

Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur - oppdatering september 2020

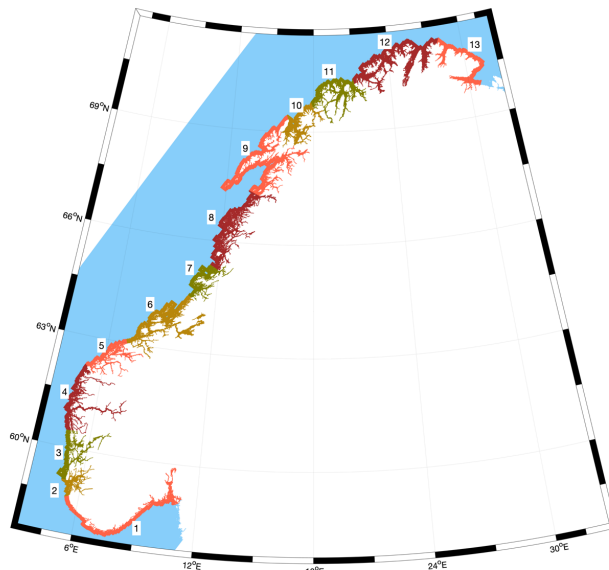
Jon Albretsen og Lars Asplin, Havforskningsinstituttet.

Introduksjon

Rapporten beskriver det fysiske miljøet langs norskekysten med fokus på vanntemperatur og saltholdighet, både fra observasjoner og numeriske modellresultater. Oppsummering av forholdene i hvert produksjonsområde gjøres gjennom tidsserier av modellert overflatesaltholdighet og ferskvannsavrenning for perioden 2012-2020. Sjøtemperatur påvirker lakselusas vekst og utviklingshastighet, mens ferskvannspåvirkning indikerer i hvilken grad villfisk beskyttes gjennom et utviklet brakkvannslag.

Dette er en oppdatering av tilsvarende notat til Ekspertgruppen for vurdering av villfiskens regionale bærekraft i forhold til lakselus. Detaljer er beskrevet i dette notatet.

Tidsserier for vanntemperatur og saltholdighet i overflaten er beregnet som romlige midler innen de fastsatte produksjonsområdene (områdene er markert med ulike farger i Figur 1). I tillegg er alle verdier midlet over kalendermåned.



Figur 1. Kart over produksjonsområdene (inndelt med ulike farger) der miljøinformasjon er hentet ut.

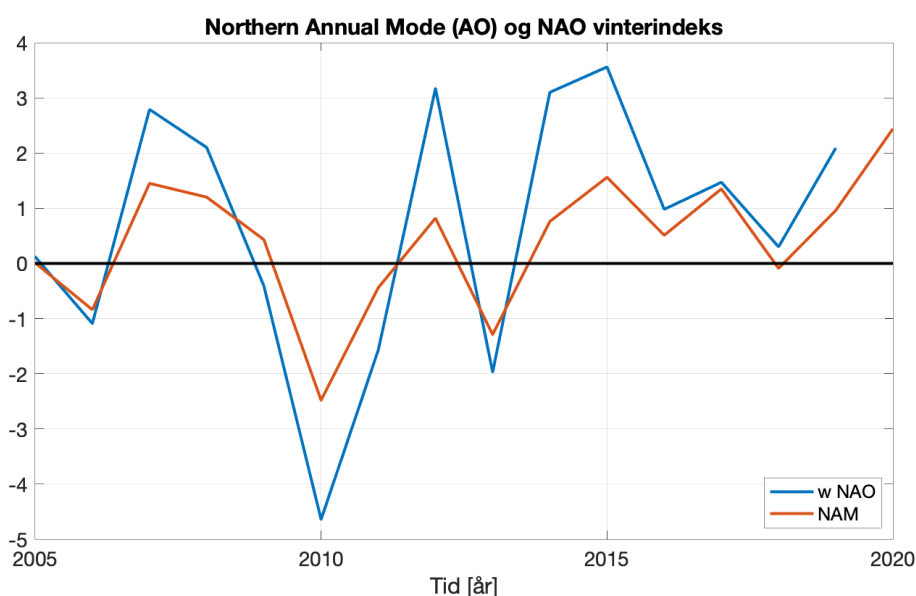
Aktuell miljøtilstand fra de numeriske modellsimuleringene med NorKyst800 (Asplin m.fl., 2020 og Albretsen m.fl., 2011) for hvert produksjonsområde er

plottet for tidsperioden januar 2012 til og med juli 2020 (figurene presenteres for hvert produksjonsområde bakerst i dokumentet).

Det fysiske miljøet langs Norskekysten

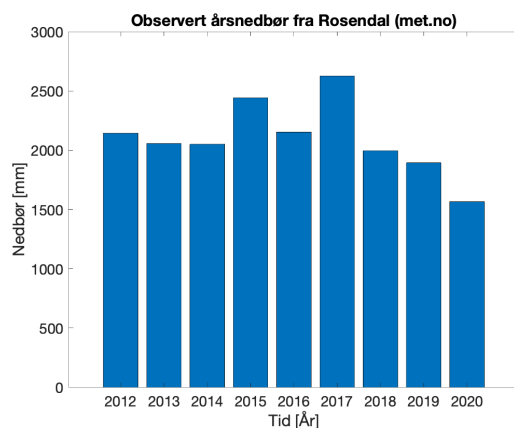
En styrende faktor for det fysiske miljøet om vinteren og våren langs norskekysten er styrken på det såkalte vestavindsbeltet eller plasseringen av den atmosfæriske polarfronten som krysser Norge. Mye vestavind mot landet fører til mer regn og høyere temperaturer i vann og luft. To indekser som representerer styrken på vestavindsbeltet er den såkalte vinter-indeksen (desember-mars) av North Atlantic Oscillation (NAO) definert av Hurrell (https://climatedataguide.ucar.edu/sites/default/files/nao_station_djfm.txt) og Northern Annular Mode (NAM) som også er basert på atmosfærisk trykkfordeling. Positive verdier av disse vil typisk indikere vestavind, nedbør og relativt høye temperaturer. Negative verdier vil indikere kaldere og mer nedbørfattige vintre. Forøvrig, som for alle indekser, kan det finnes unntak.

NAO- og NAM-indeksen for både 2019 og 2020 var positive (Figur 2) og indikerer dermed at norskekysten var preget av mildt og urolig vær med en del lavtrykksaktivitet.



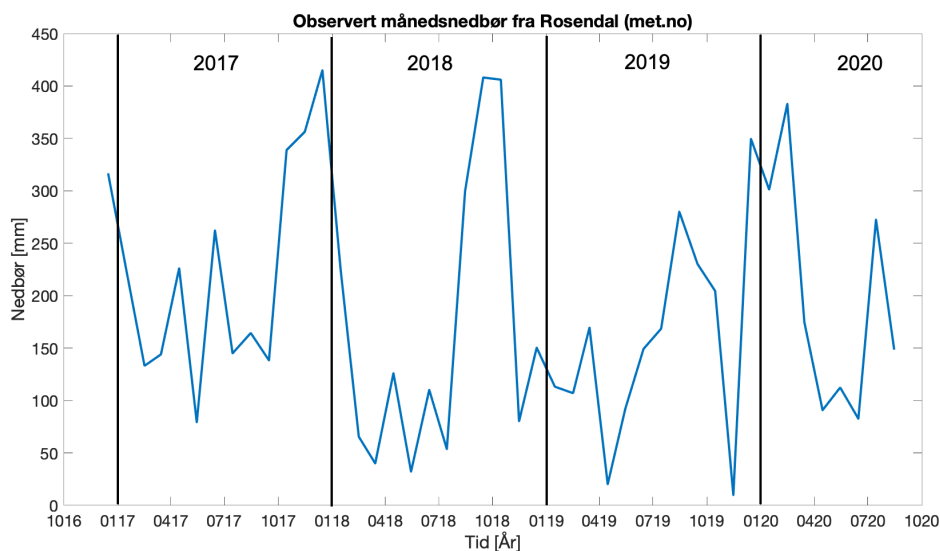
Figur 2. Verdiene av NAO vinterindeks og NAM-indeksen siden 2005.

Det forventes altså at en høy NAO-indeks gir relativt varmt vann om vinteren, mer nedbør og økt avrenning med et sterkere brakkvannslag. Ser vi på observasjoner av årlig nedbør fra Rosendal i Hardangerfjorden er relativt stabil rundt 2000 mm (Figur 3). Korrelasjonen med NAO indeksen er bare delvis tilstede.



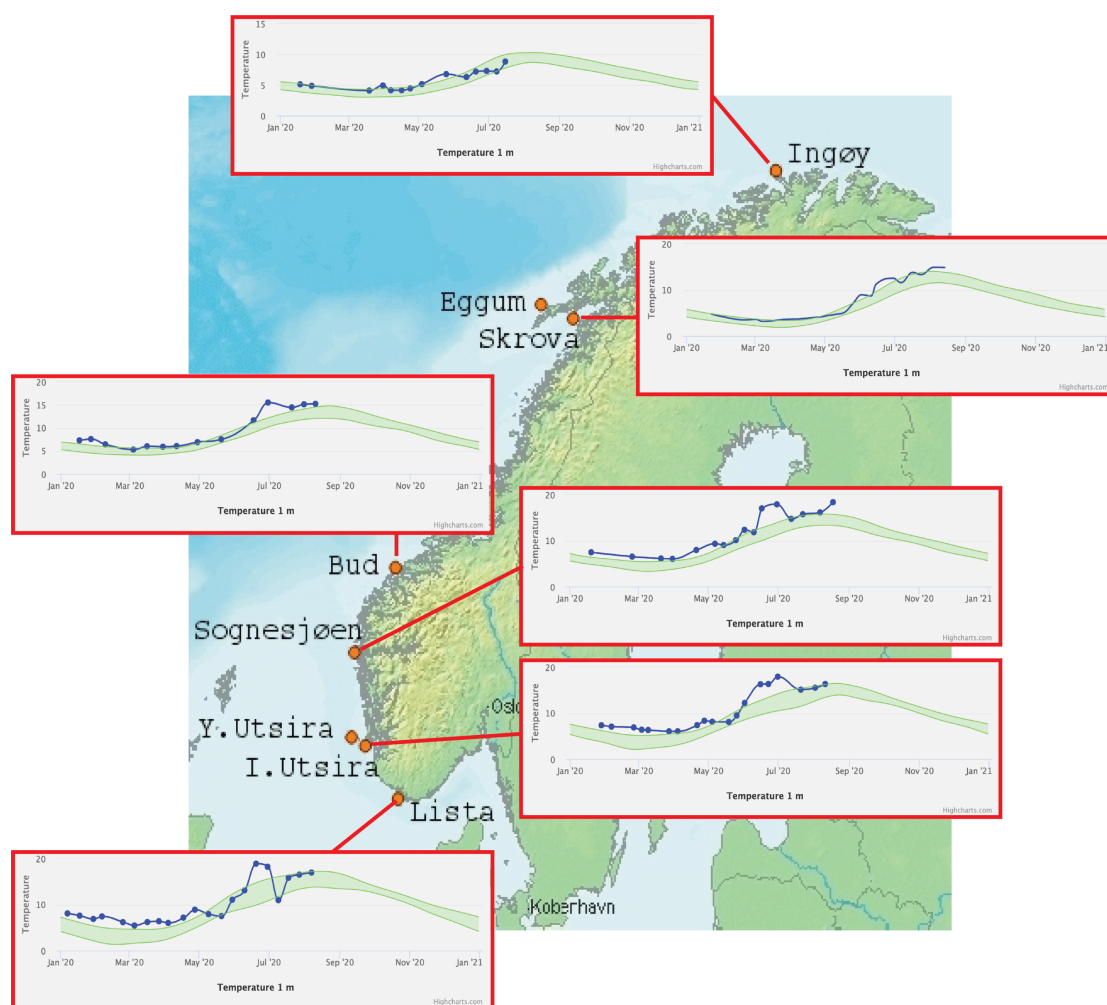
Figur 3. *Observert årsnedbør fra Rosendal (eklima.met.no). Merk at for 2020 er bare tidsrommet fram til slutten av august inkludert.*

Observasjoner av månedsnedbør fra Rosendal viser derimot at fordelingen gjennom året kan variere (Figur 4). I 2020 kom det mye nedbør om vinteren og det har ført til mye snø og tilhørende snøsmelting om våren.



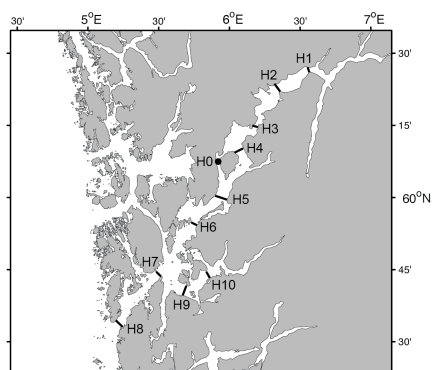
Figur 4. *Observert månedsnedbør fra Rosendal (eklima.met.no).*

Overvåkingen av temperatur gjøres blant annet ved faste hydrografiske stasjoner langs kysten (<http://www.imr.no/forskning/forskningsdata/stasjoner/index.html>). Her observeres profil av saltholdighet og temperatur ca. annenhver uke med tidsserier mer enn 50 år tilbake. Temperaturen i 1 m dyp har relevans for akvakultur og lakselus, og i 2020 har verdiene stort sett vært høyere enn normalt langs hele kysten, men med periodevis avvik mot normalt og kaldere (Figur 5). Merk at de fleste av de faste stasjonene ligger utaskjærs og er mer påvirket av relativt varmt Atlantisk vann enn hva vannmassene innover i produksjonsområdene kan være.

