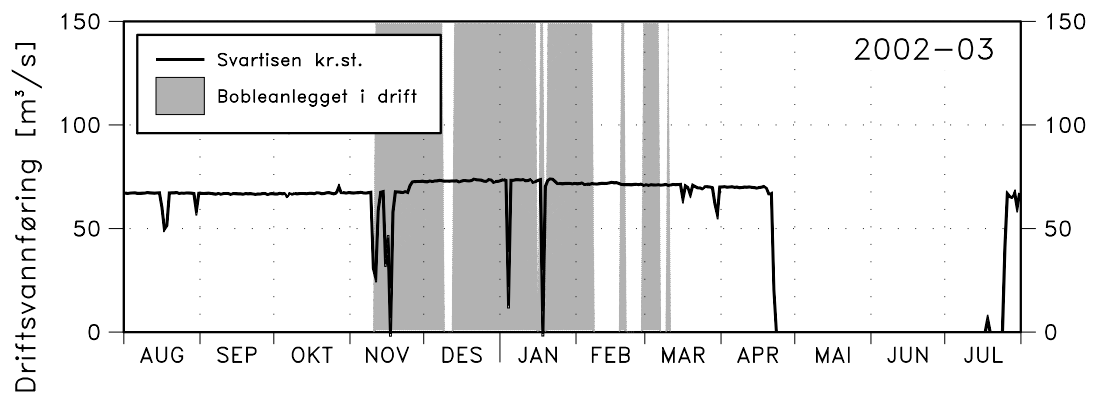
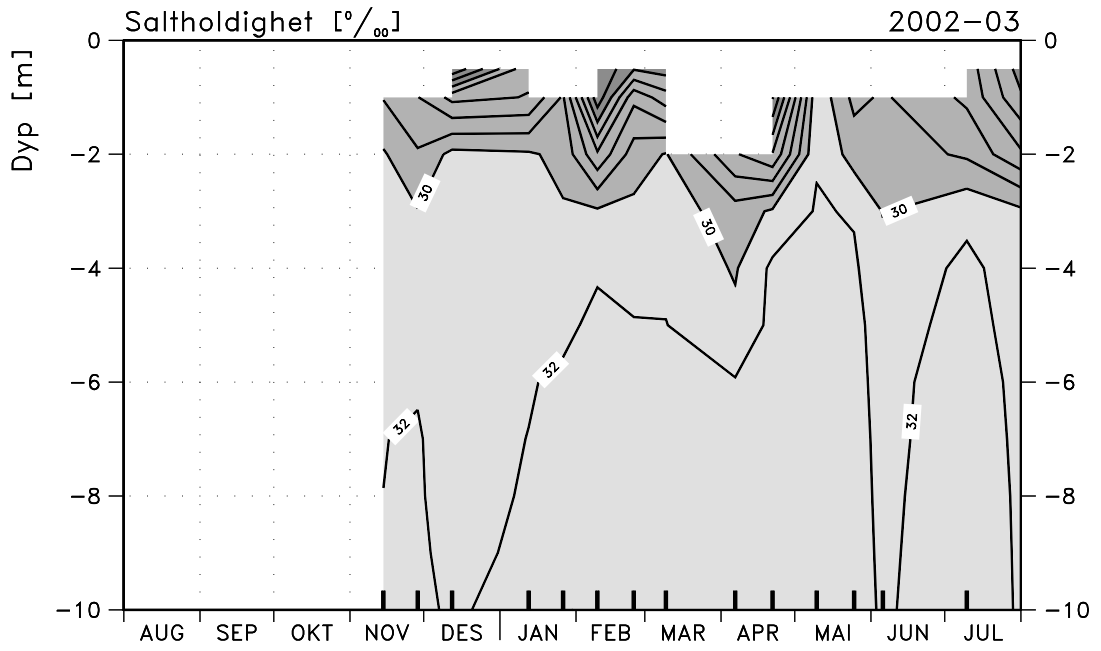
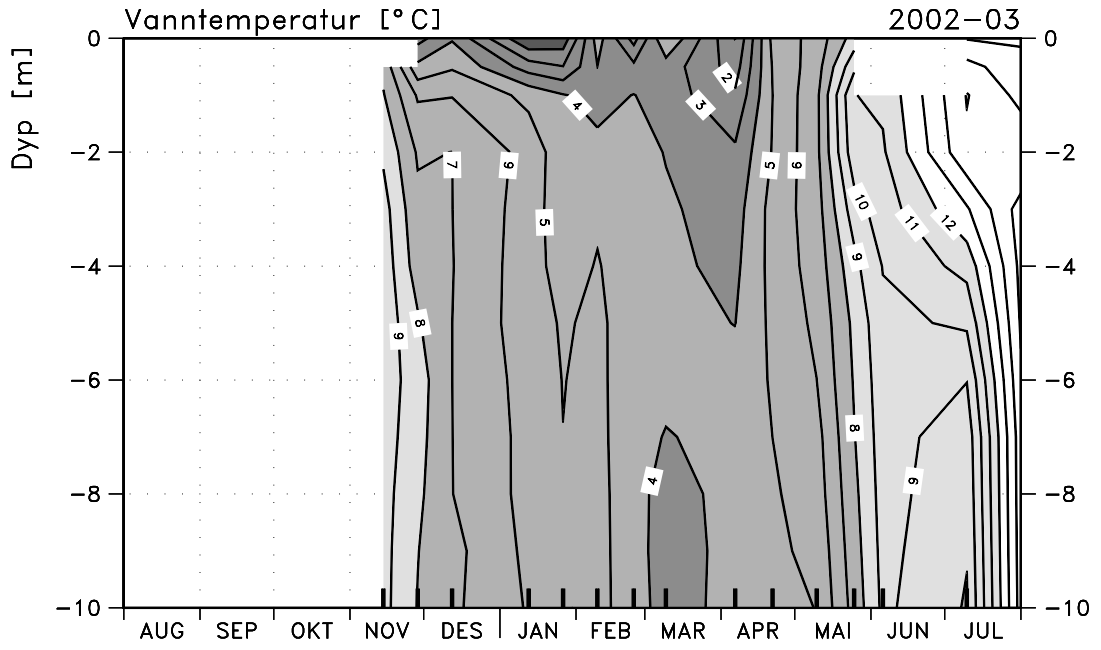
Nordfjorden punkt 3



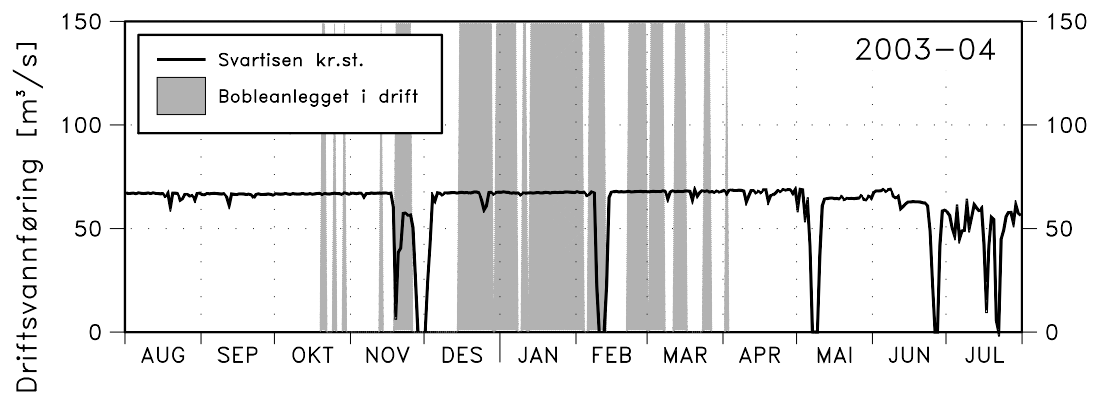
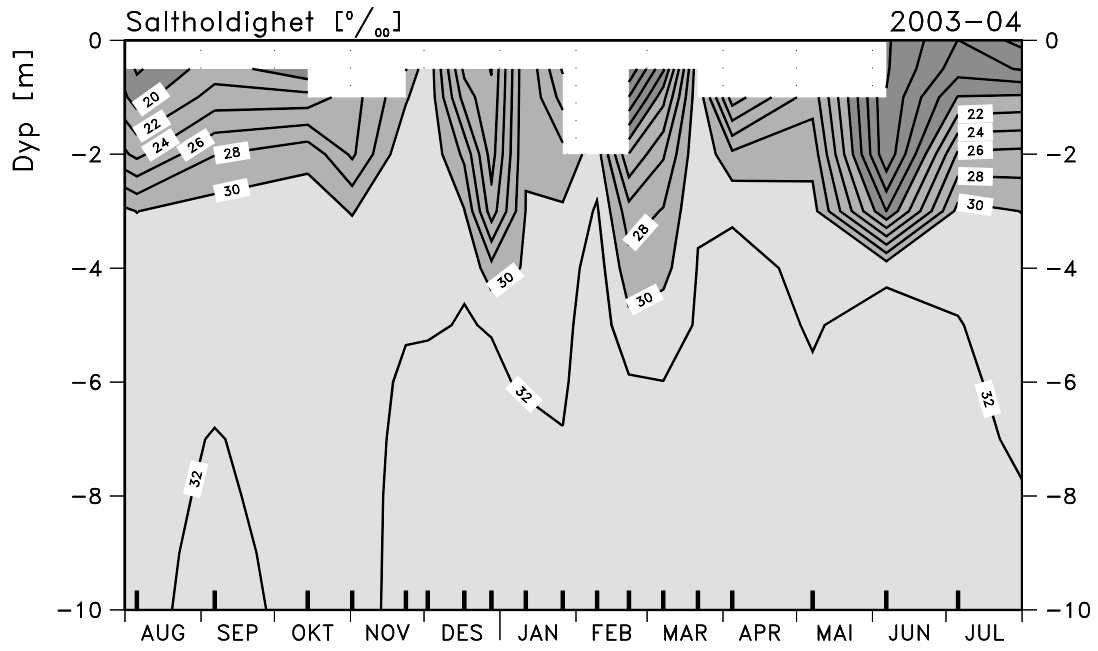
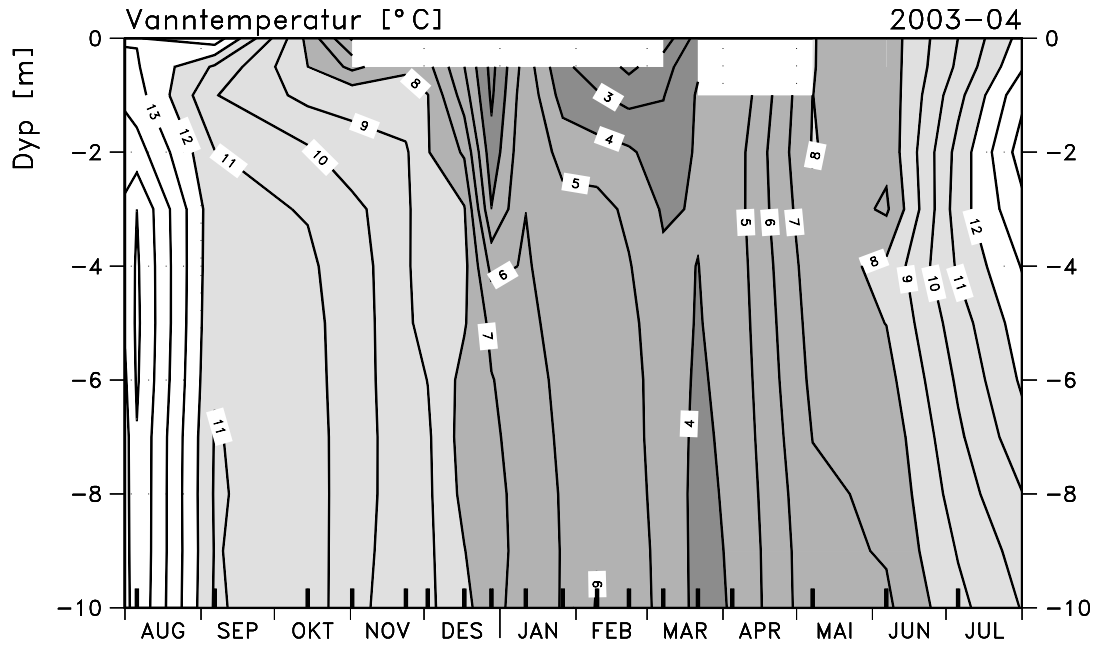
Nordfjorden punkt 3



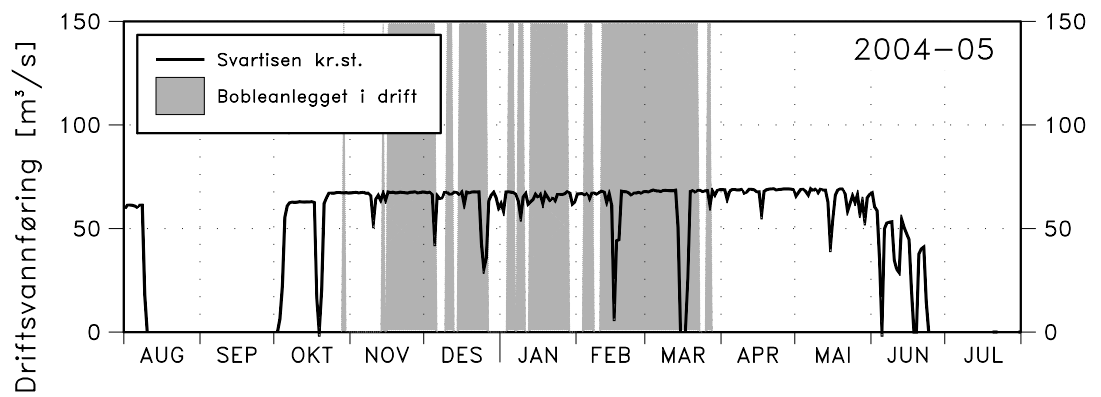
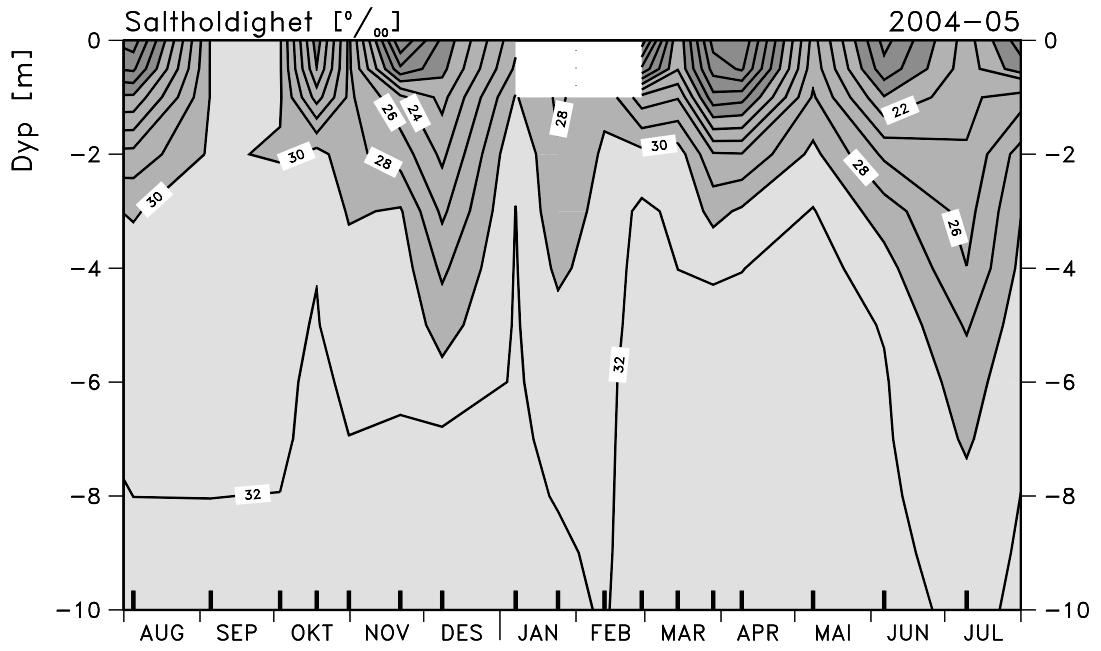
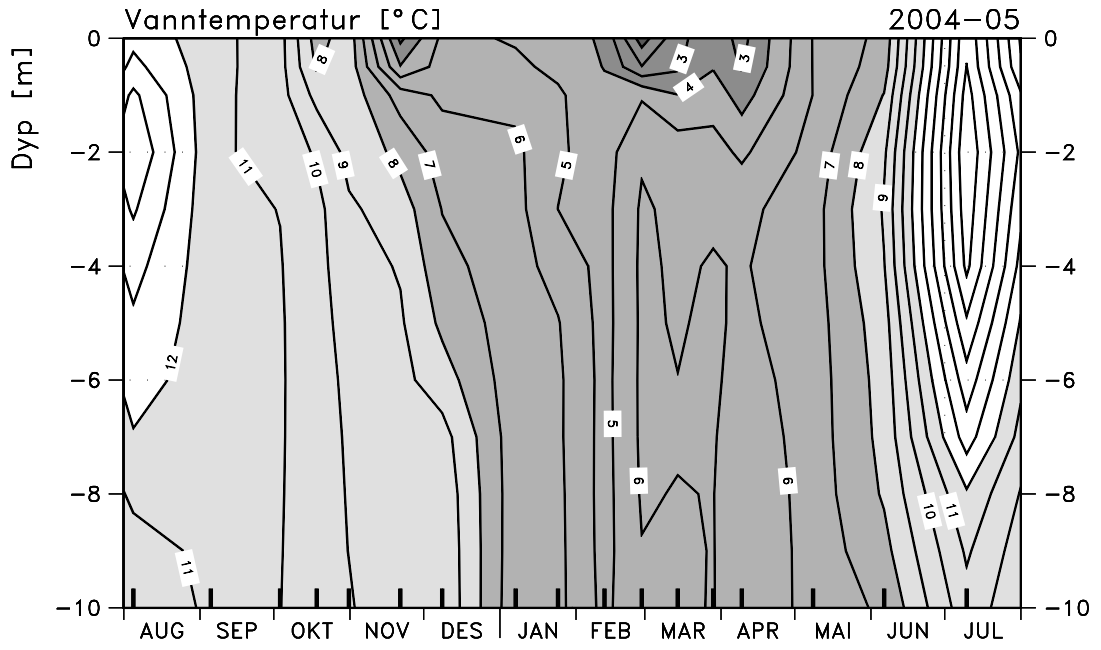
Holandsfjorden punkt 4



Holandsfjorden punkt 4

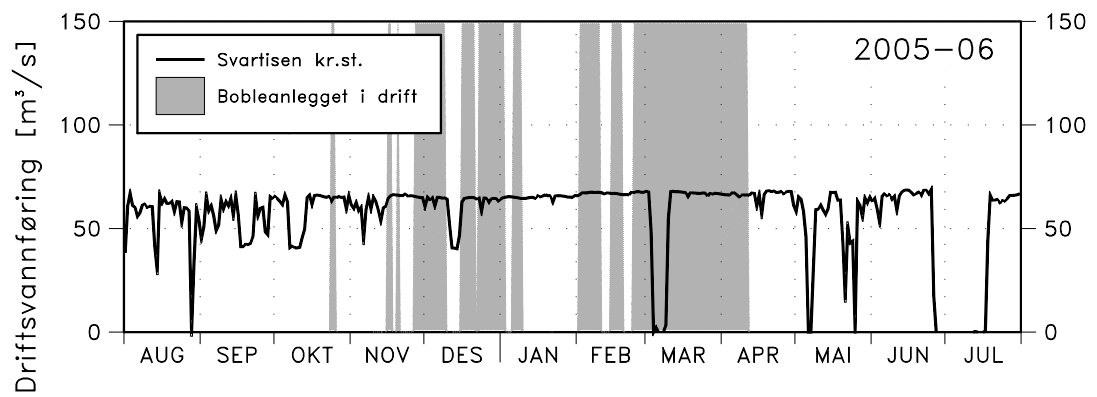
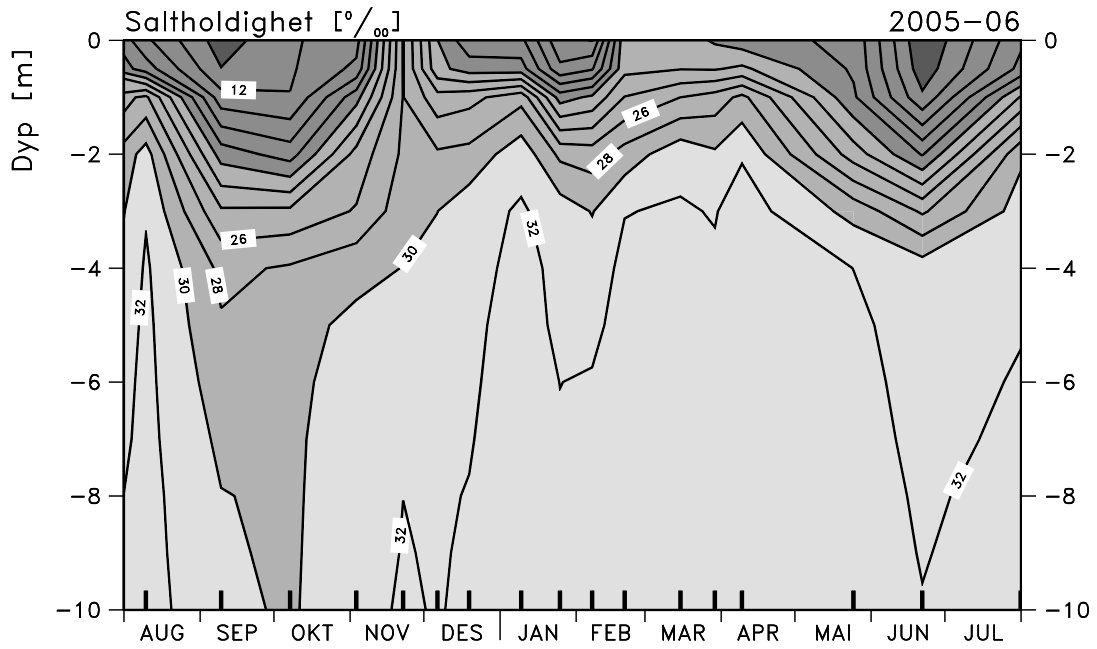
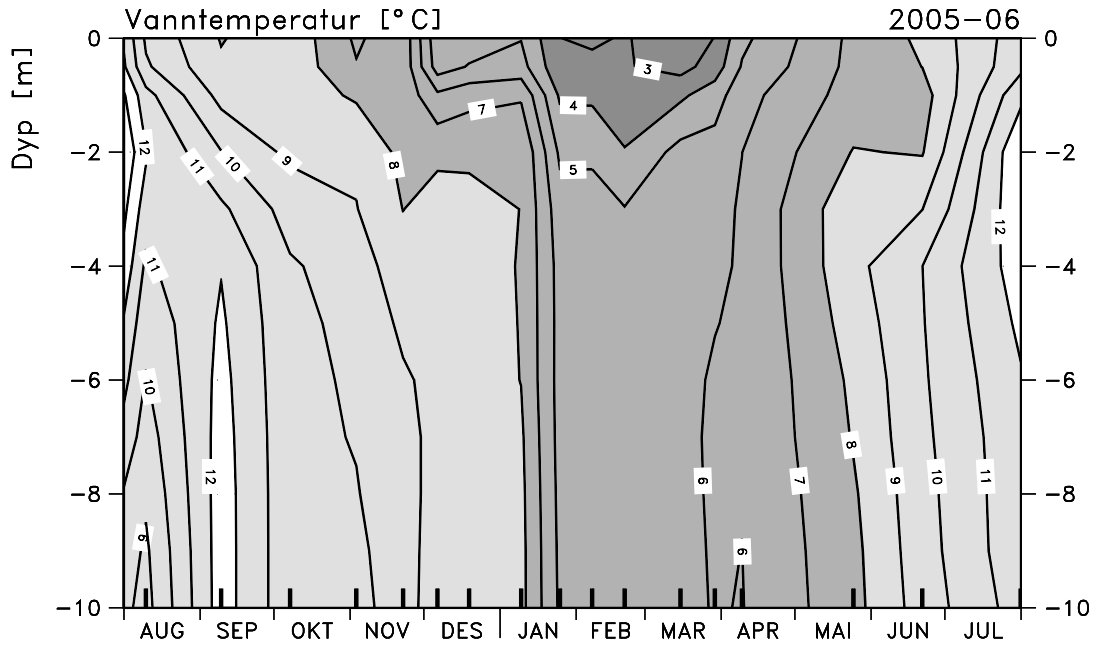


