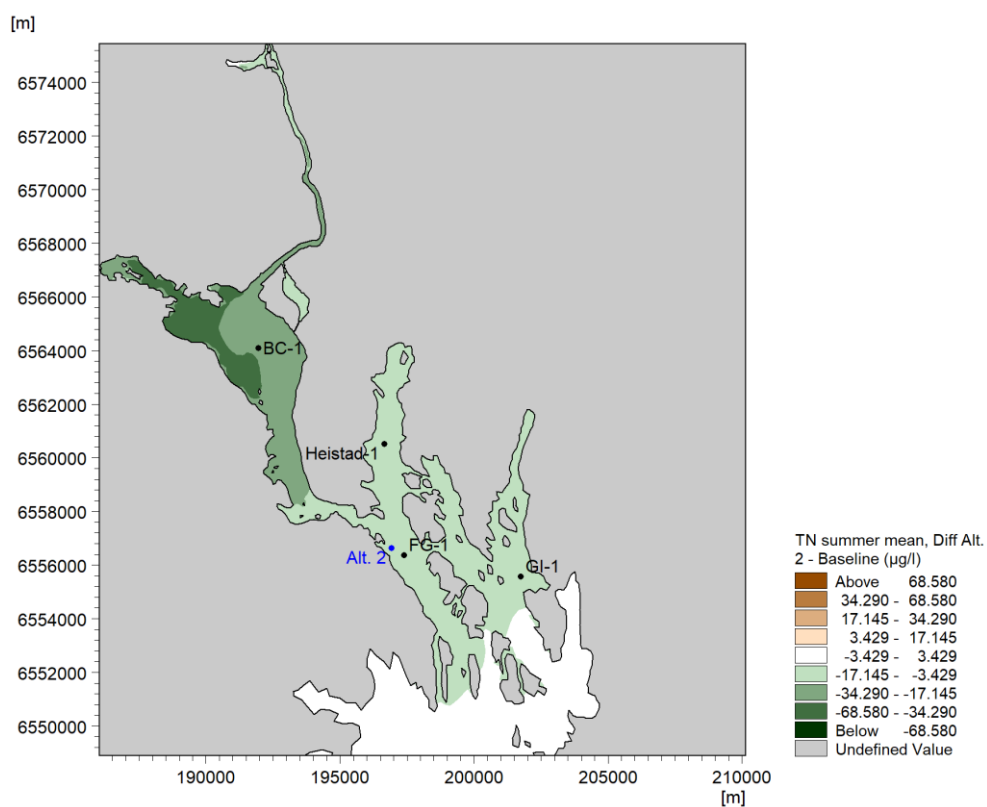


Eutrofieringstilstand i Grenlandsfjordene

Scenarier for sammenslåing av renseanlegg og
vurdering utløpspunkt

Numerisk modellering



Porsgrunn Kommune

Rapport

Eutrofieringstilstand i Grenlandsfjordene

Scenarier for sammenslåing av renseanlegg og
vurdering utløpspunkt

Numerisk modellering

Utarbeidet for

Porsgrunn Kommune

Representert ved

Bjørnar Andersen



Eksempel på endret vannkvalitet for alternativ

Prosjektleder	Thomas Heggem, Mathias Singsaas Frøseth
Kvalitetsansvarlig	Trine Cecilie Larsen, Charlotta Lövestedt

Prosjektnummer	13801475
Godkjennelsesdato	28.11.2025
Revisjon	1.2 – inkluderer Alternativ 4

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag	9
2	Introduksjon	11
3	Bakgrunn og metodikk	13
3.1	Kort oppsummering av Grenlandfjordsystemet	13
3.2	Lokale belastninger til Grenlandsfjordene	14
3.3	Økologisk status for Grenlandsfjordene	15
3.4	Økologisk tilstand for Hjellevannet og Skienselvas nedre del	21
3.5	Belastningsscenarioer	22
3.6	Studiemetodikk	26
4	Modelloppsett	27
4.1	Modellsystem og domene	27
4.2	Modelleringsperiode og data	28
4.3	Modellvalidering	28
4.3.1	Hydrodynamikk	28
4.3.2	Vannkvalitet/økologi	30
4.3.3	Sammendrag for modellvalidering	32
5	Modelleringsresultater	33
5.1	Baseline	33
5.1.1	Økologisk tilstand	33
5.2	Alternativ 1 med samling av utløp i Frierfjorden	39
5.2.1	Fortynning	39
5.2.2	Økologisk tilstand	42
5.3	Alternativ 2 med samling av utløp ved nordlig del av Langesundsfjorden	47
5.3.1	Fortynning	47
5.3.2	Økologisk tilstand	49
5.4	Alternativ 3 med samling av utløp ved sørlig del av Langesundsfjorden	54
5.4.1	Fortynning	54
5.4.2	Økologisk tilstand	56
5.5	Alternativ 4 med samling av utløp i Frierfjorden og dypvannsutslipp	61
5.5.1	Hydrodynamisk modell	61
5.5.2	Fortynning	67
5.5.3	Økologisk tilstand	69
6	Diskusjon og konklusjon	75
6.1	Effekt av sammenslåing og kvantifisering av alternativ	75
6.2	Tidsskala for endringer	79
6.3	Konklusjon	79
7	Referanser	81

FIGURER

Figur 2.1	De fire utslippspunktene vurdert for sammenslåingen av Knarrdalstrand, Elstrøm, Heistad og Salen renseanlegg.	12
Figur 3.1	Kart over Grenlandsfjordsystemet inkludert de fire hovedvannforekomstene, de mindre vannforekomstene og Gunnekleivfjorden (sterkt modifisert vannforekomst).	13
Figur 3.2	Kart over Skienselva ved Skien, med Hjellevannet oppstrøms Klosterfossen og den nedre del nedstrøms mot Frierfjorden.	21
Figur 3.3	Plassering av utslippspunkt i forprosjektet, posisjonene er angitt i Tabell 3.8. De fire alternativene undersøkt i denne studien er markert med rødt omriss.	23
Figur 3.4	Kart over Grenlandsfjordsystemet inkludert de fire kommunale renseanlegg i studien av mulige sammenslåinger (Knarrdalstrand, Heistad, Elstrøm og Salen) og 3 øvrige kommunale renseanlegg. Figuren viser også modellens beregningsnett.	24
Figur 4.1	Romlig oppløsning i modellens delområder omkring Skien og Elstrøm RA.	27
Figur 4.2	Anvendte målestasjoner til validering av opprinnelig modellversjon, og den utvidede modellen for denne studien.	28
Figur 4.3	Validering av lokal hydrodynamisk modell (baseline) ved BC-1 i Frierfjorden ved å sammenligne med overvåkingsdata for saltholdighet for 2008-2017.	29
Figur 4.4	Validering av lokal hydrodynamisk modell (baseline) ved BC-1 i Frierfjorden ved å sammenligne med overvåkingsdata for temperatur for 2008-2017.	30
Figur 4.5	Validering av økologimodell ved å sammenligne med overvåkingsdata for oppløst oksygen i bunn ved de tre overvåkingsstasjoner med modellresultater for baseline.	31
Figur 5.1	Overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Baseline. Skala basert på klassifisering ved salinitet lik 18 PSU (Tabell 3.4). Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".	34
Figur 5.2	Sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Baseline. Skala basert på klassifisering ved salinitet lik 18 PSU (Tabell 3.4). Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".	35
Figur 5.3	Oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år for baseline. Skala basert på klassifisering for saltholdighet >18 psu: Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".	35
Figur 5.4	Gjennomsnitt for fortytning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortytning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.	40
Figur 5.5	Inndeling av fjordsystemet i soner for gjennomsnittlig oppholdsmengde.	41
Figur 5.6	Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.	43
Figur 5.7	Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.	43
Figur 5.8	Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.	44
Figur 5.9	Gjennomsnitt for fortytning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortytning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.	48
Figur 5.10	Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.	50
Figur 5.11	Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.	51

Figur 5.12	Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.	51
Figur 5.13	Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.	55
Figur 5.14	Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.	57
Figur 5.15	Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.	57
Figur 5.16	Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.	58
Figur 5.17	Transekt for plotting av oseanografiske parametere fra den hydrodynamiske modellen for Baseline og dypvannsutslippet. Utslippspunktet er markert med sort sirkel, og ligger på 90 meters dyp.	62
Figur 5.18	Strømshastighet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringstiden er det ingen forskjell mellom modellene.	62
Figur 5.19	Strømshastighet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en høyere strømshastighet som følge av miksing induisert av dypvannsutslippet.	63
Figur 5.20	Salinitet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringstiden er det ingen forskjell mellom modellene.	63
Figur 5.21	Salinitet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en noe reduksjon av salinitet som følge av mer miksing i vannmassene.	64
Figur 5.22	Temperatur i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringstiden er det liten forskjell mellom modellene.	64
Figur 5.23	Temperatur i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en markant miksing av temperatur dypere ned i vannsøylen.	65
Figur 5.24	Profiler av temperatur for utslippspunktets posisjon, over en periode på 4 måneder. Dypvannsutslippet induserer en vertikal omrøring som medfører at varmere vann blir innblandet lengre ned i vannsøylen i forhold til baseline, i et syklisk mønster.	66
Figur 5.25	Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.	68
Figur 5.26	Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.	70
Figur 5.27	Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.	70
Figur 5.28	Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.	71

Figur 5.29	Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline. Figuren har en utvidet skala for å fremheve effekten på dypvannet.....	71
------------	--	----

TABELLER

Tabell 3.1	Den eksterne belastning med næringsstoffer og organisk materiale til Grenlandsfjordene, oppgjort på basis av data fra 2008-2017/21. Elstrøm RA slipper avløpsvann via Skienselva, men er medregnet i oppsummeringen under direkte RA.	15
Tabell 3.2	De ulike vannforekomstene i Grenlandsfjordene og deres nåværende klassifisering iht. Vann-nett (Vann-Nett, 2022). Fra Vann-nett er også presisjon til tilstandsklassifiseringen inkludert. Presisjon vurderes som høy – basert på målinger i den spesifikke vannforekomsten av både fysiske og biogeokjemiske parametere; middels - utilstrekkelig data; lav – basert på ekspertvurdering/pressfaktorer	17
Tabell 3.3	Klassifisering av økologisk tilstand basert på næringsstoffer og siktdybde i overflatevann og oksygen i bunnvann ved saltholdighet over 18 psu (Direktoratsgruppa, 2018).	18
Tabell 3.4	Klassifisering av økologisk tilstand basert på næringsstoffer og siktdybde i overflatevann ved saltholdighet mellom 5 og 18 psu (Direktoratsgruppa, 2018).	19
Tabell 3.5	Referanseverdier og klassifiseringsområder (90 % persentil) for klorofyll-a (µg/l) i de forskjellige økoregionene og vannforekomstene (Direktoratsgruppa, 2018).	19
Tabell 3.6	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere som inngår i fastsettelse av økologisk tilstand for Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1) og Håøyafjorden (GI-1), for 2019-2021 overvåkingsdata gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018). Fargene representerer den økologiske tilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig".	20
Tabell 3.7	Klassifisering for de fysisk-kjemiske støtteparametere for Skienselva (type R105). Fra (Direktoratsgruppa, 2018).	22
Tabell 3.8	Utslippspunkter som ble vurdert i forprosjektets fase. På samtlige posisjoner ble flere innlagingsdyp vurdert.	23
Tabell 3.9	Tilførsel til Grenlandsfjordene og rensegrad for de fire renseanleggene Heistad, Knarrdalstrand, Salen og Elstrøm, gjennomsnitt over perioden 2020 til 2024.	24
Tabell 3.10	Tilførsel til Grenlandsfjordene fra andre kilder.	25
Tabell 3.11	Tilførsel til Grenlandsfjorden for det sammenslåtte renseanlegget. Samtlige parametere er økt fra tilførselen i Tabell 3.9.	25
Tabell 5.1	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018), Baseline modelleringsresultater basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	37
Tabell 5.2	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere for elvestasjonene omkring Skien (Figur 4.2), gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018). Baseline modelleringsresultater basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	38
Tabell 5.3	Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 1.	41
Tabell 5.4	Oppsummering av fysisk-kjemiske støtteparametere for Alternativ 1 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	45
Tabell 5.5	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere for Alternativ 1 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av	

	modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	46
Tabell 5.6	Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 2.	49
Tabell 5.7	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 2 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	52
Tabell 5.8	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 2 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	53
Tabell 5.9	Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 3.	54
Tabell 5.10	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 3 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	59
Tabell 5.11	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 3 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	60
Tabell 5.12	Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 4.	67
Tabell 5.13	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 4 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	73
Tabell 5.14	Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 4 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.	74
Tabell 6.1	Prosentvis endring fra Baseline for Alternativ 1-4 for gjennomsnittlige verdier over 5 år for sommer- og vinterperioden av næringsstoffer og siktdybde for de fire stasjonene.	76
Tabell 6.2	Prosentvis endring fra baseline for Alternativ 1-4 for gjennomsnittlige verdier over 5 år for klorofyll og oksygen.	77
Tabell 6.3	Samlet klassifisering og prosentvis endring fra baseline for denne for Alternativ 1-4, fordelt over de fire stasjonene.	78

VEDLEGG

A Planplott for Grenlandsfjordene

B Alternativ 1 resultater

- B.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)
- B.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)
- B.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)
- B.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)

C Alternativ 2 resultater

- C.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)
- C.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)
- C.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)
- C.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)

D Alternativ 3 resultater

- D.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)
- D.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)
- D.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)
- D.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)

E Alternativ 4 resultater

- E.1 Transekt Frierfjorden og ut fjordsystemet.
- E.2 Strømhastighetsnitt
- E.3 Salinitetssnitt
- E.4 Temperaturnitt
- E.5 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)
- E.6 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)
- E.7 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)
- E.8 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)

F Figurer fortynningsmodellering

- F.1 Utslippspunkt 1
- F.2 Utslippspunkt 2
- F.3 Utslippspunkt 3 (Alternativ 2)
- F.4 Utslippspunkt 4
- F.5 Utslippspunkt 5
- F.6 Utslippspunkt 6
- F.7 Utslippspunkt 7 (Alternativ 3)
- F.8 Utslippspunkt 8
- F.9 Utslippspunkt 9 (Alternativ 1)
- F.10 Utslippspunkt 10
- F.11 Utslippspunkt 11
- F.12 Utslippspunkt 12 (Alternativ 4)

ORDLISTE

BOF	Biologisk oksygenforbruk
DIN	Dissolved inorganic nitrogen / oppløst uorganisk nitrogen
DO	Dissolved oxygen/ oppløst oksygen
EQR	Ecological Quality Ratio/økologisk kvalitetsrate. Denne beskriver forholdet mellom en observert verdi og en fastslått Referanseverdi. Referanseverdier er avhengig av parametere, og indikerer grensen mellom tilstandsklasser (Svært godt, Godt, osv.)
KOF	Kjemisk oksygenforbruk
nEQR	Normalisert EQR til en skala fra 0 til 1. Denne gjør at forskjellige parametere kan sammenlignes, siden de har samme skala.
Oppholdsmengde	Gjennomsnittlig mengde fra et utløp som til enhver tid oppholder seg i et angitt område. Basert på den totale utslippsmengden.
PO₄	Fosfat
RA	Renseanlegg
Secchi depth	Siktedyp
SS	Suspended solids / suspenderte partikler
TN	Totalt nitrogen
TOC	Total organisk karbon
TP	Total fosfor
X persentil	X % av alle målinger er lavere enn denne verdien

1 Sammendrag

Denne studien analyserer følsomheten til tilstanden for de fysisk-kjemiske støtteparametrene i Grenlandsfjordene for belastningen fra de fire renseanleggene (RA) Knarrdalstrand, Elstrøm, Heistad og Salen, som planlegges utstyrt med forbedret rensegrad og vurderes sammenslått til ett utslippspunkt i Grenlandsfjordene.

Fra stasjoner som er inkludert i tiltaksrettet overvåkning viser flere tilstand Svært Dårlig til Dårlig grunnet oksygenminimum i bunnvannet i de dypere bassengene, men overskrider også God klassifisering for nitrat og siktdybde. For tilstandsklassifisering er det fokusert på disse stasjonene.