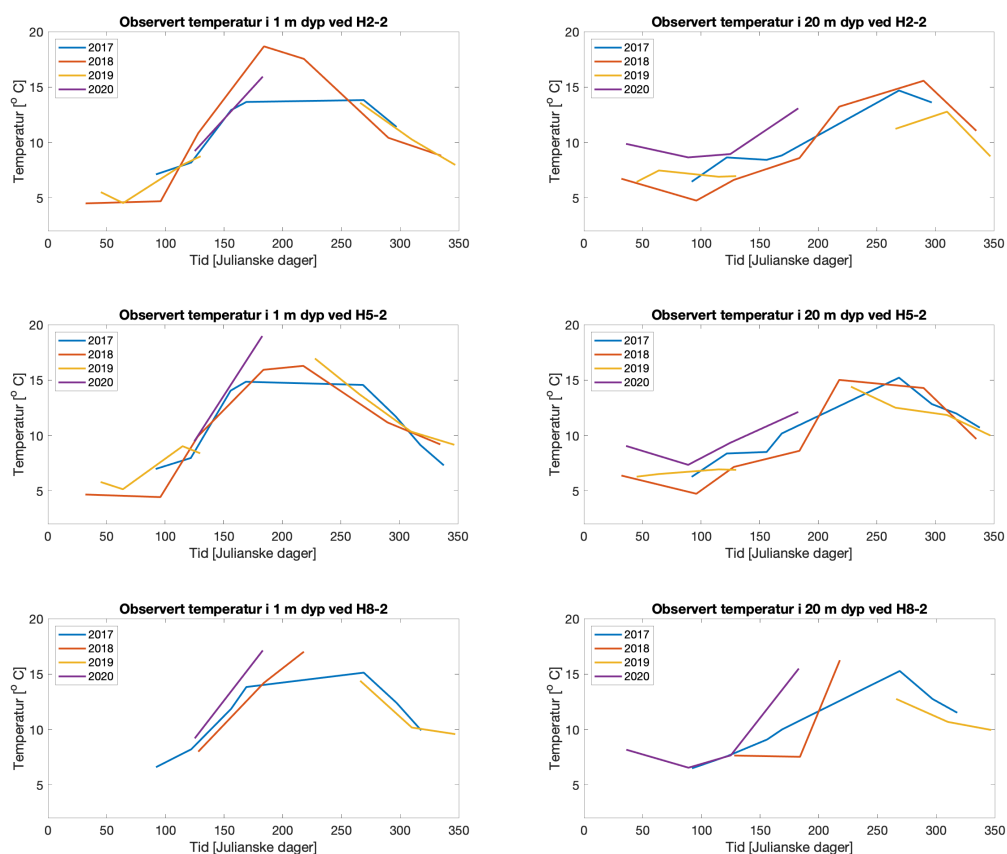


Figur 5. Observert temperatur i 1 m dyp fra de faste stasjonene Ingøy, Skrova, Bud, Sognesjøen, Indre Utsira og Lista for 2020. Det grønne feltet i figurene indikerer området for normalverdien.

Havforskningsinstituttet gjennomfører rutinemessige overvåkingstokt på Vestlandet og i Nord-Norge for å tallfeste det fysiske miljøet samt skaffe data for å validere numeriske modellresultater. Observasjoner fra Hardangerfjorden er gjort i faste posisjoner langs fjorden (Figur 6), og resultater fra stasjonene H2, H5 og H8 vises. Temperaturen i 2020 har stort sett vært noe høyere enn for 2017-2019 (Figur 7).

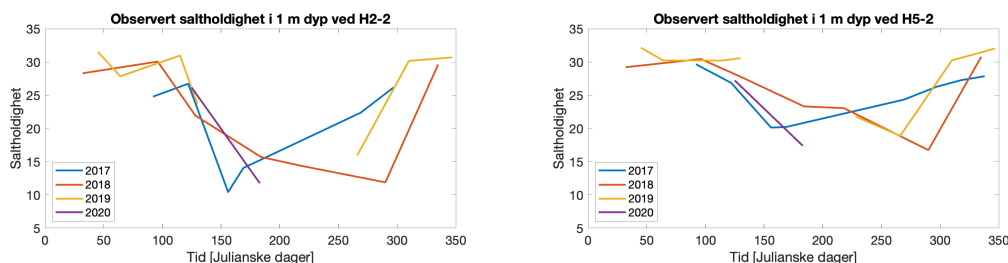


Figur 6. Posisjonen til de faste hydrografi-snittene i Hardangerfjorden.



Figur 7. Observert temperatur i 1 m (venstre kolonne) og 20 m (høyre kolonne) for posisjonene H2 (øverst), H5 (midten) og H8 (nederst) i Hardangerfjorden i 2017 til 2020.

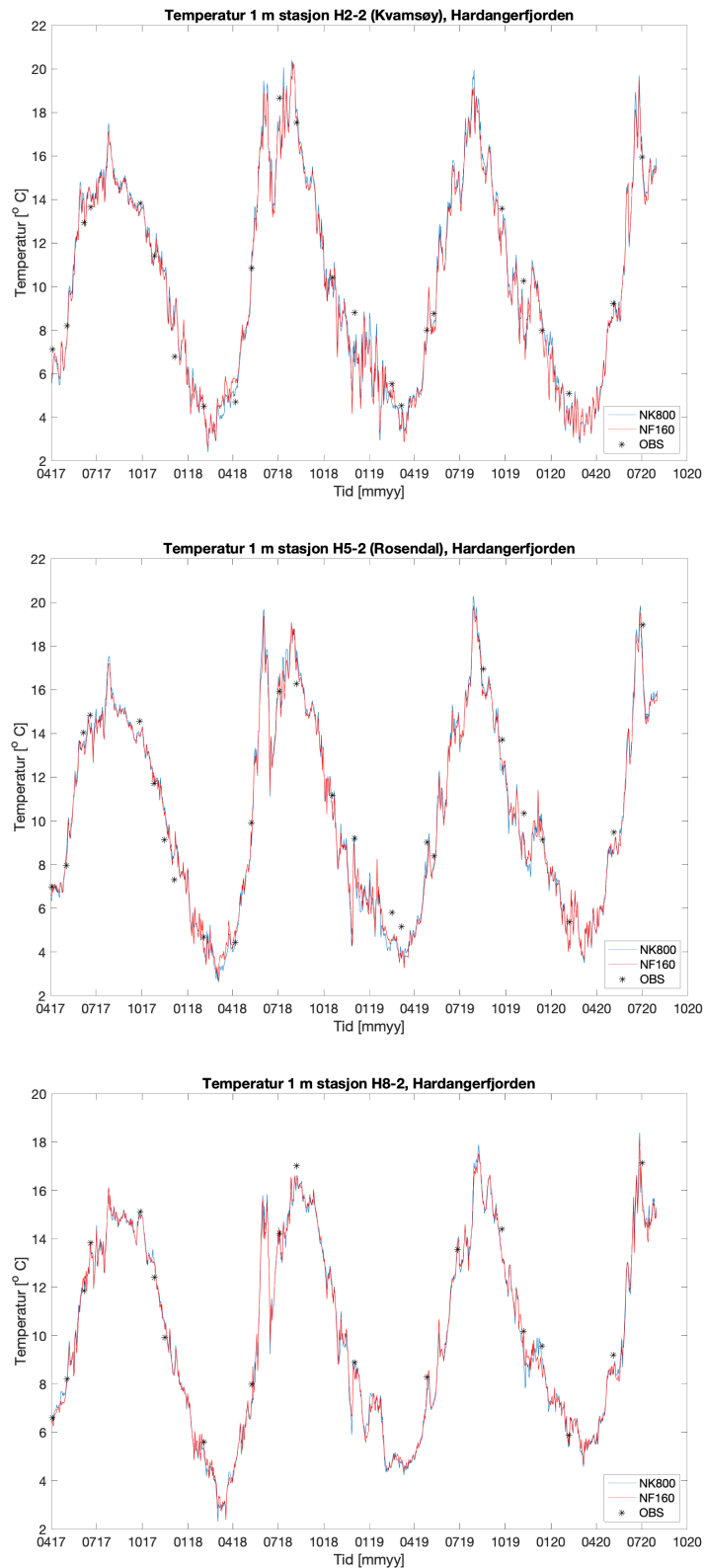
Saltholdigheten i 1 m dyp forteller oss styrken av brakkvannslaget, og i 2020 ble det etablert et sterkt brakkvannslag først etter dag 150 i året, dvs. et stykke ut i juni måned (Figur 8).



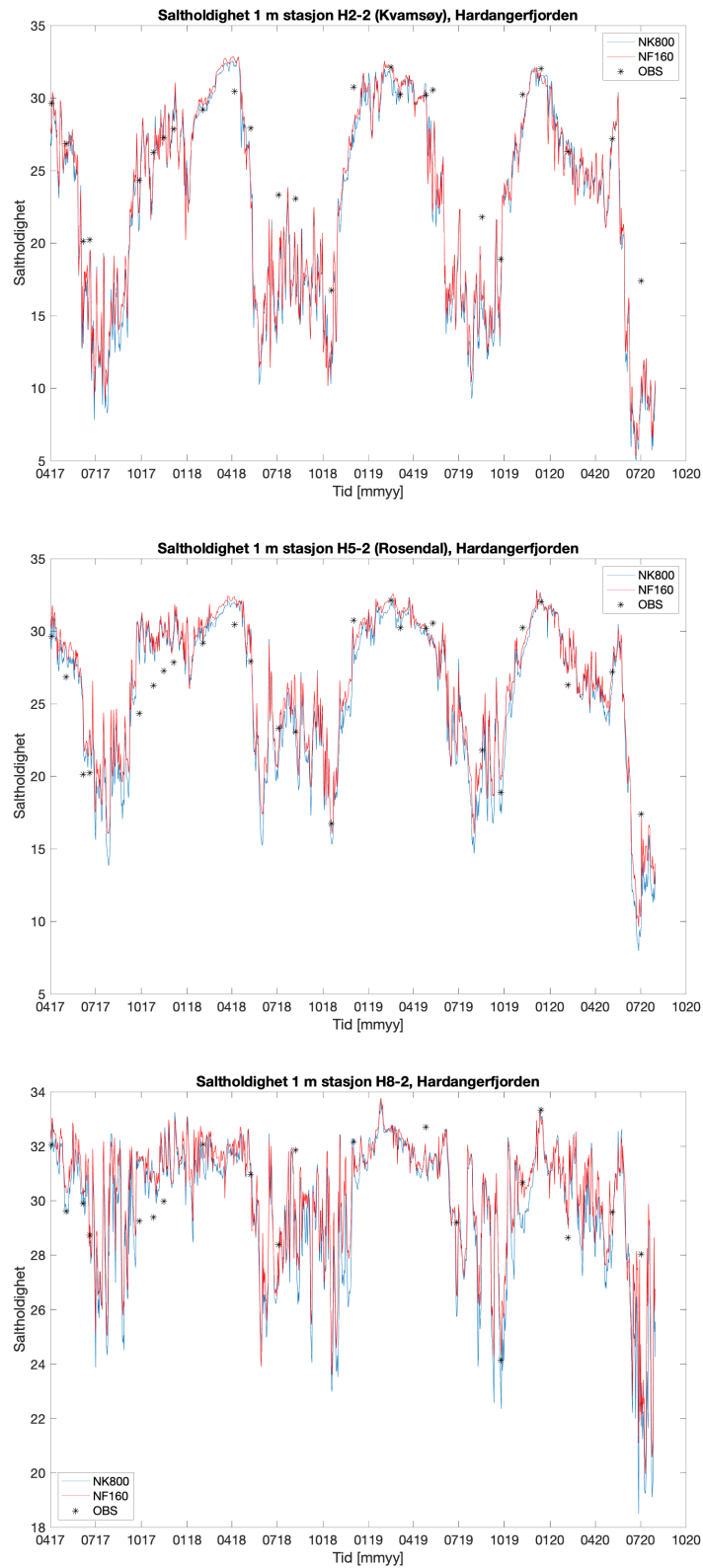
Figur 8. Observert saltholdighet i 1 m for posisjonene H2 (venstre) og H5 (høyre) i Hardangerfjorden i 2017 til 2020.