Holandsfjorden punkt 4

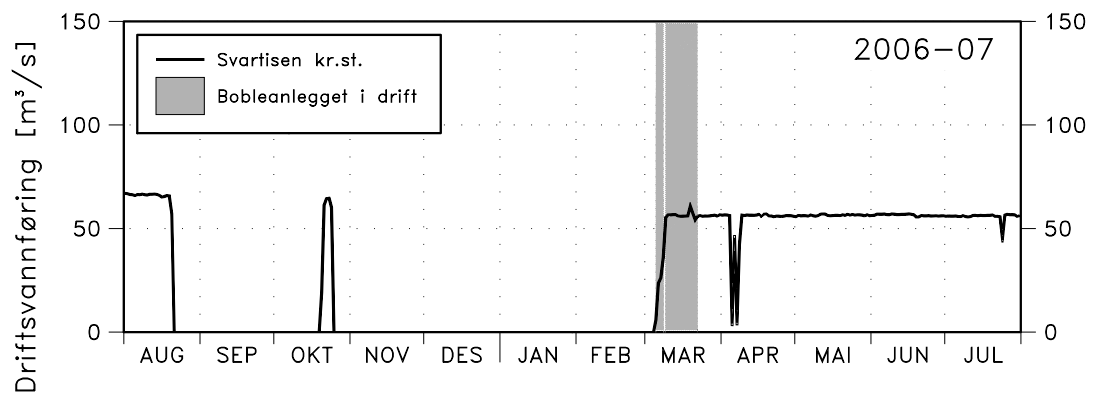
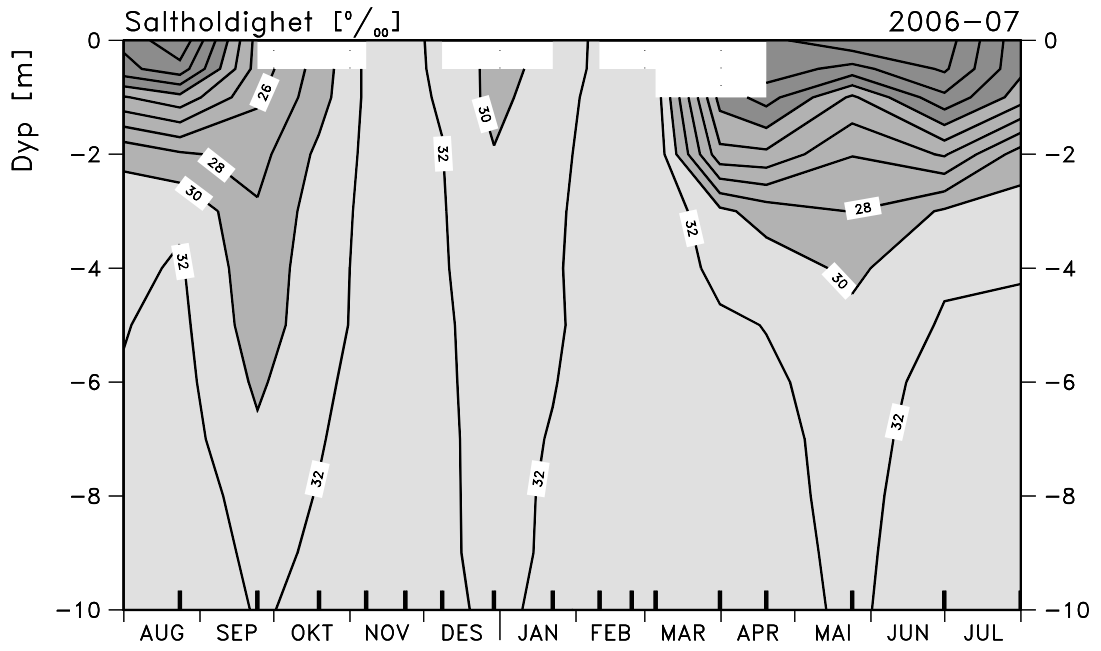
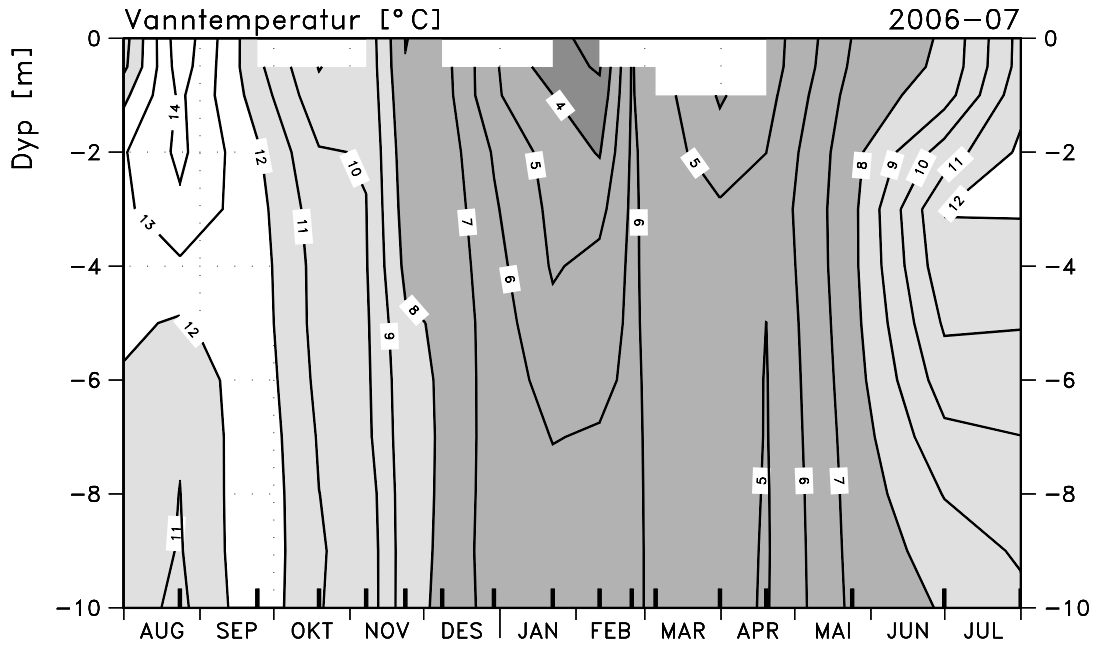




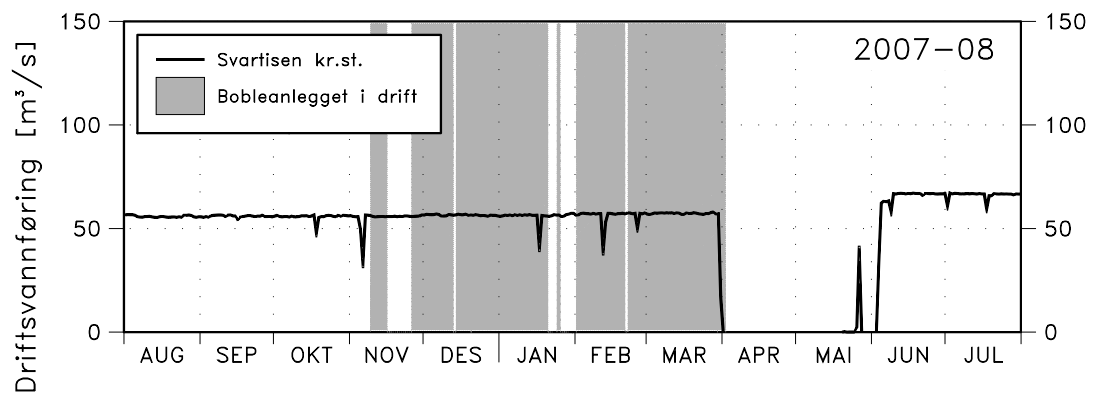
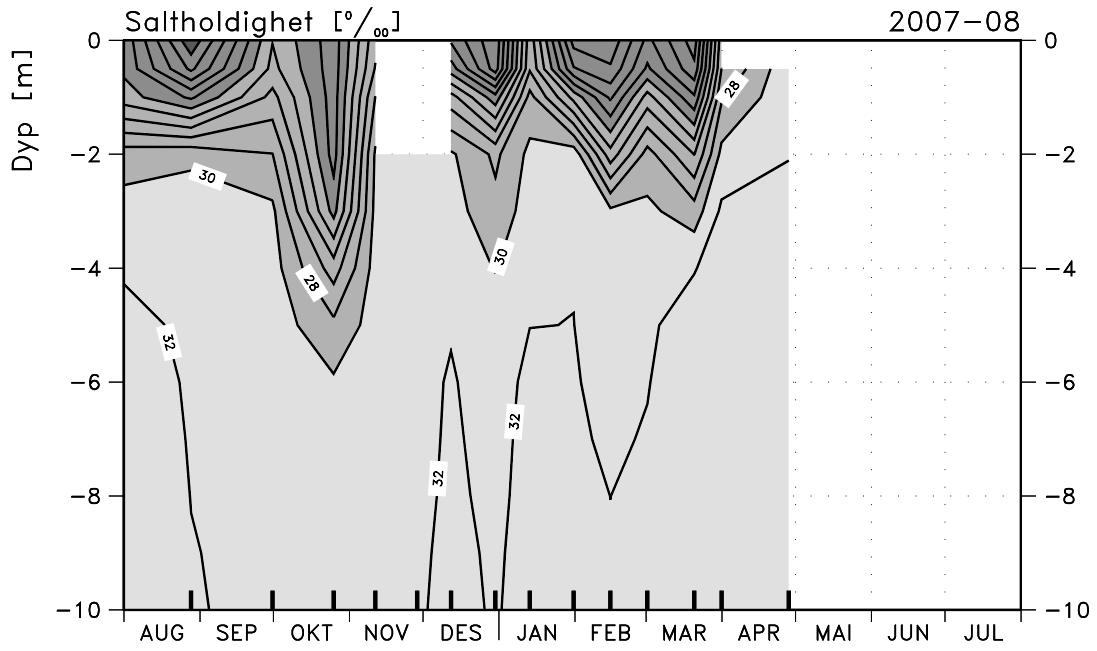
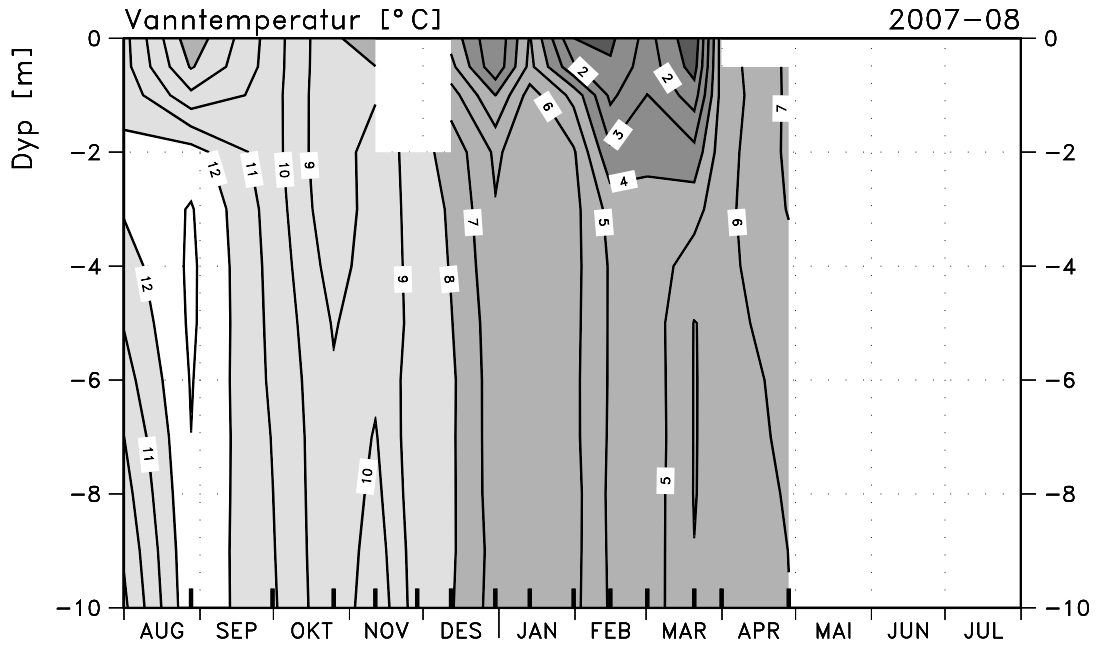
Holandsfjorden punkt 4



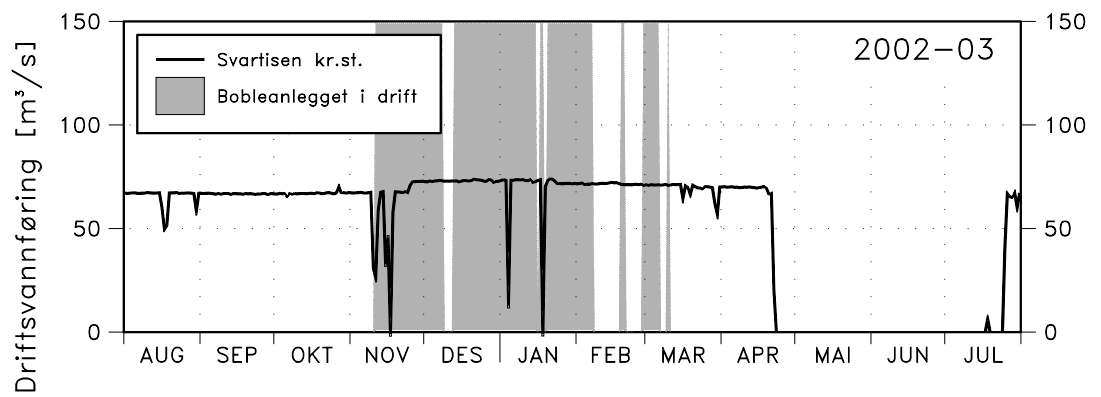
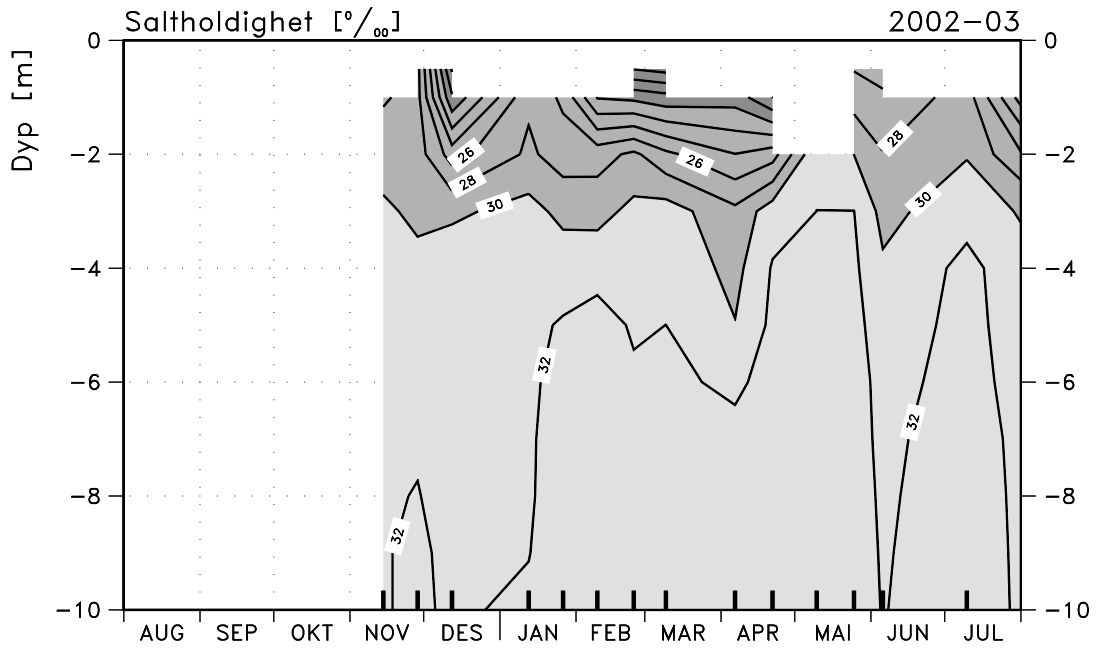
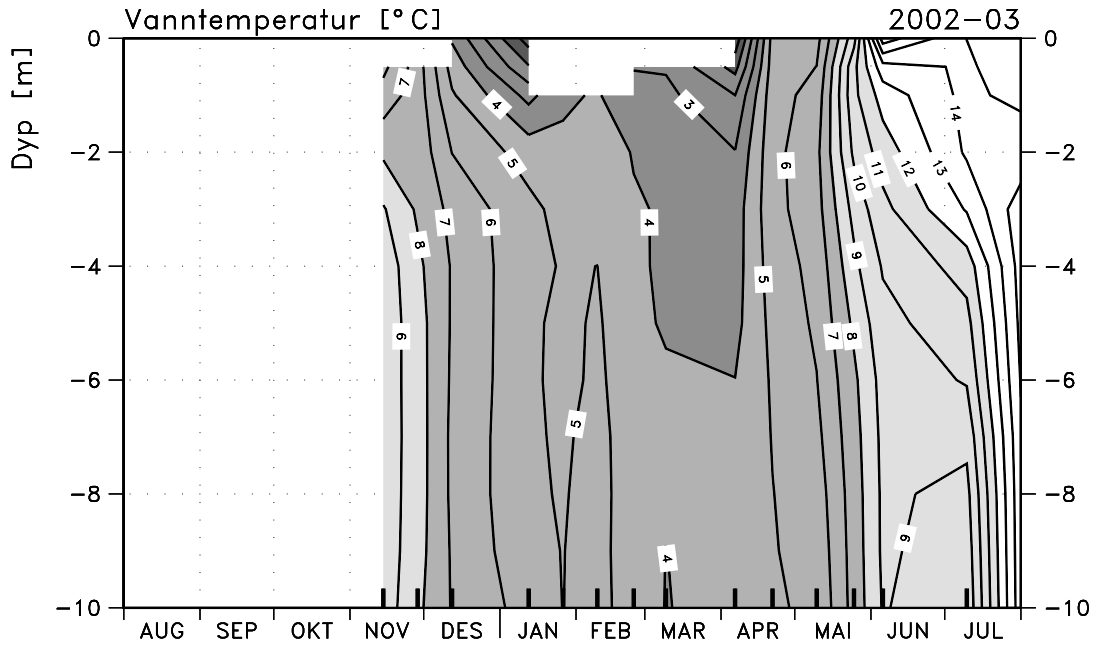
Holandsfjorden punkt 4



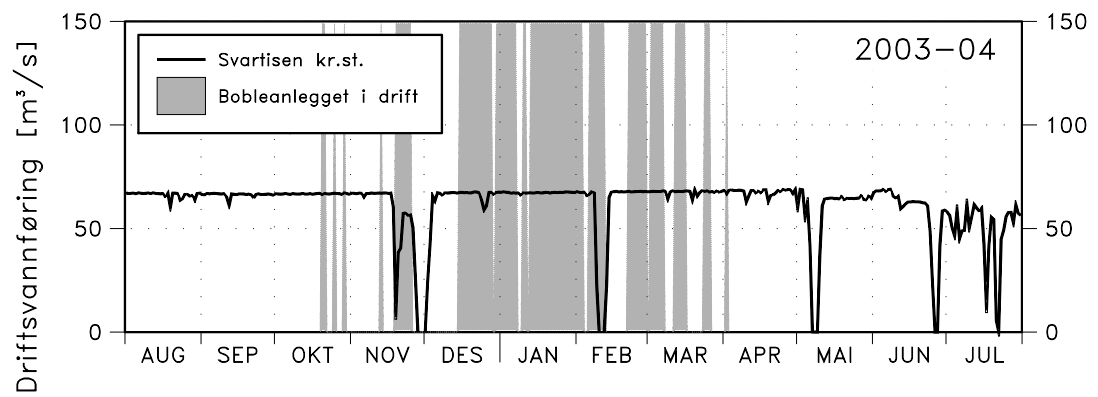
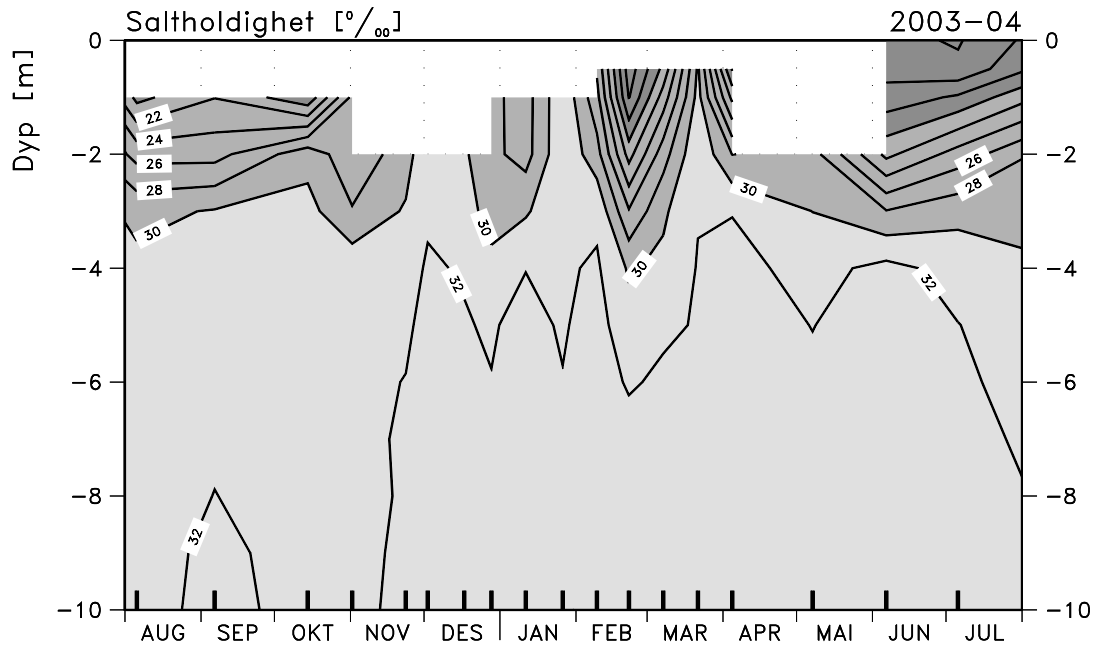
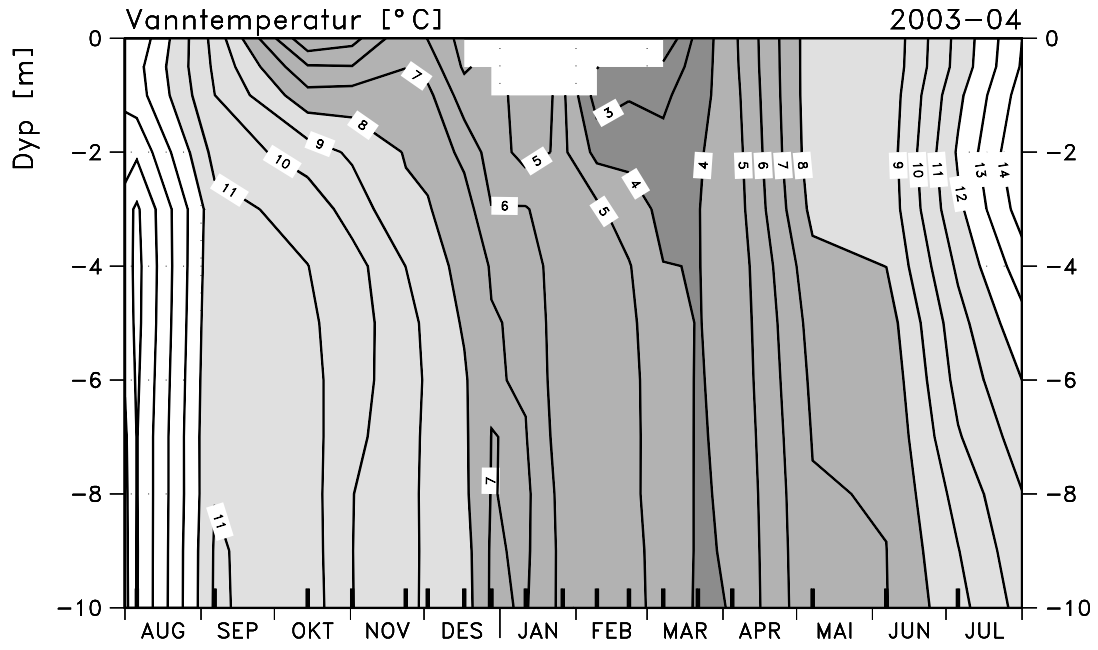
Holandsfjorden punkt 4



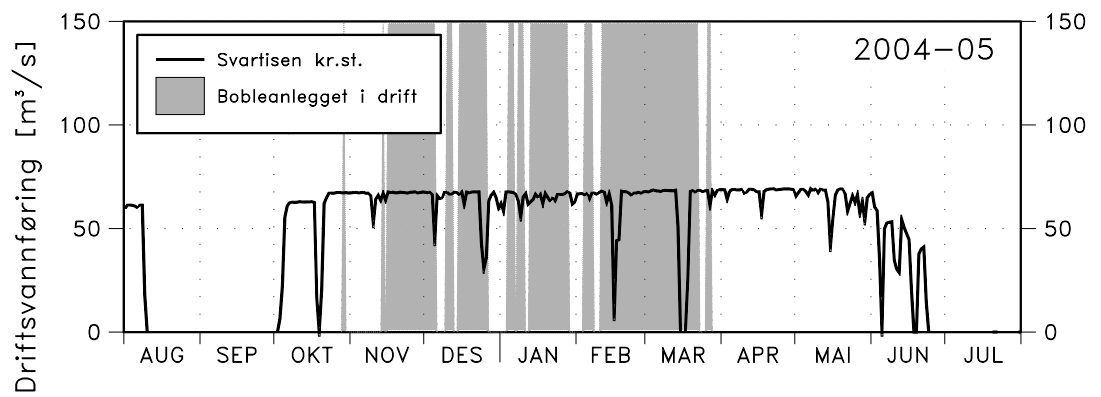
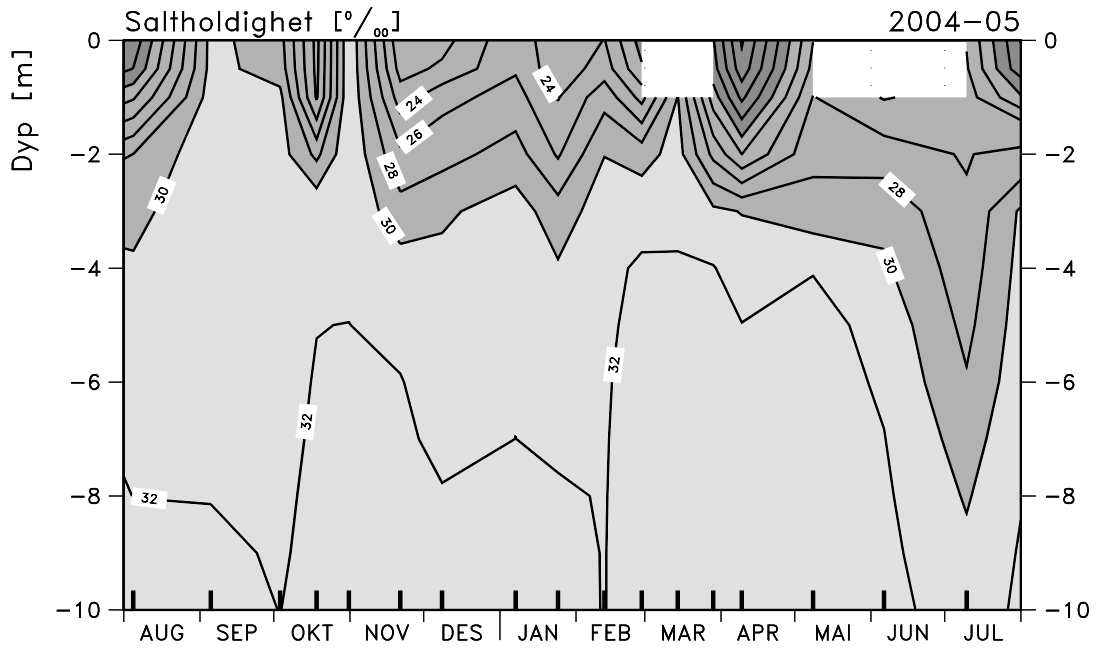
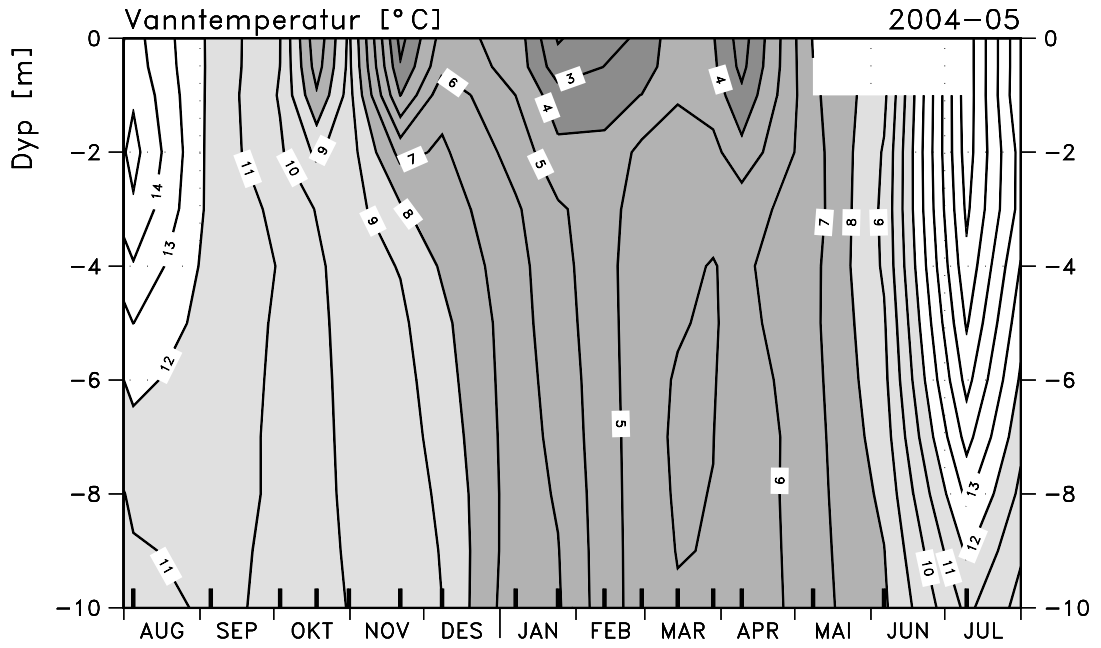
Holandsfjorden punkt 5