Analysen er utført med en utvidet versjon av DHIs numeriske modell av Grenlandsfjordene, som dekker 10 års forhold. Modellen er satt opp med alle kjente næringskilder og er kalibrert for å reprodusere målinger av både hydrauliske forhold (vannstand, saltholdighet og temperatur) og vannkvalitetsparametere godt. Siden alle de økologiske scenarioene starter med de samme initialforhold (konsentrasjoner av næringsstoffer i vannet og sedimentet mv), vil det i de første årene av modellperioden skje tilpasninger i puljene av næringssalter og organisk materiale i fjordsystemet til de nye scenariobelastningene. Derfor fokuserer presentasjonen av resultatene på forholdene de siste fem årene av 10-års simuleringsperioden, hvor puljene i vannsøylen og i sedimentet på bunnen er tilnærmet tilpasset.

Studien har inkludert ulike scenarioer for sammenslåing av renseanleggene med den reduserte nitrogenbelastning, for å avdekke gjensidig følsomhet for belastningen fra renseanleggene. Alle scenarioene benytter kommunenes fremskrevne avløpsmengder og følgende rensekrav:

- 80% fjerning av total nitrogen (TN)
- 90% fjerning av total fosfor (TP)
- 85% fjerning av biologisk oksygenforbruk (BOF₅)
- 80% fjerning av kjemisk oksygenforbruk (KOF)

De spesifikke scenarioer for sammenslåingen av renseanleggene er fra fire punkter vurdert gjennom en fortynningsmodell:

- Alternativ 1: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden
- Alternativ 2: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, nordlig del
- Alternativ 3: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, sørlig del
- Alternativ 4: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden, dypvannsutslipp

Hovedresultatene fra studien er beskrevet nedenfor.

Alle alternativene viser en reduksjon av nitrogen og nitrat+nitritt i forhold til dagens situasjon, særlig inne i Frierfjorden. For andre parametere er endringen mer beskjeden, men viser en forbedring eller liten endring fra dagens tilstand. I forhold til minimumsverdiene av oksygen viser Alternativ 4 en reel forbedring, og da kun for Frierfjorden. Men ikke nok til å endre tilstandsklassen på stasjonen i denne fjorden. Den øker minimums oksygennivå fra 0 til 1,38 ml/l. På resterende to av fire overvåkningsstasjoner er oksygenminimum forbedret mellom 0,01-0,03 ml/l, mens for resterende to stasjoner er det ingen forbedring. Ingen av disse endringene er nok til å endre tilstandsklasse fra nåværende nivå. Det er disse kritiske oksygenforholdene som

resulterer i en samlet tilstandsvurdering på Svært Dårlig til Dårlig for de forskjellige overvåkningsstasjonene i fjordsystemet.

For Skienselva betyr nedleggingen av Elstrøm (og Knarrdalstrand) til lenger ut i Grenlandsfjordene en mindre reduksjon i konsentrasjonene av næringsstoffer, og for den nederste delen av elven en minimal forbedring i oksygenforholdene. Forbedringene endrer imidlertid ikke klassifiseringen for parameterne.

For stasjonen i Frierfjorden medfører forbedringen av nitrat+nitritt til at denne endrer tilstand fra Dårlig til Moderat for samtlige alternativ for sommerperioden. Klorofyll-a forbedres også for Alternativ 2,3 og 4 fra God til Svært god.

For stasjonen i Eidangerfjorden forbedres sommerværdien av nitrat+nitritt fra Moderat til God for samtlige alternativ. For resterende stasjoner og parametere er det ingen endring i tilstandsklasse.

Samlet viser de nye rensegradene av utslipp og samlokalisering av renseanlegg en forbedring fra dagens tilstand, dog ikke med endring av tilstandsklasse for stasjonene. I forhold til endring av tilstandsklasse for enkeltparametere samt prosentvis forbedring fra dagens situasjon, er det Alternativ 3 som viser størst forbedring, etterfulgt av Alternativ 2, Alternativ 4 og deretter Alternativ 1. For kun stasjon BC-1 i Frierfjorden er det Alternativ 4 som viser størst endring i tilstandsklasse som følge av forhøyet oksygenminimum, men ikke nok til å endre den samlede tilstandsklassifiseringen på stasjonen fra Svært dårlig.

2 Introduksjon

Porsgrunn og Skien Kommuner ønsker å slå sammen deres fire renseanlegg (RA) Knarrdalstrand, Elstrøm, Heistad og Salen, til ett felles renseanlegg. Dette for å leve opp til forventede nye generelle rensekraav til avløpsvann. Den ytterligere rensingen omfatter spesielt nitrogenfjerning med en effektivitet på 80%.

Grenlandsfjordene er i dag påvirket av vesentlig eutrofiering, spesielt i form av dårlige oksygenforhold ved bunnen, noe som resulterer i en samlet Svært Dårlig tilstand for de fysisk-kjemiske støtteparameterne i tilstandsvurderingen for flere av overvåkningsstasjonene i området. For nitrogenkonsentrasjonen og siktdybden er tilstanden i Frierfjorden, og i delene av Grenlandsfjordenes ytre del, i Moderat klasse og dermed under den tilstrebede God tilstandsklasse.

Nitrogenbelastningen fra de fire renseanleggene bidrar i dag med et ikke ubetydelig bidrag til den samlede næringsstoffbelastningen for Grenlandsfjordene, som påvirker bl.a. siktdybden og oksygenforholdene i de dype bassengene.

Kommunene har derfor gitt DHI i oppdrag å undersøke den forventede tilstanden i Grenlandsfjordene innenfor planperioden, gitt den forbedrede avløpsrensingen og sammenslåing av renseanleggene og deres utslipp til fjordsystemet. Tilstanden beregnes ved de fysisk-kjemiske støtteparameterne som inngår i tilstandsvurderingen.

I forprosjektfasen har DHI utført en fortynningsmodell for å undersøke spredningen av 12 innlagringspunkter. Av disse 12 ble 4 valgt som alternativ for videre studie. I tillegg ble det inkludert ett dypvannsutslipp i Frierfjorden, i sørlig del av bassenget. Dette punktet ble lagt på 90 meters dyp, og her ble i tillegg innblandingen fra bunnen og opp til innlagringsdypet modellert. Hensikten med dette var å undersøke om dette forårsaker en miksing som kan bedre bunnverdiene av oksygen i Frierfjorden.

DHIs analyser er utført med en numerisk modell av Grenlandsfjordene, som dekker 10 års forhold. Modellen er tidligere satt opp og kalibrert, og brukt til å vurdere effekten av endringer i bl.a. de enkelte industriers belastning med avløpsvann til Frierfjorden. I foreliggende studie er det de 5 siste årene som analyseres, da fjordsystemet har tilnærmevis tilpasset seg de ulike alternativene.

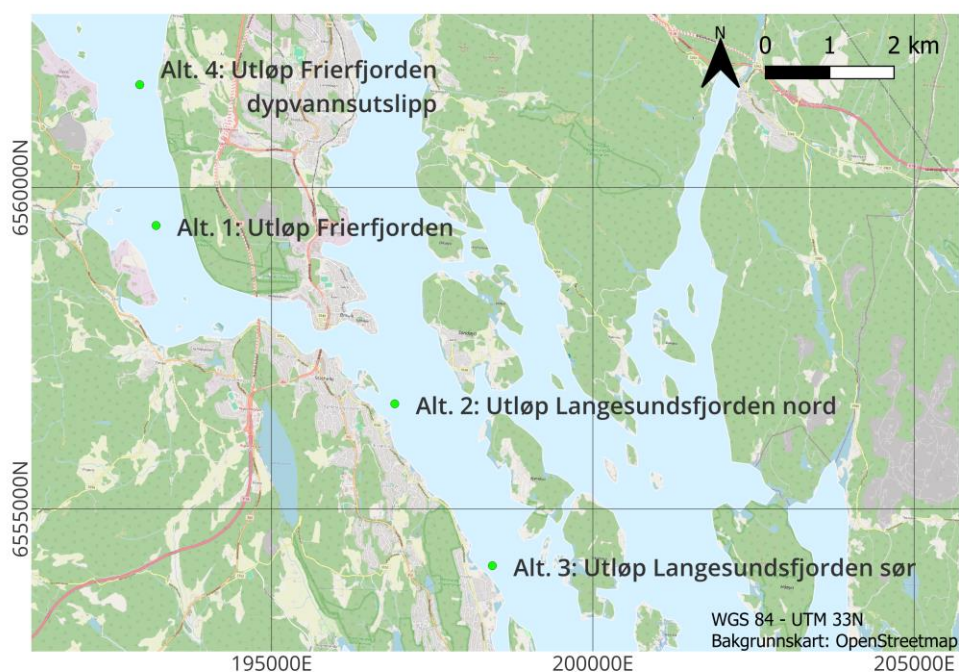
Studien har inkludert ulike scenarioer for sammenslåing av renseanleggene med den reduserte nitrogenbelastningen sammen med en fremskrevet fosforbelastning, for å avdekke gjensidig følsomhet for belastningen fra renseanleggene. Alle scenarioene benytter kommunenes fremskrevne avløpsmengder og følgende rensekraav:

- 80% fjerning av total nitrogen (TN)
- 90% fjerning av total fosfor (TP)
- 85% fjerning av biologisk oksygenforbruk (BOF₅)
- 80% fjerning av kjemisk oksygenforbruk (KOF)

De analyserte spesifikke scenarioene for sammenslåingen av renseanleggene er følgende (Figur 2.1):

- Alternativ 1: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden
- Alternativ 2: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, nordlig del
- Alternativ 3: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, sørlig del
- Alternativ 4: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden, dypvannsutslipp

Andre belastninger til Grenlandsfjordene via Skienselvå, og direkte kilder fra industrier og andre kommuners renseanlegg, er fastholdt på de nåværende forholdene i alle scenarioene.

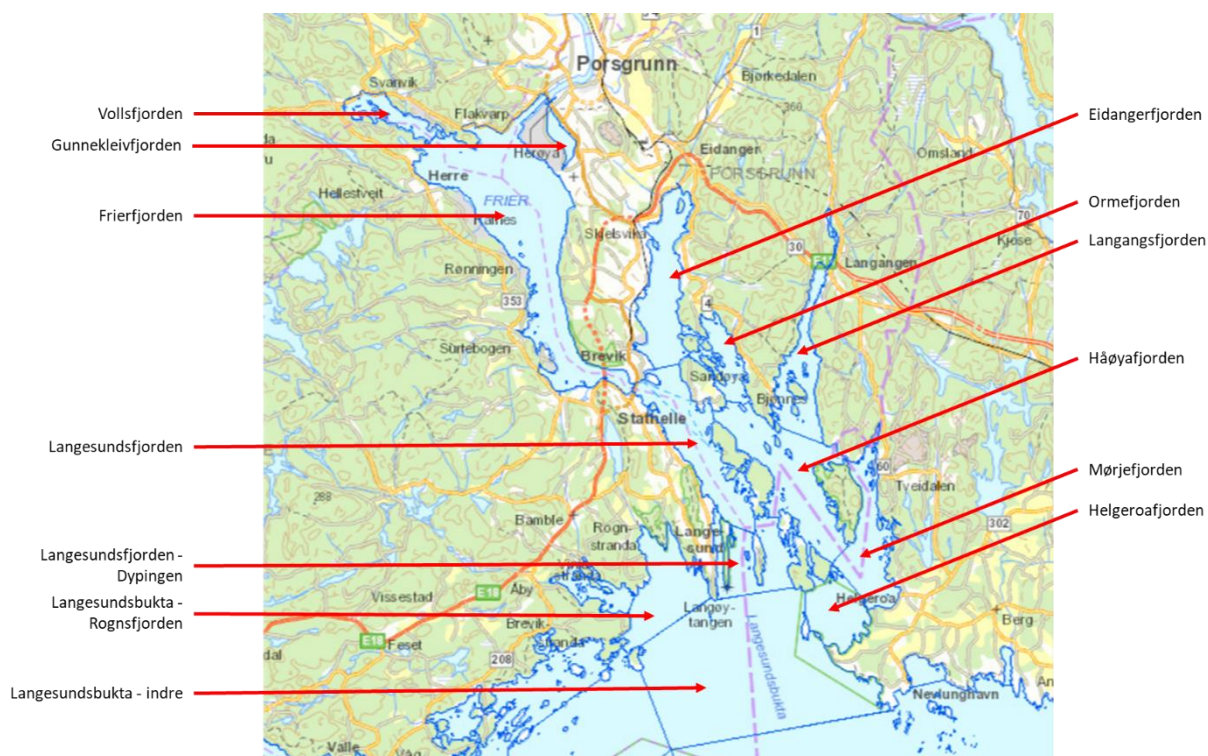


Figur 2.1 De fire utslippspunktene vurdert for sammenslåingen av Knarrdalstrand, Elstrøm, Heistad og Salen renseanlegg.

3 Bakgrunn og metodikk

3.1 Kort oppsummering av Grenlandfjordsystemet

Grenlandfjordsystemet ligger på den norske Skagerrakkysten. Hovedfjordene i systemet inkluderer Frierfjorden (0110010701-C), Langesundsfjorden (0110010801-C), Eidangerfjorden (0110010600-C) og Håøyafjorden (0110010300-C) (Figur 3.1). I tillegg er det definert en rekke mindre vannforekomster i fjordsystemet: Langesundsbukta – indre (0110000033-1-C), Langesundsbukta – Rognsfjorden (0110000033-2-C), Helgeroafjorden (0110010100-C), Mørjefjorden (0110010200-C), Langangsfjorden (0110010402-C), Ormefjorden (0110010500-C), Volls fjorden (0110010703-C) og Langesundsfjorden – Dypingen (0110010802-C). Gunnekleivfjorden (0110010702-C), som forbinder Skiensselva og Frierfjorden via Herøyakanalen, er definert som en sterkt modifisert vannforekomst. Vannforekomsten Ønna (0110010401-C), innenfor Langangsfjorden, er ikke med i modellgrunnlaget.



Figur 3.1 Kart over Grenlandfjordsystemet inkludert de fire hovedvannforekomstene, de mindre vannforekomstene og Gunnekleivfjorden (sterkt modifisert vannforekomst).

Frierfjorden er den innerste fjorden i systemet og er knyttet til Skiensselva som er Norges tredje største elv med volumstrøm på 300 m³/s i gjennomsnitt og opptil 1000 m³/s under vårflo (Aure & Danielssen, 2011). Et par mindre elver munner også ut i Frierfjorden. Nedstrøms er Frierfjorden knyttet til Langesundsfjorden. En 20 m dyp terskel ligger mellom de to fjordene.

Herøya Industripark ligger på nordbredden av Frierfjorden mellom Frierfjorden og den grunne Gunnekleivfjorden.

Frierfjordens hydrografi styres av Skiensselva, som skaper et brakt overflatelag som renner mot havet og fører med seg dypere vann underveis. En haloklin på 5-8 m dyp skiller overflatelaget fra det mellomliggende laget preget av sjøvannsinnsig på grunn av

elvemunningssirkulasjon, vannstandsvariasjoner og lokale vind- og tetthetseffekter (Molvær & Stigebrandt, 1991). Dypvannslaget fra ca. 35 m dyp og nedover utveksles sjelden av innbrudd av sjøvann fra Skagerrak. Under ca. 50 m dyp skjer dypvannsutvekslingen uregelmessig, men i gjennomsnitt hvert 2-4 år (Molvær & Stigebrandt, 1991).

De fysiske forseringene til fjordsystemet bestemmer i stor grad de biogeokjemiske syklusene til fjordsystemet. Som det vil komme frem av foreliggende undersøkelse, har brakkvannsoverflatelaget kort oppholdstid i Frierfjorden og frakter en stor mengde av næringsstoffene fra Skienselva og industrien på Herøya gjennom Langesundsfjorden ut mot Skagerrak.

Grenlandsfjordene er i dag påvirket av vesentlig eutrofiering, noe som resulterer i en generelt Svært Dårlig tilstand for de fysisk-kjemiske støtteparametrene. Den dårlige tilstanden kommer særlig til syne ved at vannmassen i Frierfjorddelen oftest har oksygenkonsentrasjoner vesentlig under 1,5 ml/l, som er grensen for Svært Dårlig tilstand, fra 45-55 m under overflaten og ned til bunnen på mer enn 90 m dyp. I perioder på 3 måneder til 2 års varighet med 2-4 års mellomrom bedres oksygenforholdene i dypvannet i forbindelse med innbrudd av saltere og mer oksygenrikt vann over terskelen ved munningen av Frierfjorden.

I de ytre delene av Grenlandsfjordene måles også lave oksygenkonsentrasjoner, med verdier ned til 3,0 ml/l i målestasjon FG-1 i Langesundsfjorden og under 0,3 ml/l i målestasjon GI-1 i Håøyafjorden. Det er også andre eutrofieringseffekter i Grenlandsfjordene, se kapittel 3.3.