Siden målefrekvensen av observasjonene er månedlig eller lenger supplerer vi observasjonene med informasjon fra numeriske strømmmodellresultater. Modellsystemene NorKyst800 og NorFjords160 kjøres operasjonelt og leverer resultater av strøm, saltholdighet og temperatur med romlig horisontal oppløsning på hhv. 800 m og 160 m samt verdier hver time. Døgnmiddelverdier av saltholdighet og temperatur fra stasjonene H2, H5 og H8 for 1 m og 20 m viser for det første at det ikke er store forskjeller mellom resultatene fra NorKyst800 og NorFjords160. For det andre viser det at det stort sett er godt samsvar mellom modellresultatene og observasjonene, men med noen utfordringer med modellenes beskrivelse av brakkvannslaget innover i fjorden (Figur 9-11). Vi ser at det kan være store dag til dag-variasjoner i verdiene, og også innenfor et døgn kan verdiene varierer med opptil flere enheter. Resultatene er av en slik kvalitet at de kan brukes til å beskrive det fysiske miljøet for produksjonsområdene, men det er likevel nødvendig med regelmessige observasjoner for å identifisere periodene der modellresultatene har avvik.

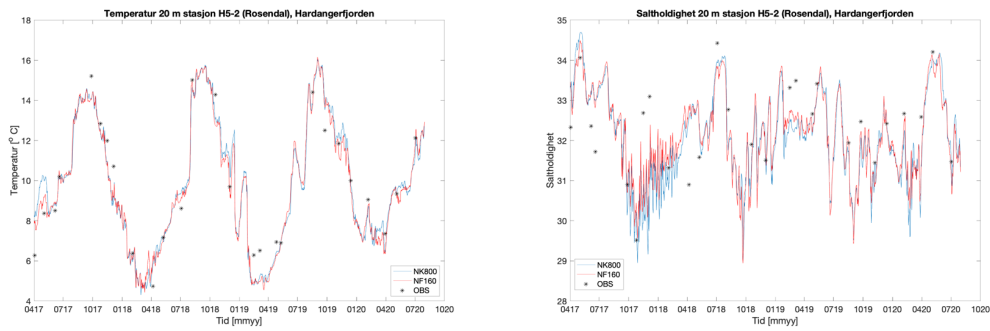
Modellresultatene bekrefter at vannmassene har holdt en høyere temperatur vinteren 2020 i forhold til tidligere år med 4-5 °C i 1 m dyp (Figur 9). Maksimal temperatur er en kort periode oppe i ca. 20 °C i juni. I 20 m dyp er vannet om vinteren 2020 enda varmere relativt sett med verdi omkring 7 °C (Figur 11). Saltholdigheten har også vært relativt lav, men det skjedde ikke før i juni (Figur 10), noe som også vises i observasjonene (Figur 8).



Figur 9. Modellert (blå linje er NorKyst800, rød linje er NorFjords160) og observert temperatur i 1 m dyp for stasjon H2 (øverst), H5 (midten) og H8 (nederst).

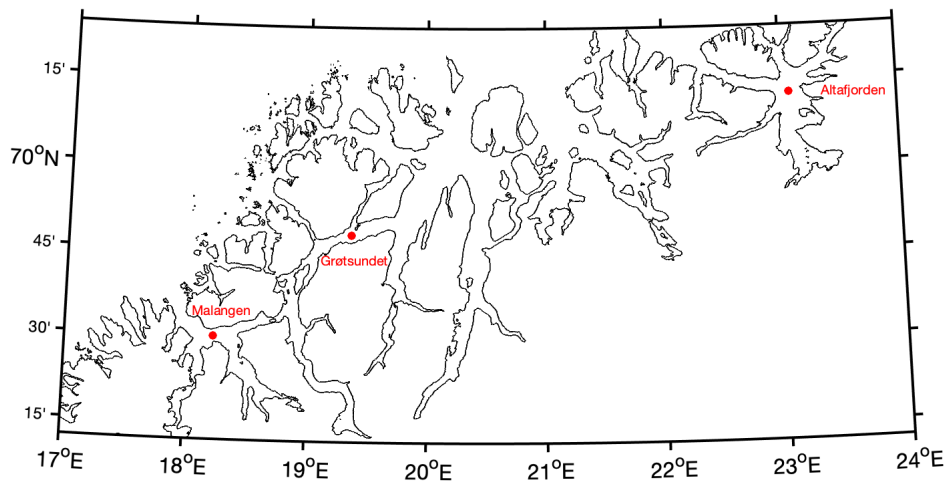


Figur 10. Modellert (blå linje er NorKyst800, rød linje er NorFjords160) og observert saltholdighet i 1 m dyp for stasjon H2 (øverst), H5 (midten) og H8 (nederst).



Figur 11. Modellert (blå linje er NorKyst800, rød linje er NorFjords160) og observert temperatur (venstre) og saltholdighet (høyre) i 20 m dyp for stasjon H5.

I Nord-Norge har det i 2020 bare blitt gjennomført ett hydrografitokt, nemlig midt i juni. Modellresultater fra NorKyst800 og punktobservasjoner fra dette ene toktet i 2 m og 20 m dyp for tre lokaliteter Altafjorden, Grøtsundet og Malangen presenteres (Figur 12).



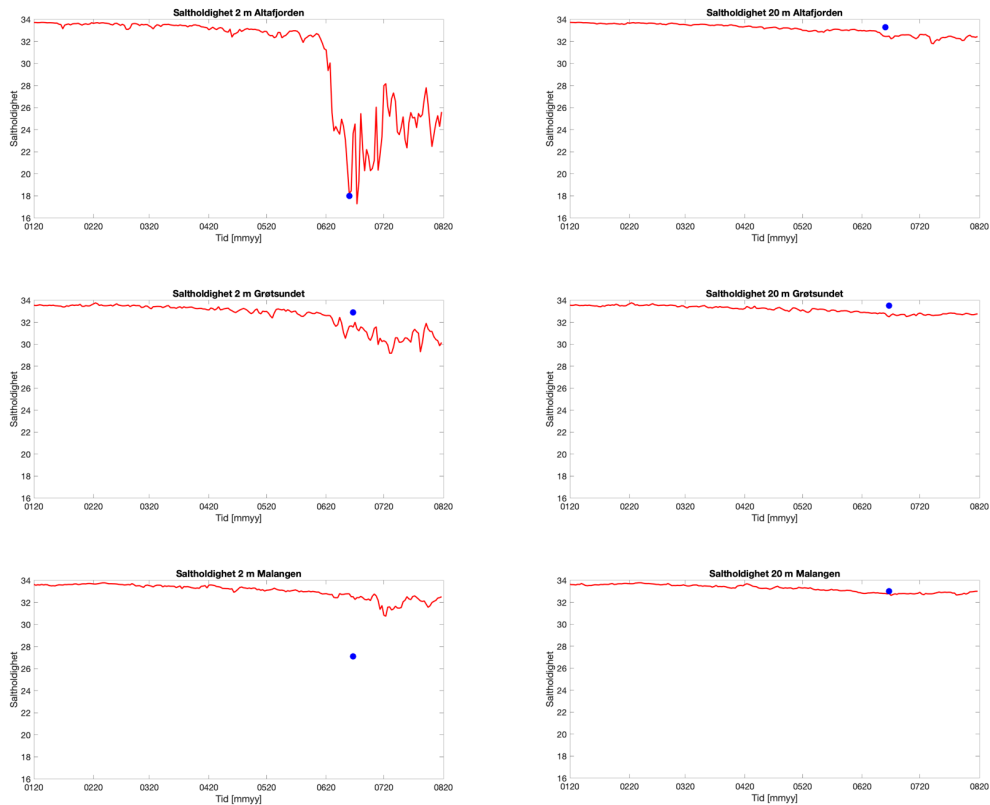
Figur 12. Posisjonene der verdier for saltholdighet og temperatur presenteres.

Vanntemperaturen i de tre posisjonene har et minimum på 3-4 °C og øker til 10-12 °C i slutten av juli (Figur 13). Modellert verdi avviker fra observert verdi med maksimalt ca. en grad noe som er rimelig presist.



Figur 13. Modellert og observert temperatur i 2 m (venstre kolonne) og 20 m dyp (høyre kolonne) for Altafjorden (øverst), Grøtsundet (midten) og Malangen (nederst) for 2020.

Saltholdigheten fra de tre posisjonene viser at det bare i Altafjorden er utviklet et brakkvannslag fra midten av juni (Figur 14). Dette treffer modellresultatene godt. Samtidig i Malangen er det vann med saltholdighet 28 noe modellresultatene ikke fanger opp men er ca. 5 enheter for høyt. Årsaken til dette har sannsynligvis å gjøre med utilstrekkelig elveavrenning i modellen. I 20 m dyp er forholdene nokså stabile og modellresultatene er litt for høye.



Figur 14. Modellert og observert saltholdighet i 2 m (venstre kolonne) og 20 m dyp (høyre kolonne) for Altafjorden (øverst), Grøtsundet (midten) og Malangen (nederst) for 2020.

Vurdering av miljøforholdene for hvert produksjonsområde i 2020

Oppsummering for alle produksjonsområdene

De første sju månedene av 2020 er stort sett kjennetegnet med litt høye eller normale vintertemperaturer sør for Nordland. De samme produksjonsområdene hadde lave temperaturer i mai, høye verdier i juni og normale verdier i juli. Nordover fra Nordland har hele det siste året vært preget av lave temperaturer, men med en normalisering i juni og juli 2020.

De valgte indikatorene for saltholdighet angir normale tilstander gjennom vinteren 2020, men hele kysten var preget av økt avrenning (hhv. snøsmelting i juni og nedbør i juli) og dermed sterkere brakkvannslag i juni og juli.

At tilstanden betegnes normal betyr at situasjonen liknet på middeltilstanden for årene 2012-19. Merk at alle verdier er midlet innen kalendermåned slik at hendelser med kortere tidsskala kan være delvis skjult i denne presentasjonen.

Figurene med verdier ligger på slutten av denne rapporten, men her er en oppsummering som tar for seg hvert produksjonsområde.

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren

De øvre vannmassene i dette store kystområdet langs Skagerrak har middeltemperaturer på rundt 16-17 °C om sommeren og 3-4 °C om vinteren. Hele vinteren 2020 var varm før det var relativt lave temperaturer i mai. I juni var det varmt, mens juli var relativt kald.

Ferskvannsavrenningen til området har stort sett vært normal, mens brakkvannsstyrken har vært noe sterkere enn normalt i juni og juli.

Produksjonsområde 2: Ryfylke

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 15-16 °C om sommeren og 4-5 °C om vinteren. Vinteren 2020 var varm før det var relativt lave temperaturer i mai. I juni var det veldig varmt før temperaturen var nær normal i juli.

Ferskvannsavrenningen til området har stort sett vært normal, mens brakkvannsstyrken har vært noe sterkere enn normalt i juni og juli.

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 15-16 °C om sommeren og 5-6 °C om vinteren. Vinteren 2020 var varm før det var relativt lave temperaturer i mai. I juni var det veldig varmt før temperaturen var nær normal i juli.

Både ferskvannsavrenningen og brakkvannsstyrken var høye i juni og juli 2020 etter normale verdier gjennom vinteren og våren.

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 14-15 °C om sommeren

og 5-6 °C om vinteren. Vinteren og våren 2020 hadde normale temperaturer, mens juni var uvanlig varm (nesten fire standardavvik over juni-temperaturene i 2012-19). Juli hadde normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen og brakkvannsstyrken har vært ganske normale gjennom året.

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 14 °C om sommeren og 5-6 °C om vinteren. Vinteren og våren 2020 hadde normale temperaturer, mens mai var noe kald. Påfølgende juni måned var uvanlig varm (over tre standardavvik høyere enn juni-temperaturene i 2012-19). Juli hadde normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom året med unntak av i juni hvor avrenningen var relativt høy. Brakkvannsstyrken var også normal gjennom vinteren og våren, men høye verdier er registrert i juni og juli.

Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 13-14 °C om sommeren og rundt 6 °C om vinteren. Vinteren 2020 hadde normale temperaturer. April var noe kald, mens mai var uvanlig kald (nær fire standardavvik lavere enn mai-temperaturene i 2012-19). Påfølgende juni måned var uvanlig varm, mens juli hadde normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom året med unntak av mai og juni hvor avrenningen var noe høy. Brakkvannsstyrken var også normal gjennom vinteren og våren, men var ekstremt høy i juni.

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 13-14 °C om sommeren og 5-6 °C om vinteren. Vinteren 2020 hadde normale temperaturer. April var noe kald, mens mai var uvanlig kald (rundt fire standardavvik lavere enn mai-temperaturene i 2012-19). Påfølgende juni måned var varmere enn normalt, mens juli hadde normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen i 2020 var unormalt høy både i januar, mai og juni, men ellers nær normale verdier. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av høye verdier i juni.

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 13 °C om sommeren og rundt 5 °C om vinteren. Vinteren 2020 hadde normale temperaturer. April var noe kald, mens mai var uvanlig kald (rundt tre standardavvik lavere enn mai-temperaturene i 2012-19). Påfølgende juni måned var litt varmere enn normalt, mens juli var litt kaldere enn normalt.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men var spesielt høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med

unntak av høye verdier i juni og delvis juli.