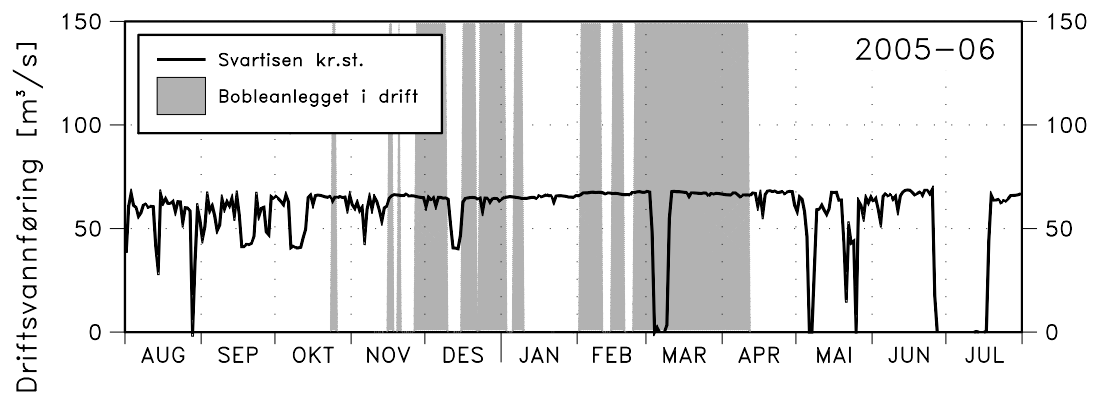
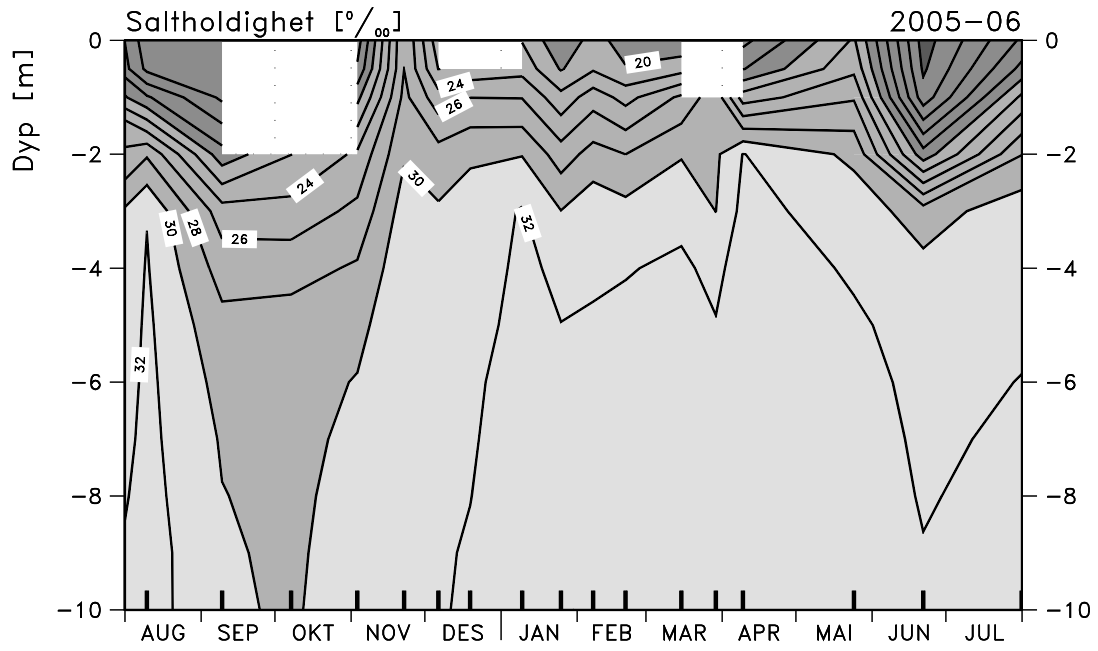
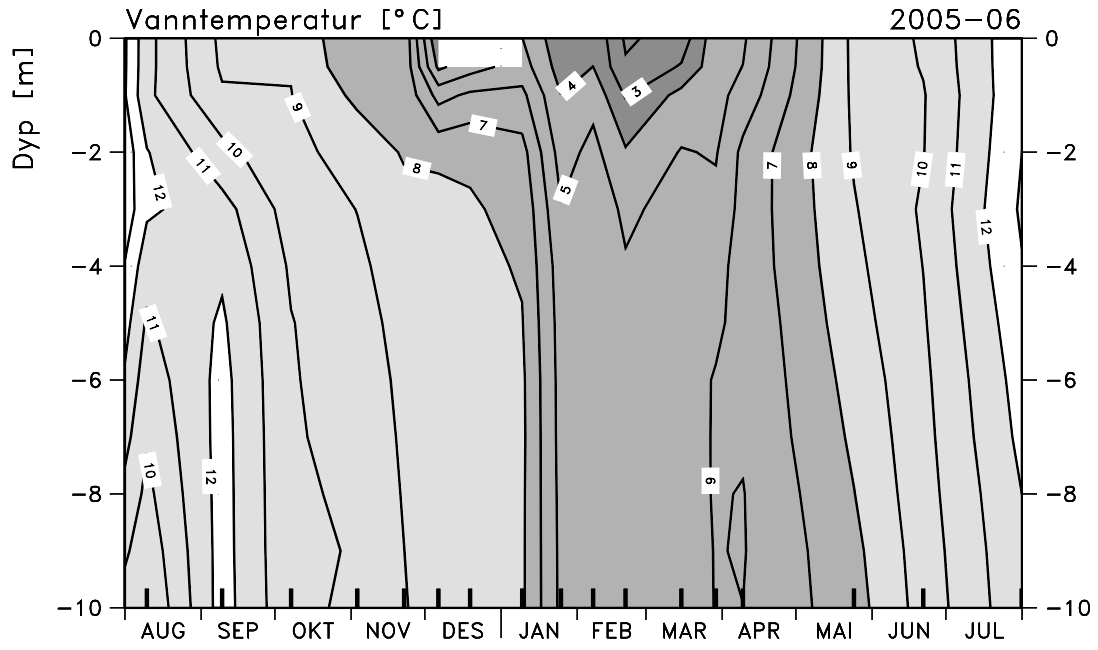
Holandsfjorden punkt 5



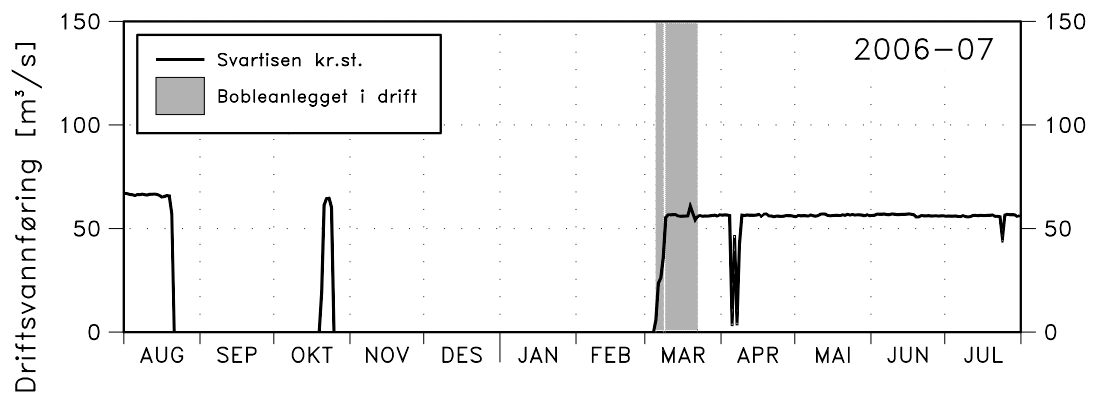
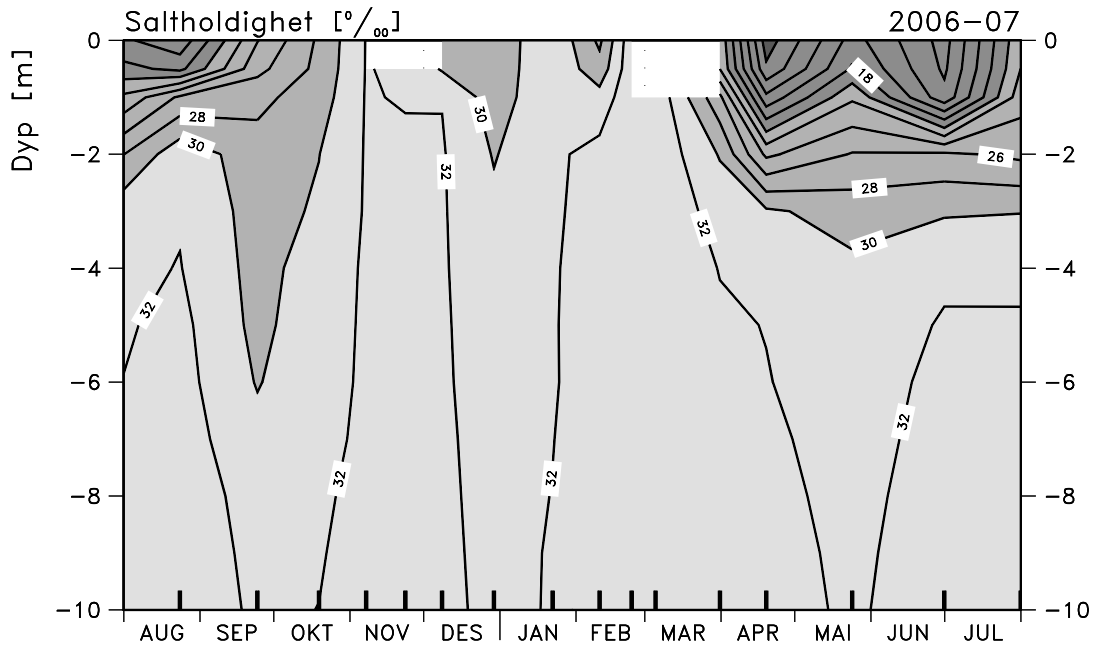
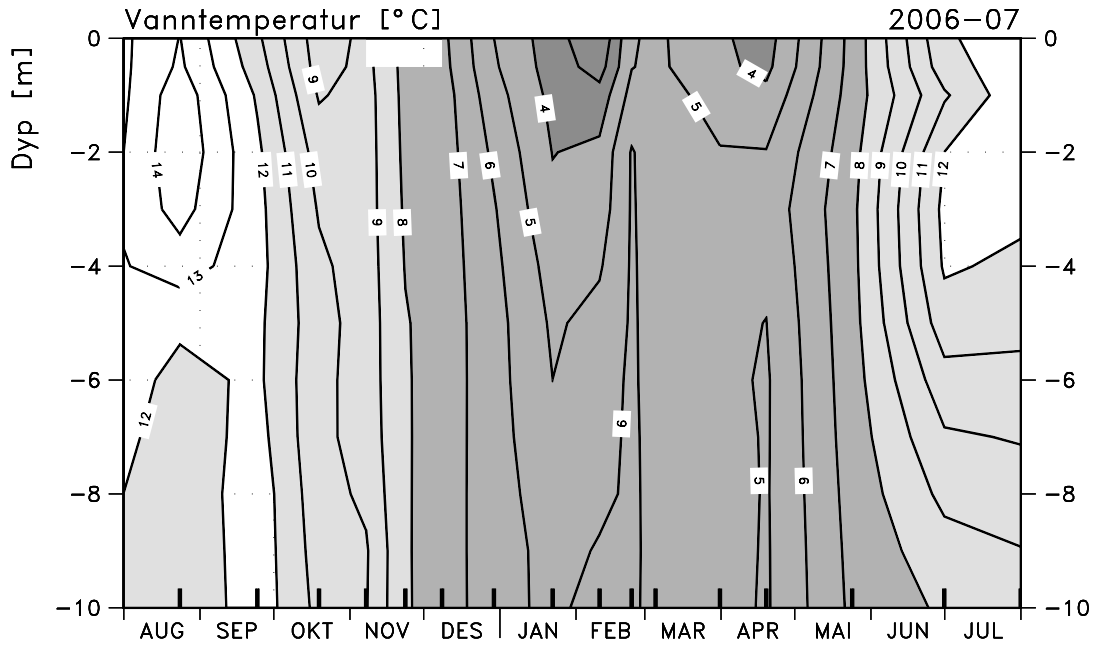
Holandsfjorden punkt 5



Holandsfjorden punkt 5

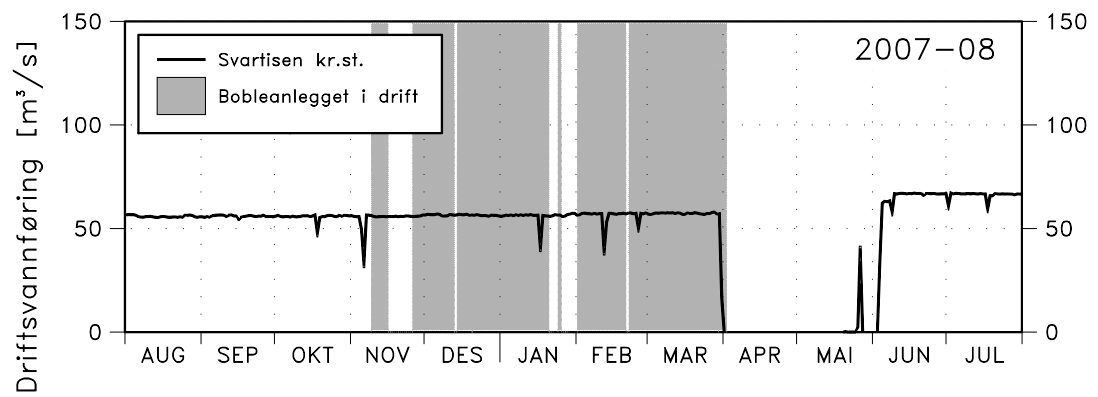
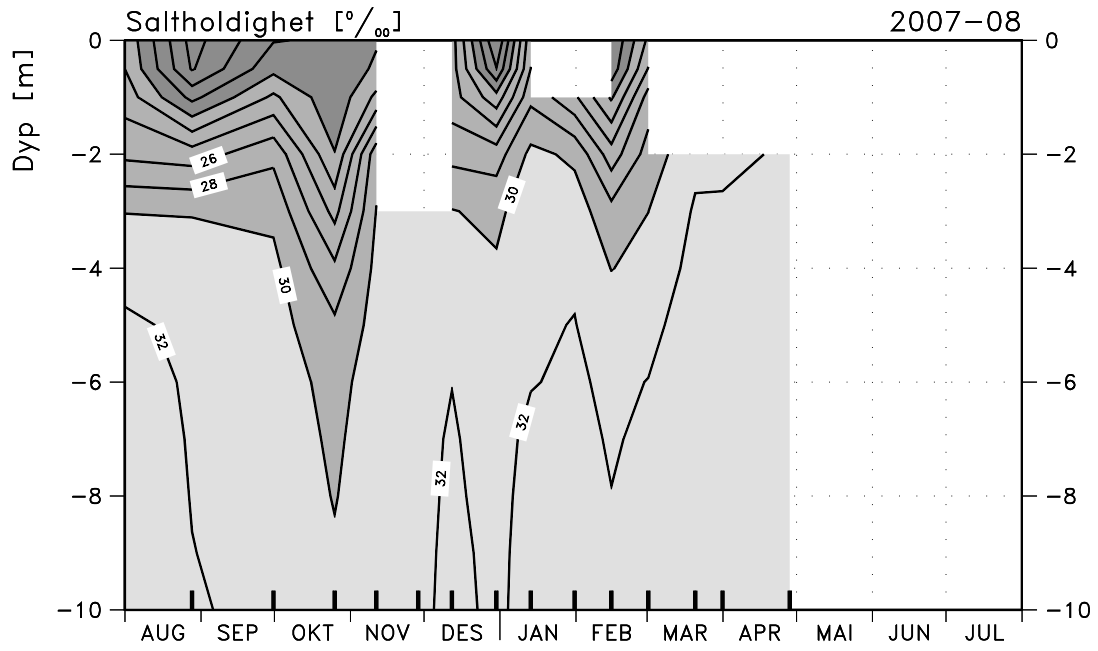
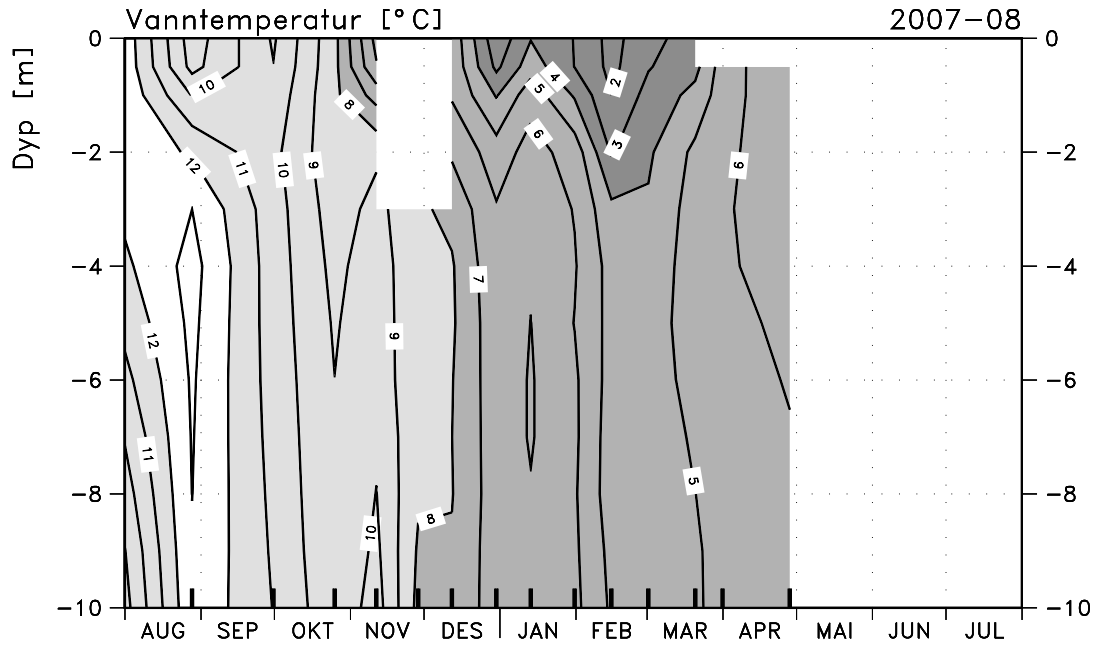


Holandsfjorden punkt 5

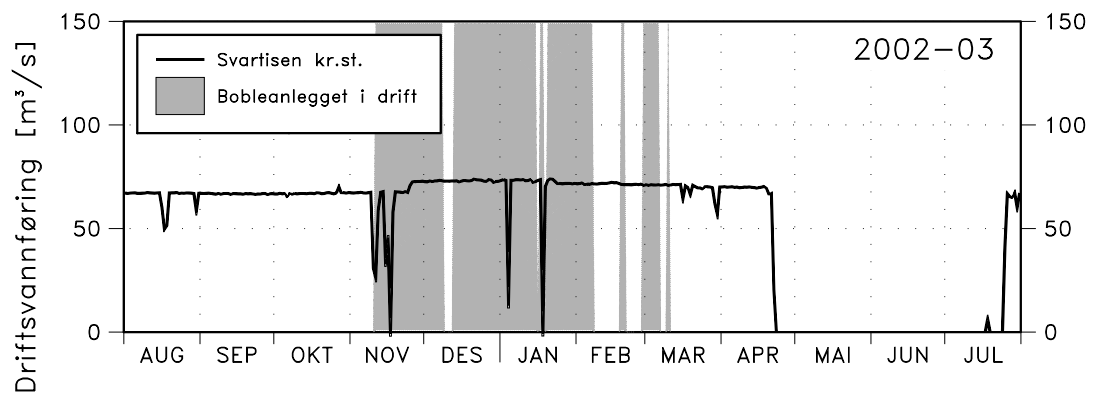
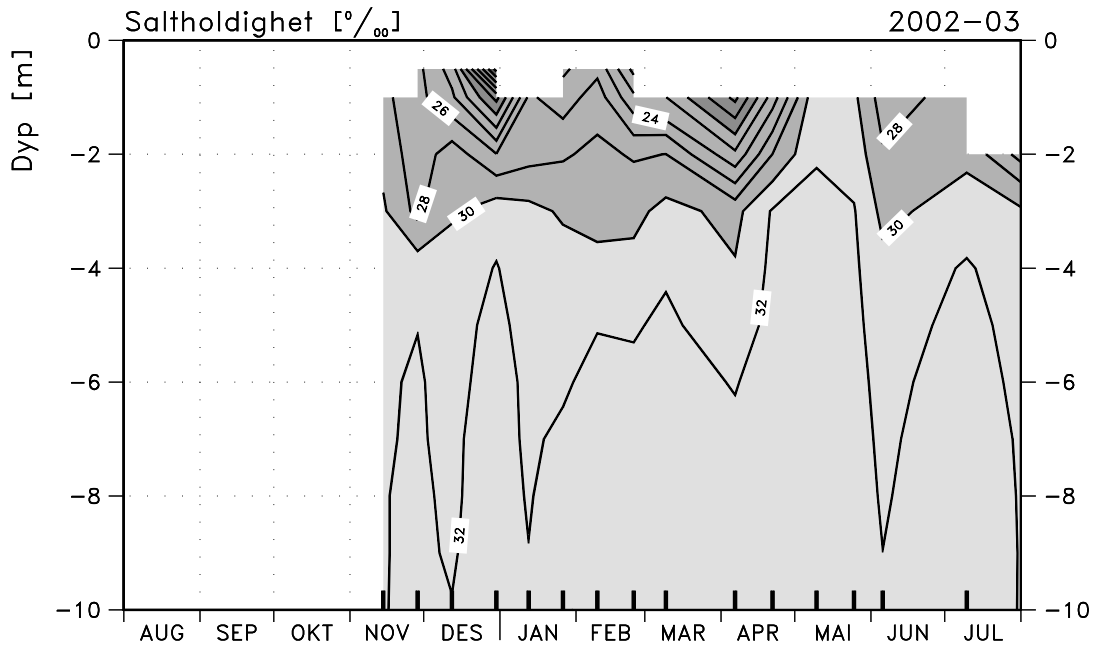
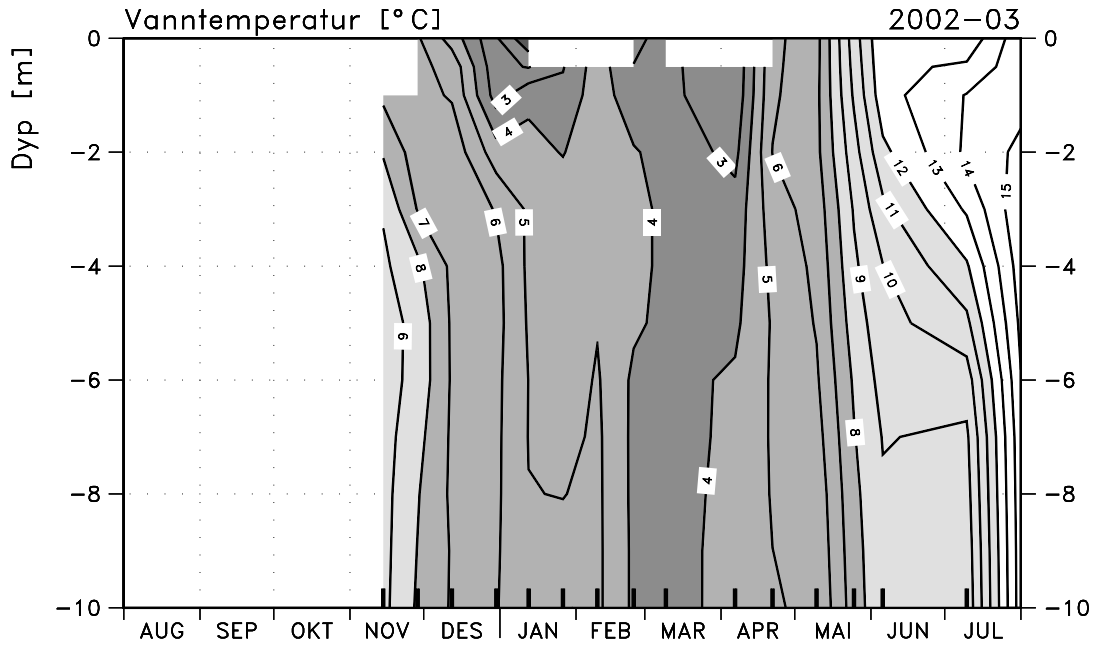