I egen rapport er Grenlandsfjordene regnet inn under Ytre Oslofjord (NIVA, Havforskningsinstituttet, 2022). Her beskrives bl.a. overkonsentrasjoner av nitrogen med;

I Oslofjorden er det overkonsentrasjon (dvs. moderat eller dårligere tilstandsklasse) av nitrat og nitritt fra Drammensfjorden og ut til Bolærne/Rauer, og i de indre områdene Frierfjorden, Tønsberg, Hvaler og Iddefjorden. I Tønsberg, Drammensfjorden og Hvaler klassifiseres tilstanden til «dårlig» for nitratnivået på sommeren, og trenden er negativ. Det er også høye verdier i Grenlandsfjordene, men her er trenden noe positiv.

I *Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord med et aktivt friluftsliv* (Klima- og miljødepartementet, 2021) er reduksjoner i utslipp fra kommunalt avløp og avløp i spredt bebyggelse (Innsatsområde 1) en del av tiltaksplanen for å bedre miljøtilstanden i Oslofjorden. Grenlandsfjordene er en av 17 prioriterte kyst- og havneområdene i regjeringens handlingsplan for forurenset sjøbunn (Miljødirektoratet, 2021).

3.2 Lokale belastninger til Grenlandsfjordene

Den eksterne belastningen til Grenlandsfjordene med næringsstoffer og organisk materiale skjer fra opplandet via vassdragene, fra renseanlegg og industrier via lokale direkte punktkilder og fra atmosfærisk deposisjon direkte på fjordområdene. I tillegg utveksler fjordområdene næringsstoffer med Skagerrak. Internt i fjordområdene er det utveksling av næringsstoffer, organisk materiale og oppløst oksygen mellom vannet og bunnsedimentene. Den anvendte modellen for Grenlandsfjordene inneholder alle disse kildene og utvekslingene.

Modelleringen benytter en 10-årsperiode, nærmere bestemt 2008-2017. I det tidligere Grenlandsfjordprosjektet (Erichsen, 2019) ble forseringsforholdene for denne perioden etablert: Faktisk meteorologi, avrenning, og marine grenseforhold, samt nyere

belastninger av omkringliggende industrier. Industribelastningene ble satt konstant gjennom perioden, representerende nyere belastningsdata (2015-2017).

Belastningene fra industribedriftene Yara, NSO, INEOS Rafnes, INOVYN og Eramet har blitt oppdatert til den nyeste informasjon rundt belastning, og implementert i det nåværende modelloppsettet:

- Yara: basert på data fra 2019-2021
- NSO Bamble: basert på data fra 2018-2020
- INEOS Rafnes: basert på data fra 2019-2021
- INOVYN: basert på data fra 2019-2021
- Eramet: basert på data fra 2020-2021

Den samlede nåværende belastning med næringssalter og organisk materiale er oppgjort i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Den eksterne belastning med næringsstoffer og organisk materiale til Grenlandsfjordene, oppgjort på basis av data fra 2008-2017/21. Elstrøm RA slipper avløpsvann via Skienselva, men er medregnet i oppsummeringen under direkte RA.

Kilde	TN (tonn/år)	DIN (tonn/år)	TP (tonn/år)	PO ₄ (tonn/år)	TOC (tonn/år)	SS (tonn/år)
Elver	2791	1532	44	13	26 069	6231
Yara (industri)	675	658	6	6	473	158
Andre Industribedrifter	68	49	3	3	485	633
Direkte renseanlegg (+ Elstrøm RA*)	296 (+70)	246 (+58)	3 (+0,7)	1 (+0,2)	330 (+78)	0 (+0)
Totalt (med Elstrøm, uten atmosfærisk deposisjon)	3900	2543	57	22	27 434	7021
(Frierfjorden totalt, med Elstrøm uten atmosfærisk deposisjon)	3782	2457	55	21	27 121	6533

* Elstrøm RA data fra 2019-2021

3.3 Økologisk status for Grenlandsfjordene

I Norge er miljømålene for vannkvalitetsstatus fastsatt av EUs vannrammedirektiv, integrert i Norge i regelverket for vannforvaltning (Klima- og miljødepartementet, 2006) med endringer i (Klima- og miljødepartementet, 2019). Denne forskriften danner grunnlag for vurderinger av eventuelle søknader om økt utslipp til vannforekomster. Formålet med forskriften er å gi rammer for fastsettelse av miljømål, slik at vannressursene sikres best samlet vern og bærekraftig bruk. Videre heter det i vannforskriften § 4 at «*Tilstanden i overflatevann skal beskyttes mot forringelse, forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal ha minst god økologisk og god kjemisk tilstand*» (Lovdata, 2019). Det er også gitt frister for når det forventes at vannforekomster skal nå en tilstand av gode biologiske og kjemiske forhold. Miljømål for kunstige og sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) er beskrevet i vannforskriftens §5 som «*Tilstanden i kunstige og sterkt modifiserte vannforekomster skal beskyttes mot forringelse og forbedres med sikte på at vannforekomstene skal ha minst godt økologisk potensial og god kjemisk tilstand*».

Videre, dersom resultater av overvåking eller andre data tilsier at miljømålene til en vannforekomst ikke kan nås, må årsaken til dette avklares og nye tiltak vurderes. Modeller er godt egnet ikke bare for å identifisere årsaker, men også for å evaluere effekten av ulike tiltak. Den nåværende modellutviklingen vil gi en baseline som kan brukes i fremtiden for avklaring av årsak og virkning, og for evaluering og kvantifisering av mulige tiltak.

Videre kan tillatelse til ny virksomhet eller aktivitet godkjennes med hjemmel i § 12 i Forskrift om vannforvaltnings rammeverk (Lovdata, 2019). For å vurdere virksomheten knyttet til § 12 må imidlertid myndighetene informeres om dagens forhold i vannforekomsten, og om det er forventede endringer i miljøtilstanden på grunn av endringene i virksomheten. Vilårene for evaluering etter § 12 (gitt i infoboks nedenfor), må være oppfylt for at myndighetene skal gi tillatelse til ny virksomhet.

§ 12. Ny aktivitet eller nye inngrep

Ny aktivitet eller nye inngrep i en vannforekomst kan gjennomføres selv om dette medfører at miljømålene i § 4–§ 7 ikke nås eller at tilstanden forringes, dersom dette skyldes:

- a) nye endringer i de fysiske egenskapene til en overflatevannforekomst eller endret nivå i en grunnvannsforekomst, eller*
- b) ny bærekraftig aktivitet som medfører forringelse i miljøtilstanden i en vannforekomst fra svært god tilstand til god tilstand.*

I tillegg må følgende vilkår være oppfylt:

- a) alle praktisk gjennomførbare tiltak settes inn for å begrense negativ utvikling i vannforekomstens tilstand,*
- b) samfunnsnyttien av de nye inngrepene eller aktivitetene skal være større enn tapet av miljøkvalitet, og*
- c) hensikten med de nye inngrepene eller aktivitetene kan på grunn av manglende teknisk gjennomførbarhet eller uforholdsmessig store kostnader, ikke med rimelighet oppnås med andre midler som miljømessig er vesentlig bedre.*

Der ny aktivitet eller nye inngrep er gjennomført i planperioden, skal begrunnelsen for dette gjengis i oppdatert vannforvaltningsplan. Dersom det er gitt tillatelse til nye aktiviteter eller nye inngrep, skal dette også fremgå av vannforvaltningsplanen.

Ifølge Vann-nett (Vann-Nett, 2022) (klassifisering nedlastet desember 2022) er flertallet av vannforekomstene i Grenlandsfjordene vurdert til å ha moderat status, inkludert Frierfjorden, Eidangerfjorden og Langesundsfjorden, se Tabell 3.2.

I Tabell 3.2 er klassifiseringens presisjon også inkludert, og iht. Vann-nett er presisjonen basert på kvaliteten på evalueringen: Høy – basert på målinger i den spesifikke vannforekomsten av både fysiske og biogeokjemiske parametere; Middels - utilstrekkelig data; lav – basert på ekspertvurdering/pressfaktorer.

Tabell 3.2 De ulike vannforekomstene i Grenlandsfjordene og deres nåværende klassifisering iht. Vann-nett (Vann-Nett, 2022). Fra Vann-nett er også presisjon til tilstandsklassifiseringen inkludert. Presisjon vurderes som høy – basert på målinger i den spesifikke vannforekomsten av både fysiske og biogeokjemiske parametere; middels - utilstrekkelig data; lav – basert på ekspertvurdering/pressfaktorer

VANNFOREKOMST	ØKOLOGISK TILSTAND	PRESISJON	BASERT PÅ
FRIERFJORDEN	Moderat	Høy	Fysisk-kjemiske data 2022
VOLDSFJORDEN	Moderat	Høy	Manglende informasjon. Bunnfauna fra kommune 2015
GUNNEKLEIVFJORDEN	Moderat ¹	Lav	Manglende informasjon. Bunnfauna fra Vannmiljø 2018
EIDANGERFJORDEN	Moderat	Høy	Fysisk-kjemiske data 2022
LANGESUNDSFJORDEN	Moderat	Høy	Fysisk-kjemiske data 2022
LANGESUNDSFJORDEN - DYPINGEN	Moderat	Høy	Bunnfauna fra kommune 2015
LANGESUNDSBUKTA-INDRE	God	Lav	Manglende informasjon. Bunnfauna fra kommune 2018
LANGESUNDSBUKTA - ROGNSFJORDEN	Moderat	Høy	Bunnfauna fra kommune 2020
HELGEROAFJORDEN	God	Høy	Bunnfauna fra kommune 2018
MØRJEFJORDEN	God	Middels	Fysisk-kjemiske data 2018
HÅØYAFJORDEN	Dårlig	Høy	Bunnfauna fra kommune 2022
LANGANGSFJORDEN	Moderat	Høy	Bunnfauna fra kommune 2015
ORMEFJORDEN	Moderat	Høy	Bunnfauna fra kommune 2015

Vann-nett klassifiserer sin tilstandsklasse etter vinterverdier av målepunkt, samt i et utvalg av stasjoner i vannforekomsten. For å undersøke langtidseffekter er det avgjørende at både sommerverdier og vinterverdier av klassifiseringen blir benyttet, samt at det eksisterer målestasjoner med dataserier over lang tid. For å etterfølge tilstandsklassifiseringen for Vannforskriften (Direktoratsgruppa, 2018) er det derfor valgt å fokusere på enkeltstasjoner i hver vannforekomst, samt vise endringen fra nåværende verdier i fjordområdene. Derfor er det valgt å fokusere på 4 forskjellige målestasjoner fra Vannmiljø, BC-1 i Frierfjorden, FG-1 i Langesundsfjorden og GI-1 i Håøyafjorden. For Eidangerfjorden er det valgt en stasjon Heistad-1 som sammenligningsgrunnlag for modellene. De tre første stasjonene er også valgt som valideringspunkter, vist i kapittel 4.3.

I Tabell 3.3 og Tabell 3.4 er grenser mellom de forskjellige tilstandsklassene oppført for de fysisk-kjemiske støtteparameterne næringsstoff, siktdybde, oksygen og klorofyll-a. Disse dataene stammer fra (Direktoratsgruppa, 2018). Klassifiseringsveilederen viser til

¹ Økologisk potensial

vannkvalitetsforhold for de øvre 0-10 m, som for stasjonen BC-1 i Frierfjorden har en saltholdighet på ca. 16,3 psu, for stasjonen FG-1 i Langesundsfjorden en saltholdighet på ca. 21,5 psu og for stasjonen GI-1 i Håøyafjorden en saltholdighet på ca. 25,5 psu. Derfor viser vi generelt til klassifiseringen for vannkvalitetsparameterne ved å bruke verdiene fra Tabell 3.4 til $S=18$ psu for tilstandsklassifisering og beregning av nEQR-verdien for Stasjon BC-1 i Frierfjorden og til Tabell 3.3 med $S>18$ psu for stasjon FG-1 i Langesundsfjorden, stasjon GI-1 i Håøyafjorden og Heistad-1 i Eidangerfjorden. Ved visuelt fremstilling av tilstandsklasse for hele Grenlandsfjorden brukes verdiene for $S=18$ PSU i Tabell 3.4.

Tabell 3.3 Klassifisering av økologisk tilstand basert på næringsstoffer og siktdybde i overflatevann og oksygen i bunnvann ved saltholdighet **over 18 psu** (Direktoratsgruppa, 2018).

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	< 3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	< 250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat + nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	< 12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	< 19	19-50	50-200	200-325	>325
	Siktdyp (m)	> 7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	<2,5
Overflatelag Vinter (Desember-Februar)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 20	20-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	<14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<291	291-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat+nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	<97	97-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen ($\text{ml O}_2/\text{l}$)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

* Omregningsfaktor til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.** Omregningsfaktor til mgO_2/l er 1,42.*** Oksygenmetning er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6 °C.

Tabell 3.4 Klassifisering av økologisk tilstand basert på næringsstoffer og siktdybde i overflatevann ved saltholdighet mellom 5 og 18 psu (Direktoratsgruppa, 2018).

Parameter		psu	Tilstandsklasser				
			I	II	III	IV	V
			Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor (µg P/l)*	5	<8	8-12	12-22	22-53	>53
		18	<11,5	11,5-15,5	15,5-28	28-59	>59
	Fosfat (µg P/l)*	5	<2	2-3,5	3,5-7,5	7,5-21	>21
		18	<3,5	3,5-6,5	6,5-15	15-46	>46
	Total nitrogen (µg N/l)*	5	<250	250-383	383-538	538-800	>800
		18	<250	250-337	337-505	505-800	>800
	Nitrat + nitritt (µg N/l)*	5	<97	97-156	156-223	223-363	>363
		18	<24	24-41	41-86	86-265	>265
Overflatelag Vinter (Desember-Februar)	Total fosfor (µg P/l)*	5	<10,5	10,5-14,5	14,5-26	26-53	>53
		18	<20	20-24	24-40	40-59	>59
	Fosfat (µg P/l)*	5	<7	7-9	9-16	16-31	>31
		18	<14,5	14,5-19	19-32	32-48	>48
	Total nitrogen (µg N/l)*	5	<261	261-385	385-553	553-800	>800
		18	<291	291-398	398-559	559-800	>800
	Nitrat + nitritt (µg N/l)*	5	<143	143-226	226-326	326-478	>478
		18	<97	97-139	139-239	239-367	>367

* Omregningsfaktor til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen

Den normaliserte tilstandsparameteren nEQR bestemmes ut ifra støtteparameterne og klorofyll-a, og ligger i intervallet mellom 0 og 1, med klassene 0-0,2 som Svært Dårlig, 0,2-0,4 som Dårlig, 0,4-0,6 som Moderat, 0,6-0,8 som God og 0,8-1,0 som Svært God tilstand (Direktoratsgruppa, 2018).

For klorofyll-a i Vanntype 5 "Sterkt ferskvannspåvirket" i Tabell 3.5 samt for ammonium ved S<18 psu i Tabell 3.4, er det formelt ingen klassifisering. For klorofyll brukes derfor klassifisering tilsvarende Vanntype 3 "Beskyttet" (Tabell 3.5), mens ammonium kun inngår i klassifiseringen utenfor Frierfjorden, hvor S>18 psu.

Tabell 3.5 Referanseverdier og klassifiseringsområder (90 % persentil) for klorofyll-a (µg/l) i de forskjellige økoregionene og vannforekomstene (Direktoratsgruppa, 2018).

Region	Region fork.	Vanntype nr.	Vanntype	Salinitet	Referanse tilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Skagerrak	S	1	Ekspionert	>25	2,57	<3,53	3,53-5,26	5,26-11	11-20	>20
		2	Moderat ekspionert	>25	3,13	<3,95	3,95-5,53	5,53-9	9-18	>18
		3	Beskyttet	>25	2,98	<3,92	3,92-6,9	6,9-9	9-18	>18
		5*	Sterk ferskvannspåvirket	5-25	-	-	-	-	-	-

*) Klorofyll-a i sterkt ferskvannspåvirkede vanntyper er ikke en del av klassifiseringen.