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 12 °C om sommeren og rundt 5 °C om vinteren. Hele vinteren og våren 2020 var relativt kald, og spesielt kald i mai (rundt tre standardavvik lavere enn mai-temperaturene i 2012-19). I juni og juli var det nær normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men var spesielt høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av høye verdier i juni og juli.

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 12 °C om sommeren og rundt 4 °C om vinteren. Hele vinteren og våren 2020 var relativt kald, og spesielt kald i januar, april og mai. I juni og juli var det nær normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men var spesielt høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av høye verdier i juni og delvis juli.

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 11 °C om sommeren og rundt 4 °C om vinteren. Hele vinteren og våren 2020 var relativt kald, og spesielt kald i januar og mai. I juni og juli var det nær normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men var spesielt høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av høye verdier i juni og juli.

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 10-11 °C om sommeren og rundt 4 °C om vinteren. Hele vinteren 2020 var noe kaldere enn normalt, og det var spesielt kaldt i januar. Gjennom våren og sommeren var det nær normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men var spesielt høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av høye verdier i juni og delvis juli.

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 10-11 °C om sommeren og rundt 4 °C om vinteren. Hele vinteren 2020 var noe kaldere enn normalt, og det var spesielt kaldt i januar. Gjennom våren og sommeren lå temperaturene litt under normalen.

Ferskvannsavrenningen har vært nær normal gjennom vinteren og våren, men

var noe høy i juni. Brakkvannsstyrken har hatt nær normale verdier med unntak av noe høye verdier i juni.

Forklaring av figurene for tilstanden i produksjonsområdene

Grafene for temperatur

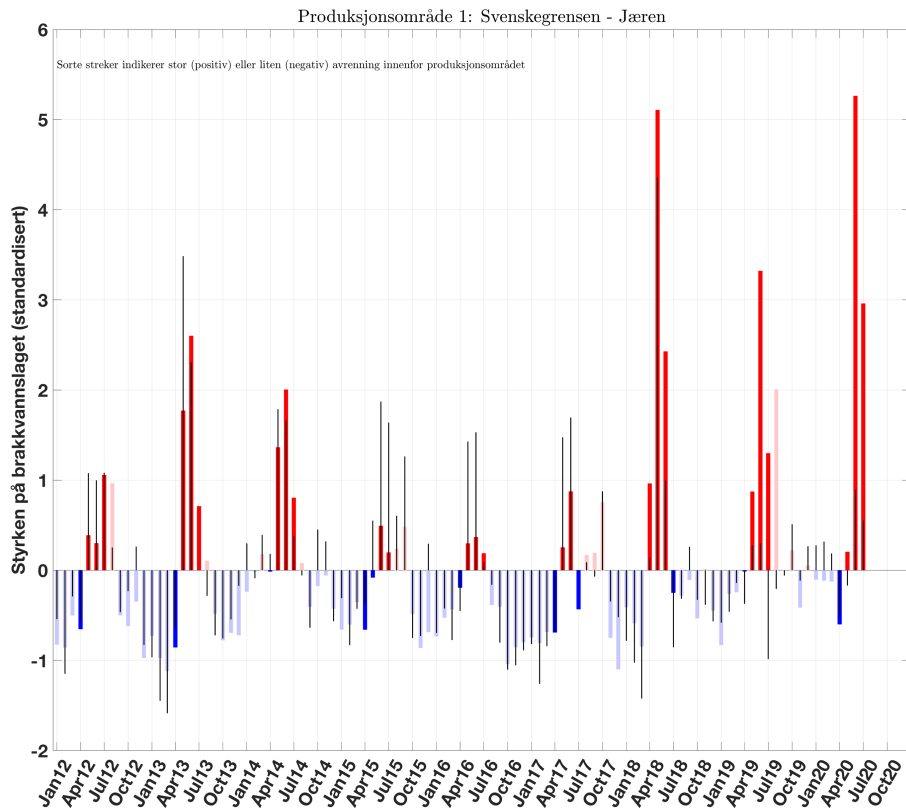
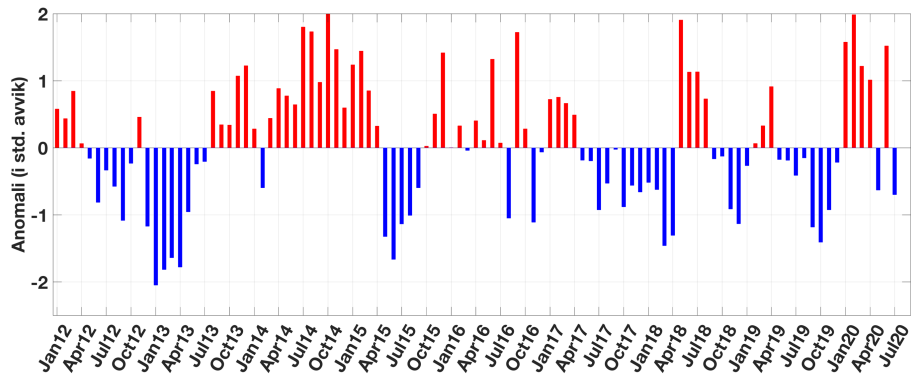
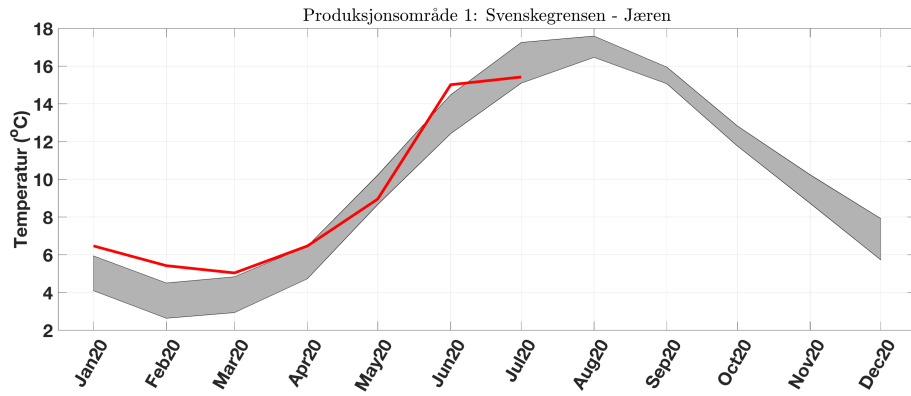
Sjøtemperatur i overflaten er presentert både som tidsserie fra inneværende år, 2020, samt som temperaturanomalier for hele perioden tilbake til 2012. Det siste årets temperaturer er angitt sammen med normaltstanden for hvert produksjonsområde, og normaltstanden er definert som middelveien for perioden 2012-19 +/- ett standardavvik. Anomaliene er beregnet ut fra månedlige midler for de sju foregående årene, dvs. 2012-19, og i tillegg er de standardiserte ved bruk av månedlige standardavvik for de samme referanseårene. Anomaliene angir derfor avvik i sjøtemperatur i antall standardavvik i forhold til en normaltstand for inneværende måned.

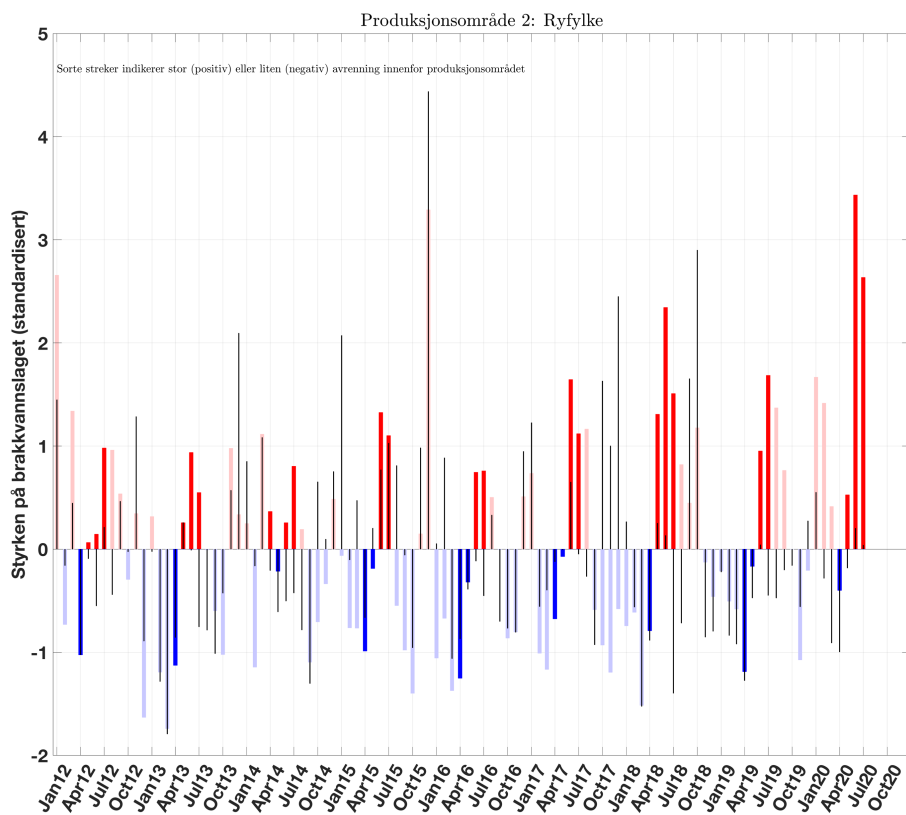
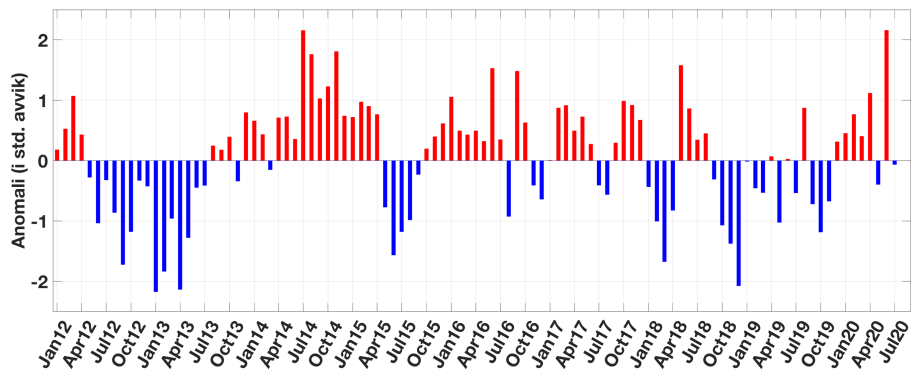
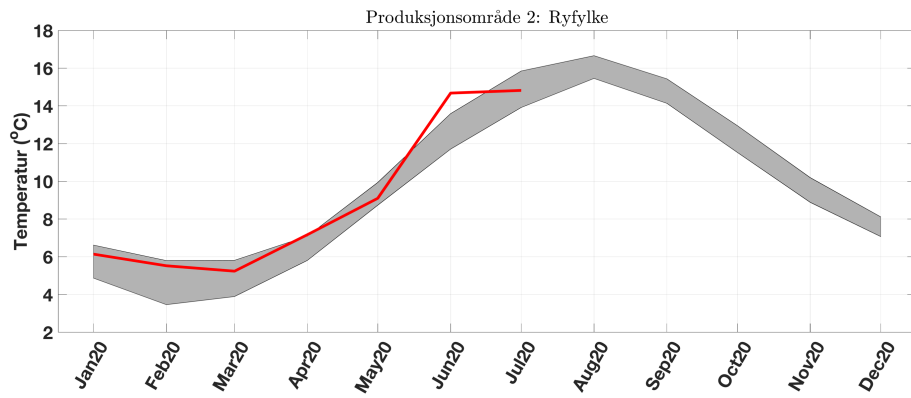
Variabiliteten i sjøtemperatur kan indikere vekstforholdene for lakselusene samt utviklingshastigheten.