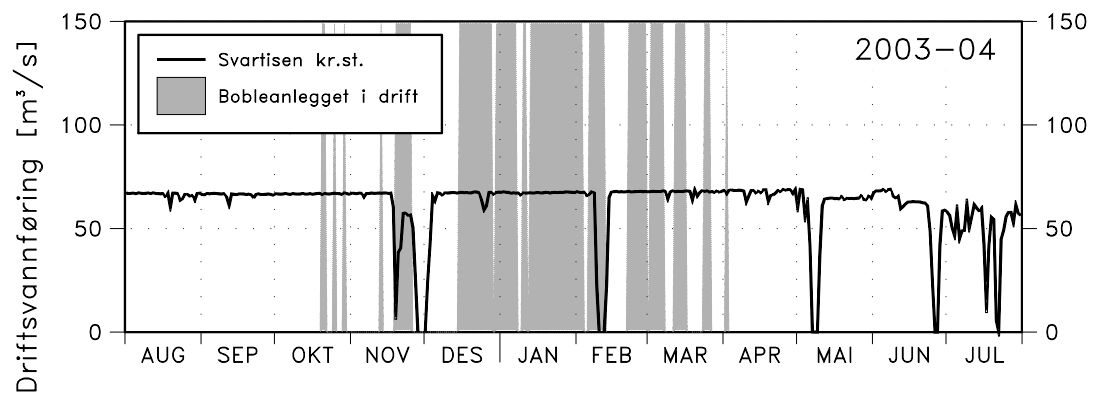
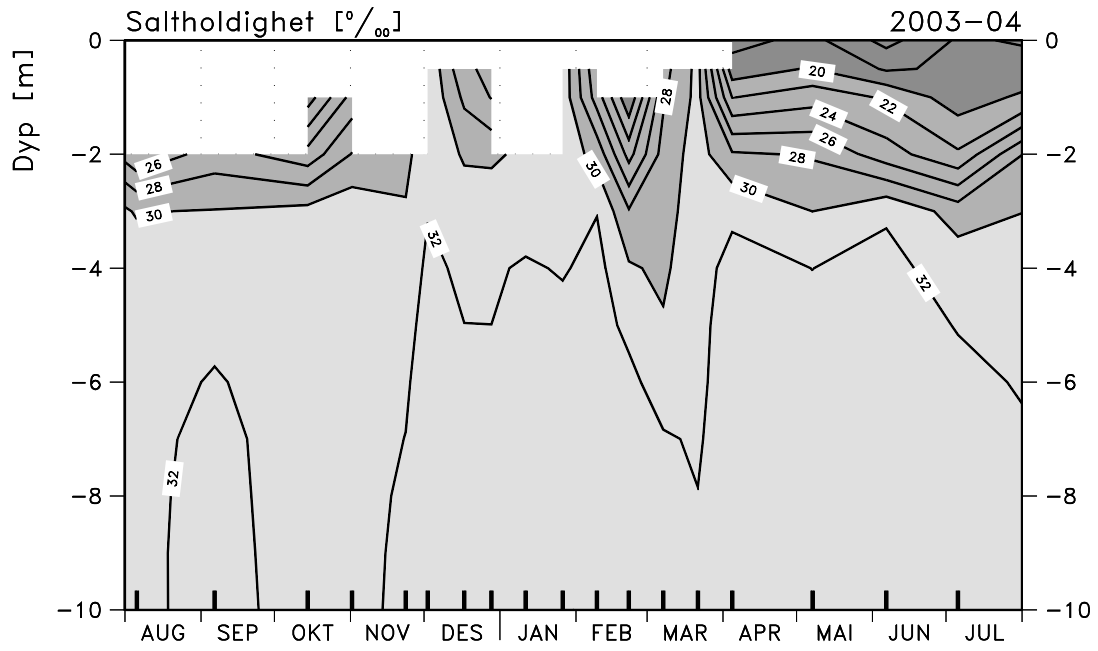
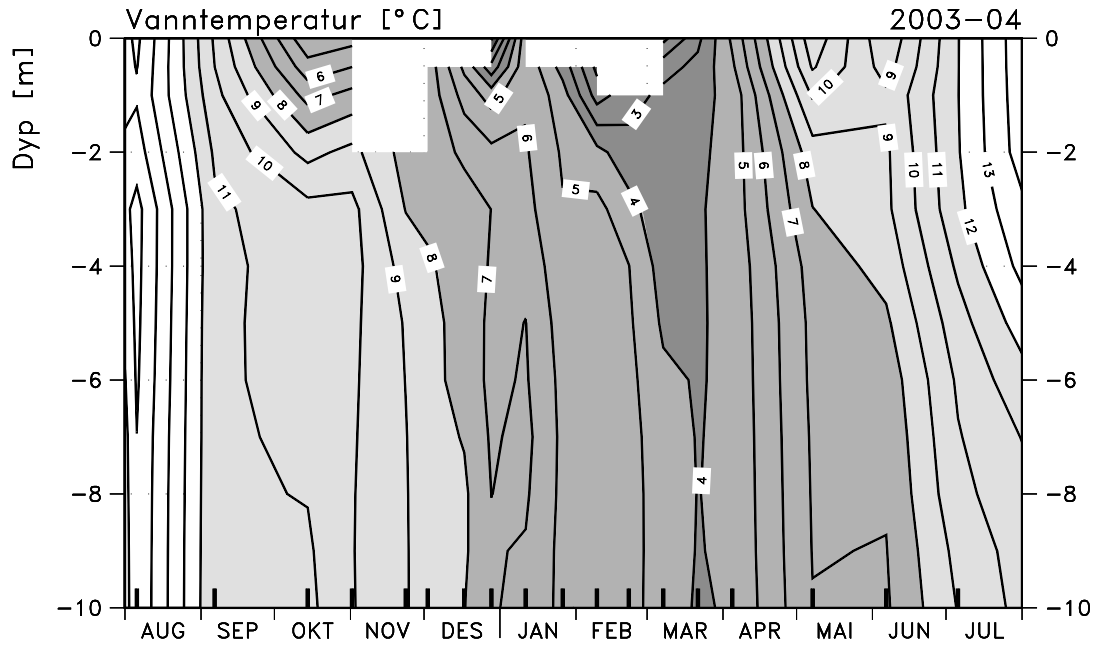
Holandsfjorden punkt 5



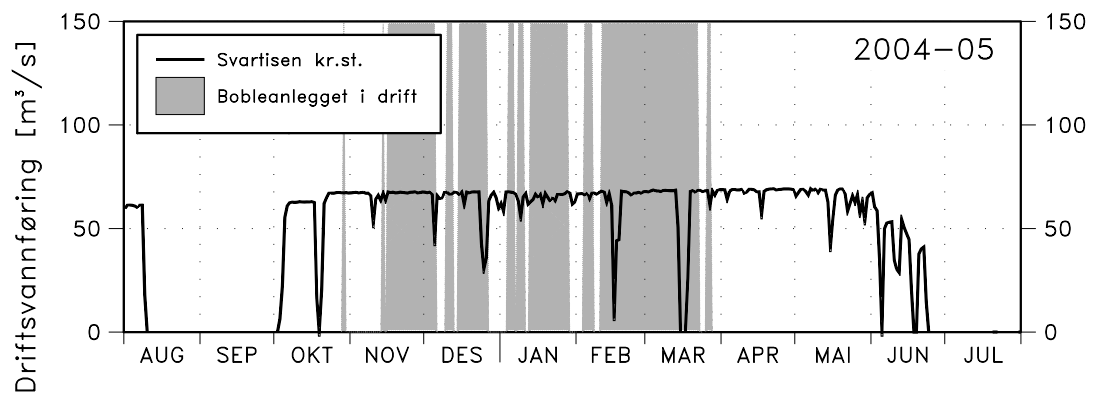
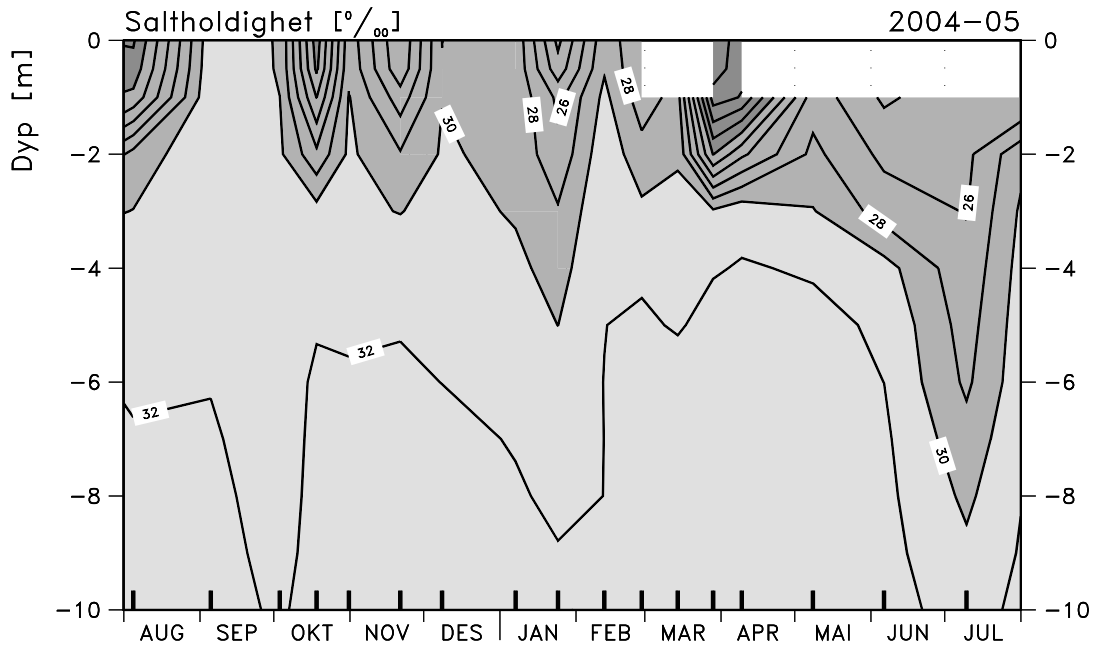
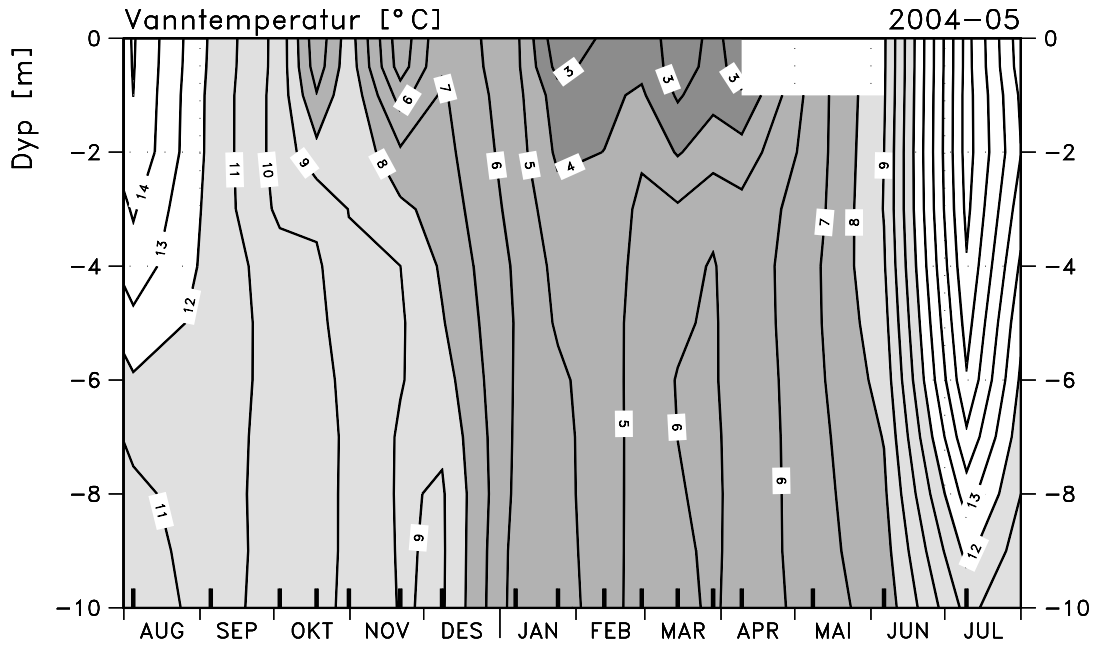
Holandsfjorden punkt 6



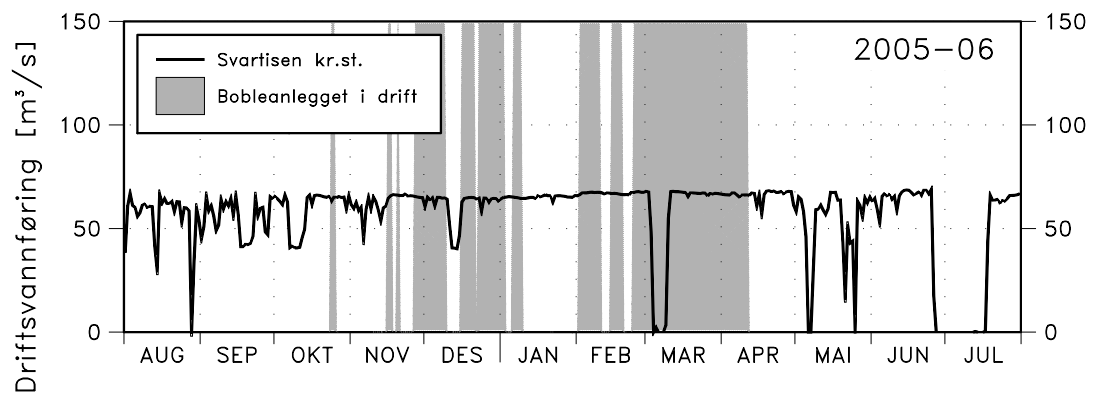
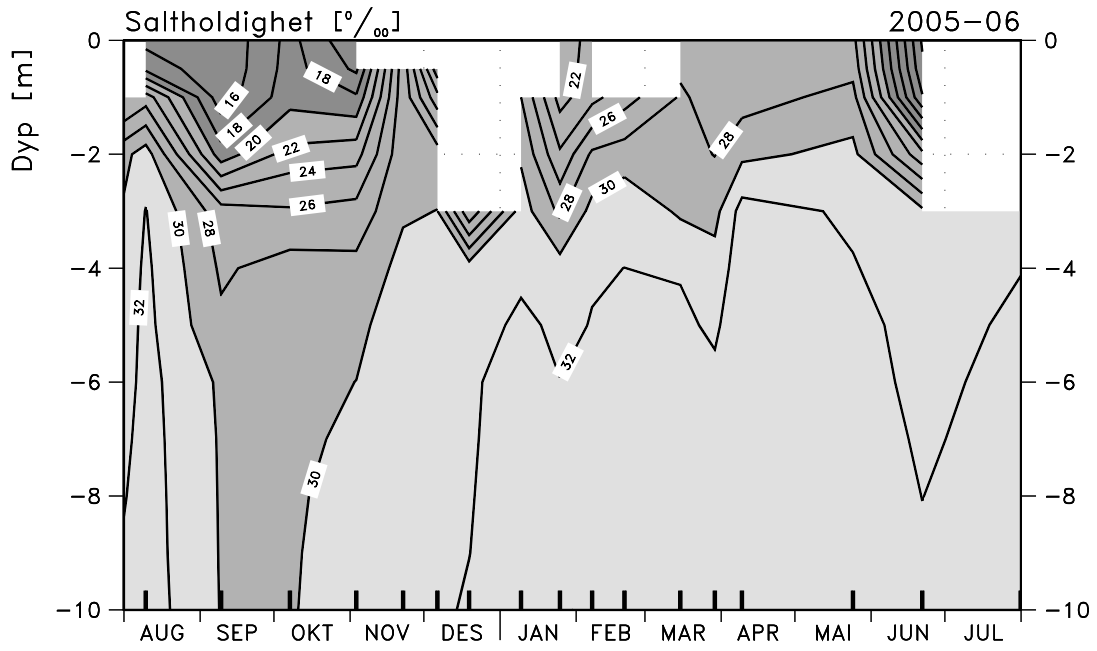
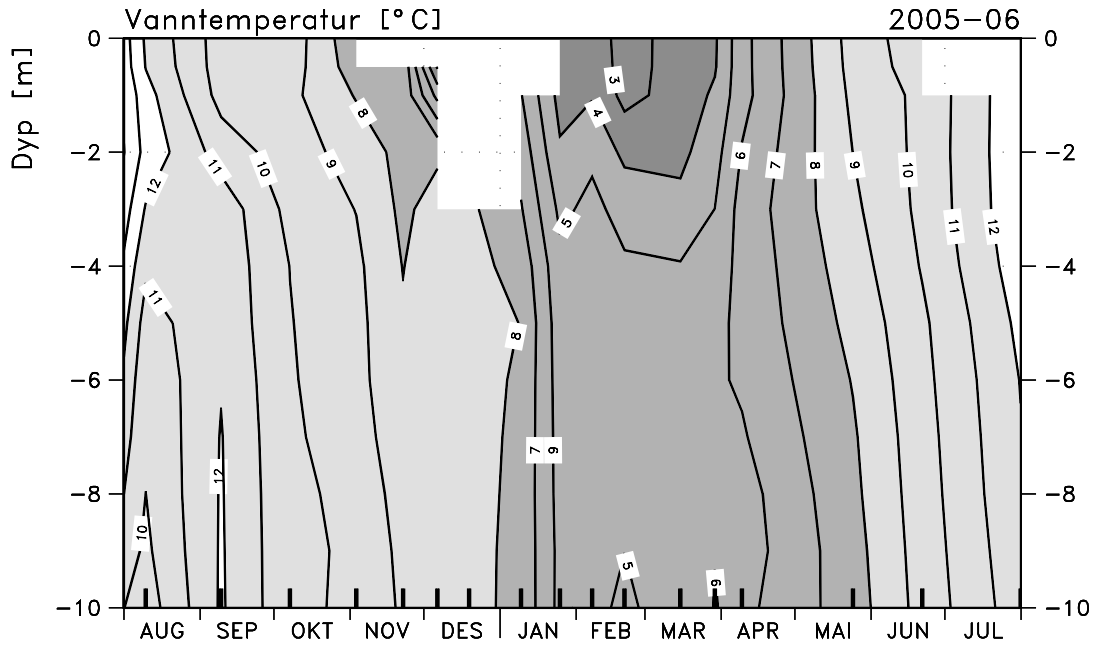
Holandsfjorden punkt 6



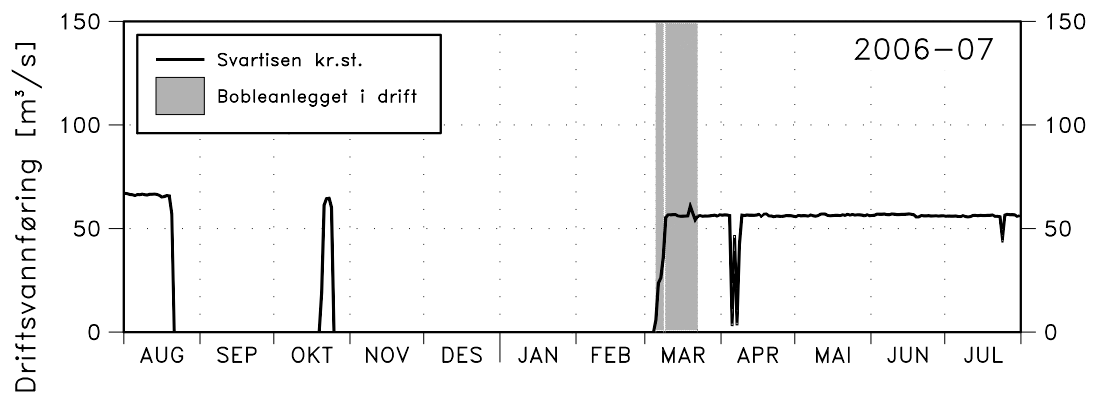
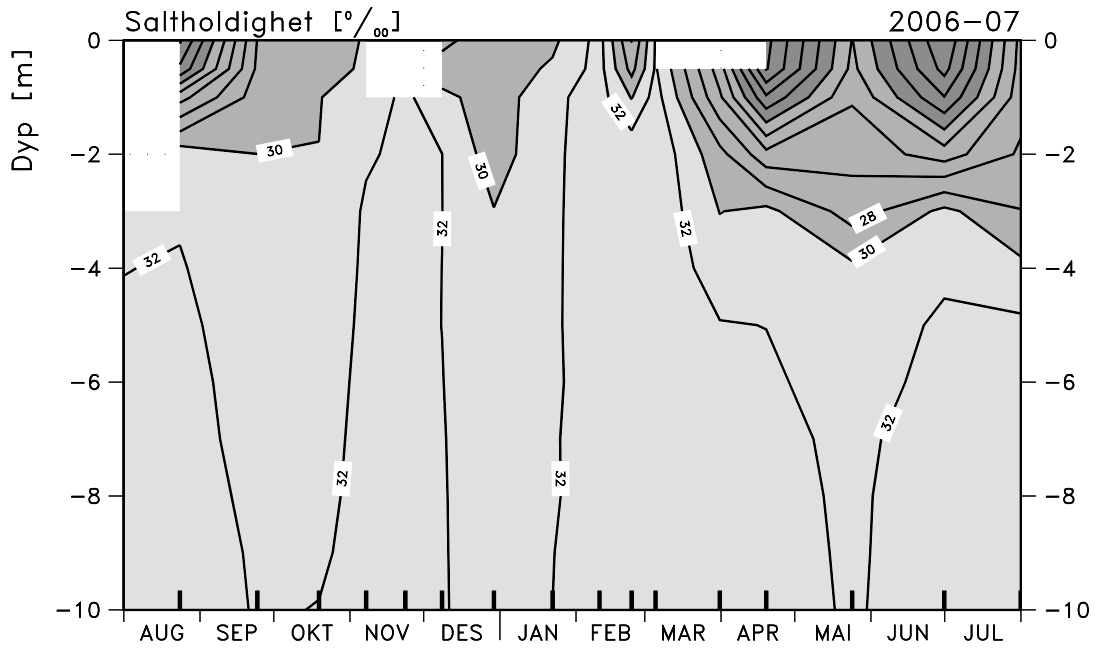
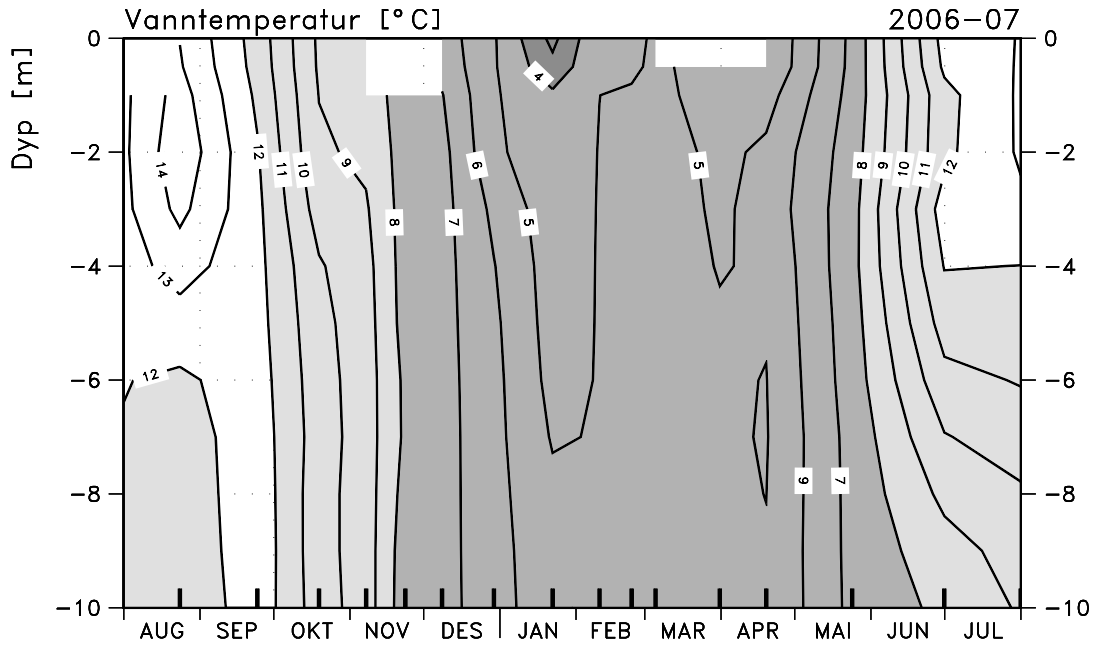
Holandsfjorden punkt 6