Grenlandsfjordenes økologiske tilstand er estimert ved klassifiseringsmetodene i *Veileder 02:2018 - Klassifisering av miljøtilstand i vann* (Direktoratsgruppa, 2018) basert på

målinger fra 2019-2021 og oppsummert i Tabell 3.6. Det foreligger måledata fra Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1) og Håøyafjorden (GI-1), men ingen målinger i vannsøylen fra Eidangerfjorden i denne perioden. Fargene representerer den økologiske tilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Det bemerkes at flere overvåkingsparametere mangler for koter under -2 m, noe som forvrenger noen av verdiene i de øvre lagene. Videre er den overordnede eutrofierings-tilstandsparmeteren nEQR gitt både inkludert oppløst oksygenparameter og uten. Eksempelvis foretar NIVA vurderingen for Frierfjorden uten oppløst oksygen siden det formelt ikke er definert for fjorder på mindre enn 18 psu. Dette basert på overflatesaltholdigheten, 0-10 meter (Fagerli, 2016). I Tabell 3.6 er også angitt gjennomsnittsverdien for oksygen ved bunnen, men verdien inngår ikke i klassifiseringen.

Tabell 3.6 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere som inngår i fastsettelse av økologisk tilstand for Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1) og Håøyafjorden (GI-1), for 2019-2021 overvåkingsdata gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018). Fargene representerer den økologiske tilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig".

Parameter	Enhet	Frierfjorden stasjon BC-1	Langesundsfjorden stasjon FG-1	Håøyafjorden stasjon GI-1
Saltholdighet for klassifisering	psu	18	>18	>18
Klorofyll-a (90% persentil feb-okt, 0-10 m)	µg C/l	3,6	2,9	3,2
Næringsstoffer sommer (0-10 m, jun-aug)				
Total fosfor	µg P/l	7,5	12,6	12,2
Fosfat-fosfor		2,4	2,9	2,7
Total nitrogen	µg N/l	313	230	213
Nitrat+nitritt-nitrogen		98	32	11,9
Ammonium-nitrogen		41*	16	8,6
Siktdybde	m	3,8	5,1	5,3
Næringsstoffer vinter (0-10 m, des-feb)				
Total fosfor	µg P/l	12,4	21	21
Fosfat-fosfor		13,8	14,4	14,4
Total nitrogen	µg N/l	376	234	227
Nitrat+nitritt-nitrogen		162	105	95
Ammonium-nitrogen		27*	17	17
Dypvannet				
Oksygen (gjennomsnitt)	ml O ₂ /l	0,6	4,7	0,9
Oksygen (minimum)		0,15	3,0	0,1
Samlet klassifisering (nEQR)				
Alle undergrupper inkl. minimum oksygen	-	0,02	0,50	0,01
Alle undergrupper utenom oksygen	-	0,66	0,73	0,80

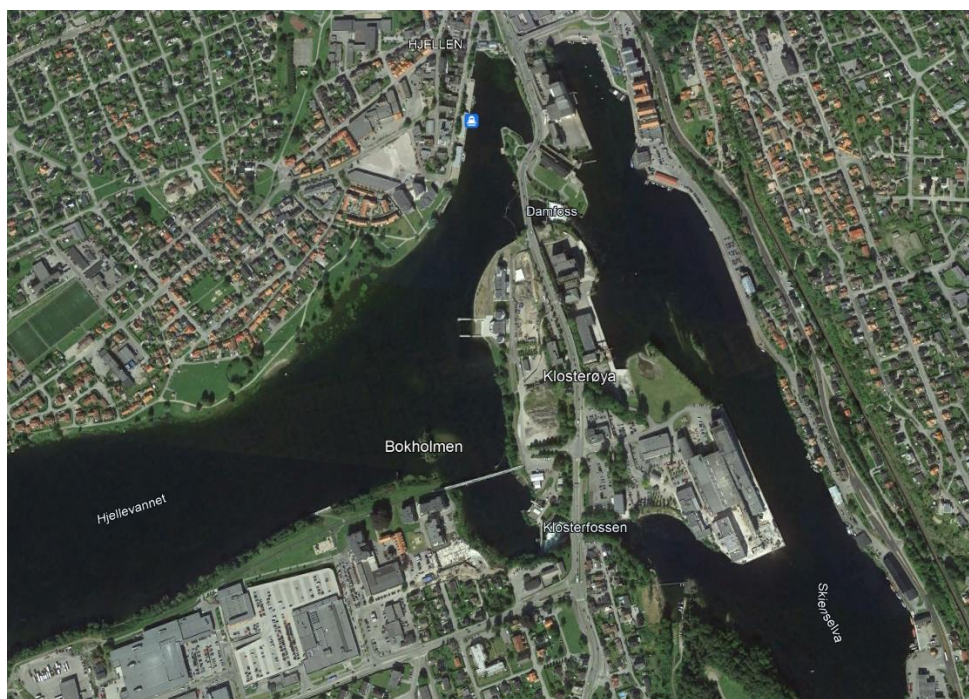
*Kun få data (fra 2021)

3.4 Økologisk tilstand for Hjellevannet og Skienselvas nedre del

Figur 3.2 viser Skienselva omkring oppstuvningen ved Skien.

De fysisk-kjemiske støtteparameterne som inngår i tilstandsvurderingen for Skienselva ved Hjellevannet (Farelva, 016-3202-R, type R105) er ifølge Vann-nett (Vann-Nett, 2022) Svært God for parameterne total nitrogen, total fosfor og ammonium.

For den nederste delen av Skienselva, det vil si strekningen Klosterfossen-Frierfjorden nedstrøms Skien (016-3203-R, type R105), er den samlede tilstanden for de fysisk-kjemiske støtteparameterne angitt til Dårlig, på grunn av Dårlig tilstand for oksygen (oksygenkonsentrasjon ved bunnen). Parameterne total nitrogen og total fosfor har imidlertid Svært God tilstand, og ammonium har God tilstand.



Figur 3.2 Kart over Skienselva ved Skien, med Hjellevannet oppstrøms Klosterfossen og den nedre del nedstrøms mot Frierfjorden

I tilstandsvurderingen benyttes klassifiseringen i Tabell 3.7 (Direktoratsgruppa, 2018). Denne er anvendt på den dybde- og tidsmidlede konsentrasjonen for hele året for total nitrogen, total fosfor og pH. For ammonium benyttes 90 persentilen, og for oksygen benyttes 50- og 5 persentilen ved bunnen.

Tabell 3.7 Klassifisering for de fysisk-kjemiske støtteparametere for Skienselva (type R105). Fra (Direktoratsgruppa, 2018).

Parameter	Enhet	Svært God/ God grense	God/ Moderat grense	Moderat/ Dårlig grense	Dårlig/Svært Dårlig grense
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	11	17	30	60
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	325	475	775	1350
Total ammonium (90 persentil)	µg N/l	30	60	100	160
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	12	9	5	2
Oksygen (5 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	9	5	2	1
pH (gjennomsnitt hele året)	-	6,6	5,9	5,2	4,9

3.5 Belastningsscenarioer

Porsgrunn Kommune har spesifisert følgende fremtidige belastning til Grenlandsfjordene for de fire renseanleggene Knarrdalstrand, Heistad, Elstrøm og Salen (Figur 3.4):

- Fremskrevne avløpsmengder med følgende rensekraav:
 - 80% fjerning av total nitrogen (TN)
 - 90% fjerning av total fosfor (TP)
 - 85% fjerning av biologisk oksygenforbruk (BOF₅)
 - 80% fjerning av kjemisk oksygenforbruk (KOF)

I forprosjektets fase ble det utført vurderinger av 12 mulige utslippspunkt med forskjellige innlagringsdyp. Dette ble utført gjennom en fortynningsanalyse, og eksempler på disse er presentert i de relevante alternativene. Punktene som ble vurdert er presentert i Tabell 3.8 og vist i Figur 3.3. Basert på denne studien ble 4 punkter valgt for videre vurdering. Alternativene er nummerert fra nord til sør, og ikke etter kvalitativ vurdering.

- Alternativ 1: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden (punkt 9)
- Alternativ 2: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, nordlig del (punkt 3)
- Alternativ 3: alle renseanlegg og utslipp samlet ved Langesundsfjorden, sørlig del (punkt 7)
- Alternativ 4: alle renseanlegg og utslipp samlet i Frierfjorden, dypvannsutslipp (punkt 12)

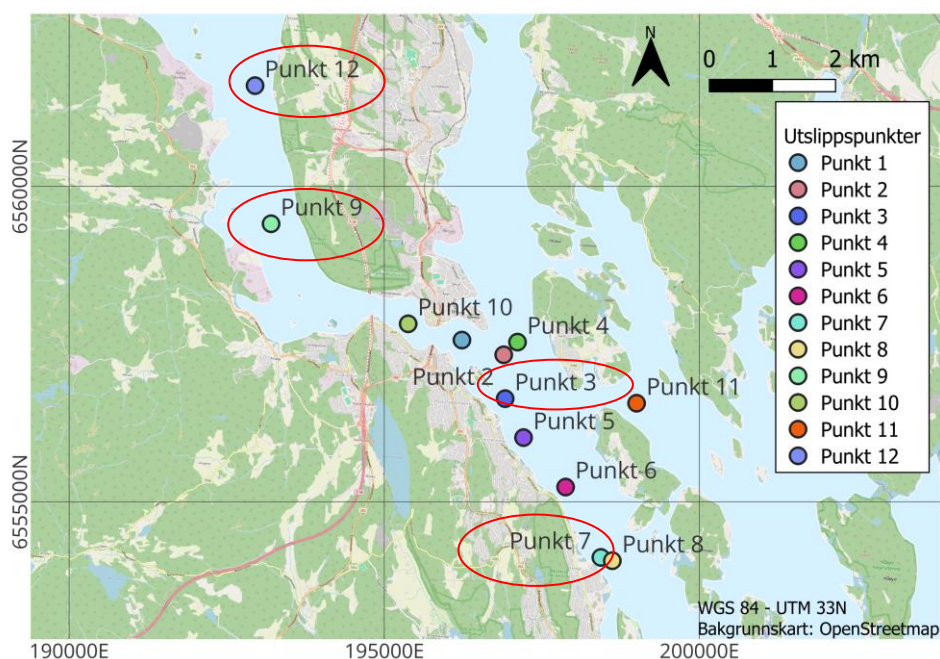
For de tre første alternativene er innlagringsdybden satt til midt i vannsøylen, mens for det siste er utslippet lagt langs bunnen og innlagringsdybden finnes ved likevekt mellom tettheten av utslippet og nærliggende vannmasser.

I tillegg er det modellert for nåværende utslippssituasjon for de fire renseanleggene. Dette scenarioet er kalt Baseline, og er benyttet til å validere modellen samt som sammenligningsgrunnlag mot de fire alternativene.

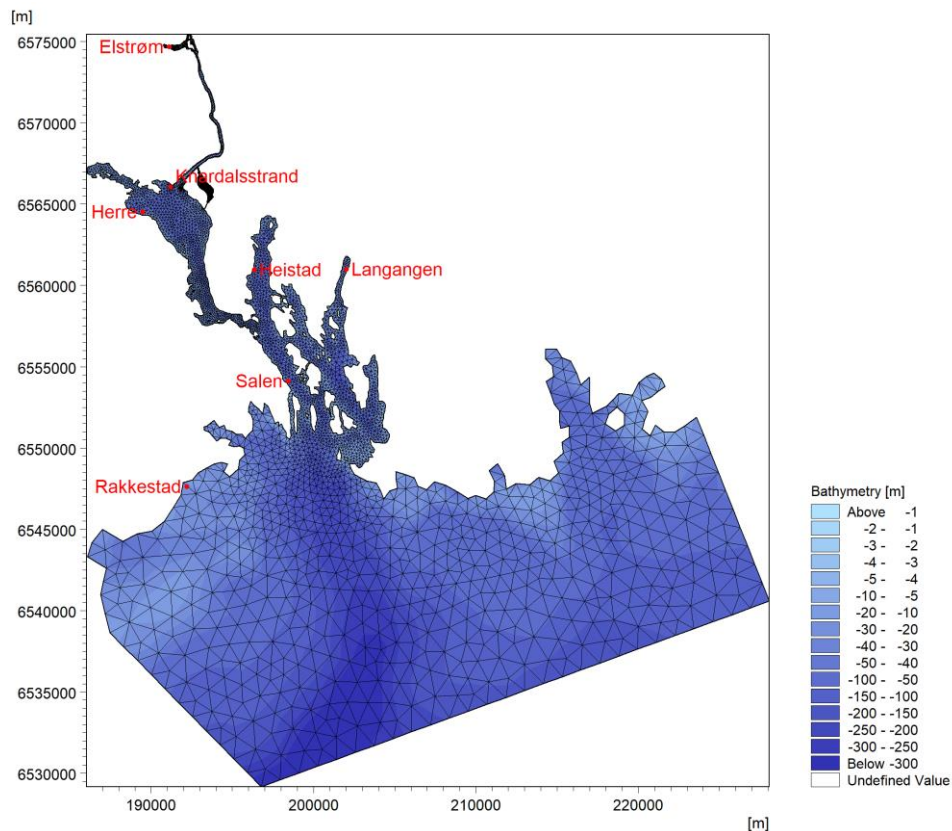
Fortynningsmodelleringen for punktene presentert i Tabell 3.8 er vedlagt i Vedlegg E.

Tabell 3.8 Utslippspunkter som ble vurdert i forprosjektets fase. På samtlige posisjoner ble flere innlagingsdyp vurdert.

Navn	Lengdegrad	Breddegrad
	WGS 84 – UTM 33N	
Punkt 1	196232	6557562
Punkt 2	196895	6557330
Punkt 3 (alternativ 2)	196918	6556634
Punkt 4	197114	6557530
Punkt 5	197209	6556016
Punkt 6	197877	6555232
Punkt 7 (alternativ 3)	198437	6554116
Punkt 8	198619	6554064
Punkt 9 (alternativ 1)	193203	6559407
Punkt 10	195379	6557820
Punkt 11	199004	6556561
Punkt 12 (alternativ 4)	192949	6561597



Figur 3.3 Plassering av utslippspunkt i forprosjektet, posisjonene er angitt i Tabell 3.8. De fire alternativene undersøkt i denne studien er markert med rødt omriss.



Figur 3.4 Kart over Grenlandsfjordsystemet inkludert de fire kommunale renseanlegg i studien av mulige sammenslåinger (Knarrdalstrand, Heistad, Elstrøm og Salen) og 3 øvrige kommunale renseanlegg. Figuren viser også modellens beregningsnett.

I alle scenarioene fastholdes de andre belastningene til fjordene fra vannløp, industrier, øvrige renseanlegg samt den atmosfæriske belastningen og forholdene på modellranden til Skagerrak som i baselinesituasjonen.

For de fire renseanleggene som skal sammenslås er gjennomsnittlig tilførsel og rensegrad over årene 2020 til 2024 benyttet i Baseline, Tabell 3.9.

Tabell 3.9 Tilførsel til Grenlandsfjordene og rensegrad for de fire renseanleggene Heistad, Knarrdalstrand, Salen og Elstrøm, gjennomsnitt over perioden 2020 til 2024.

Renseanlegg	Heistad RA		Knarrdalstrand RA		Salen RA		Elstrøm RA		Sum tilførsel etter rensegrad
	Tilførsel	Rense-grad	Tilførsel	Rense-grad	Tilførsel	Rense-grad	Tilførsel	Rense-grad	
Gjennomsnitt 2020-2024, med overløp									
Volumstrøm (1e6 m ³ /år)	1,88	-	9,57	-	1,88	-	2,40	-	15,72
Total nitrogen (tonn/år)	51,05	41%	260,28	10%	38,90	15%	87,63	21%	366,67
Total fosfor (tonn/år)	6,09	95%	22,63	90%	6,18	91%	10,39	93%	3,85
BOF5 (tonn/år)	169,87	84%	648,34	66%	181,39	78%	300,31	63%	398,63
KOF (tonn/år)	533,73	85%	2211,03	71%	553,06	82%	891,29	73%	1061,46

For resterende belastning til Grenlandsfjordene er utslipp innhentet fra relevante kilder. Disse er presentert i Tabell 3.10.

Tabell 3.10 Tilførsel til Grenlandsfjordene fra andre kilder.

Belastning	Volumstrøm (1e6 m ³ /år)	TN (tonn/år)	TP (tonn/år)
Øvrige RA (2019-2021)	0,68	12	0,2
Vassdrag (2008-2017)	9824	2744	43,0
Industrier (2019-2021)	378	743	9,4
Atmosfærisk deponisjon	-	14	0,0

I modellen er følgende verdier benyttet for tilførselen fra det sammenslåtte renseanlegget, Tabell 3.11. Det er prosjektert med høyere rensegrad enn hva som er nåværende ved de individuelle renseanleggene, som følge av nye utslippskrav. Dette medfører at selv om utslippsmengden er prosjektert til å øke i fremtiden, er utslippsmengden anslått til å bli mindre enn nåværende anlegg, grunnet høyere renseeffekt.