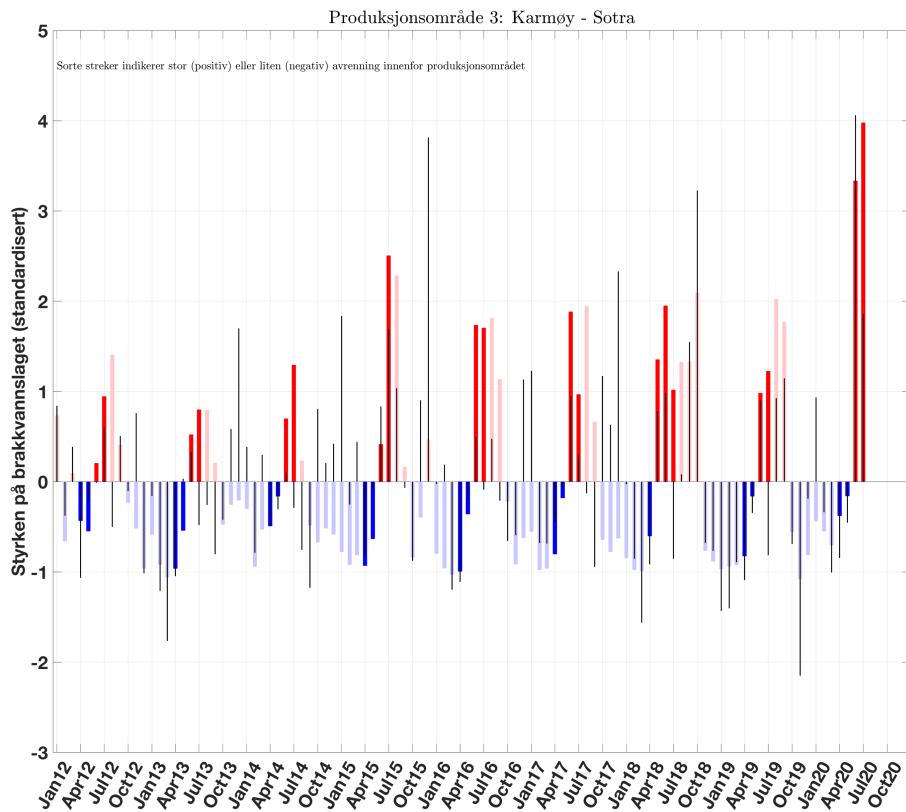
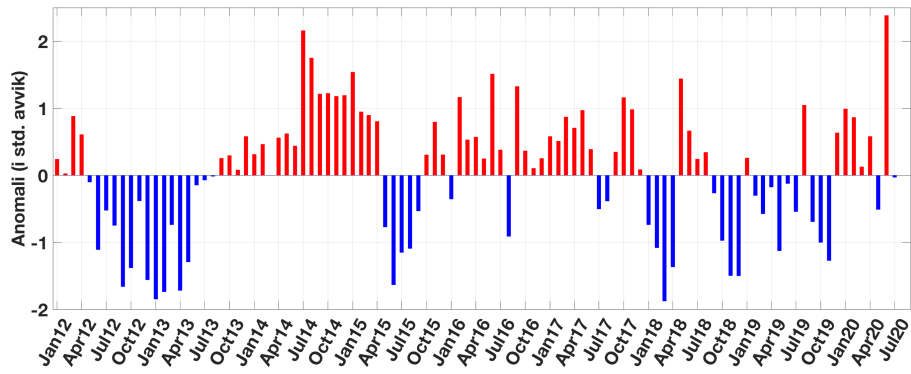
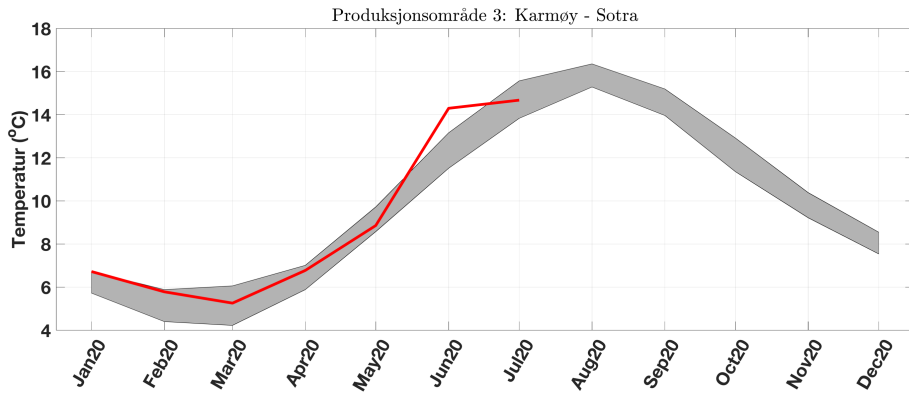
Grafene for saltholdighet/ferskvannspåvirkning/brakkvannsstyrke

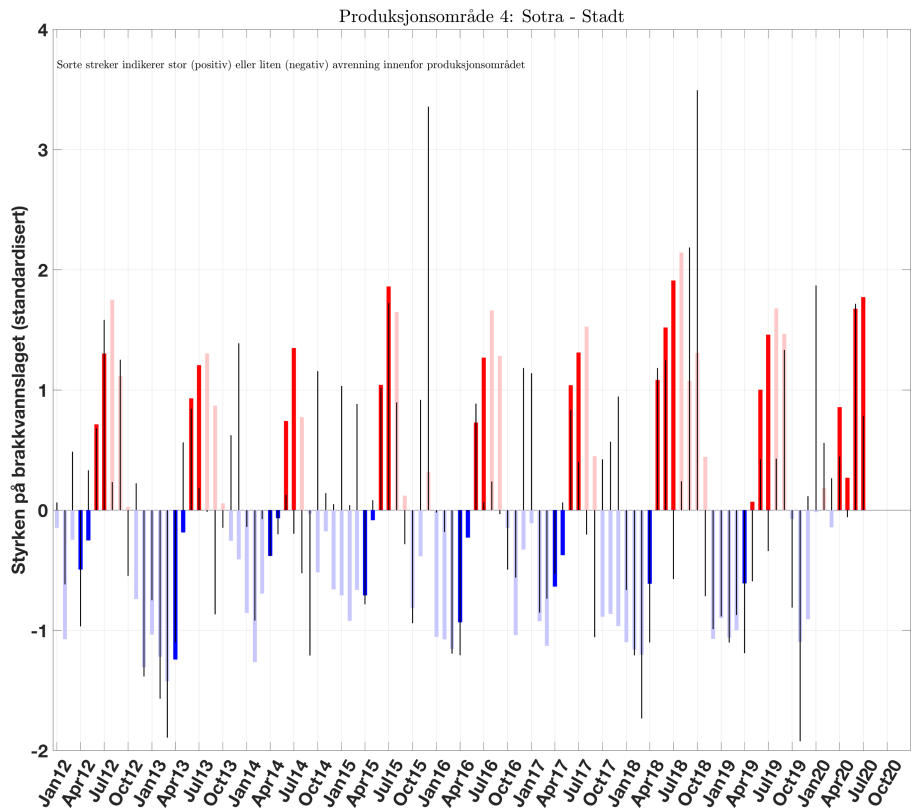
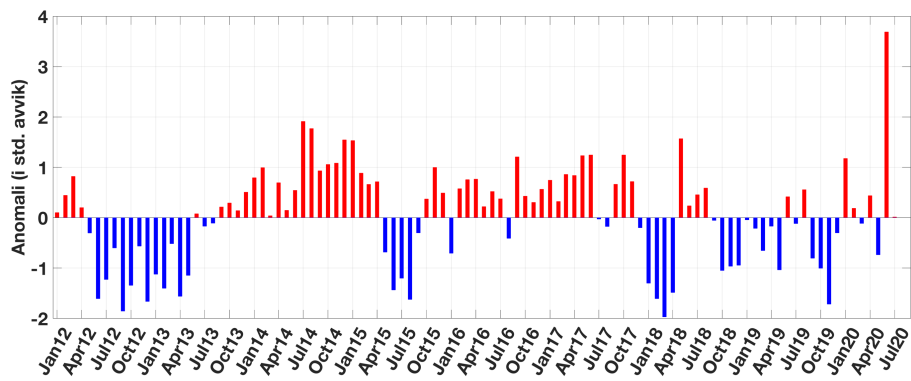
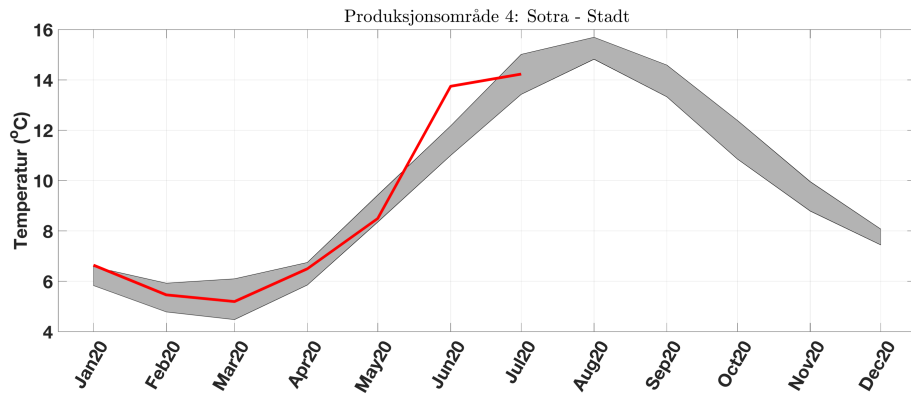
Innenfor hvert produksjonsområde er en indikator for brakkvannsstyrke sammenholdt med samlet vannføring fra alle hovedelver (kilde: NVE). Brakkvannsstyrken er avledet fra modellert overflatesaltholdighet der arealet av produksjonsområdet med verdi under 20 er summert opp og midlet for hver måned. Disse arealene av lavsaltholdighet-områdene er standardiserte ved bruk av middelveien og standardavvik for perioden 2012-19. Tilsvarende er avrenningen til fjord- og kystområdene innenfor hvert produksjonsområde oppsummert for hver måned for perioden januar 2012 til og med juli 2020 og standardisert på samme måte som de andre tidsseriene. Fortegnet på anomaliene vil kunne indikere om fjordsystemene i produksjonsområdene har vært eksponert for mye (positivt) eller lite (negativt) elveavrenning. Merk at man normalt har en sesongsyklus i forhold til ferskvannspåvirkning i fjordene med økt avrenning om våren (smelting i fjellet) og høsten (økt nedbør). Siden anomaliene er basert på årsmidler, så må disse tolkes i forhold til dette.

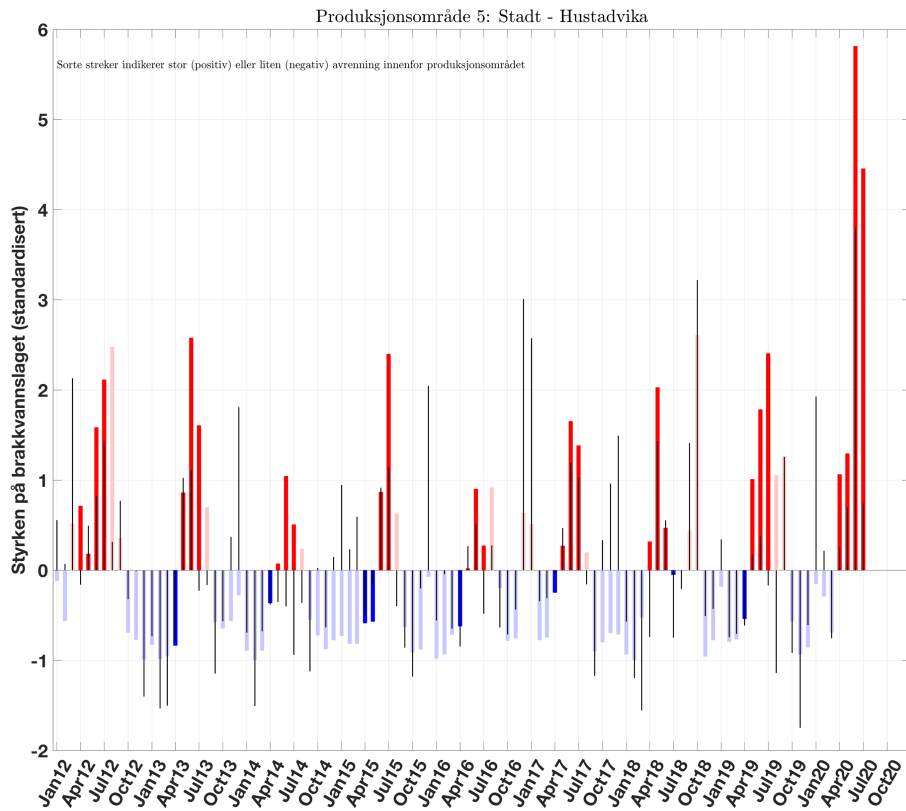
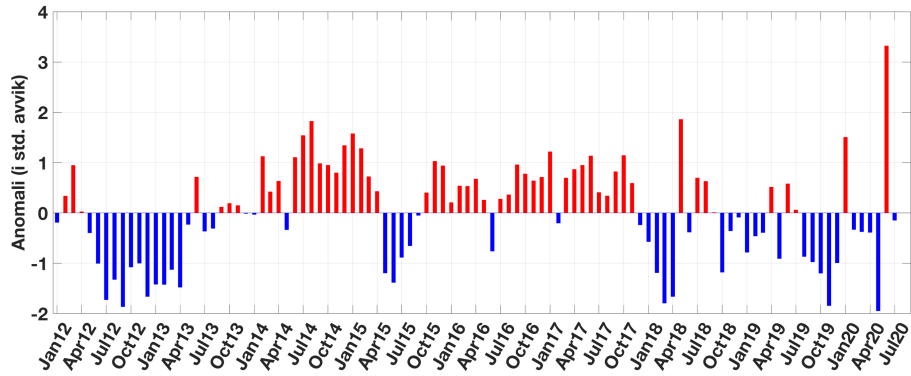
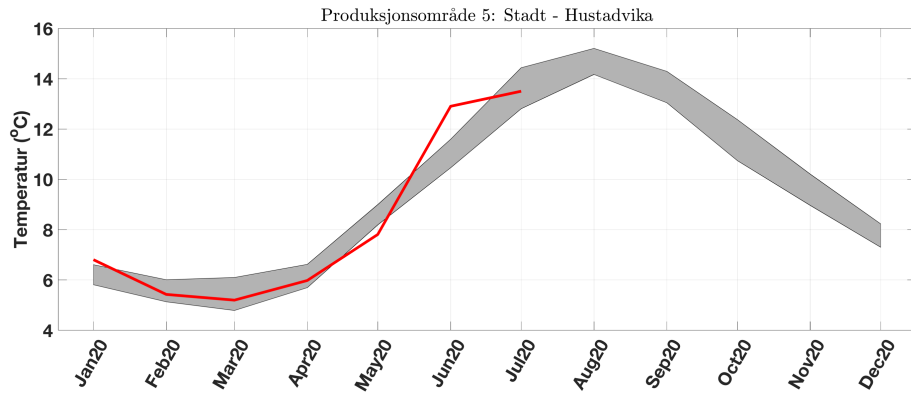
Ved å sammenlikne brakkvannsstyrken i fjordene med avrenning, så vil man ved overensstemmelse få et relativt robust mål på den relative utbredelsen til det villfisk-beskyttede brakkvannslaget. Disse dataseriene kan også virke i utakt, f.eks. ved mye vind som rører opp saltere vann mot overflaten, eller ved ekstra innsig av saltere vann fra ytre kyst.