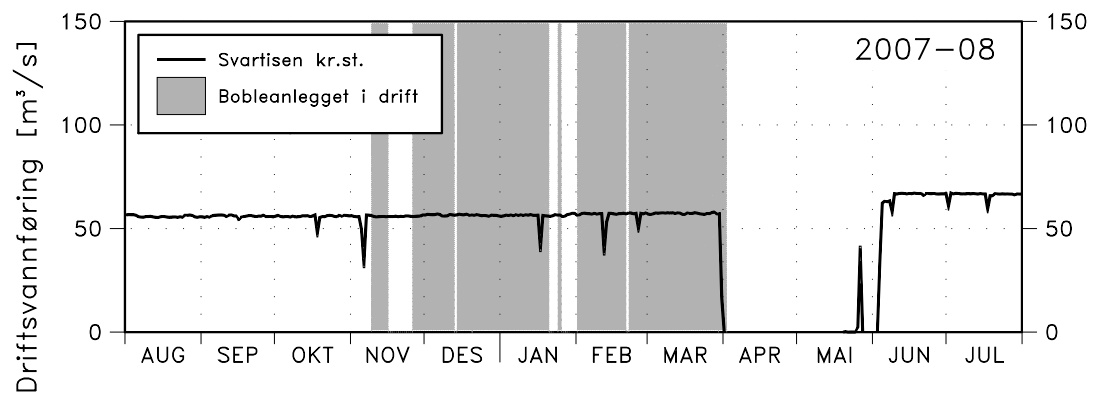
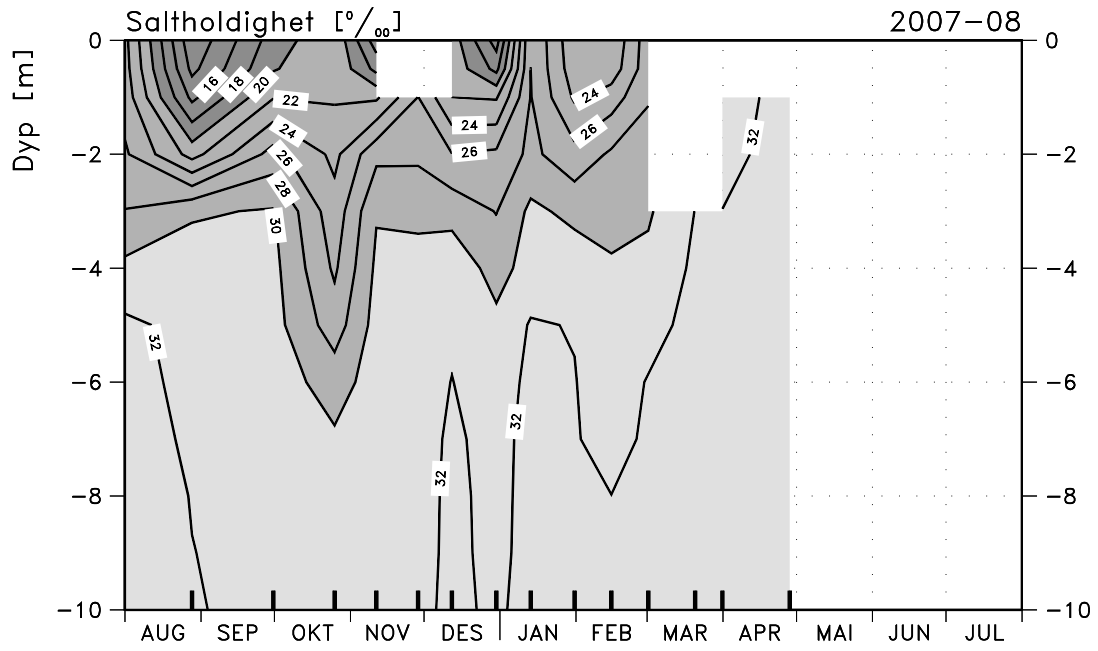
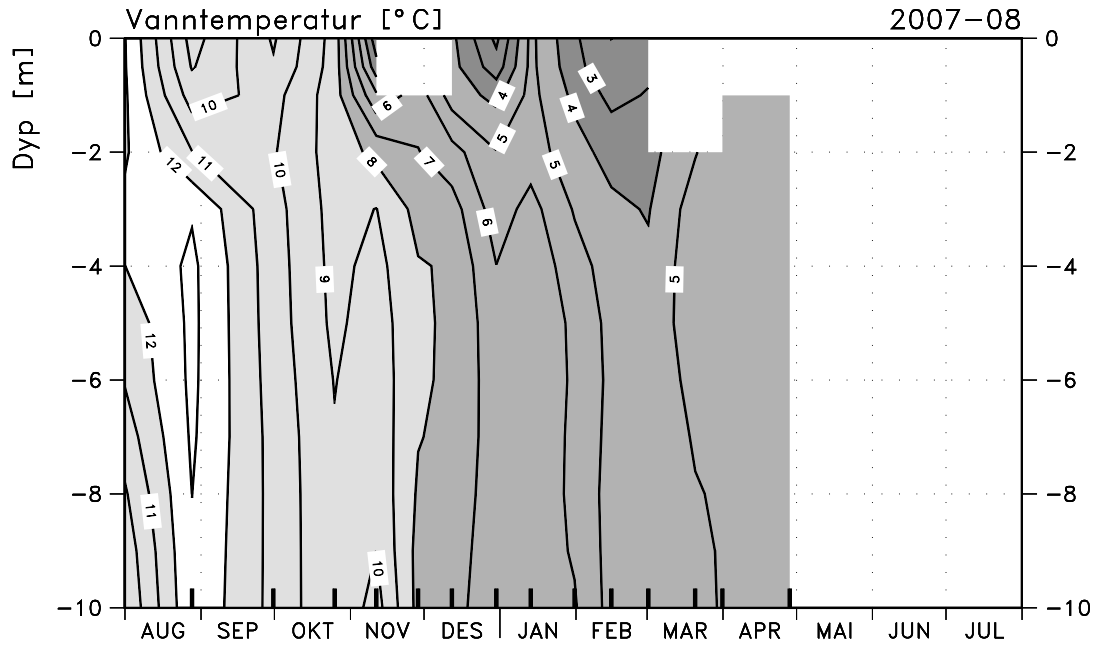
Holandsfjorden punkt 6



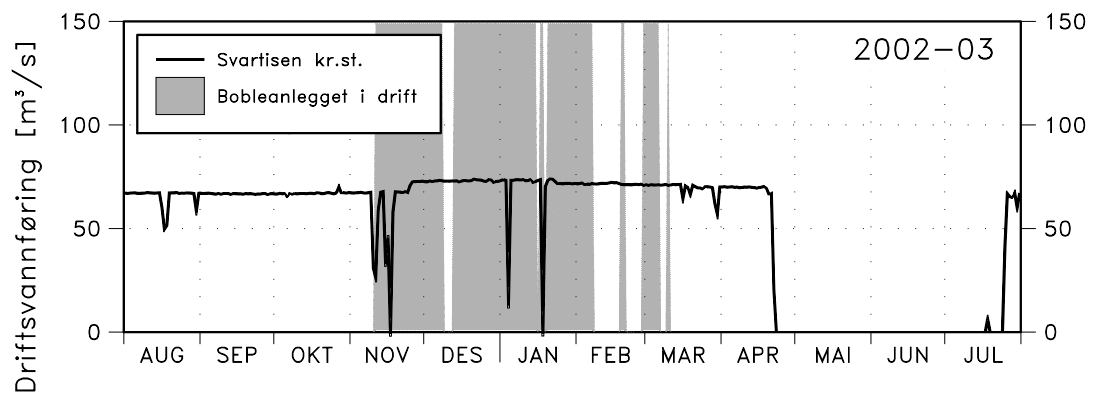
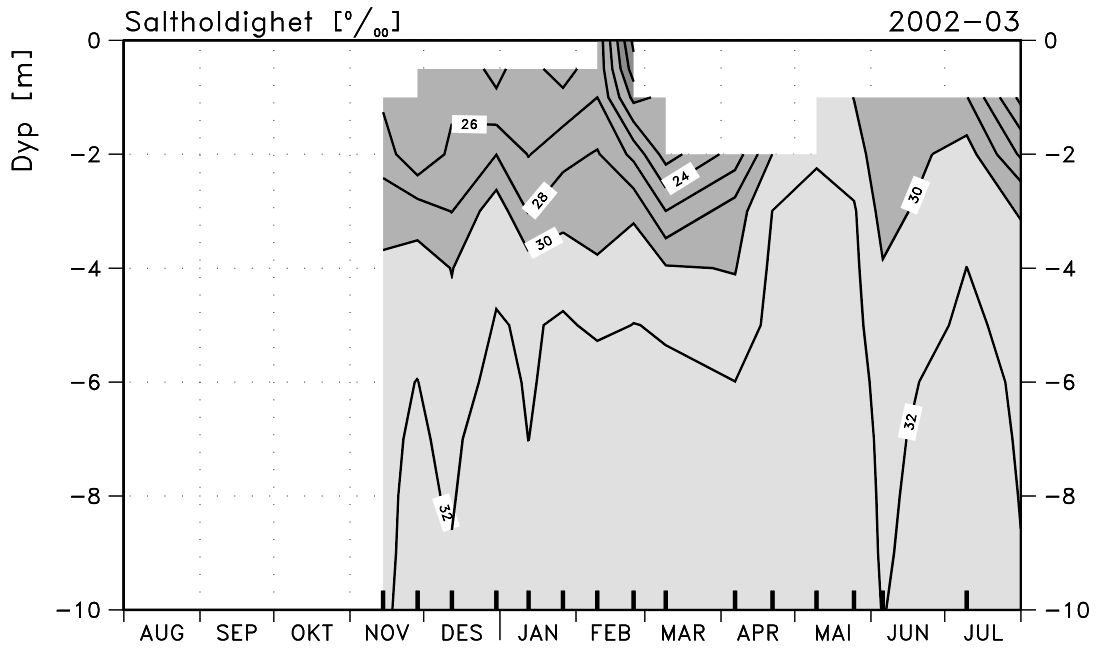
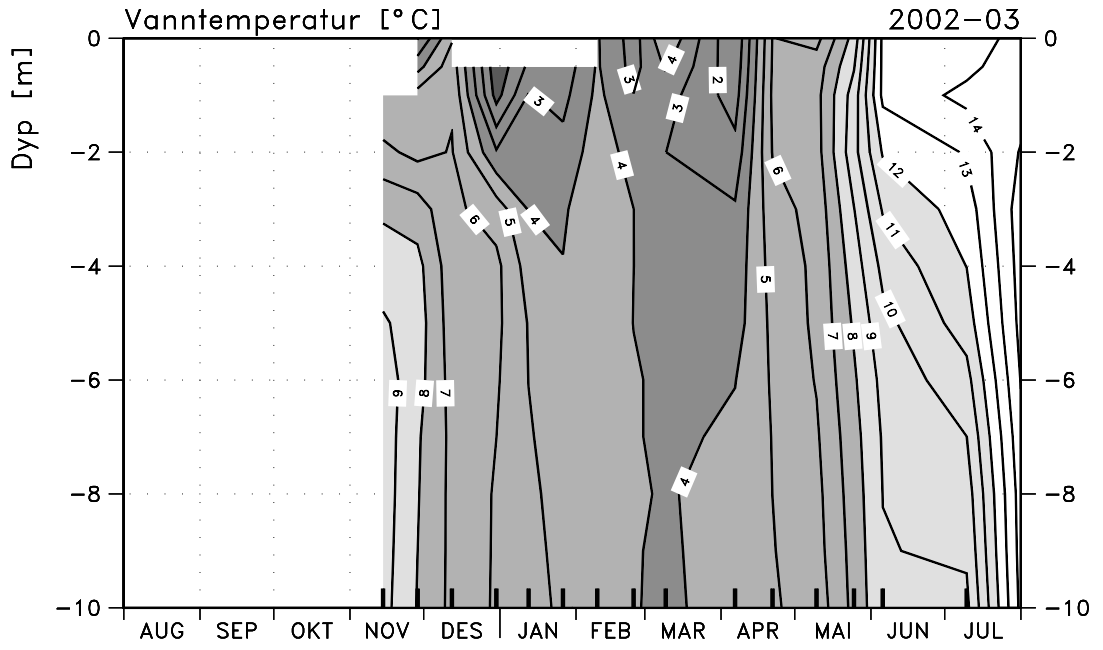
Holandsfjorden punkt 6



Holandsfjorden punkt 6

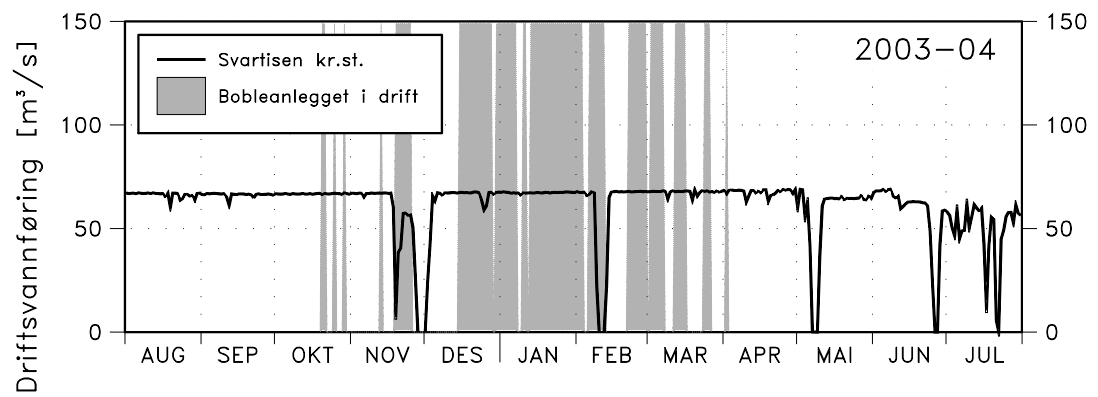
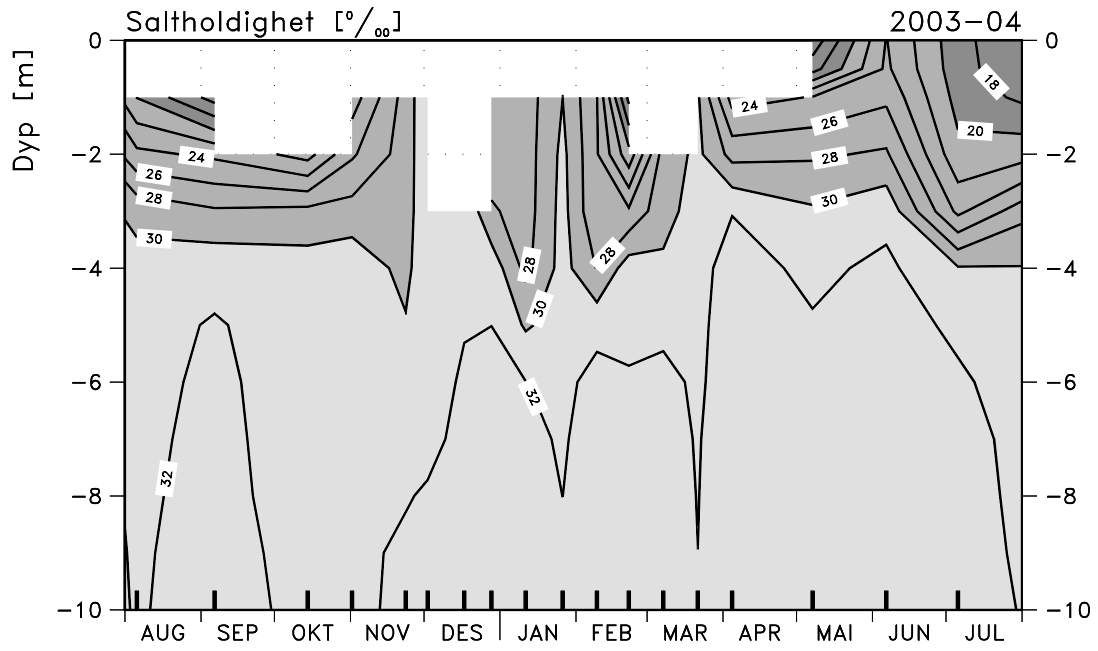
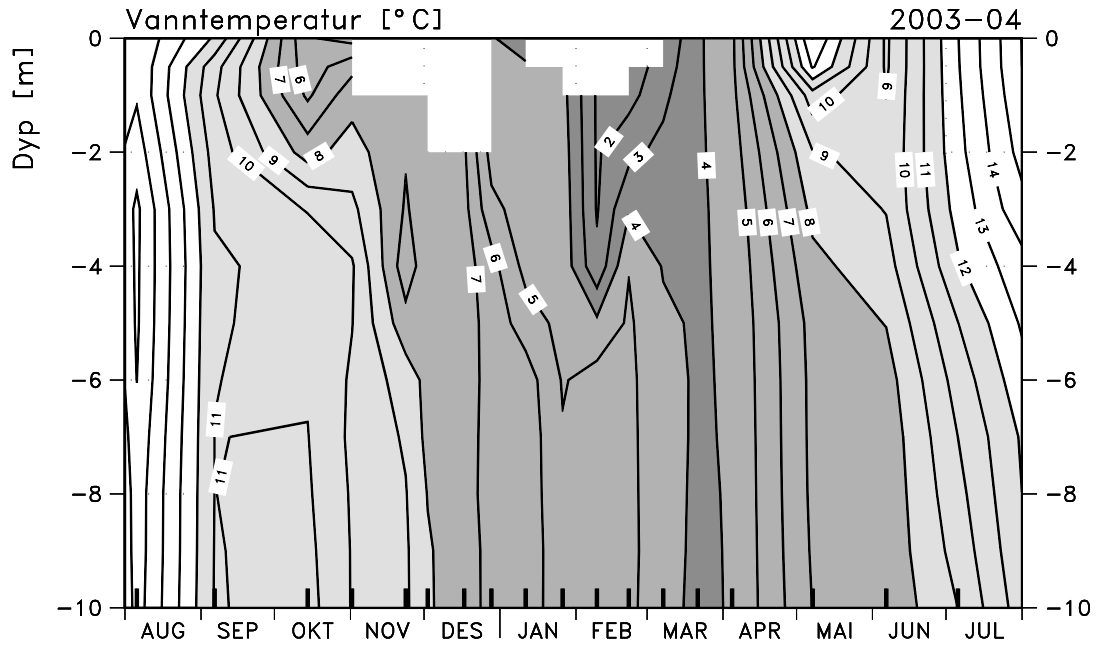


Holandsfjorden punkt 7

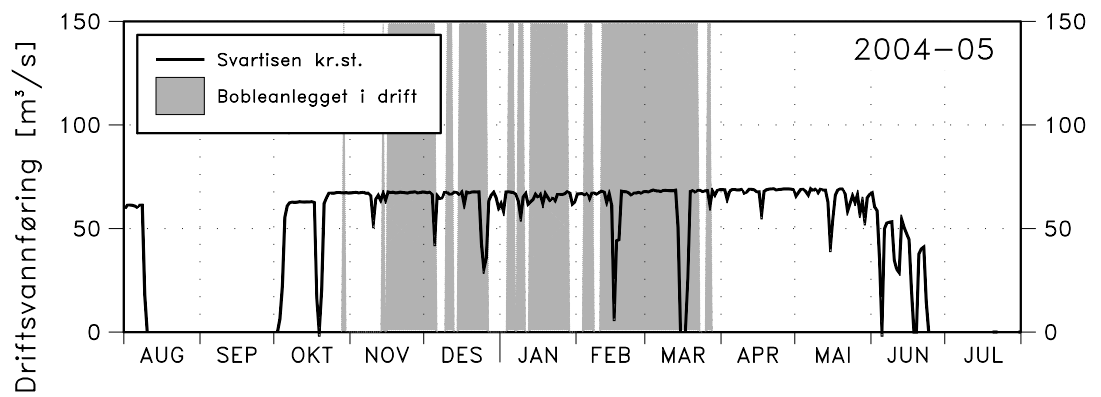
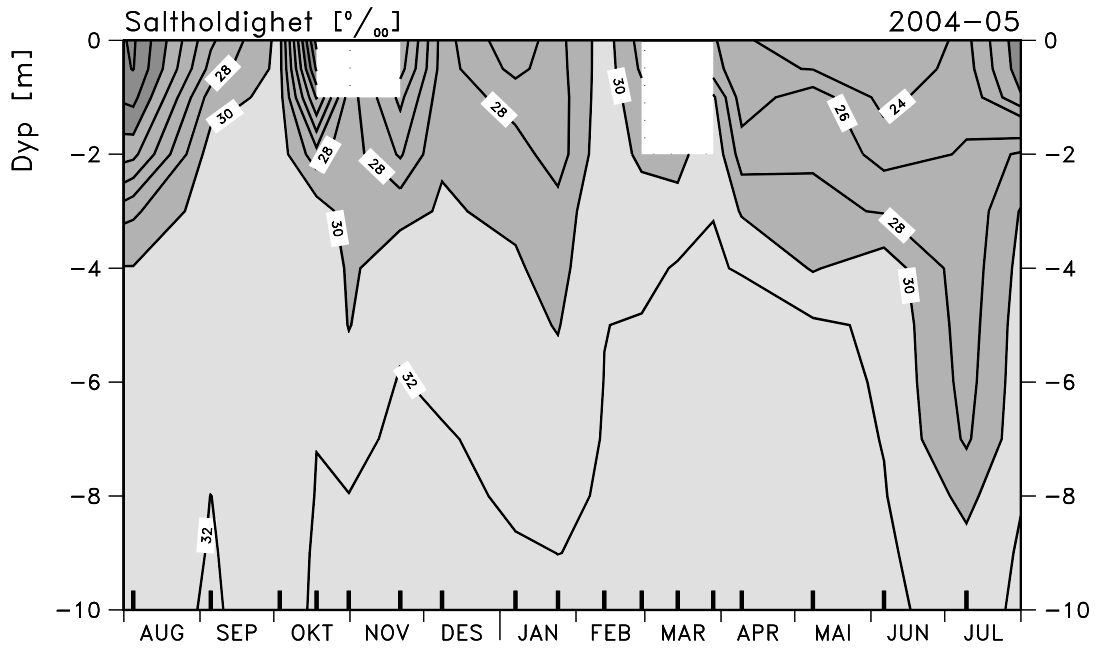
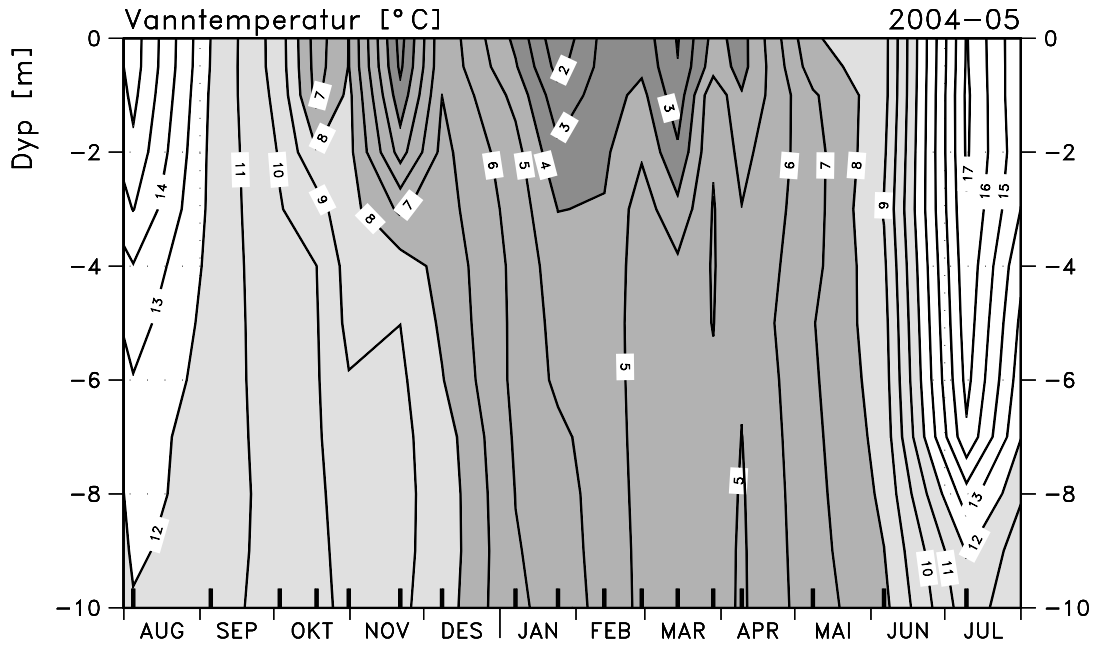