Tabell 3.11 Tilførsel til Grenlandsfjorden for det sammenslåtte renseanlegget. Samtlige parametere er økt fra tilførselen i Tabell 3.9.

Tilførsel fra sammenslått renseanlegg	Gjennomsnittlig tilførsel, med overløp	Gjennomsnittlig renseeffekt	Forskjell fra nåværende gjennomsnitt (4 RA)	
			Før rensegrad	Etter rensegrad
Volumstrøm (1e6 m ³ /år)	20.15	-	+4,4	+4,4
Total nitrogen (tonn/år)	472.00	80%	+34.1	-272.3
Total fosfor (tonn/år)	64.00	90%	+18.7	+2.5
BOF5 (tonn/år)	2,136.00	85%	+836.1	-78.2
KOF (tonn/år)	4,272.00	80%	+82.9	-207.1

3.6 Studiemetodikk

Metodikken for denne studien omfatter økologisk modellering, og sammenligning av resultater fra de forskjellige scenarioene for plassering av utslippet av rensset avløpsvann i planperioden.

For de tre første alternativene bruker den økologiske modellen samme hydrodynamiske grunnlag, og dekker aktuelle forhold i perioden 2008-2017. For det fjerde alternativet bruker denne et eget hydrodynamisk grunnlag, der utløpets miksing er representert i dypvannet. Øvrige modelleringsbetingelser er lik de tre første alternativene. Flerårsperioden er anvendt for å gi statistisk dekkende resultater. For å ta med belastningen for Elstrøm RA vest for Skien konsekvent i modelleringen er modellområdet av Grenlandsfjordene utvidet til også å omfatte en større del av Skienselva opp til oppstrøms for Elstrøm RA.

Siden alle de økologiske scenarioene starter med de samme initialforhold (konsentrasjoner av næringsstoffer i vannet og sedimentet mv), vil det i de første årene av modellperioden skje tilpasninger i puljene av næringssalter og organisk materiale i fjordsystemet til de nye scenariobelastningene. Derfor fokuserer presentasjonen av resultatene på forholdene de siste fem årene av 10-års simuleringsperioden, hvor puljene i vannsøylen og i sedimentet på bunnen er tilnærmelsesvis tilpasset.

Basert på disse resultatene vil det konkluderes hvilken tilstand for Grenlandsfjordene som forventes for de forskjellige alternativene for sammenslåing av de fire renseanleggene og deres utslippspunkter. Vurderingen av betydelige økologiske effekter vil omfatte sesongvariasjon i vannkvalitetsbestanddeler, med søkelys på parametere og sesonger som brukes til å vurdere den tilstanden på de fysiske-kjemiske støtteparameterne til vannforekomstene, se Tabell 3.3 og Tabell 3.4. Merk at det ikke er noen formell klassifisering for klorofyll-a (Tabell 3.5).

4 Modelloppsett

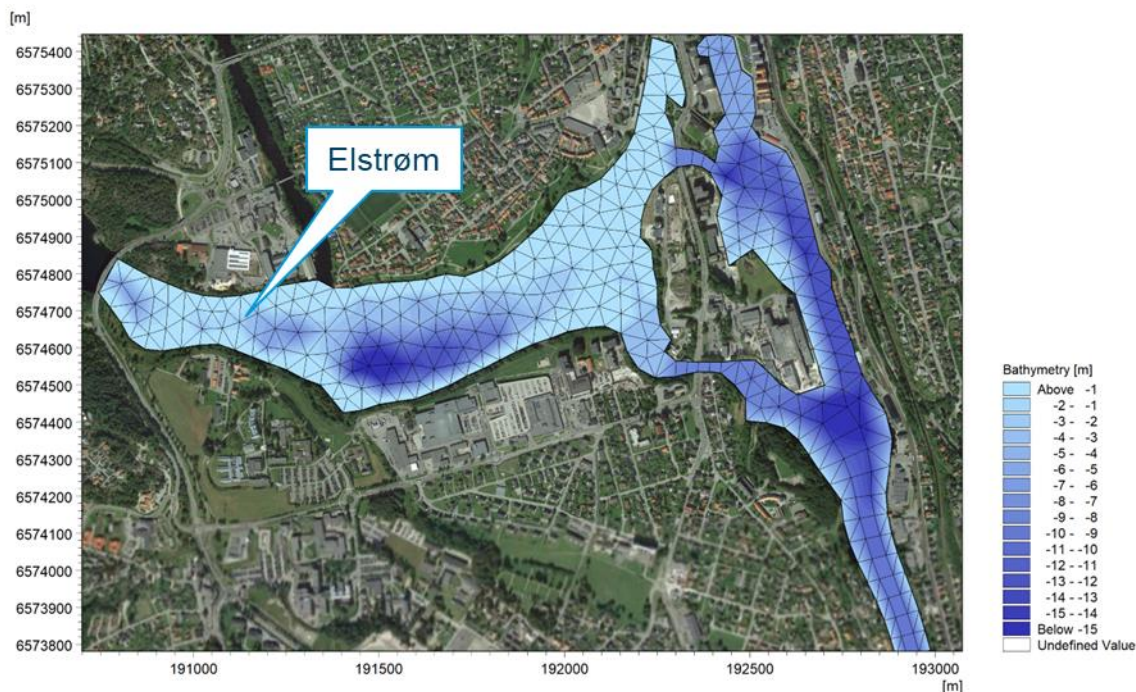
4.1 Modellsystem og domene

Grenlandsfjordmodellen er satt opp i MIKE 3 FM-modelleringsprogramvaren. Den opprinnelige modellversjon i Erichsen (2019) inkluderte den nederste delen av Skienselva fra like oppstrøms Porsgrunn, og dekker resten av Grenlandsfjordene med en nedstrøms grense ute i Skagerrak. For å modellere interesseområdet korrekt er en del av kystområdet utenfor Grenlandsfjordene inkludert i modellen, som også omfatter den større elven Numedalslågen mot øst. Dette sikrer at påvirkningen fra elver og havet på fjordsystemet er godt representert av modellen.

For å ta med belastningen for Elstrøm RA vest for Skien konsekvent i modelleringen er modellområdet av Grenlandsfjordene nå utvidet til også å omfatte en større del av Skienselva opp til oppstrøms for Elstrøm RA, som har utslipp i Hjellevannet, se Figur 3.4.

Den horisontale oppløsningen i modellen går fra 20-50 m i Skienselva (Figur 4.1) til 1500 m i Skagerrak (Figur 3.4). I vertikalen bruker modellen fire ekvidistante lag ned til kote -4 m (varierende med gjeldende vannstand), og deretter 1 m lag ned til kote -10 m, 2 m lag til kote -60 m, 5 m til kote -130 m og så videre med 10 m lag til modellens maksimale dybde. Denne horisontale og vertikale oppløsningen sikrer at lagdeling, på grunn av de store elvene med ferskere vann ned til 5-10 m og deretter saltare Skagerrakvann, kan beskrives korrekt.

De eksisterende strukturene ved Skien inkl. Klosterfossen og Damfoss er innbygget i modellen med deres oppstuvning av vannet oppstrøms til nivået ca. +5 m.



Figur 4.1 Romlig oppløsning i modellens delområder omkring Skien og Elstrøm RA.

4.2 Modelleringsperiode og data

Modelleringen benytter en 10-årsperiode, nærmere bestemt 2008-2017. I det tidligere Grenlandsfjordprosjektet (Erichsen, 2019) ble forseringsforholdene for denne perioden etablert: Faktisk meteorologi, avrenning, og marine grenseforhold, samt nyere belastninger av omkringliggende industrier.

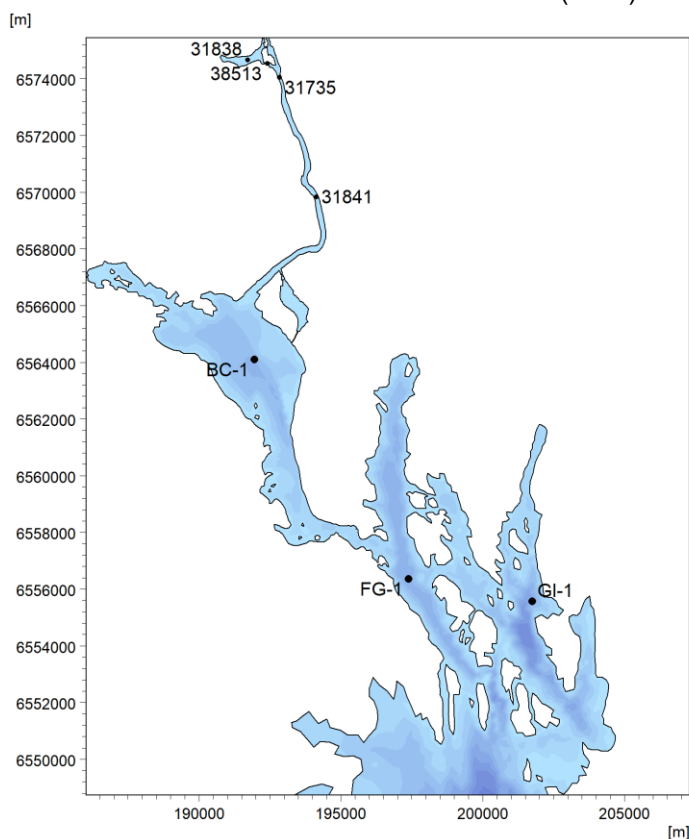
4.3 Modellvalidering

I de følgende delkapitlene vil målte resultater for hydrodynamiske og vannkvalitetsparametere bli sammenlignet med modelldata.

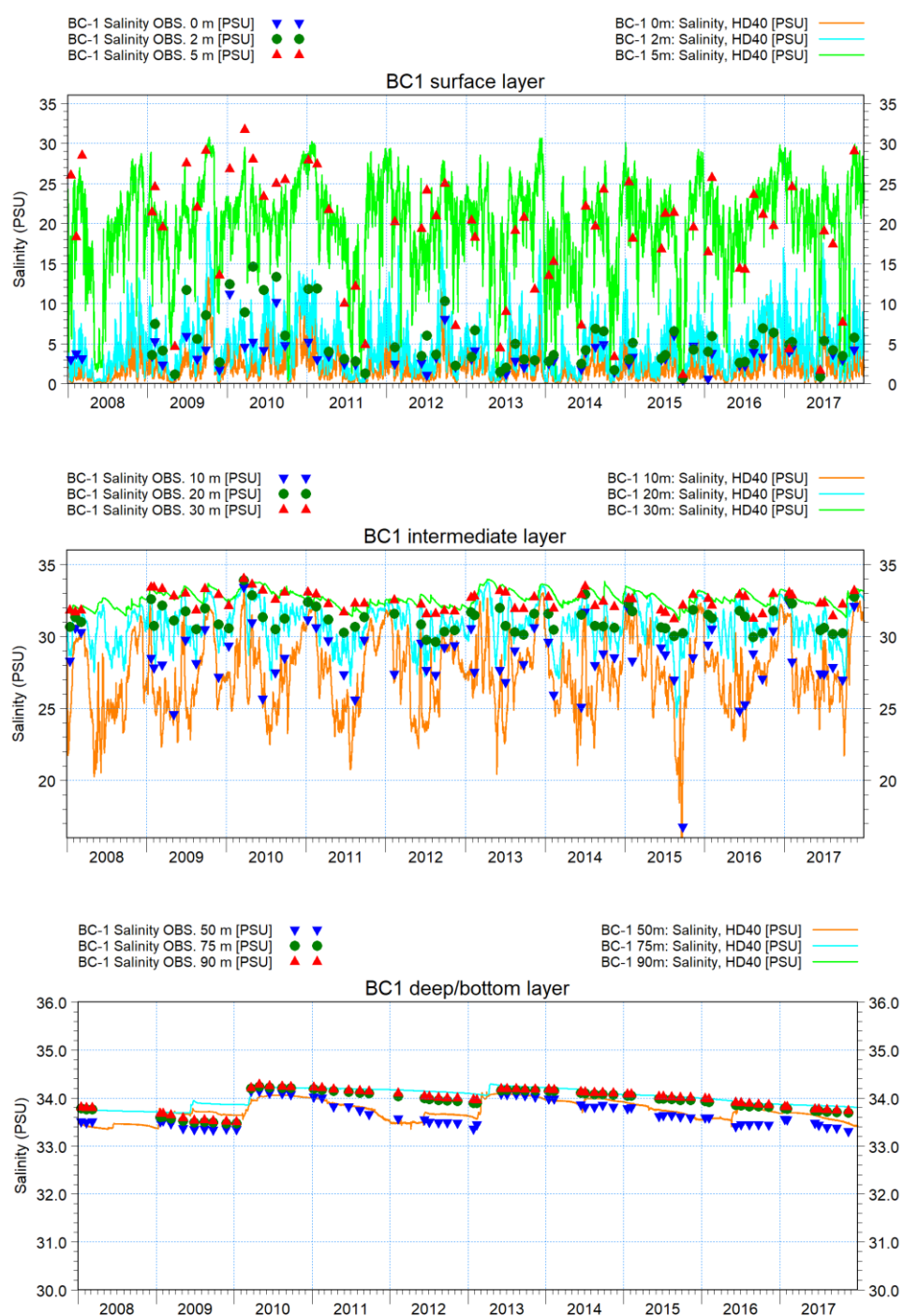
4.3.1 Hydrodynamikk

Hydrodynamikken for baselinesituasjonen for den tidligere versjon av Grenlandsfjordmodellen (Erichsen, 2019) er validert mot overvåkingsdata fra 2008-2017 fra målestasjon BC-1 lokalisert sentralt i Frierfjorden, for stasjonen FG-1 i Langesundsfjorden og for stasjonen GI-1 i Håøyafjorden (Figur 4.2).

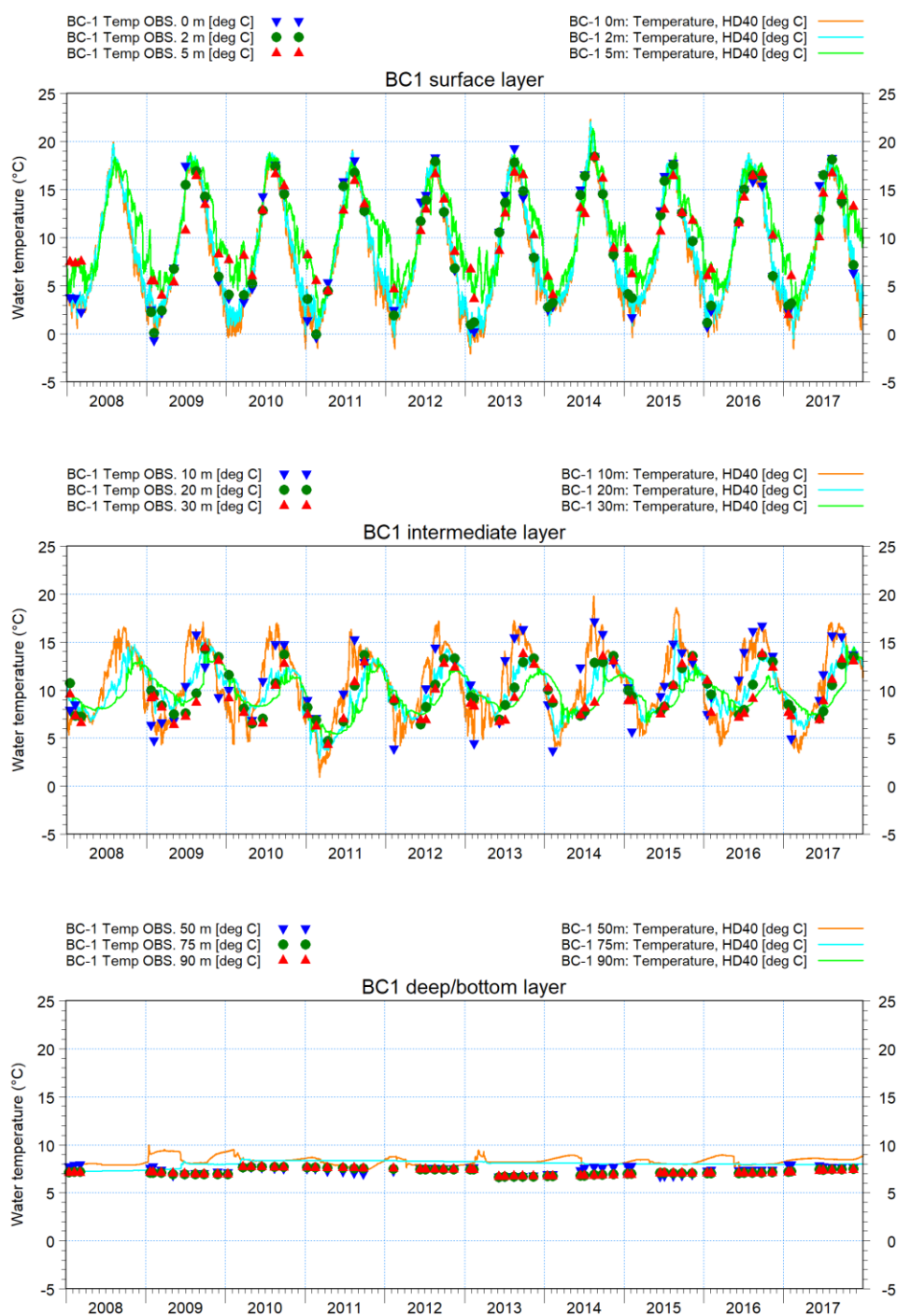
For den utvidede modellen til denne studien er det gjennomført en sjekk av om modellen fortsatt reproducerer de foreliggende målingene. Figur 4.3 og Figur 4.4 viser sammenligningen for saltholdighet og temperatur med overvåkingsdata for stasjon BC-1. Samsvaret til overvåkingsdataene viser en tilfredsstillende ytelse av hydrodynamikken i Grenlandsfjordene, som for den opprinnelige modellen. Forskjellen mellom data og modellresultater er diskutert nærmere i Erichsen (2019).