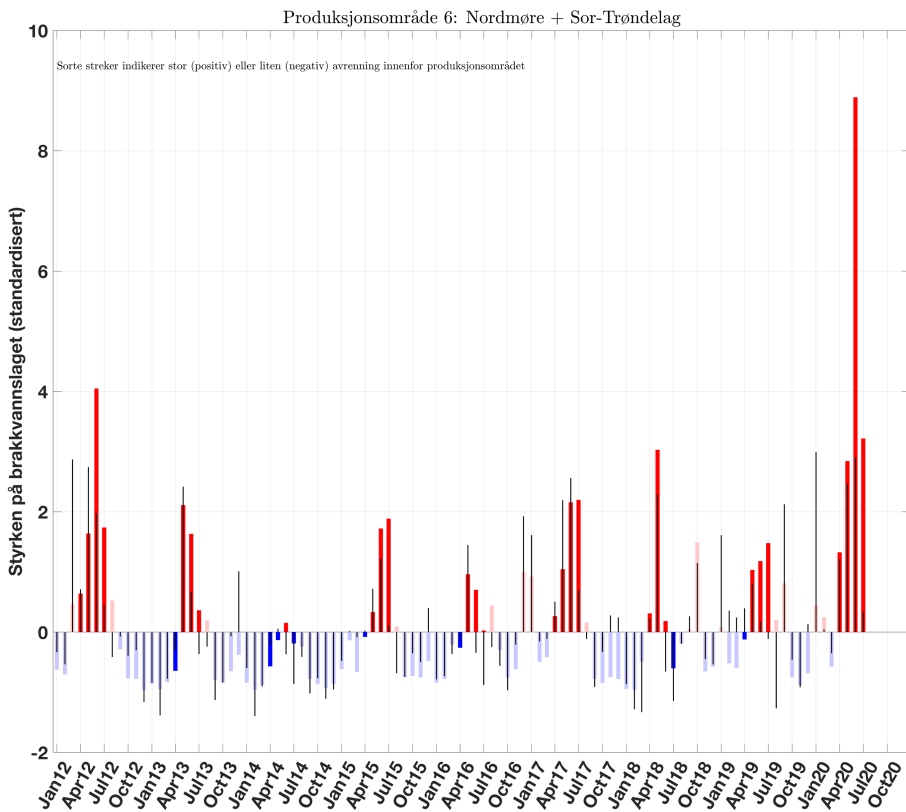
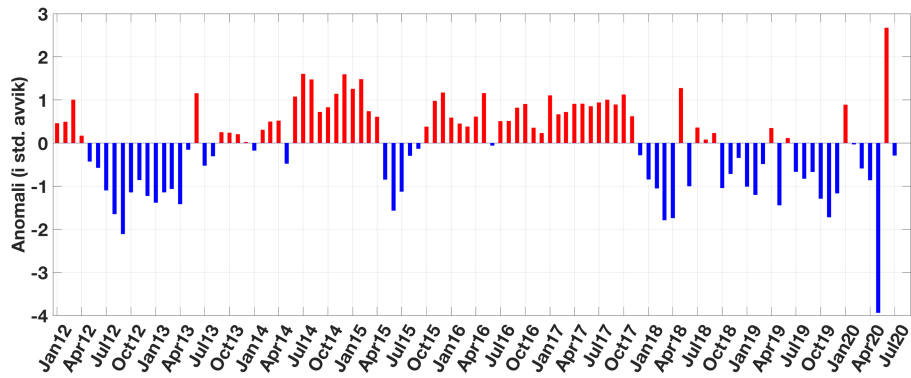
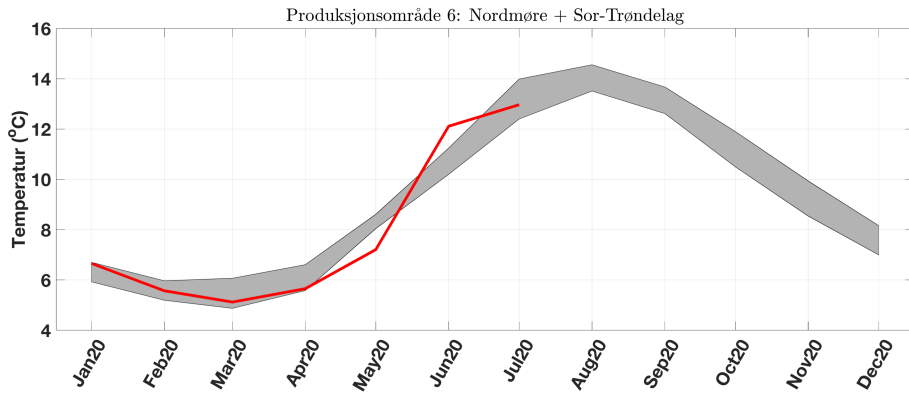




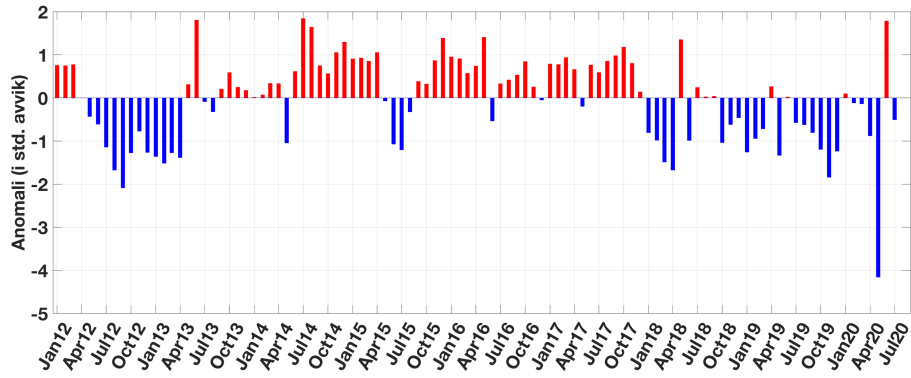
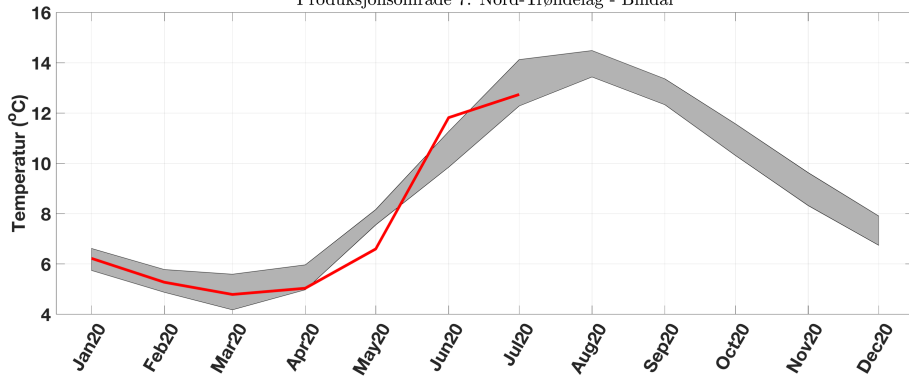




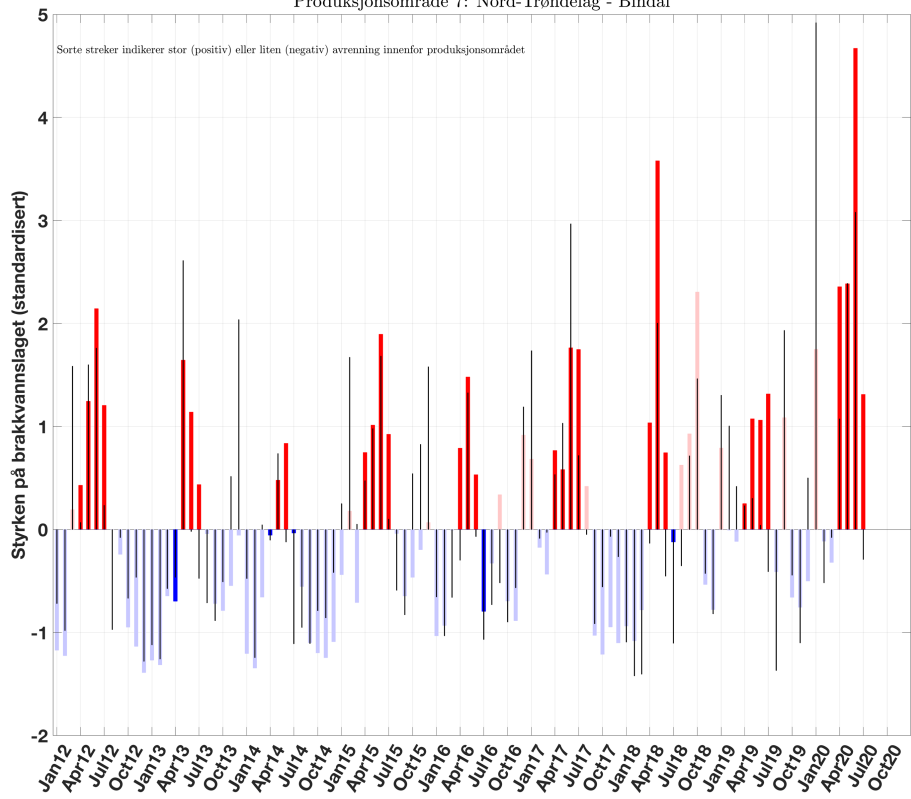


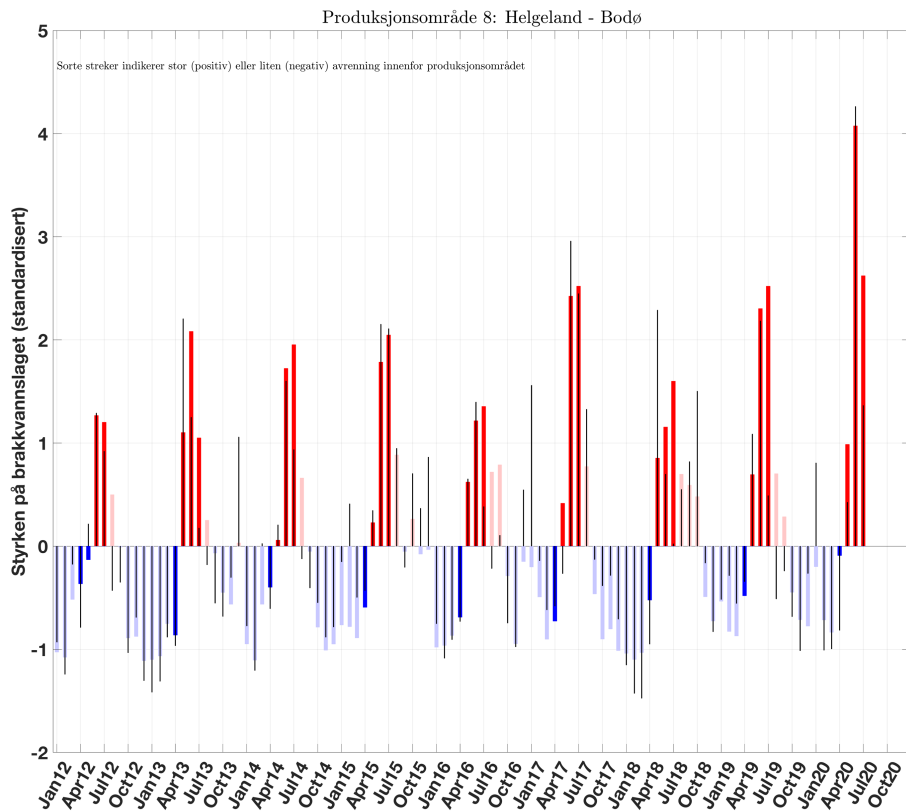
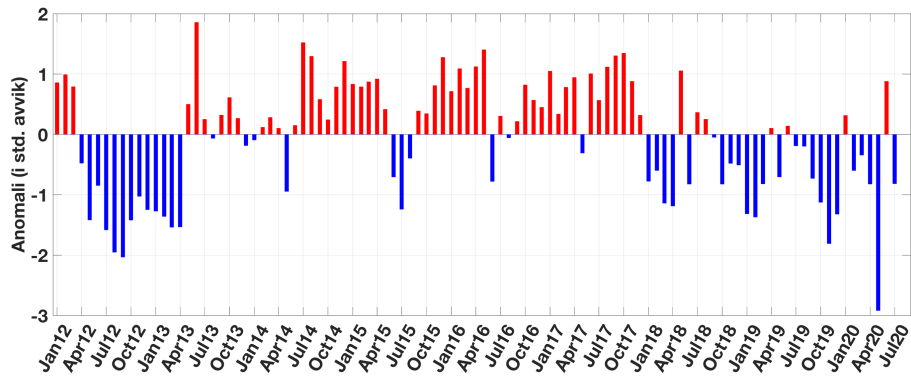
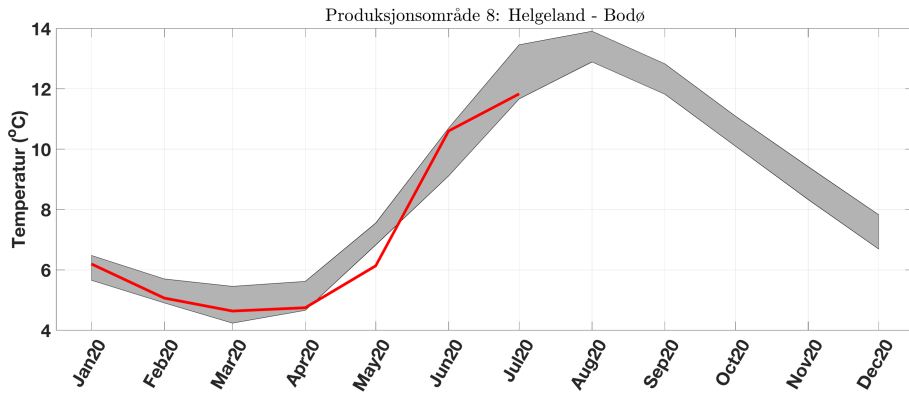