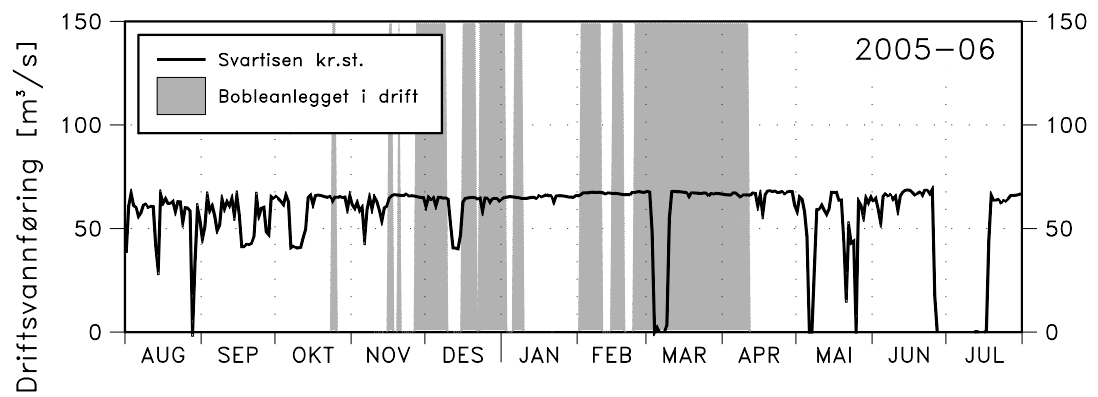
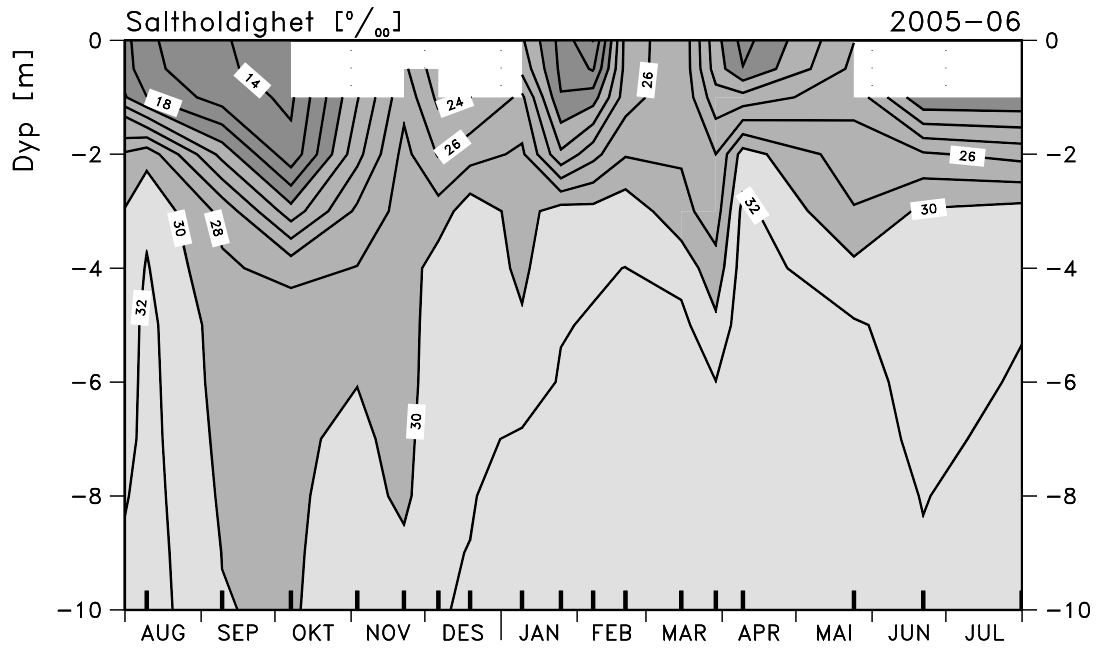
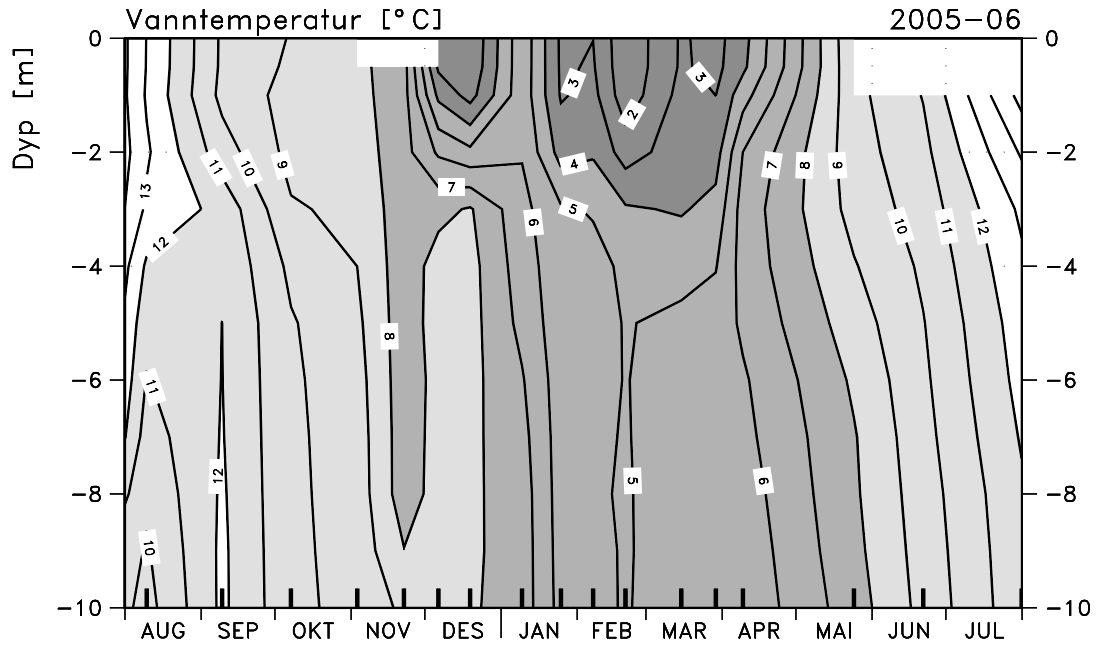
Holandsfjorden punkt 7



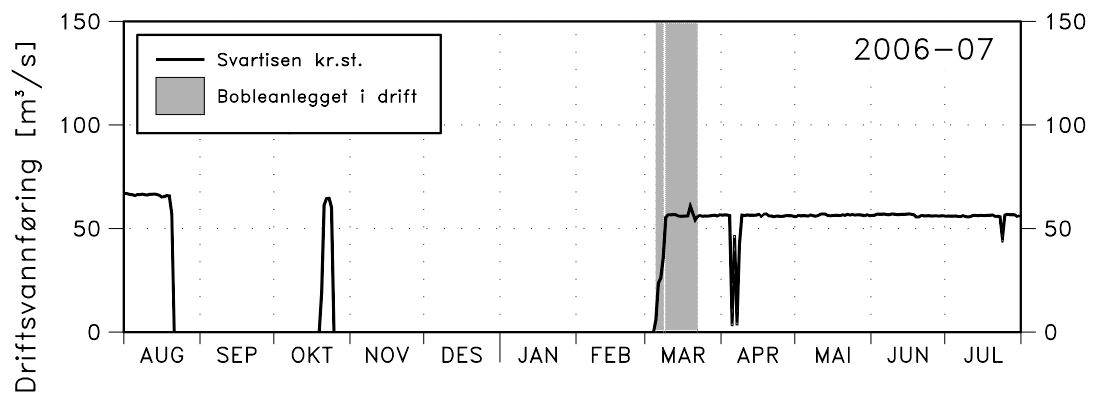
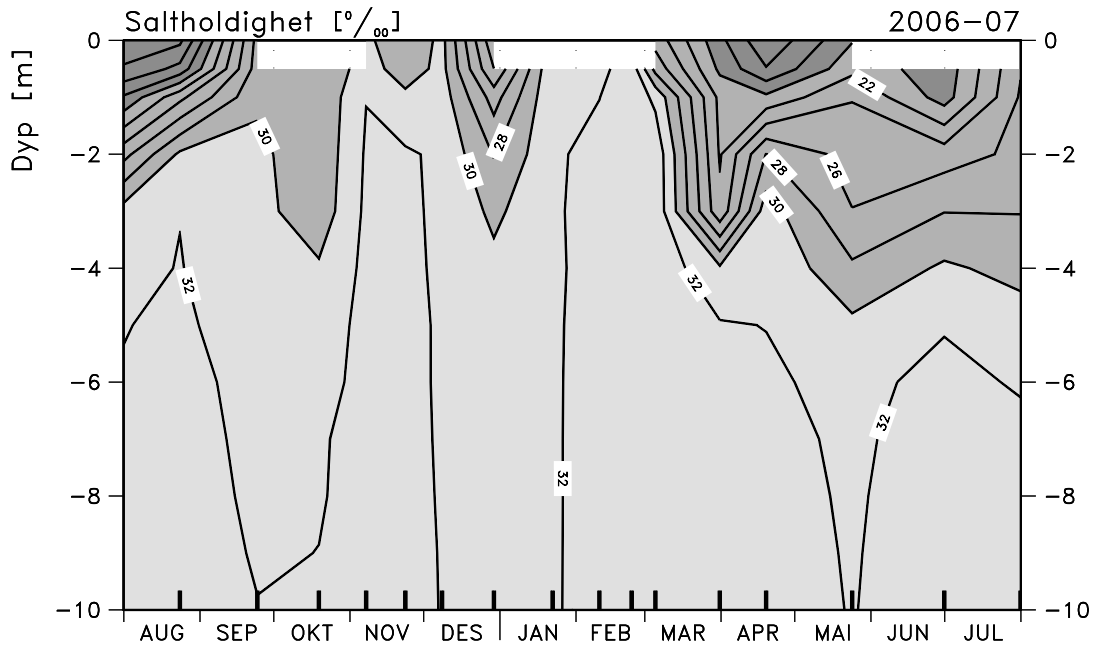
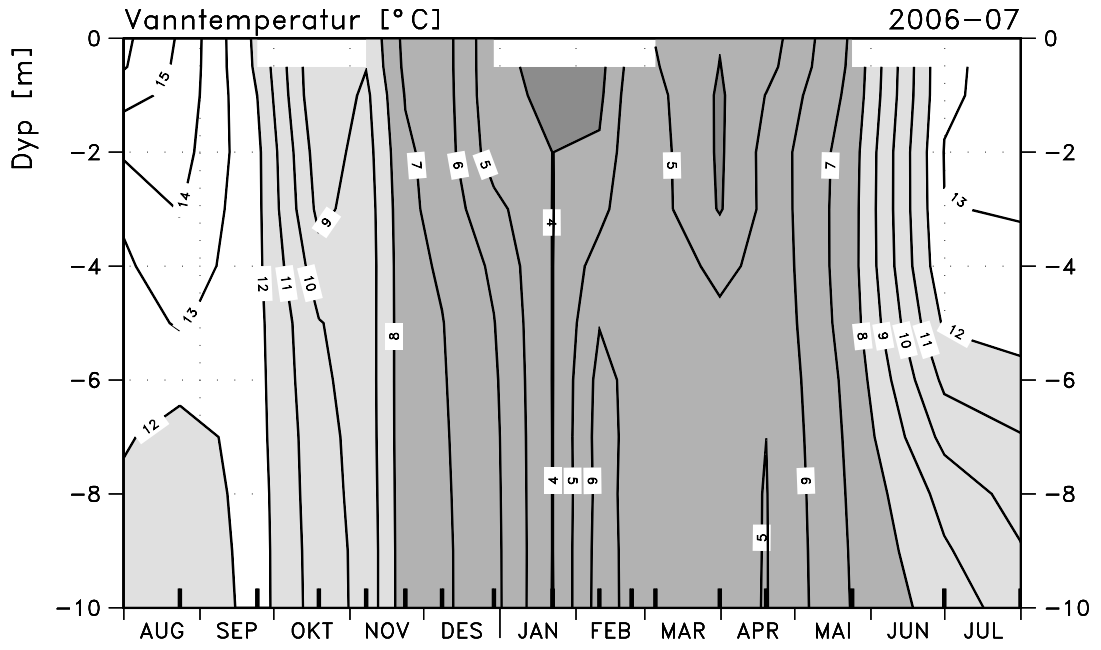
Holandsfjorden punkt 7



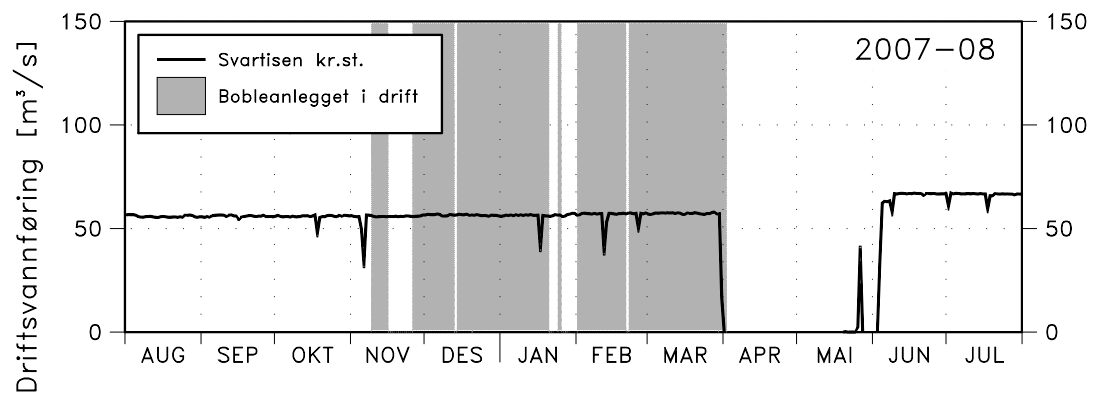
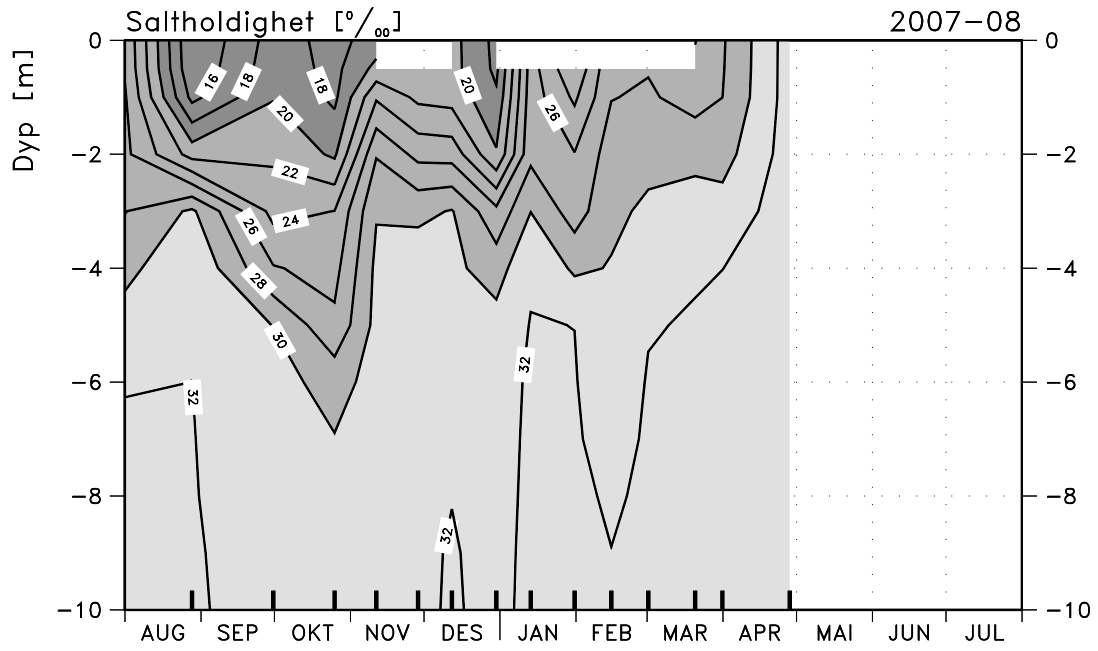
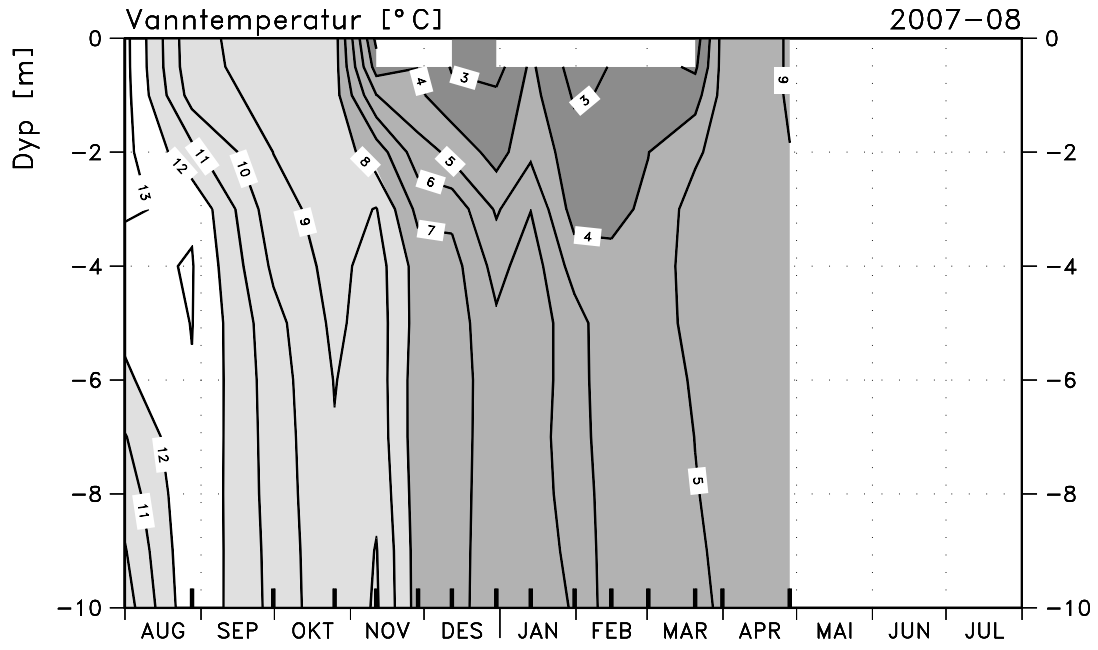
Holandsfjorden punkt 7



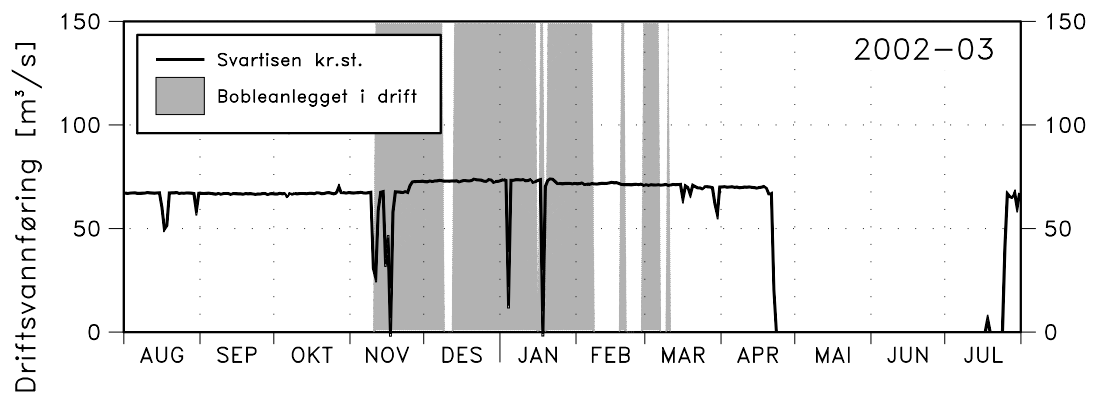
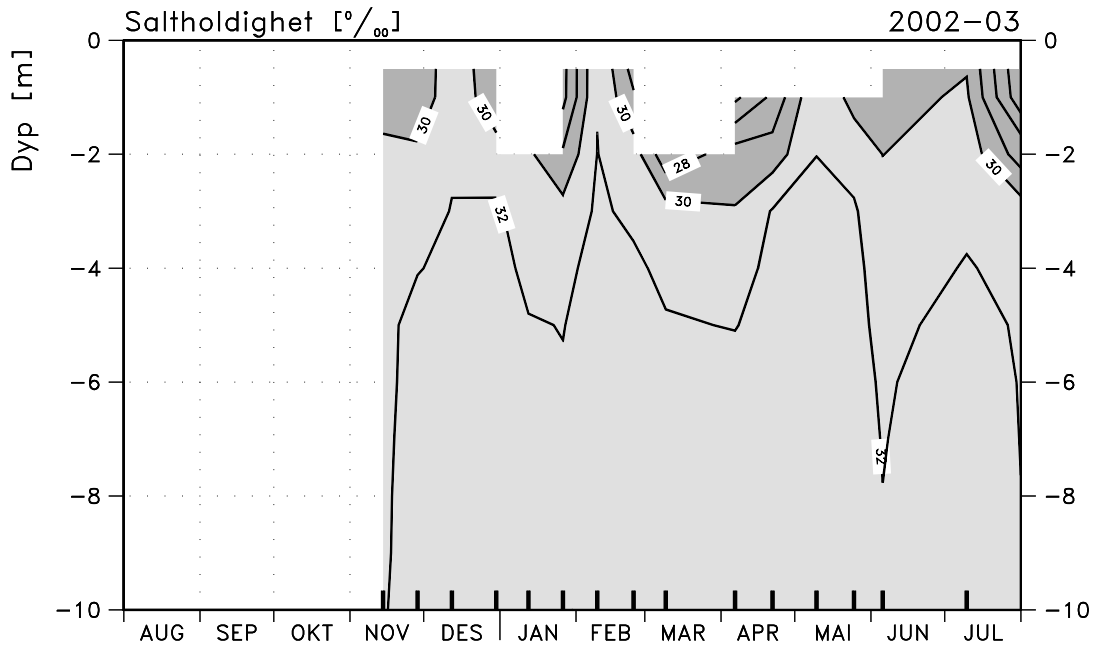
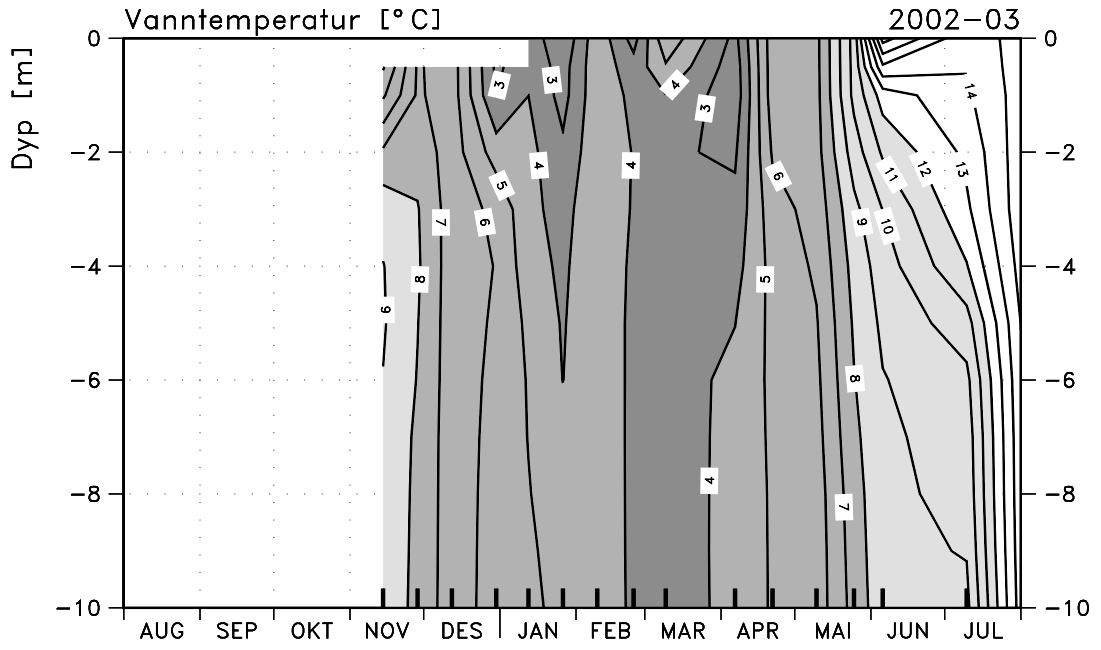
Holandsfjorden punkt 7



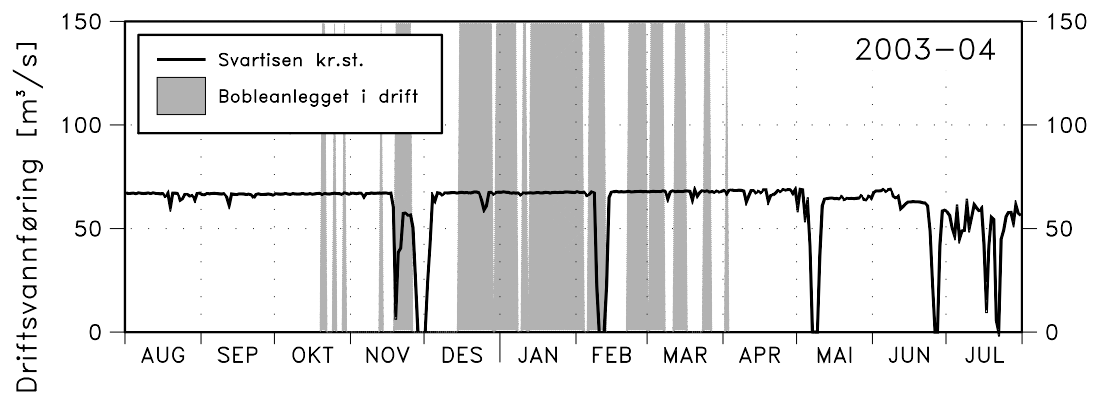
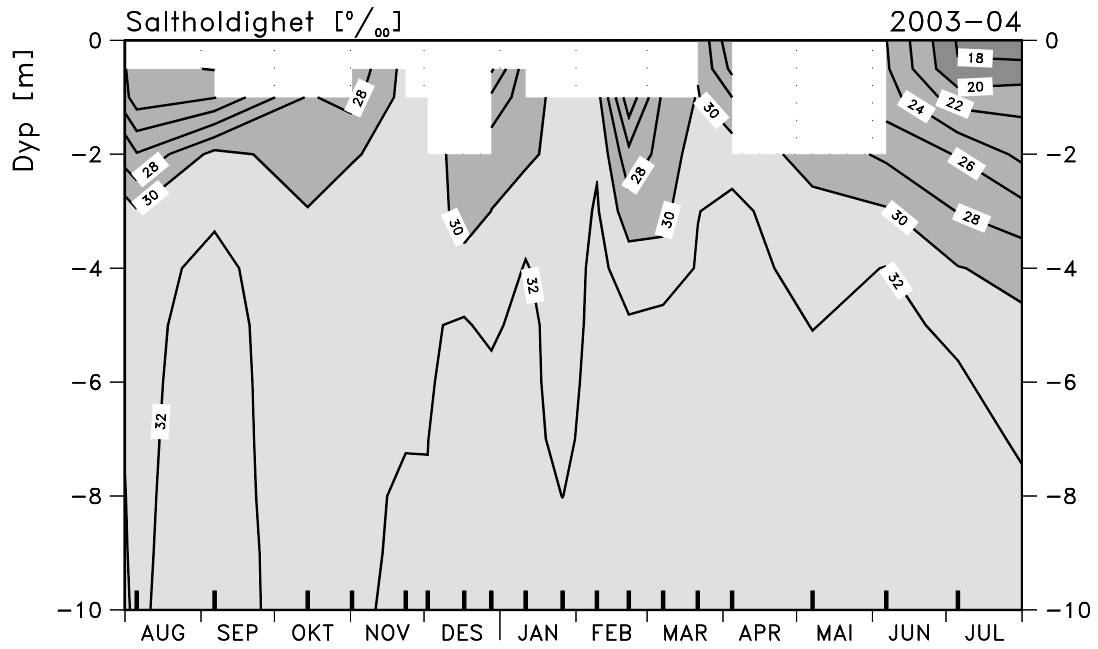
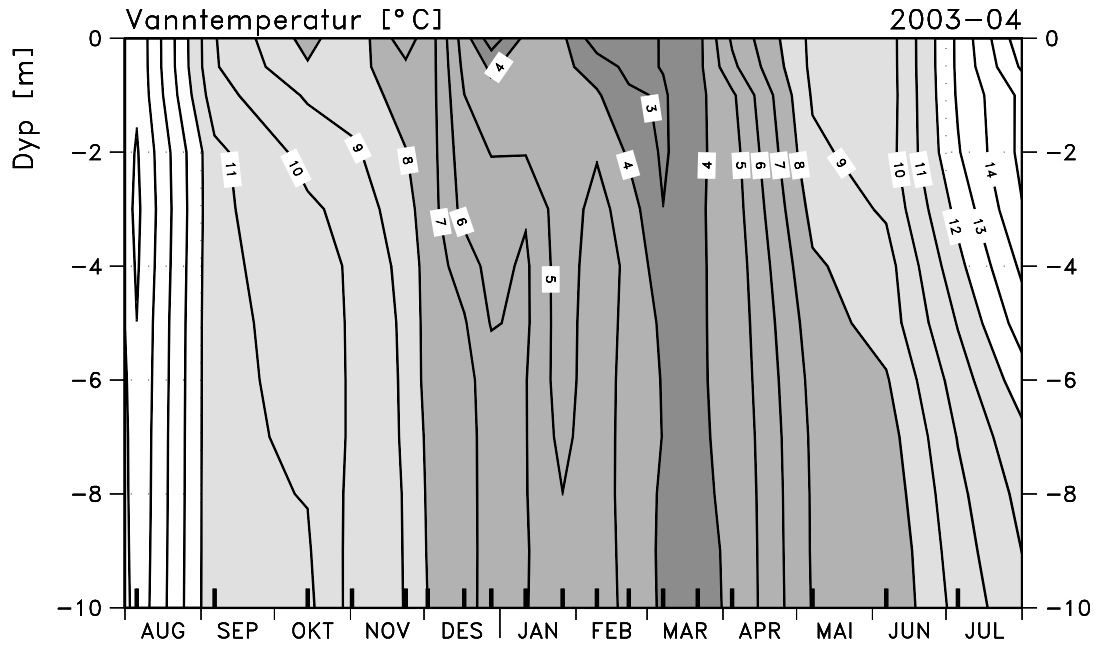
Holandsfjorden punkt 7