Figur 4.2 Anvendte målestasjoner til validering av opprinnelig modellversjon, og den utvidede modellen for denne studien.



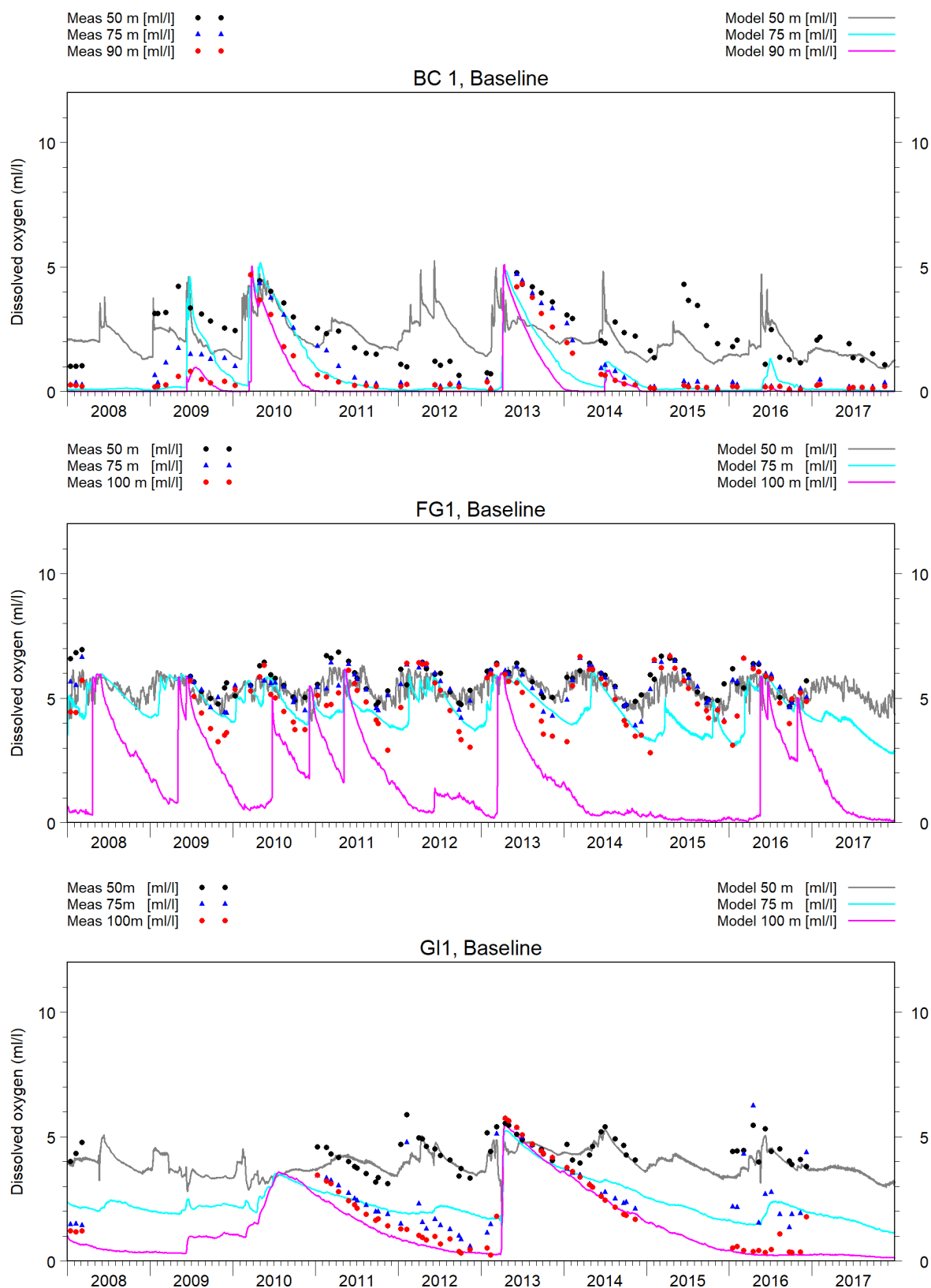
Figur 4.3 Validering av lokal hydrodynamisk modell (baseline) ved BC-1 i Frierfjorden ved å sammenligne med overvåkingsdata for saltholdighet for 2008-2017.



Figur 4.4 Validering av lokal hydrodynamisk modell (baseline) ved BC-1 i Frierfjorden ved å sammenligne med overvåkingsdata for temperatur for 2008-2017.

4.3.2 Vannkvalitet/økologi

Økologiske overvåkingsdata ved de tre målestasjonene for 2008-2017 ble brukt for å validere den opprinnelige modellens vannkvalitet (Erichsen, 2019).



Figur 4.5 Validering av økologimodell ved å sammenligne med overvåkingsdata for oppløst oksygen i bunn ved de tre overvåkingsstasjoner med modellresultater for baseline.

Figur 4.5 viser sammenligningen mellom baseline og overvåkningsdata for oppløst oksygen ved bunnvann ved de tre stasjonene (for andre parametere og stasjoner vises til den opprinnelige dokumentasjon (Erichsen, 2019)). Samsvaret til overvåkningsdata er like godt som for den opprinnelige modellversjonen. Denne hadde kortvarig avvik for oksygen på 90 m dybde på stasjon BC-1 og på oksygenkonsentrasjonen på den maksimale dybden på 100 m på FG-1 stasjonen, hvor modellen gav ca. 2 ml/l lavere minimum oksygenkonsentrasjon enn målingene. Som for den opprinnelige modellen passer de modellerte oksygenkonsentrasjonene i et nivå noe over bunnen bedre med målingene på FG-1 (Figur 4.5). Analysene for Eidangerfjorden og Langesundsfjorden bruker derfor resultater i 87,5 m dybde som representative for oksygenet på bunnivået. Den observerte forskjellen i 100 m dybden skyldes trolig en unøyaktighet i terskelnivå i ytre del av Langesundsfjorden.

4.3.3 Sammendrag for modellvalidering

Basert på sammenligningene ovenfor konkluderes det at den utvidede modellen av Grenlandsfjordene gir en fin beskrivelse av dynamikken i Frierfjorden og de ytre delene av fjordsystemet, både for hydrodynamikk og økologi.

Det utvidede modelleringsverktøy for Grenlandsfjordene er derfor egnet for vurdering av effekten av endringer i belastning fra de fire renseanleggene i modellområdet, som er i fokus for denne studien.

5 Modelleringsresultater

I forhold til fysiske målinger og forenkle sammenligningsgrunnlaget er det valgt å fokusere på stasjonene BC-1 i Frierfjorden, Heistad-1 i Eidangerfjorden, FG-1 i Langesundsfjorden og GI-1 i Håøyafjorden. Disse er representert i tabellene som følger i de neste underkapitlene. I tillegg er det presentert hvilken konsekvens samlingen av renseanlegg til ett punkt med forbedret rensegrad har mot dagens situasjon ved bruk av planplott. Merk at det blir noe avvik mellom plott og tabellene, da de individuelle stasjonene er klassifisert i forhold til PSU i Veilederen, mens for planplottene er det benyttet en fast PSU på 18. Dette gjelder kun for kapittel 5.1, da resterende planplott viser endring fra Baseline.

5.1 Baseline

I Baseline skjer utslippet separat på de fire nåværende utløpsposisjonene, etter tilførselsmengden spesifisert i Tabell 3.9.

5.1.1 Økologisk tilstand

Analysen av tilstanden i Grenlandsfjordene for Baseline er basert på modellresultatene med fokus på de siste 5 årene av 10-års modellperioden. Hovedresultatene for Baseline er oppsummert nedenfor med fokus på parametere som ikke oppfyller målsetningen for tilstanden (nitrat+nitritt, siktdybde og oksygen).

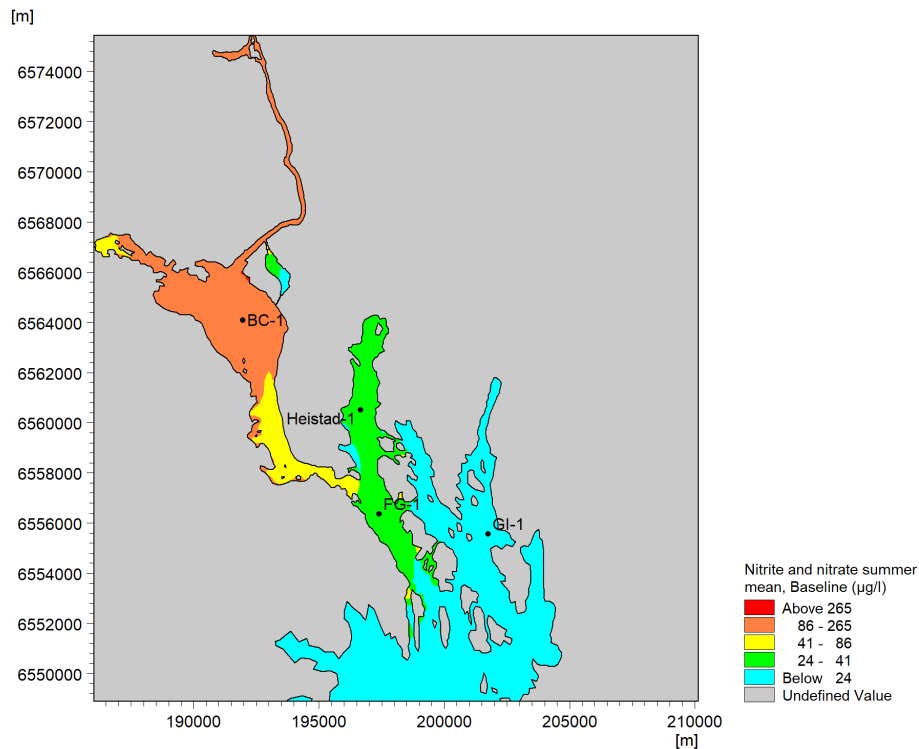
I klassifiseringen av tilstanden er det generelt anvendt grenseverdiene i Tabell 3.3 og Tabell 3.4 (fra (Direktoratsgruppa, 2018), samt fargeskalaen med blått, som representerer Svært God, grønn God, gul Moderat, oransje Dårlig og rød Svært Dårlig. Samme fargeskala er brukt i planplottene, men da grenseverdiene i klassifiseringen endrer seg fra Frierfjorden til de ytre delene av Grenlandsfjorden, med den stigende saltholdigheten, er det valgt å benytte fargeskalaen for 18 psu for hele området.

For klorofyll-a er det ingen formell klassifisering for Vanntype 5 "Sterkt ferskvannspåvirket", og derfor er fargeklassifiseringen for Vanntype 3 "Beskyttet" lagt til grunn (Tabell 3.5). For oppløst oksygen ved bunnen er klassifisering for saltholdighet over 18 psu brukt (Tabell 3.3).

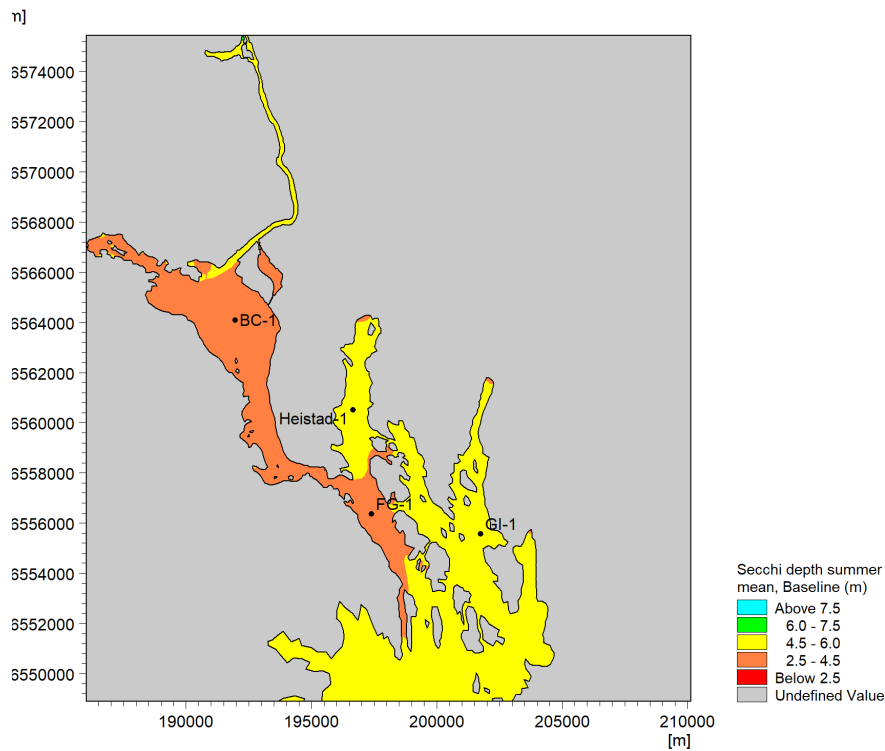
Figur 5.1 viser fordelingen i overflatelaget (0-10 meter) om sommeren av nitrat+nitritt i Grenlandsfjordene for Baseline. I Frierfjorden fås en konsentrasjon i Dårlig klasse (Dårlig: 86-265 µg N/l) med verdien 107 µg N/l på målestasjonen BC-1. Det ses høyere konsentrasjoner nær industriutløpene på Herøya, og også for Hjellevannet ved Elstrøm RA utslippet og nedover Skienselva. For stasjonen Heistad-1 i Eidangerfjorden er verdien 24,9 µg N/l, noe som tilsvarer God klassifisering (<24 µg N/l) ved 18 PSU. I de ytre delene av Grenlandsfjordene er sommerkonsentrasjonen 32,9 µg N/l på FG-1 posisjonen i Langesundsfjorden og 9,6 µg N/l på GI-1 stasjonen i Håøyafjorden. I de ytre delene er klassifiseringen da God for FG-1 og Svært God for GI-1. Tett på de andre renseanleggene ses ingen vesentlige avvik for konsentrasjonen sammenlignet med området generelt.

Siktdybden om sommeren varierer i Grenlandsfjordene omkring 4-5 m (Figur 5.2). Stasjon BC-1 i Frierfjorden og FG-1 i Langesundsfjorden faller da i Dårlig klasse (Dårlig: 2,5-4,0 m) med klassifisering gitt ved 18 PSU. I Hjellevannet nær Elstrøm RA er det områder med minimalt høyere siktdybde enn 5,5 m. Tett på de andre renseanleggene ses ingen vesentlige avvik i siktdybden sammenlignet med området generelt.