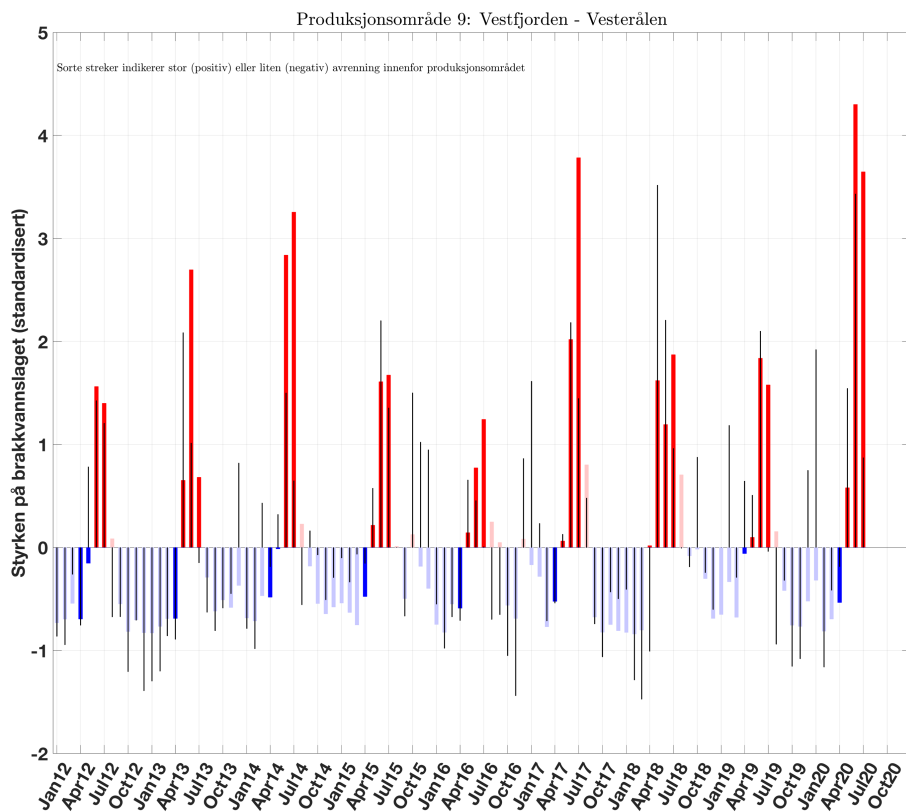
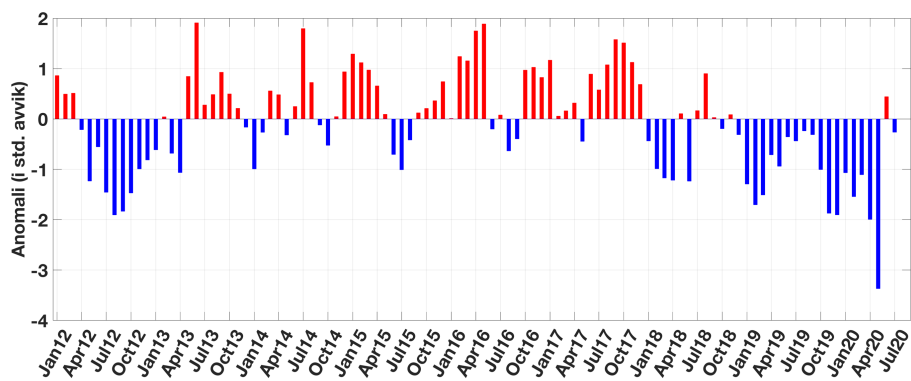
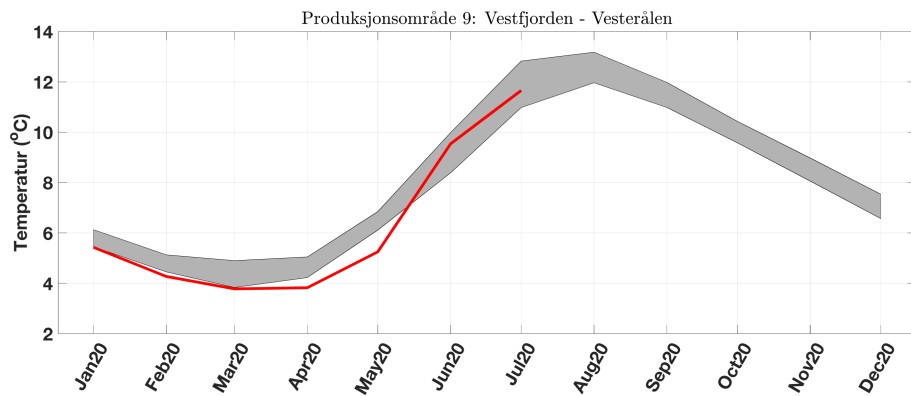
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

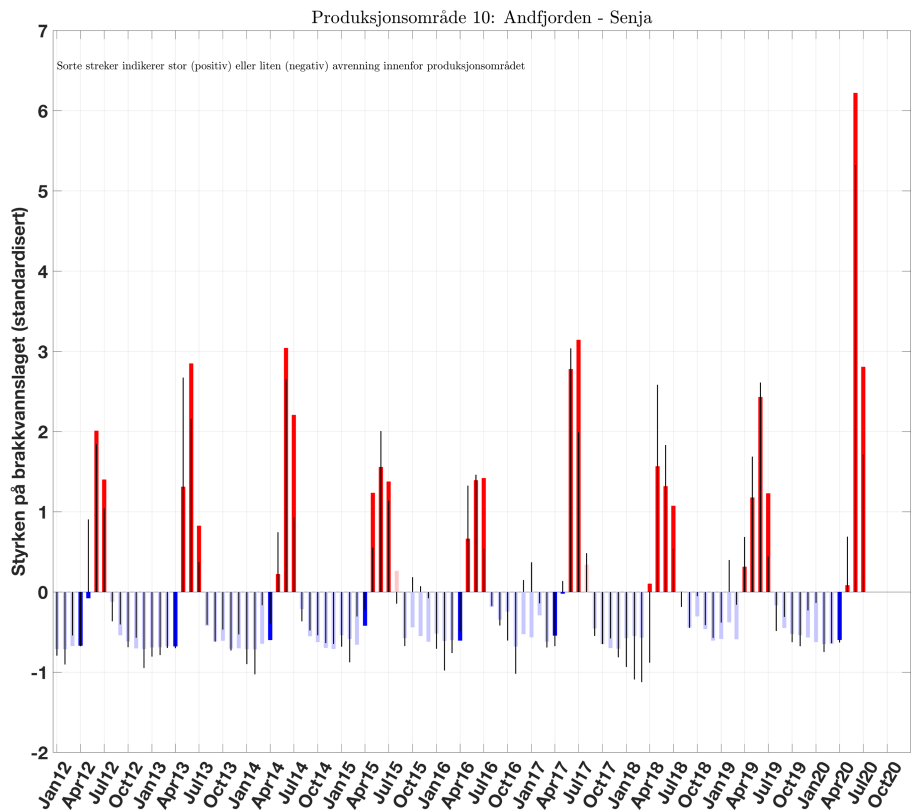
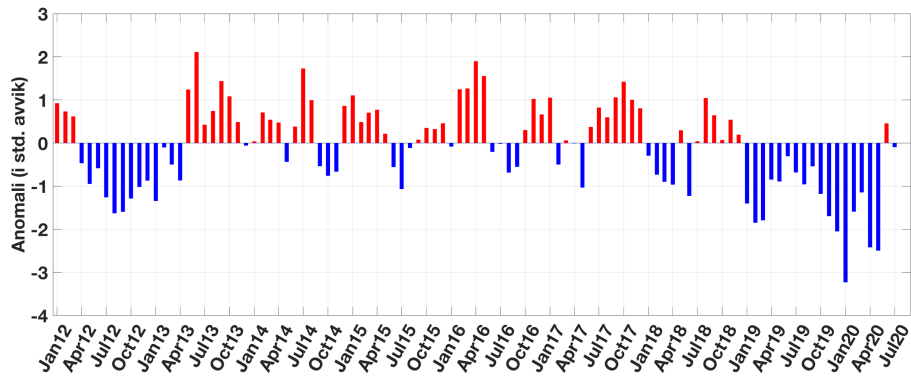
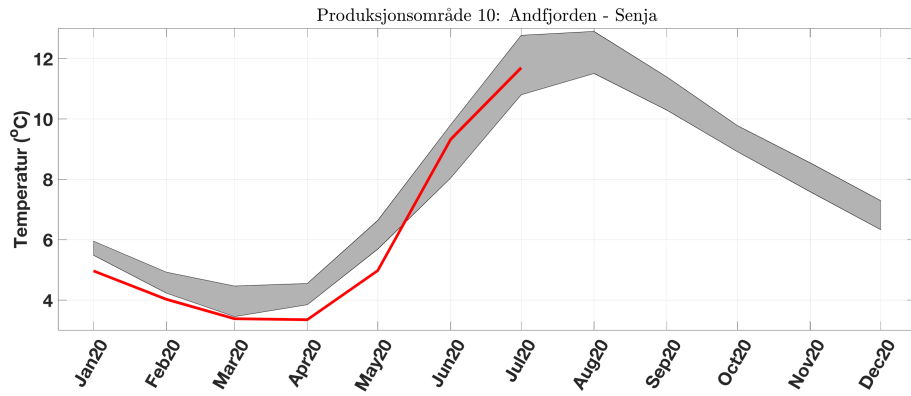