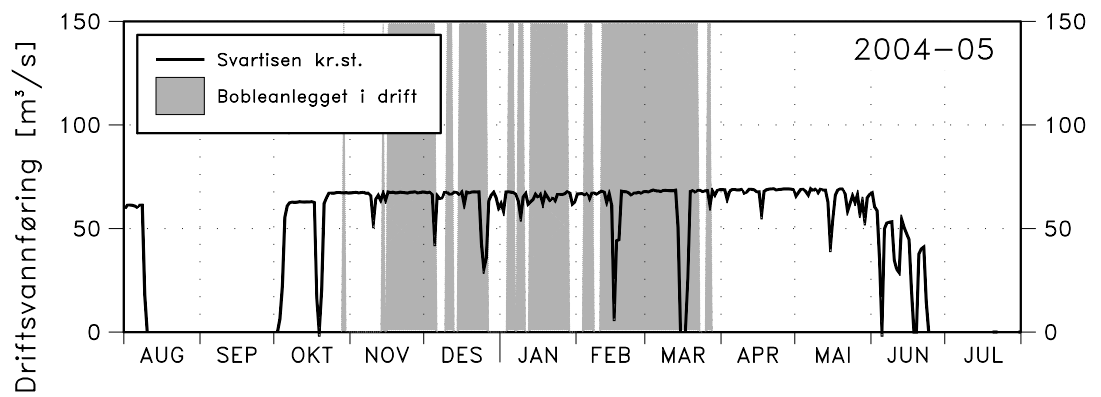
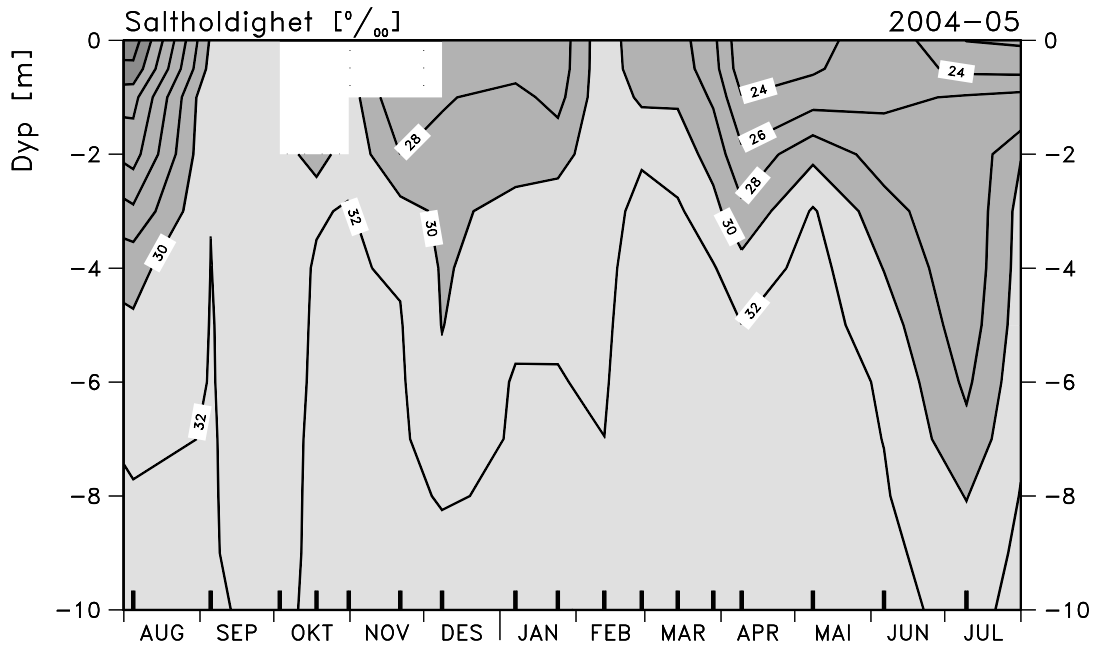
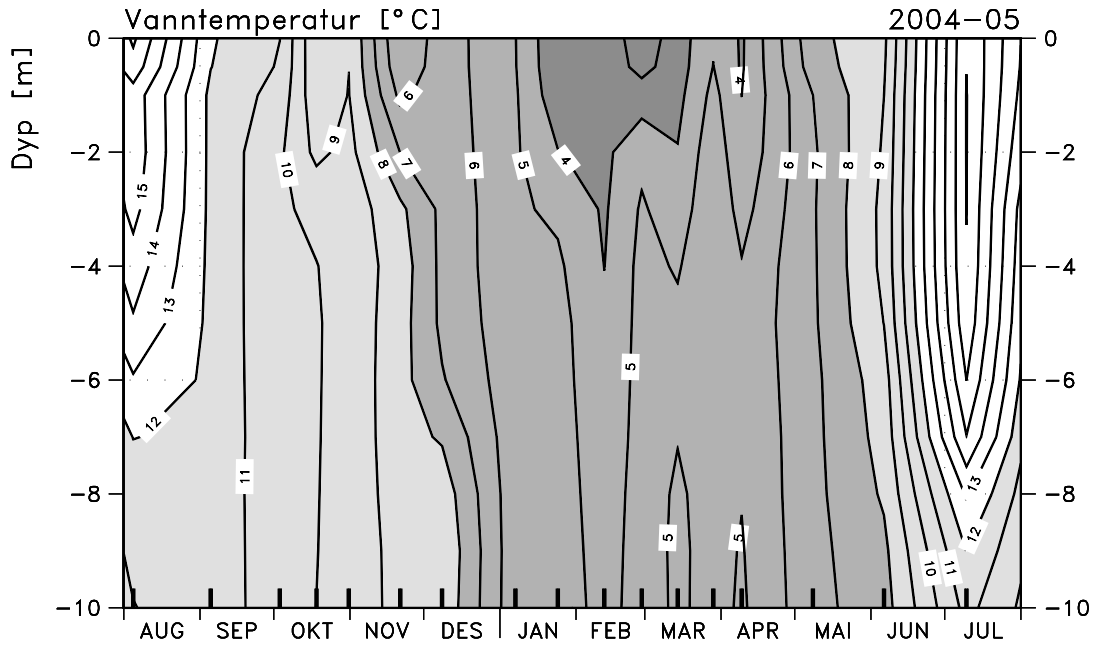
Holandsfjorden punkt 9



Holandsfjorden punkt 9

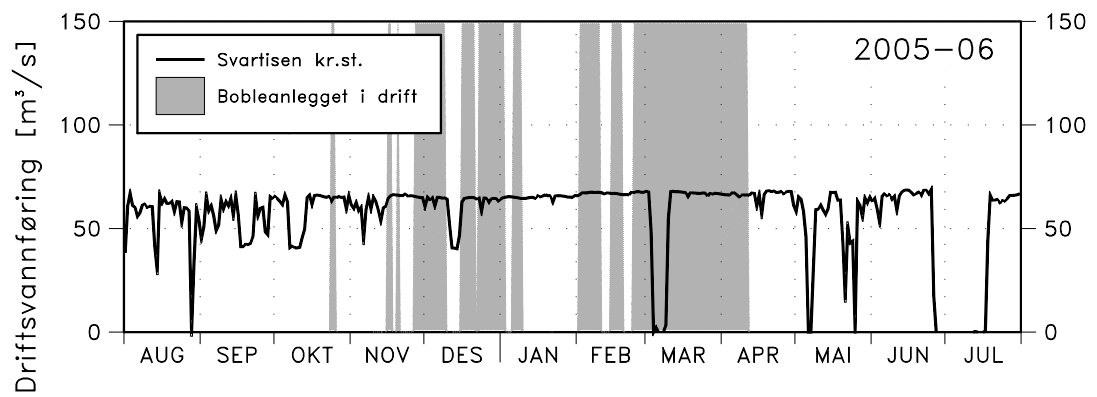
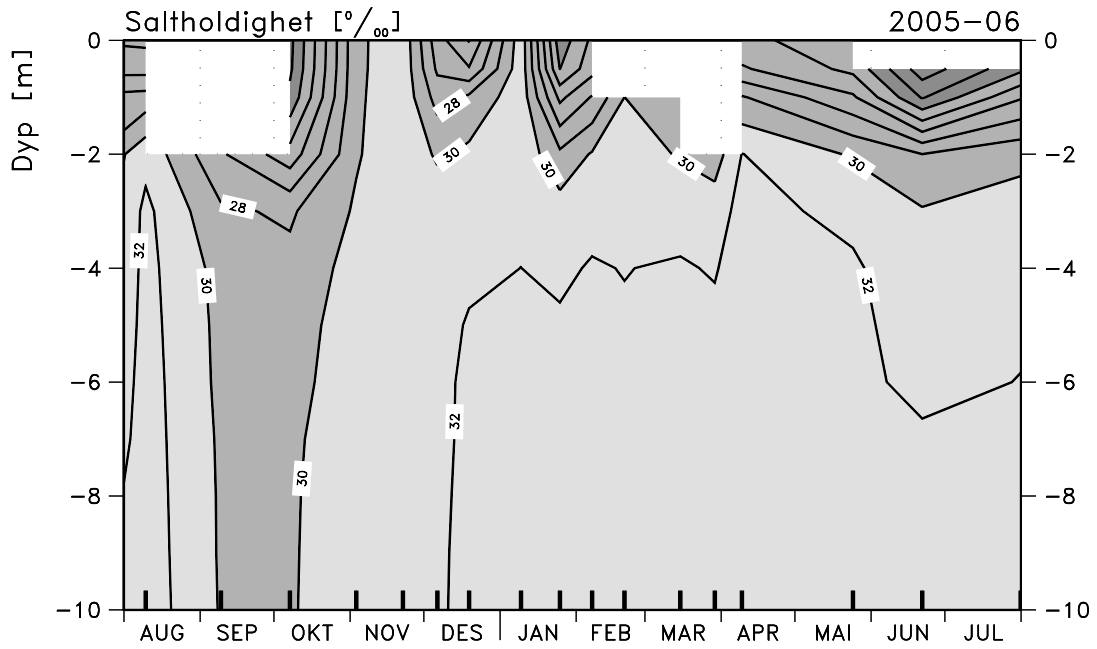
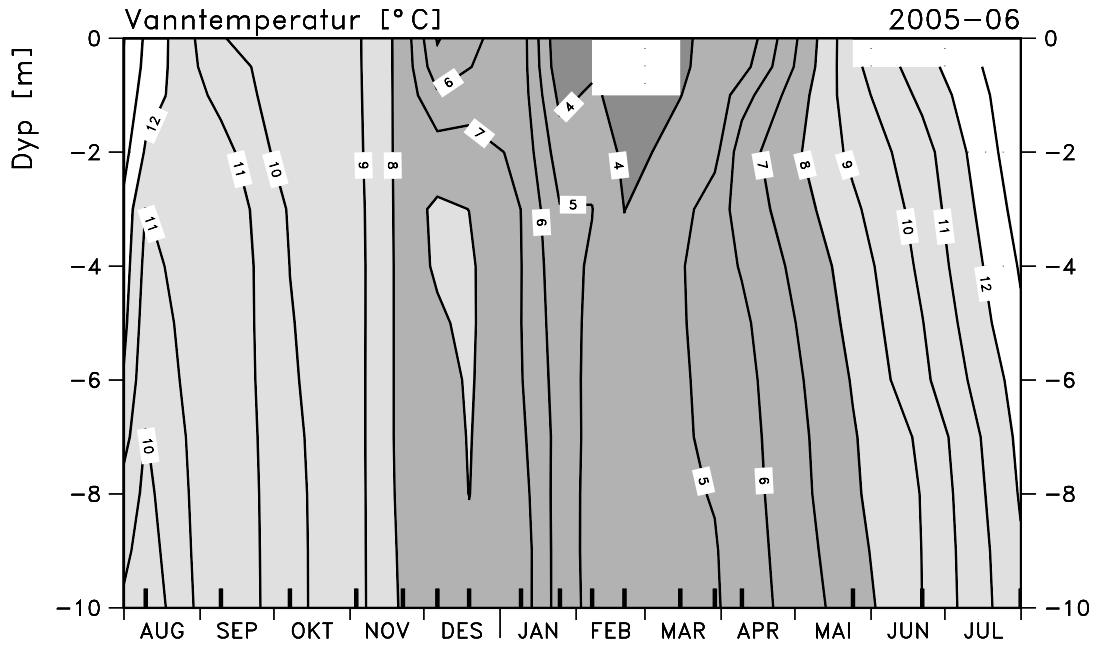


Holandsfjorden punkt 9

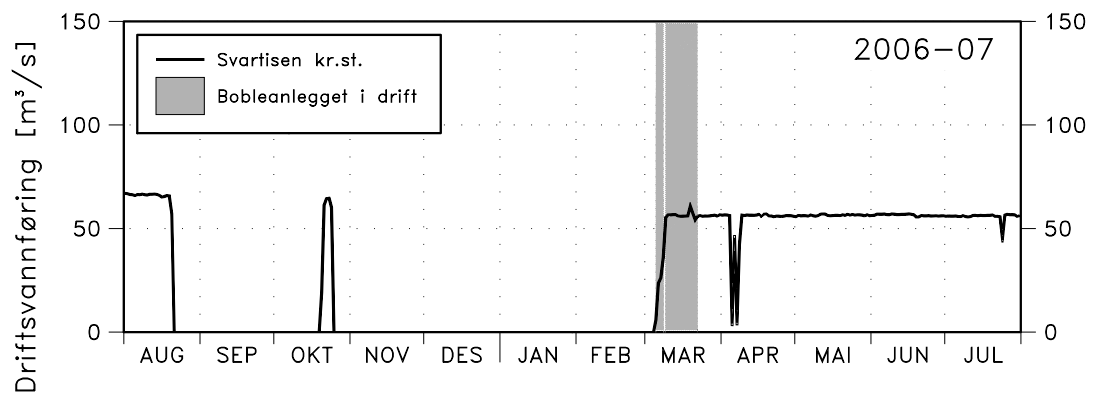
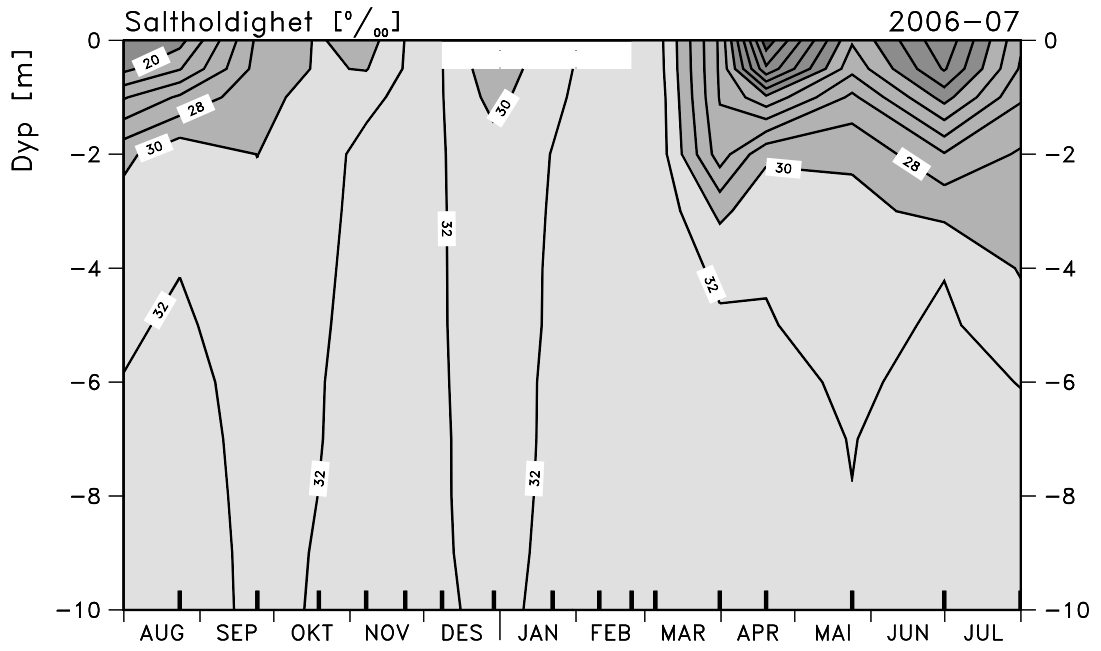
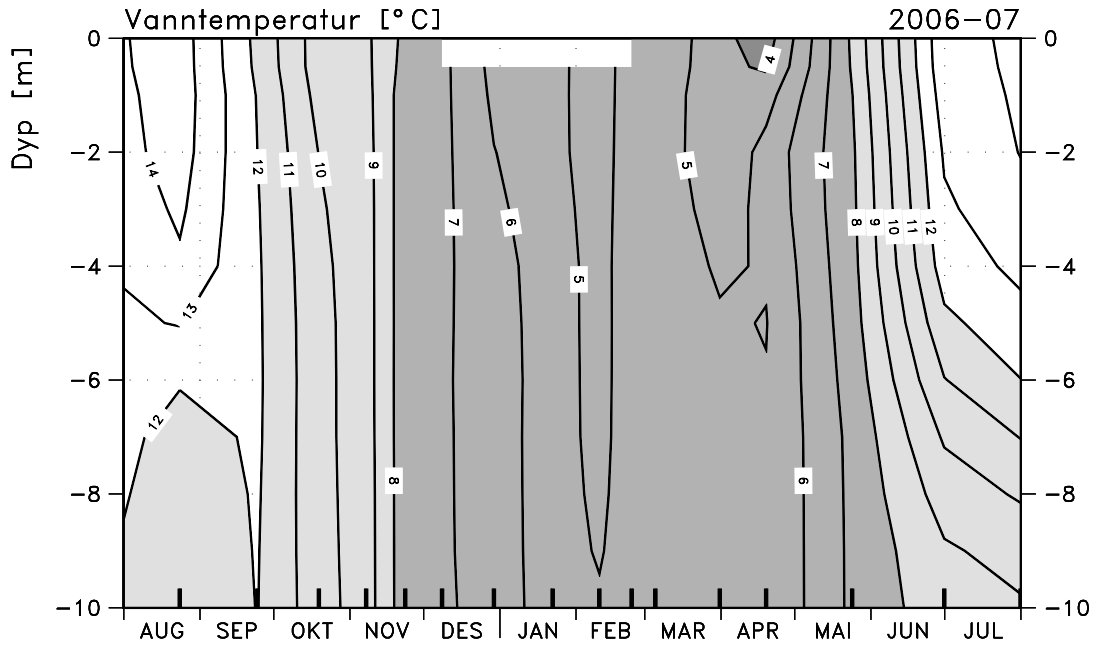




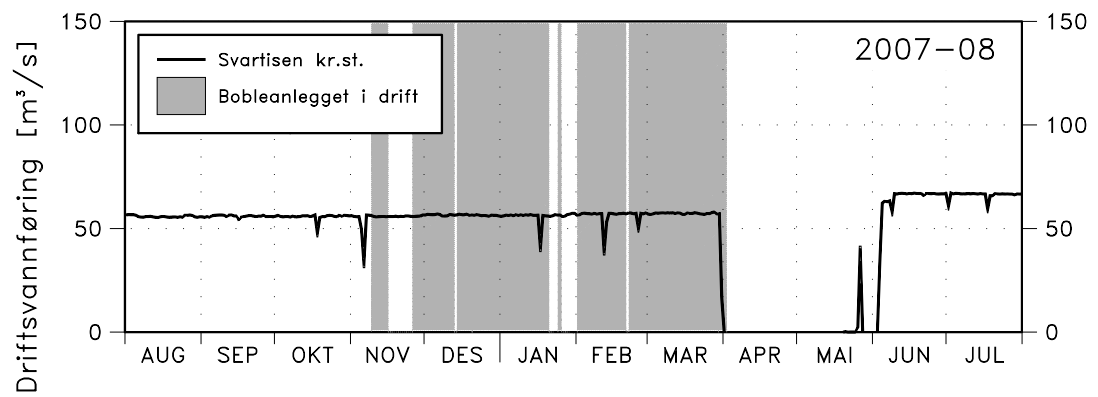
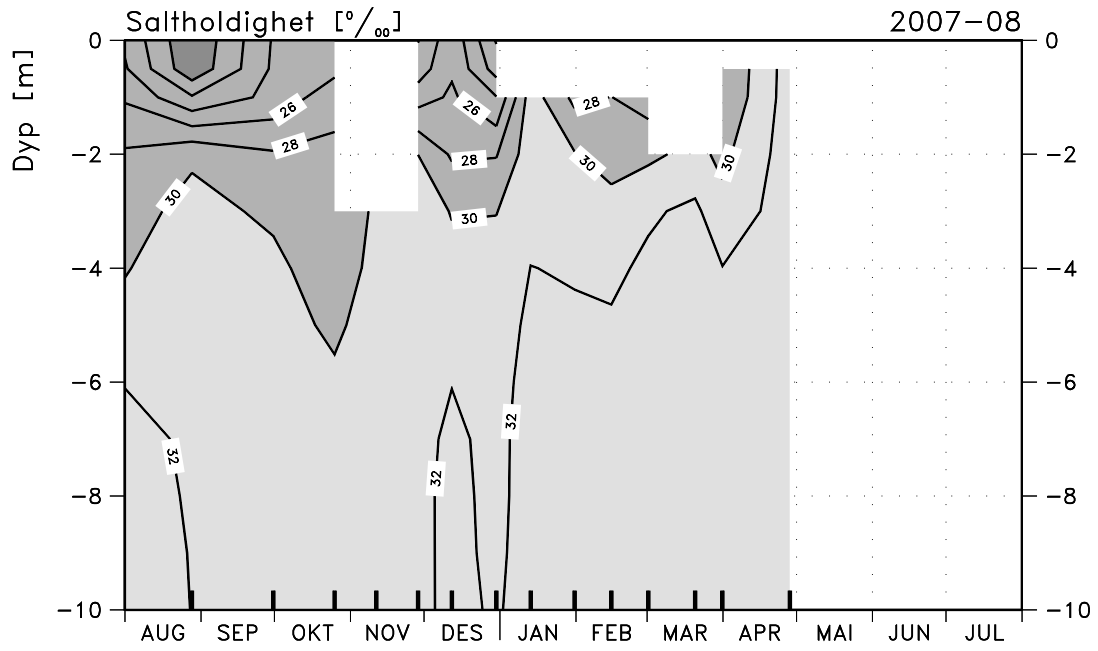
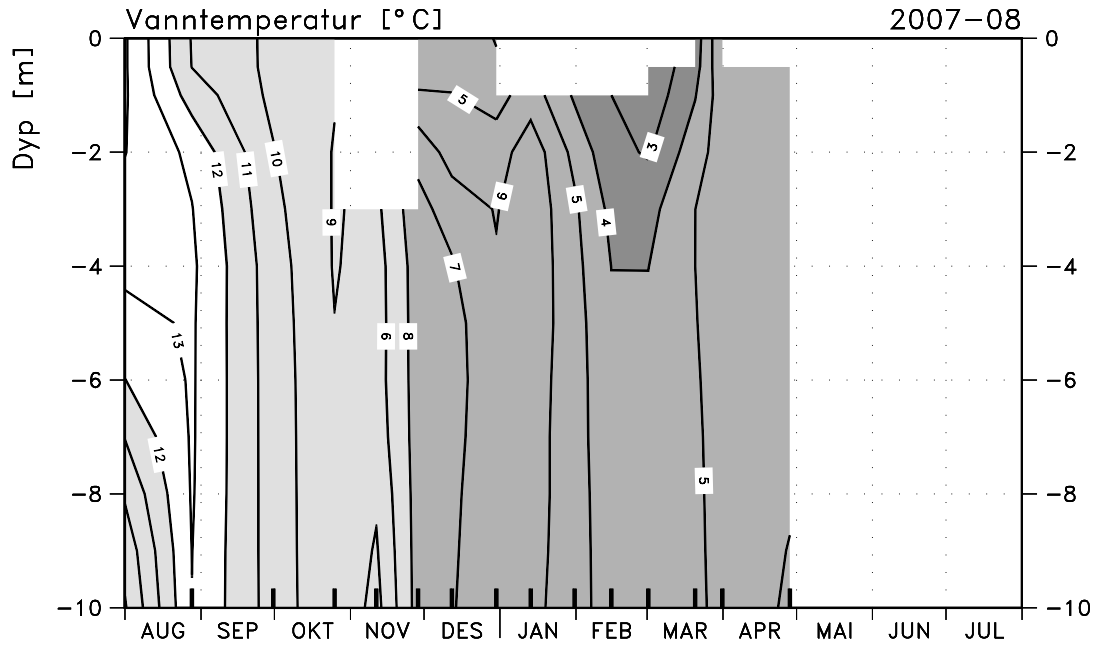
Holandsfjorden punkt 9



Holandsfjorden punkt 9



Holandsfjorden punkt 9



# VEDLEGG C

Plott av alle ismålingene i Nordfjorden, Holandsfjorden og Bjerangsfjorden



## **Vedlegg C. Plott av alle ismålingene i Nordfjorden, Holandsfjorden og Bjerangsfjorden**

Fig C1-C2 viser plott av observert overflatekonsentrasjon av is i de 20 områdene (se fig. 12) i Nordfjorden, Holandsfjorden og Bjerangsfjorden for første perioden etter oppstarten av bobleanlegg, vintrene 2002/03 til 2007/08. Alle områdene er samlet for hver sesong. Fig C3-C6 viser de samme observasjonene, men alle dataene er her samlet for hvert område.