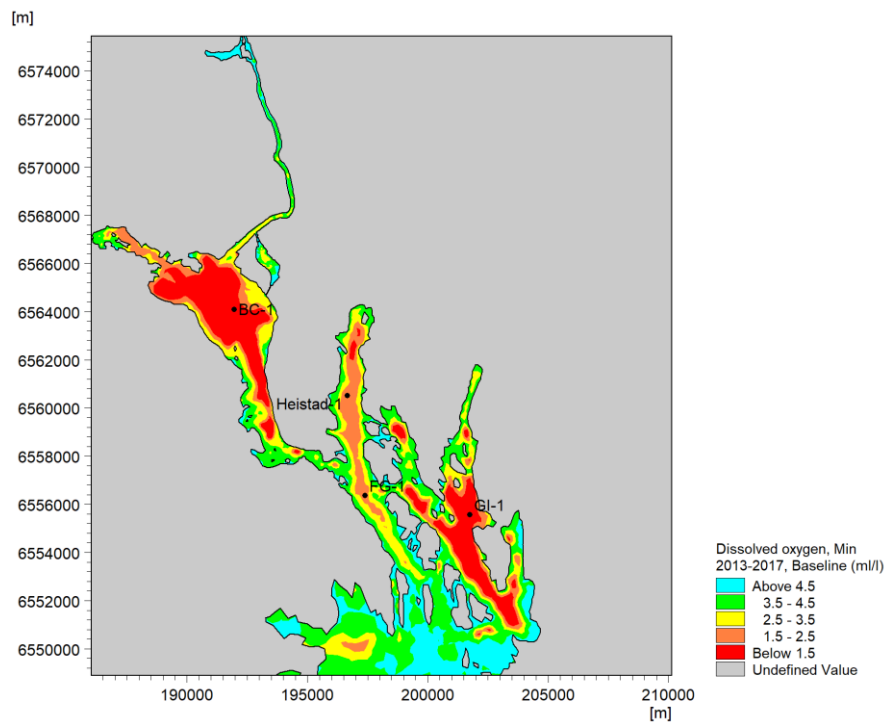
De dårlige oksygenforholdene ved bunnen av Grenlandsfjordene ses i Figur 5.3. Den minimale oksygenkonsentrasjonen faller i Svært dårlig (<1,5 ml/l) eller Dårlig (1,5-2,5 ml/l) i alle de dype delene av fjordsystemet. De dårlige oksygenforholdene, med konsentrasjoner under 3,5 ml/l, starter fra ca. -40 m i den sentrale Frierfjorden.



Figur 5.1 Overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Baseline. Skala basert på klassifisering ved salinitet lik 18 PSU (Tabell 3.4). Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".



Figur 5.2 Sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Baseline. Skala basert på klassifisering ved salinitet lik 18 PSU (Tabell 3.4). Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".



Figur 5.3 Oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år for baseline. Skala basert på klassifisering for saltholdighet >18 psu: Blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig".

Tabell 5.1 oppsummerer klassifiseringsresultatene for andre parametere ved de tre hovedstasjonene i Grenlandsfjordene: BC-1 (Frierfjorden), FG-1 (Langesundsfjorden) og GI-1 (Håøyafjorden). Det er også vist resultater fra en posisjon i Eidangerfjorden (Heistad-1) utenfor Heistad². Merk at i tabellen benyttes klassifisering i henhold til de aktuelle salinitetsnivåene for stasjonene.

Den generelle eutrofieringsklassifiseringen nEQR er Dårlig til Svært Dårlig på grunn av det dårlige oksygenivået i de dype bassengene. Dersom parameteren oksygen utelates i nEQR-beregningen, oppnås God klassifisering på alle fire stasjoner. Men blant de enkelte næringsstoffene har sommer nitrat+nitritt på stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden og stasjon Fg-1 i Langesundsfjorden Moderat tilstand og sommer nitrat+nitritt på stasjon BC-1 i Frierfjorden Dårlig tilstand. De samme parameterne går opp en tilstand i vinterperioden, til Moderat på stasjon BC-1 og God på stasjonene Heistad-1 og FG-1. For siktdybde har samtlige av stasjonene klassifiseringen Moderat, foruten FG-1 som har tilstandsklasse Dårlig.

² Ved punkt markert som «*vannlokalitet 01.10-31697 - Eidangerfjorden. Heistad*» i [Vannmiljø \(miljodirektoratet.no\)](https://miljodirektoratet.no)

Tabell 5.1 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametrene for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018), Baseline modelleringsresultater basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Baseline Parameter	Enhet	Stasjonsnavn			
		BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger- fjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Saltholdighet for klassifisering	psu	18 (16,3)	>18 (22,4)	>18 (21,5)	>18 (23,5)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt)	µg C/l	3,9	4,7	3,8	4,3
Næringsstoffer sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor	µg P/l	11,0	11,4	11,1	11,3
Fosfat-fosfor		2,85	1,40	1,40	1,15
Total nitrogen	µg N/l	289	190	187	155
Nitrat+nitritt-nitrogen		107	24,9	32,9	9,6
Ammonium-nitrogen		21,9	5,1	5,9	2,06
Siktdybde	m	4,3	4,7	4,4	5,0
Næringsstoffer vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor	µg P/l	14,8	18,2	17,7	19,4
Fosfat-fosfor		11,0	12,7	11,9	13,1
Total nitrogen	µg N/l	314	232	237	214
Nitrat+nitritt-nitrogen		182	109	108	89
Ammonium-nitrogen		26,2	16,1	17,3	14,2
Dypvannet					
Oksygen (gjennomsnitt over 5 år)	ml	0,42	3,35	3,9	1,16
Oksygen (minimum over 5 år)	O ₂ /l	0,0	2,05	2,29	0,0
Samlet klassifisering (nEQR)					
Alle undergrupper inkl. minimum oksygen	-	0,00	0,31	0,36	0,00
Alle undergrupper utenom for oksygen	-	0,65	0,75	0,78	0,77

Tabell 5.2 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for elvestasjonene omkring Skien (Figur 4.2), gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018). Baseline modelleringsresultater basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Baseline Parameter	Enhet	Hjellevannet (31838)	Klosterfossen (38513)	Tilja (31735)	Borgestad (31841)
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	3,6	3,6	4,3	9,8
Fosfat (gjennomsnitt hele året)		1,0	1,0	1,4	5,0
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	271	272	272	288
Nitrat+nitritt (gjennomsnitt hele året)		135	136	135	145
Total ammonium (90 persentil)		17,8	17,8	18,4	21,1
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	10,1	10,2	10,0	8,4
Oksygen (5 persentil, bunn)		8,7	8,7	7,3	5,9
pH (gjennomsnitt hele året)	-	-	-	-	-
Siktdybde (gjennomsnitt hele året)	m	5,5	5,5	5,4	5,2

Tabell 5.2 oppsummerer klassifiseringsresultatene for parameterne i Skienselva ved stasjonene Hjellevannet (31838) nær utløpet fra Elstrøm RA, ved Klosterfoss (38513), og for nedstrøms delen ved Tilja (31735) og Borgestad (31841) (Figur 4.2). Klassifikasjonen benytter verdiene fra Tabell 3.7 for Svært God, God, Moderat, Dårlig og Svært Dårlig klasse, mens parametere uten klassifikasjon har hvite felter i tabellen.

Klassifikasjonen i Baseline svarer godt til den nåværende tilstandsvurderingen på bakgrunn av målinger (kapittel 3.4). Begge viser at oksygen i den nedre delen av elven ikke oppfyller ønsket tilstand på minimum God klasse, men har en gjennomsnittlig konsentrasjon i Moderat klasse (5-9 mg/l).

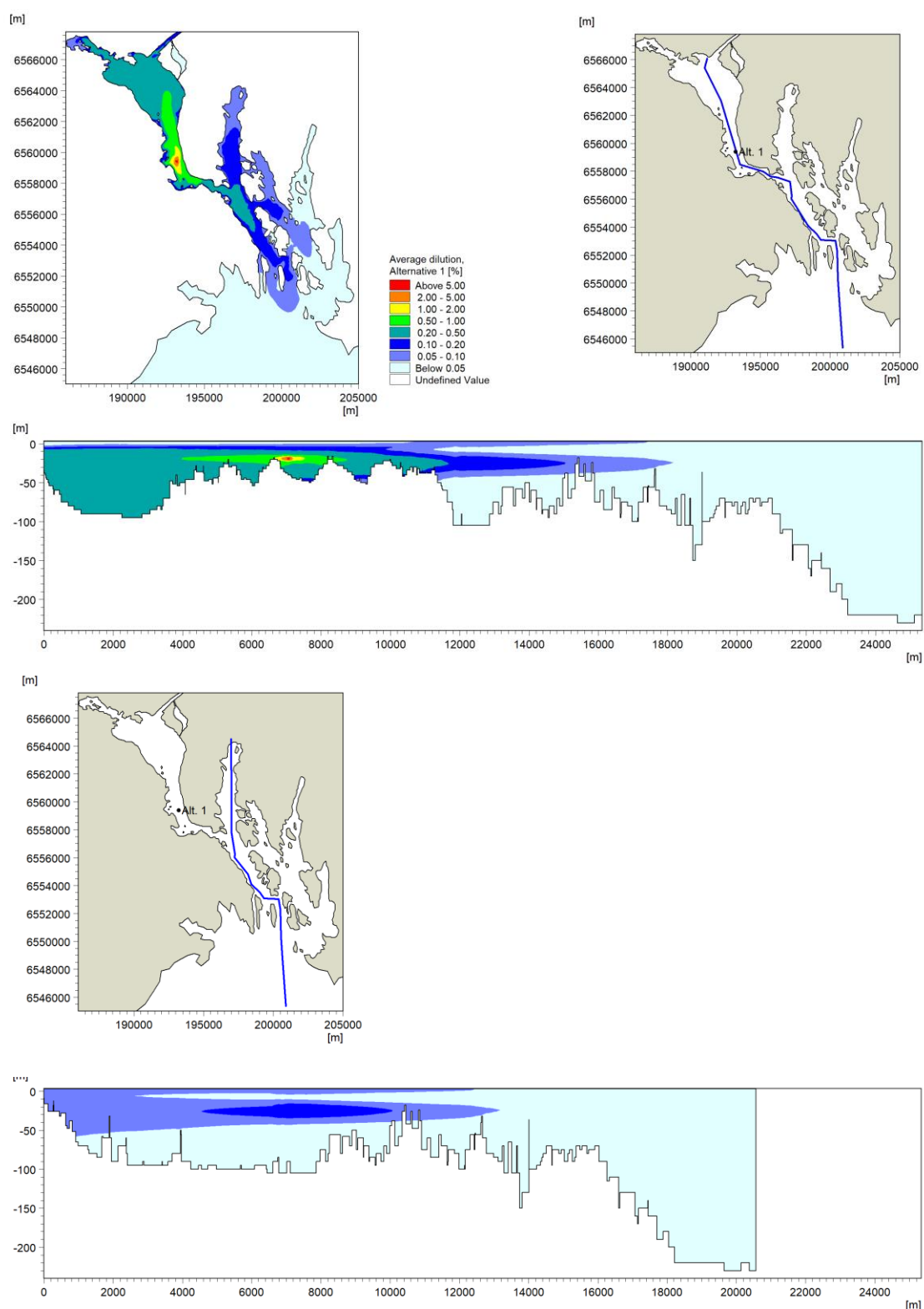
5.2 Alternativ 1 med samling av utløp i Frierfjorden

I Alternativ 1 samles avløpsvannet fra de fire renseanleggene Elstrøm, Heistad, Knarrdalstrand og Salen til et punkt i Frierfjorden, Figur 2.1. Den samlede utslippsmengden er 20,15 m³/år. Innlagringsdypet er satt midt i vannsøylen, ca. 19 meter.

5.2.1 Fortynning

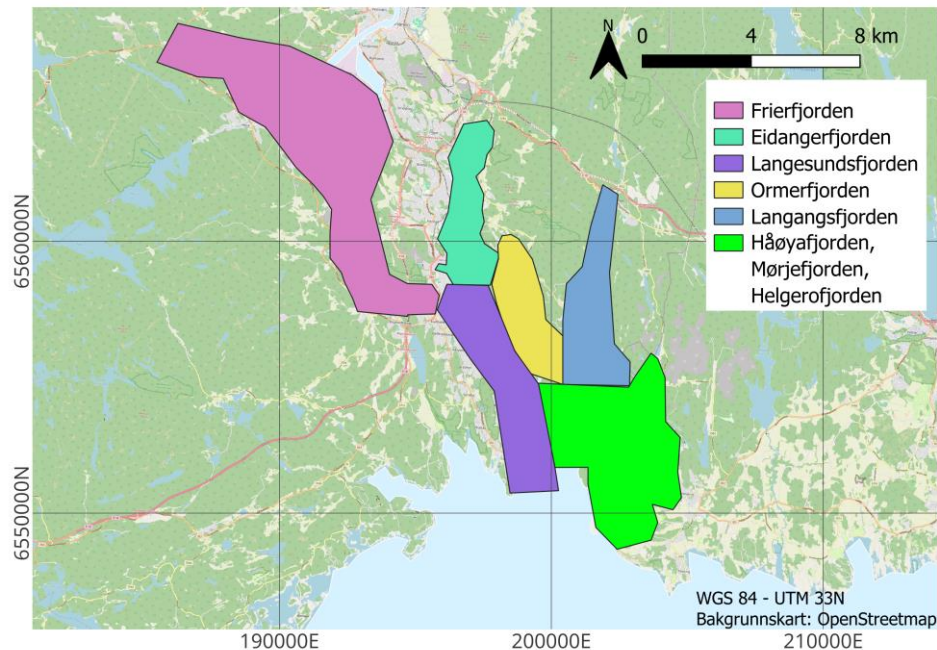
Den tidsmidlede fortynning av avløpsvann etter initialsonen for sammenslåingen av de fire renseanleggene i Frierfjorden er vist i Figur 5.4. Fortynningen er beregnet ved utslipp av en passiv tracer med konsentrasjonen 100. Når figurene viser en gjennomsnittlig konsentrasjon på f.eks. 5 % tilsvarer dette en fortynning på 95 % av opprinnelig utslipp.

Av Figur 5.4 ses det at den tidsmidlede fortynningen er redusert fra over 5 % nær innlagringsdypet, til under 1 % 500 meter opp- og nedstrøms. I overflaten er fortynningen enda mer markant som følge av utstrømningen fra Skienselva. Som forventet er det høyere konsentrasjoner i Frierfjorden enn i nærliggende fjordområder; Eidangerfjorden og Langesundsfjorden. Den gjennomsnittlige fortynningen sprer seg mer utover Langesundsfjorden i konsentrasjoner 0,2 -0,5 % enn innover Eidangerfjorden. Fra nederste illustrasjon i Figur 5.4 kan det sees at det er hovedsakelig overflatestrømmen som transporterer konsentrasjoner innover i Eidangerfjorden. Eidangerfjorden, Langesundsfjorden, Kalven og deler av Håøyafjorden har hovedsakelig konsentrasjoner mellom 0,15 og 0,05.



Figur 5.4 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.

Ved å inndelegja fjordsystemet i soner kan gjennomsnittlig oppholdsmengde i dei ulike fjordområdene estimeres. Oppholdsmengden er definert som den gjennomsnittlige mengden av det totale utslippet som til enhver tid oppholder seg i eit angitt område. Konsentrasjonene er midlet over dei siste 5 år av modellingsperioden. Figur 5.5 viser soneinndelingen, mens resultatene er presentert i Tabell 5.3. Tallet vil dermed si noe om hvor hurtig eit utslipp vil gå ut av det angitt område.



Figur 5.5 Inndeling av fjordsystemet i soner for gjennomsnittlig oppholdsmengde

Den gjennomsnittlige mengden som oppholder seg i Frierfjorden er større enn resterende områder, som kjemmer seg av at utslippspunktet ligg her inne. Det er også større mengder i Langesundsfjorden enn i Eidangerfjorden, noe som også gjenspeiles i Figur 5.4. For resterende fjordområder er den gjennomsnittlige oppholdsmengden relativt lav.

Tabell 5.3 Gjennomsnittlig oppholdsmengde i dei ulike fjordområdene for Alternativ 1.

Sone	Gjennomsnittlig oppholdsmengde, Alt. 1 [%]
Frierfjorden	2,78
Eidangerfjorden	0,15
Langesundsfjorden	0,49
Ormerfjorden	0,06
Langangsfjorden	0,06
Håøya-, Mørje- og Helgeroafjorden	0,24

5.2.2 Økologisk tilstand

Dette kapittelet beskriver effekten ved Alternativ 1 med nye tilførselstall sett i forhold til Baseline (uten sammenslåing av renseanlegg og med gjennomsnittlige tilførselstall for perioden 2020 til 2024).

Hovedresultatene for den siste 5-årige del av modelleringsperioden for Alternativ 1 er oppsummert nedenfor, med flere resultater vist i vedlegg A og tidsserier over stasjonene vist i vedlegg B.