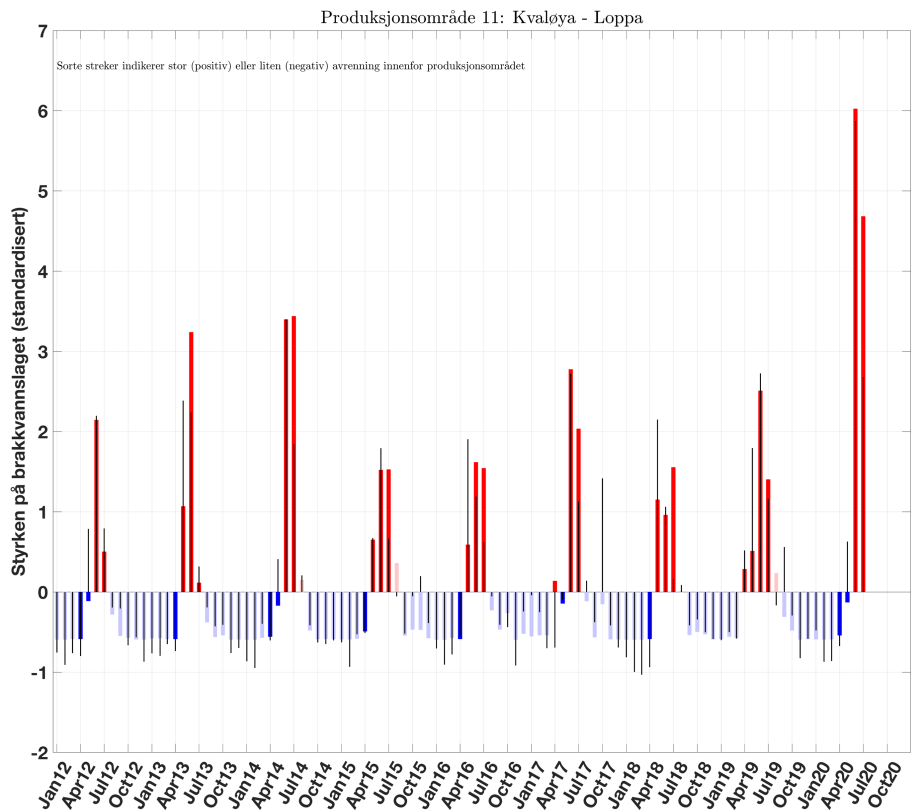
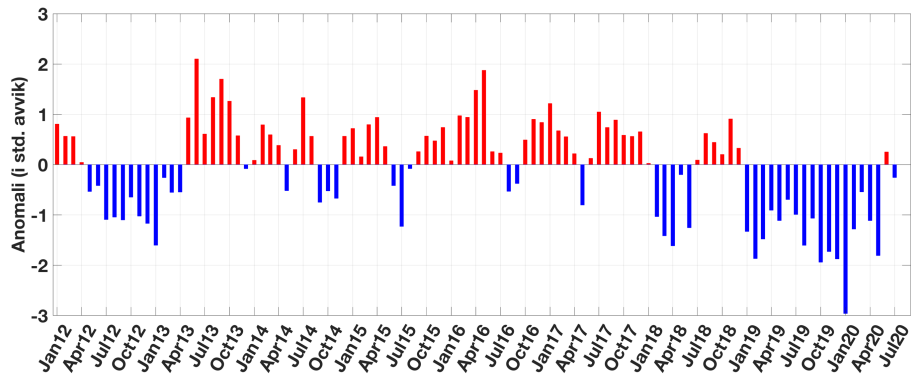
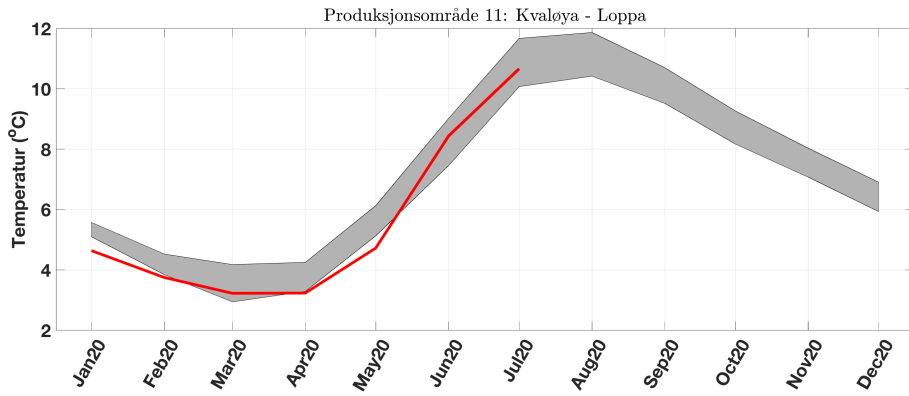
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

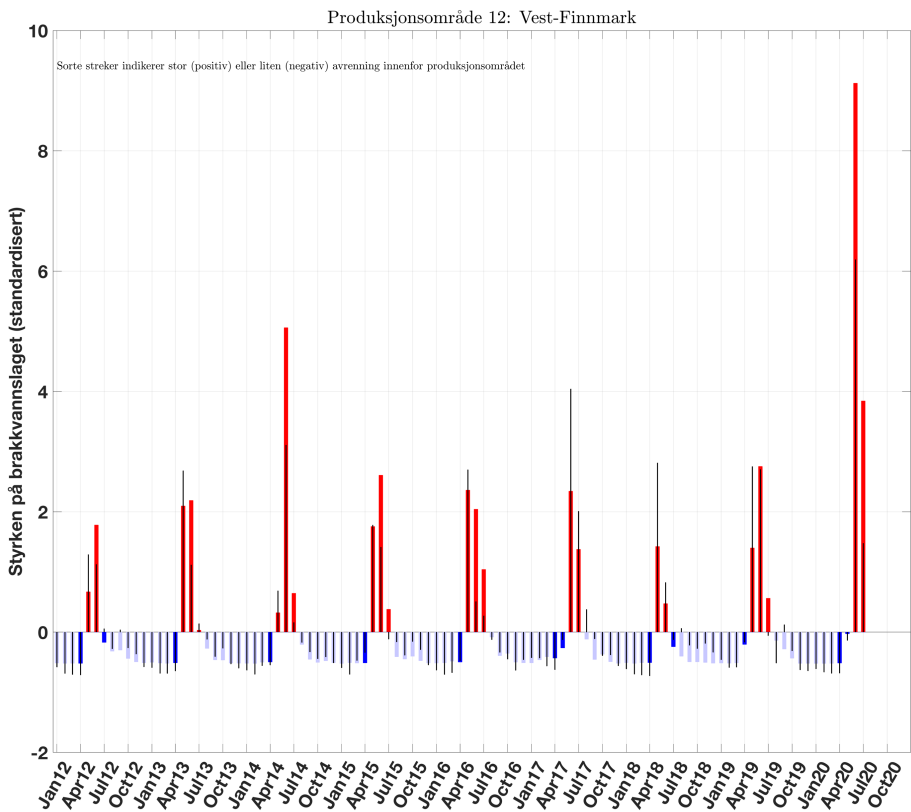
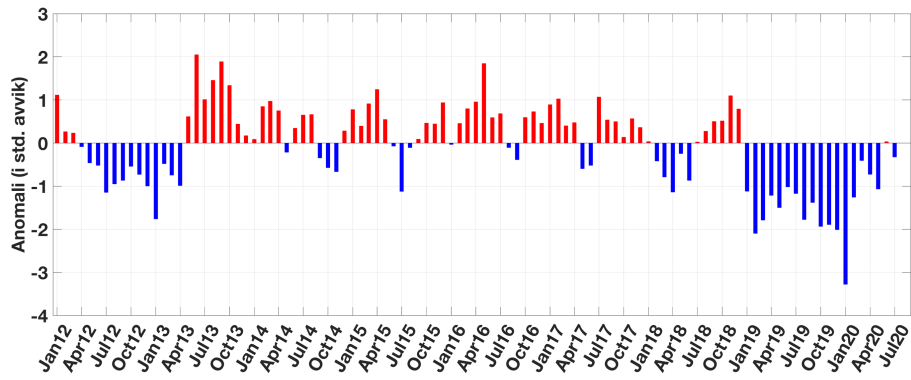
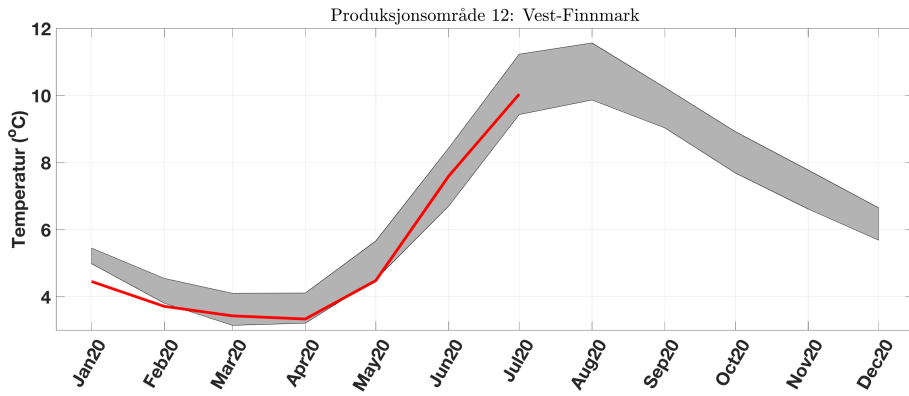


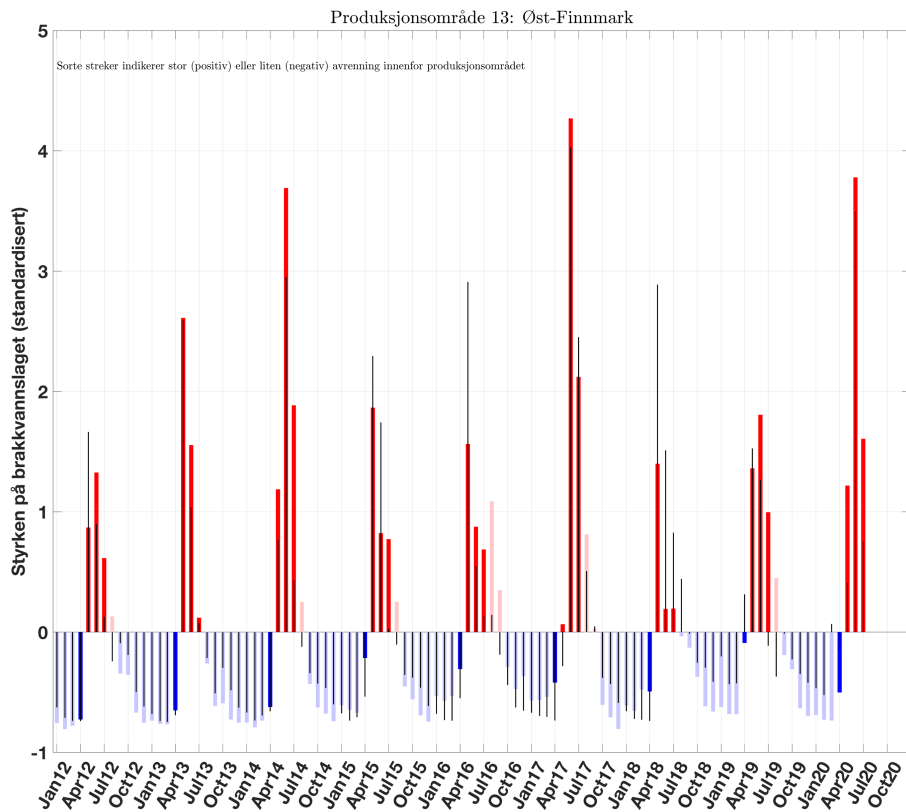
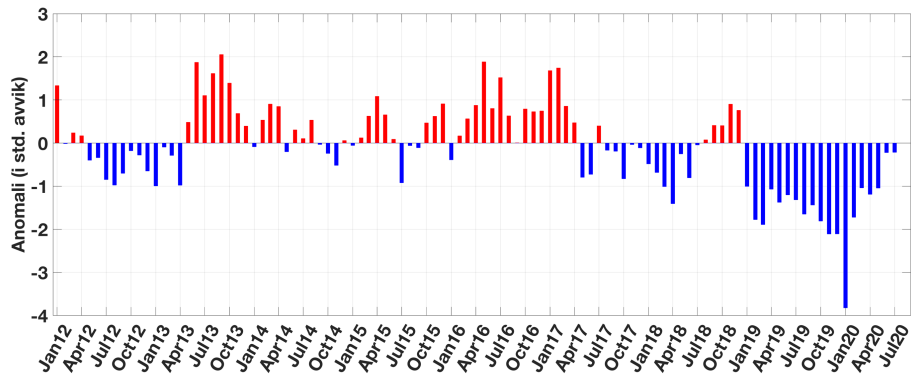
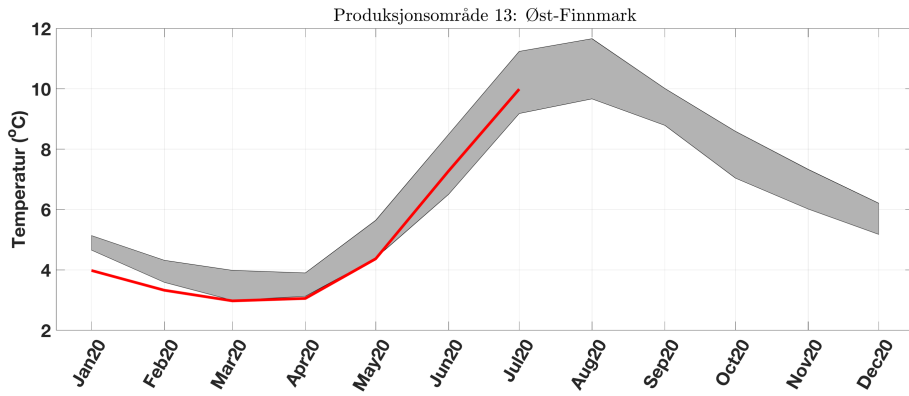












Referanser

Albretsen J, Sperrevik AK, Staalstrøm A, Sandvik AD, Vikebø F, Asplin L (2011) NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions. IMR Res Rep Ser Fisken og Havet 2/2011. Institute of Marine Research, Bergen.

Asplin L, Albretsen J, Johnsen IA, Sandvik AD (2020) The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. Ocean Dynamics. doi: 10.1007/s10236-020-01378-0.