Overflatekonsentrasjonen er angitt med en farge for hver tiende prosent. 0 % (isfritt) og 100 % (helt isdekt) angis med egne farger, henholdsvis hvitt og rødt. Fargeskalaen er gjengitt under plottene. Tykke striplete streker angir at observasjoner mangler



## Nordfjorden/Holandsfjorden

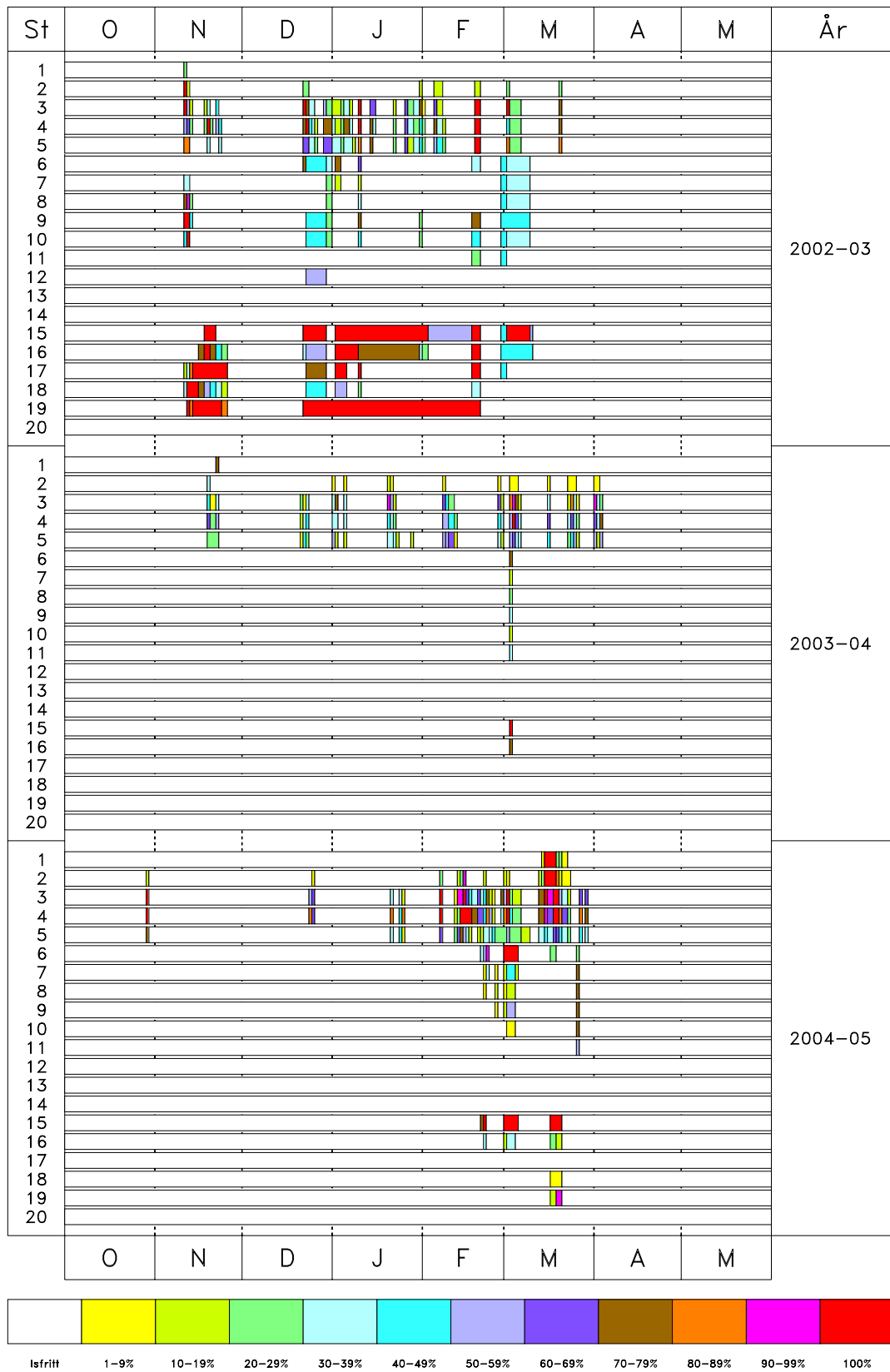


Fig C1 Observert overflatekonsentrasjon av is i de 20 områdene i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2002/2003 til 2004/2005.



Nordfjorden/Holandsfjorden

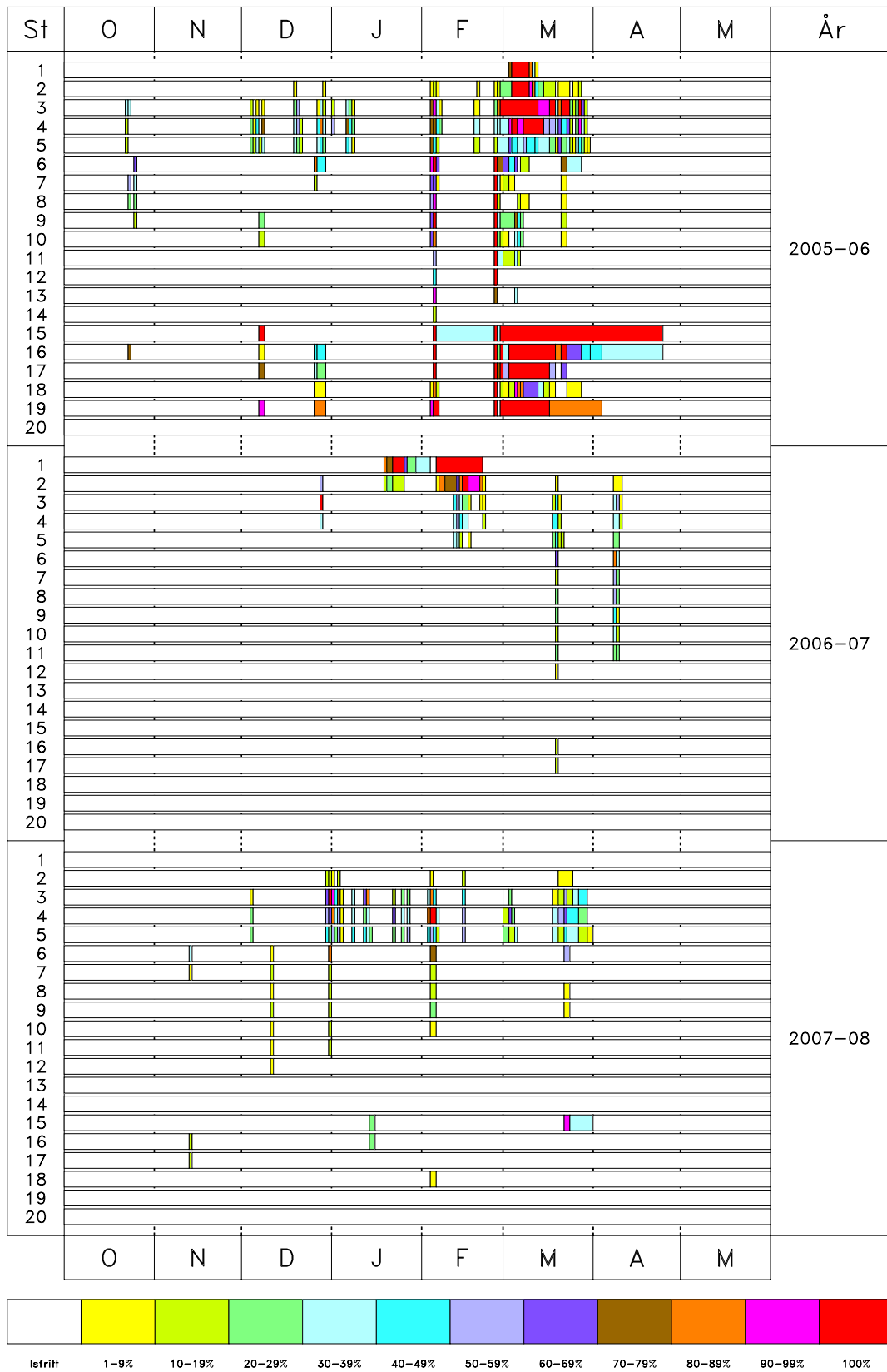


Fig C2 Observert overflatekonsentrasjon av is i de 20 områdene i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2005/2006 til 2007/2008.

## Nordfjorden/Holandsfjorden

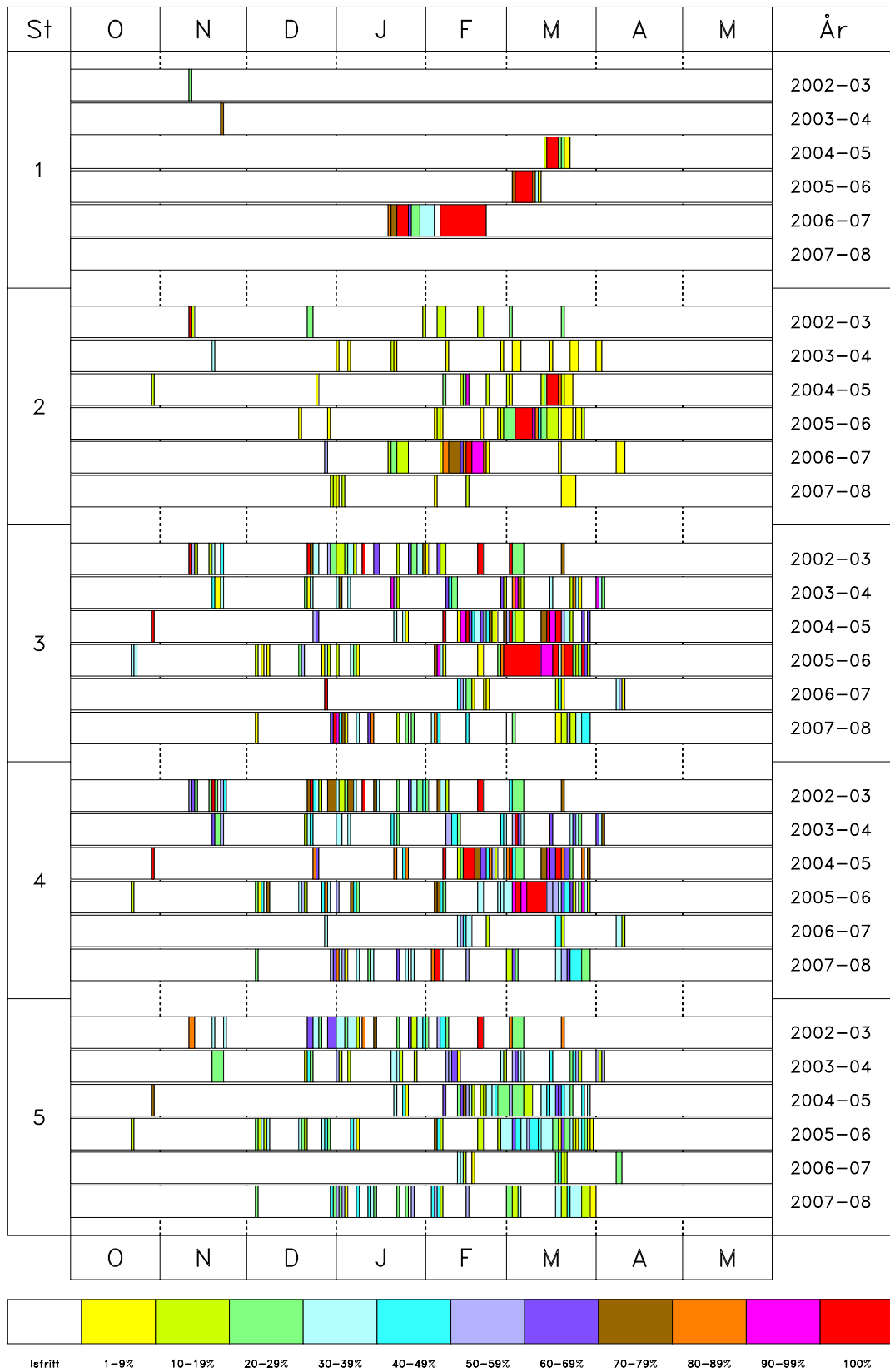


Fig C3 Observert overflatekonsentrasjon av is i områdene 1-5 i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2002/2003 til 2007/2008.

Nordfjorden/Holandsfjorden

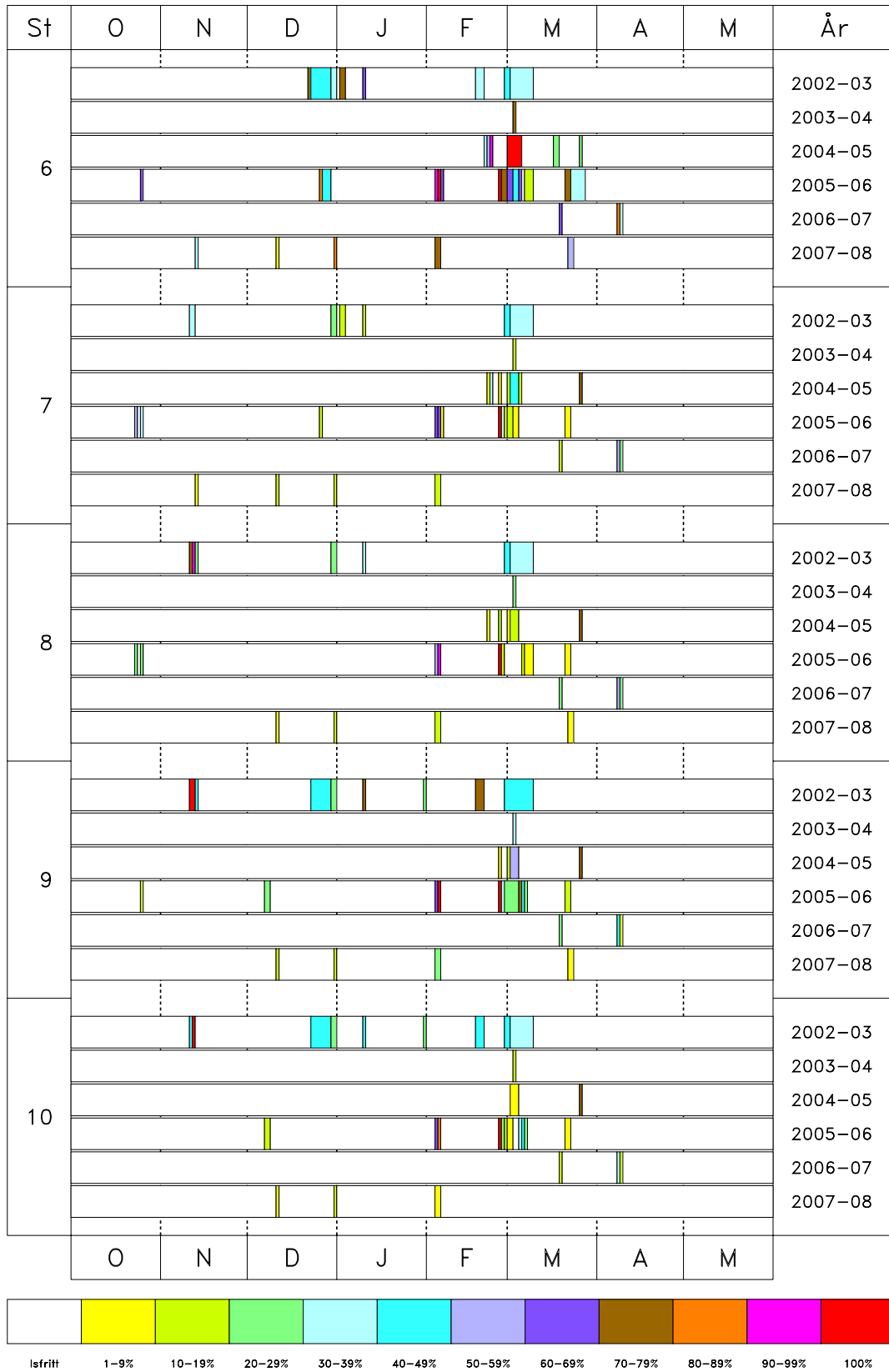


Fig C4 Observert overflatekonsentrasjon av is i områdene 6-10 i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2002/2003 til 2007/2008.

Nordfjorden/Holandsfjorden

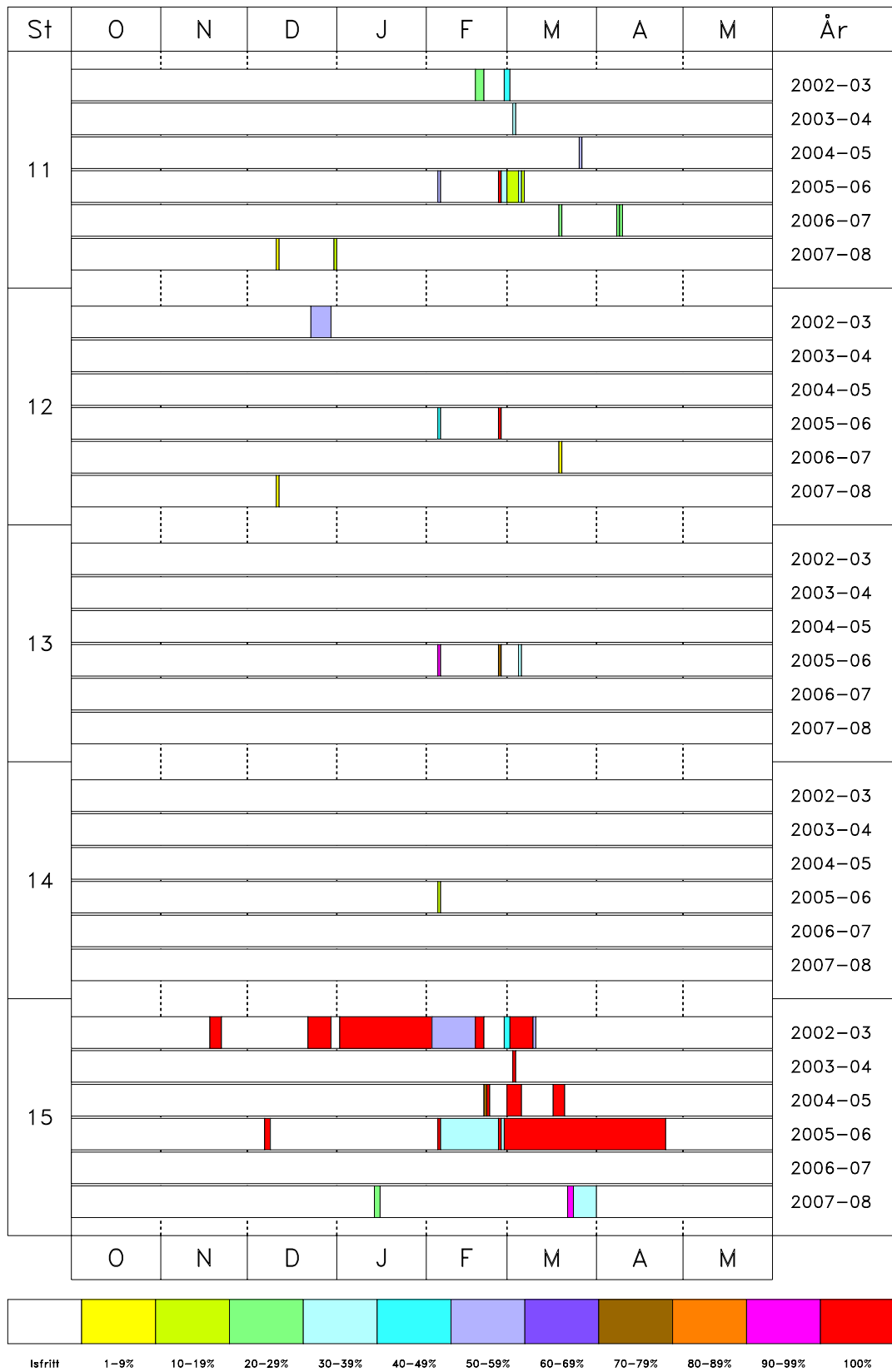


Fig C5 Observert overflatekonsentrasjon av is i områdene 11-15 i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2002/2003 til 2007/2008.

Nordfjorden/Holandsfjorden

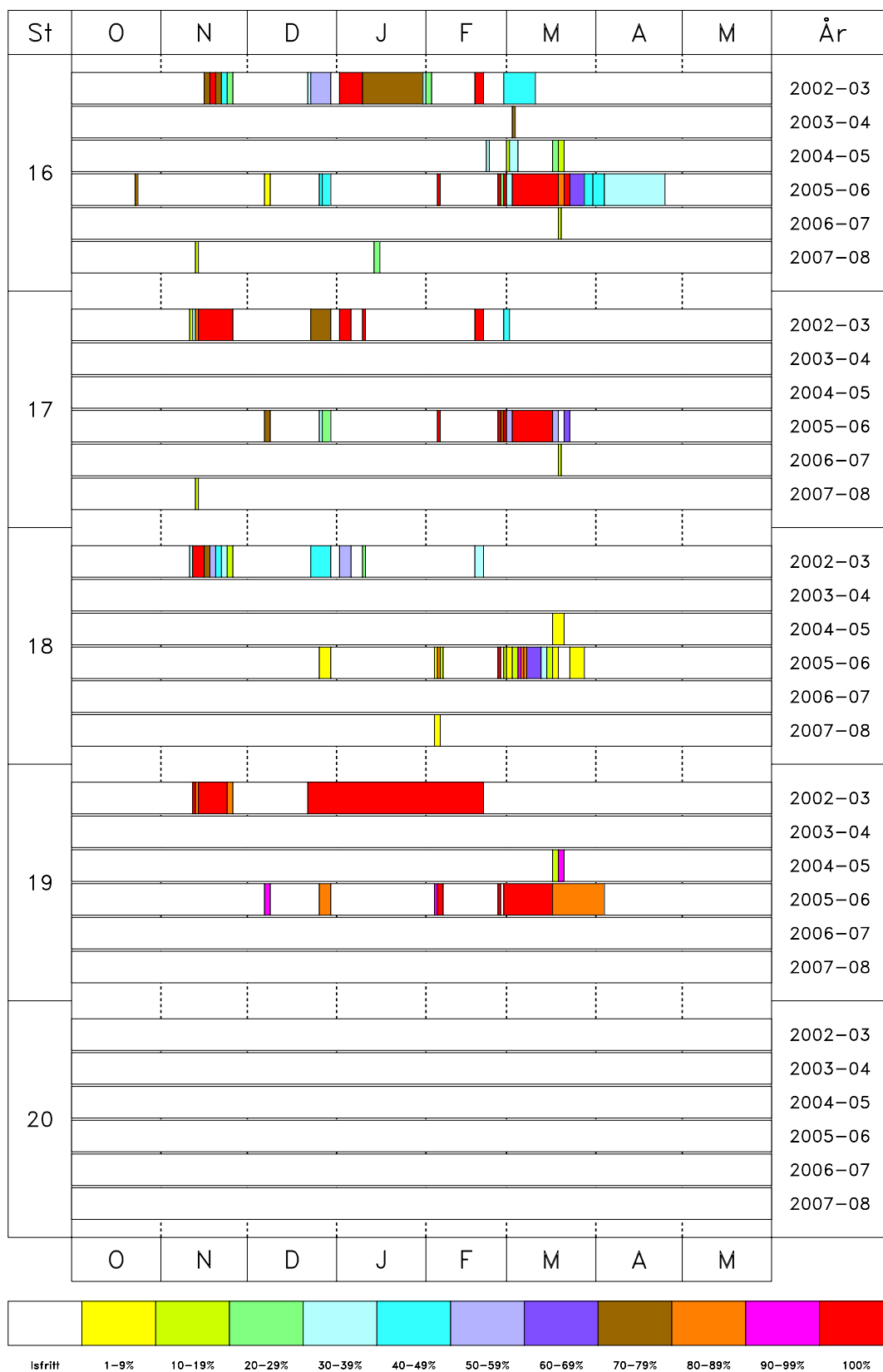


Fig C6 Observert overflatekonsentrasjon av is i områdene 11-15 i Nordfjorden og Holandsfjorden i vintrene 2002/2003 til 2007/2008.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

## **Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2010**

- Nr. 1 Margrethe Cecilie Elster, Patricia Dawn Kennie: Nedre Otta kraftverk  
- Konsekvenser av utbyggingsplanene - erosjon og sedimenttransport (32 s.)
  
- Nr. 2 Ånund Sigurd Kvambekk: Sauland kraftverk. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold (16 s.)
  
- Nr. 3 Ånund Sigurd Kvambekk: Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden.  
Fra start på bobleanlegget i oktober 2002 til april 2008 (132 s.)



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen,  
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)