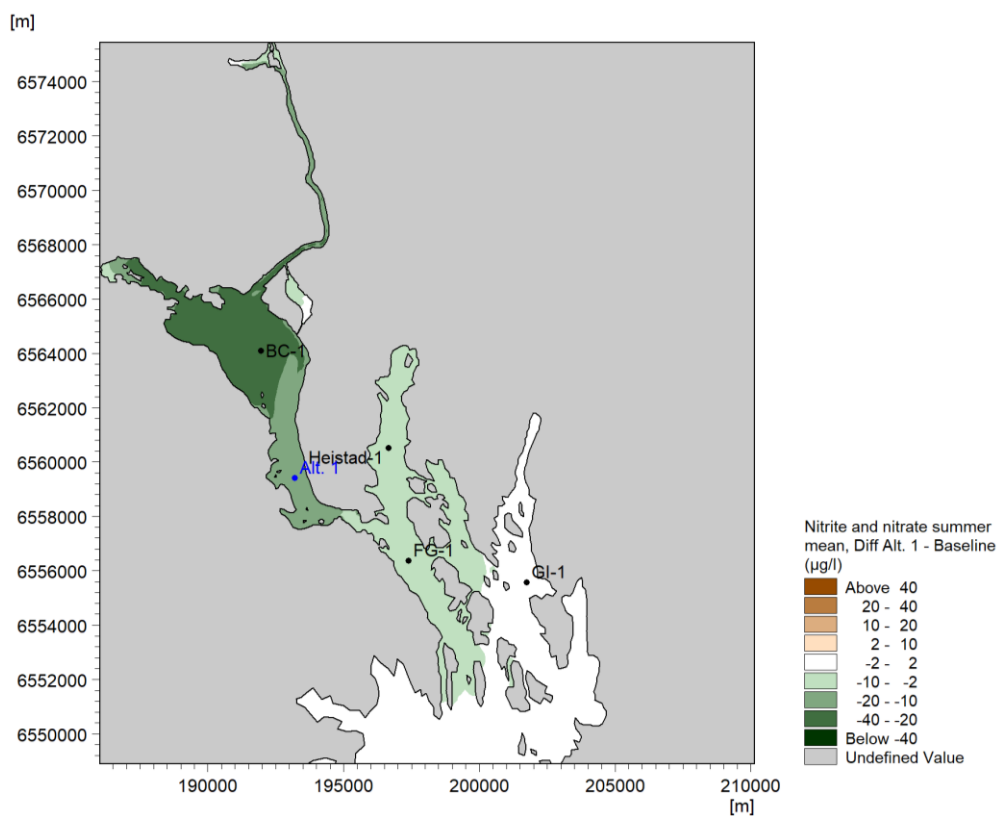
For hver parameter beregnes og plottes estimert klassifisering for Alternativ 1 samt endring i forhold til Baseline. Plott på endringer påført en fargeskala med grønnaktige farger representerer forbedringer og rødlige farger som representerer forringelser sammenlignet med Baseline. Det er brukt trinn i intensiteten til fargene på ± 1 -5 %, ± 5 -10 %, ± 10 -20 %, og over ± 20 % (i enkelte plott er fargeskalaen utvidet med ± 20 -50 %, og over ± 50 %) av terskelverdien God/Moderat i Frierfjorden. For endringer mindre enn ± 1 % brukes hvit farge.

Figur 5.6 viser endringen i fordelingen i overflatelaget om sommeren av nitrat+nitritt i Grenlandsfjordene for Alternativ 1. I Frierfjorden betyr sammenslåingen og endret rensegrad av nitrogen at konsentrasjonen ved BC-1 stasjonen faller 26 $\mu\text{g N/l}$ til 81 $\mu\text{g N/l}$, men forblir i Moderat klasse (Moderat: 41-86 $\mu\text{g N/l}$) ved 18 PSU. Det ses fortsatt høyere konsentrasjoner nær industriutløpene på Herøya, mens de forhøyede konsentrasjonene i Hjellevannet forsvinner med omleggingen av Elstrøm RA. I de ytre delene av Grenlandsfjordene er sommerkonsentrasjonen fortsatt omkring 28 $\mu\text{g N/l}$ på FG-1 posisjonen i Langesundsfjorden (stadig i Moderat klasse ved >18 PSU) og 8,6 $\mu\text{g N/l}$ på GI-1 stasjonen i Håøyafjorden (stadig i Svært God klasse). For Heistad-stasjonen i Eidangerfjorden faller konsentrasjonen 6,0 $\mu\text{g N/l}$ til 19 μg (endrer fra Moderat til God klasse ved >18 PSU). Ved resterende deler av Grenlandsfjorden er reduksjonen mellom 2,5 og 0,5 $\mu\text{g N/l}$.

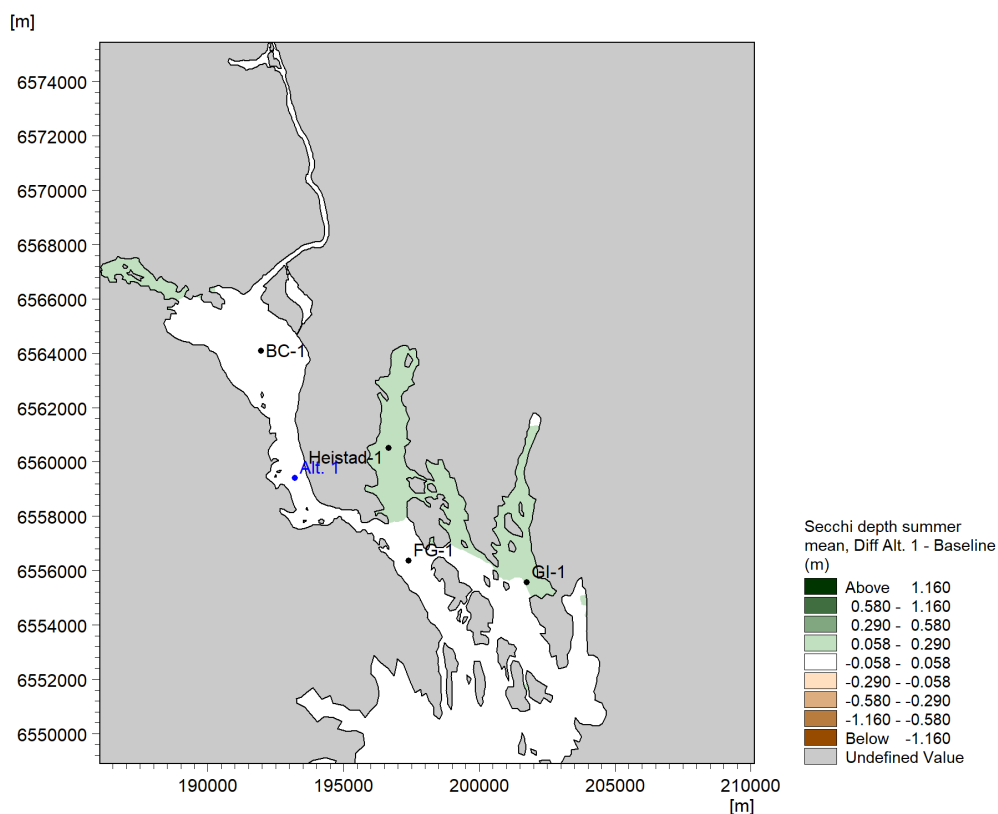
For vinterkonsentrasjonene henvises til vedlegg A, som også viser endringen for andre næringsstoffer.

Siktdybden om sommeren forbedres minimalt i Frierfjorden og i Eidangerfjorden (Figur 5.7), med opptil 0,1 m. Stasjonen BC-1 Frierfjorden forblir imidlertid i Moderat klasse (Moderat: 3,8-5,8 m), mens målestasjonen FG-1 med verdien 4,4 m beholder så vidt også Dårlig klasse for ytre del av Grenlandsfjordene, som har klassifisering ut ifra en saltholdighet >18 psu (Moderat: 4,5-6,0 m). I Hjellevannet forbedres siktdybden 0,01 m etter omleggingen, Tabell 5.2.

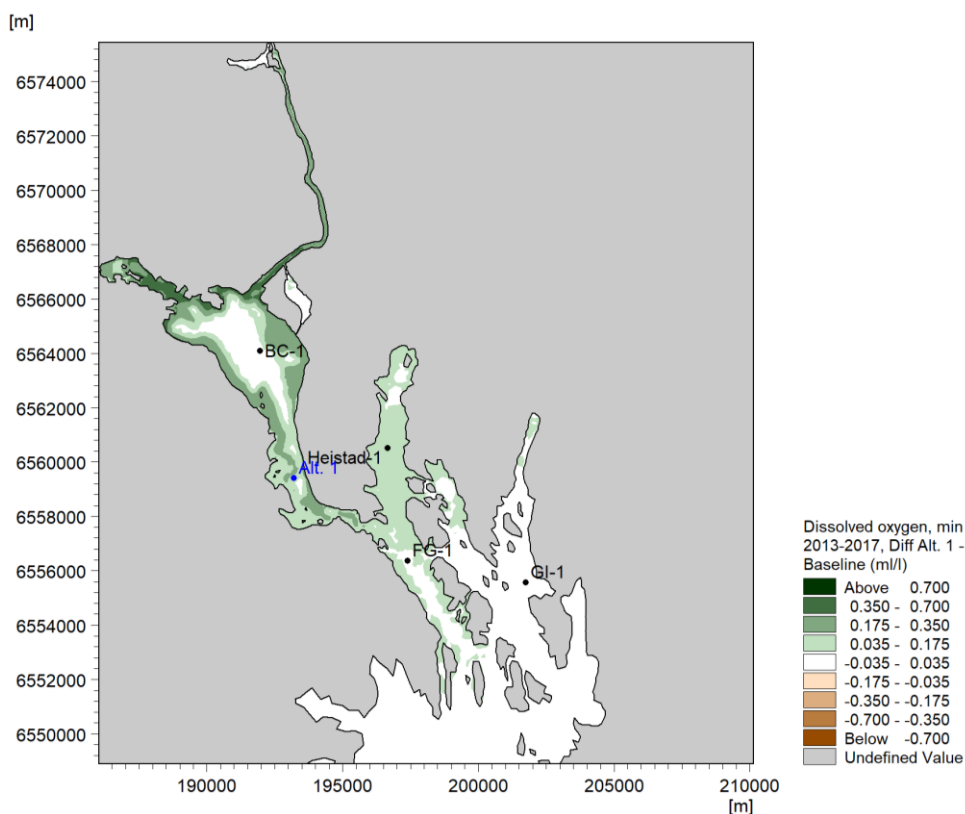
For minimal oksygenkonsentrasjon ved bunnen av Grenlandsfjordene ses kun forbedringer over nivå -25 m dybde på opptil 0,1 ml/l, imidlertid også opptil 0,2 ml/l (Figur 5.8) lokalt ved Knarrdalstrand. Ved bunnen på dypere vann er det ingen forbedring tross den omlagte belastningen fra renseanleggene. Her er tilstanden da fortsatt i Svært dårlig tilstandsklasse ($<1,5$ ml/l) for stasjonene BC-1 og GI-1. For FG-1 og Heistad-1 er det en forbedring på 0,01 ml/l, men ikke nok til å endre tilstandsklasse fra Dårlig.



Figur 5.6 Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.7 Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.8 Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 1 sammenlignet med Baseline.

Tabell 5.4 oppsummerer klassifiseringsresultatene for andre parametere på de fire hovedstasjonene i Grenlandsfjordene: BC-1 (Frierfjorden), Heistad-1 (Eidangerfjorden), FG-1 (Langesundsfjorden) og GI-1 (Håøyafjorden). Den samlede eutrofieringsklassifiseringen nEQR forblir Dårlig til Svært Dårlig på grunn av de dårlige oksygennivåene i de dype bassengene (nEQR varierer mellom 0 og 1). Dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen oppnås forbedringer på stasjon BC-1 med 0,02 nEQR-enheter, 0,01 nEQR-enheter i på stasjon FG-1 og ingen endringer på stasjon Heistad-1 og stasjon GI-1. Klassifiseringen for dette tilfellet blir God på samtlige stasjoner, uendret fra Baseline.

Blant vinter/sommerverdier til de enkelte parameterne gir Alternativ 1 at klassifiseringen for nitrat+nitritt medfører at sommersverdien går fra Dårlig til Moderat på stasjon BC-1 i Frierfjorden og fra Moderat til God på stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden. For vinterperioden går tilstandsklassen for total nitrogen på stasjon BC-1 fra God til Svært god.

For Alternativ 1 er det en liten forverring på alle målestasjoner for total fosfor og fosfat. Dette skyldes at sammenslåingen medfører en økning av total fosfor (Tabell 3.11) på 2,5 tonn/år, og at utslippspunktet i Frierfjorden medfører en lengre oppholdstid i de nærliggende områdene, noe som medfører en svakt høyere konsentrasjon. Men endringen medfører ingen klassifiseringsforskjell, og tilstanden forblir Svært god på samtlige stasjoner.

For resterende verdier i sommer- og vinterperioden er det forbedring på samtlige parametere, men ikke nok til å endre tilstandsklasse på stasjonene. Effekten av økt rensegrad kan tydelig ses på verdiene av total nitrogen og nitrat+nitritt.

Tabell 5.4 Oppsummering av fysisk-kjemiske støtteparametere for Alternativ 1 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 1	Enhet	Stasjonsnavn			
		BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger- fjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Parameter					
Saltholdighet for klassifisering	psu	18 (16,3)	>18 (22,4)	>18 (21,5)	>18 (23,5)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt)	µg C/l	3,9 (0,00)	4,7 (-0,07)	3,8 (-0,03)	4,3 (-0,03)
Næringsstoffer sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor	µg P/l	11,1 (+0,09)	11,4 (+0,04)	11,1 (+0,05)	11,3 (-0,03)
Fosfat-fosfor		2,90 (+0,05)	1,38 (+0,01)	1,40 (+0,03)	1,16 (0,00)
Total nitrogen	µg N/l	259 (-30)	179 (-11)	180 (-7,3)	152 (-0,7)
Nitrat+nitritt-nitrogen		81 (-26)	19 (-6,0)	28 (-4,9)	8,6 (-1,1)
Ammonium-nitrogen		19,4 (-2,5)	4,1 (-1,0)	5,3 (-0,57)	1,9 (0,0)
Siktdybde	m	4,3 (+0,04)	4,8 (+0,07)	4,4 (+0,04)	5,1 (+0,03)
Næringsstoffer vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor	µg P/l	15,1 (+0,26)	18,2 (+0,05)	17,8 (+0,06)	19,4 (+0,02)
Fosfat-fosfor		11,2 (+0,26)	12,7 (+0,05)	12,0 (+0,07)	13,1 (+0,03)
Total nitrogen	µg N/l	286 (-29)	223 (-9,4)	229 (-7,4)	210 (-3,6)
Nitrat+nitritt-nitrogen		155 (-27)	100 (-8,7)	101 (-6,7)	85 (-3,3)
Ammonium-nitrogen		25,5 (-0,65)	16 (-0,33)	17 (-0,24)	14,0 (-0,14)
Dypvannet					
Oksygen (gjennomsnitt over 5 år)	ml O ₂ /l	0,43 (+0,01)	3,38 (+0,03)	3,95 (+0,03)	1,17 (+0,01)
Oksygen (minimum over 5 år)		0,0 (0,00)	2,10 (+0,05)	2,33 (+0,01)	0,0 (0,00)
Samlet klassifisering (nEQR)					
Alle undergrupper inkl. minimum oksygen	-	0,00 (0,00)	0,32 (+0,01)	0,37 (+0,01)	0,00 (0,00)
Alle undergrupper utenom for oksygen	-	0,66 (+0,02)	0,75 (0,00)	0,78 (+0,01)	0,77 (0,00)

Tabell 5.5 oppsummerer effektene for parameterne i Skienselva for Alternativ 1. Omleggingen av utslippet fra Elstrøm og Knarrdalstrand til Frierfjorden resulterer i minimale reduksjoner for N og P-verdiene på alle stasjonene, og en liten forbedring for oksygenet ved bunnen for de to stasjonene i den nederste delen av Skienselva. Klassifikasjonen endres imidlertid ikke, men fortsetter med oksygen som ikke oppfyller den ønskede tilstanden på minimum God klasse grunnet den gjennomsnittlige konsentrasjonen ved bunnen i Moderat klasse (5-9 mg/l).

Tabell 5.5 Oppsummering av de fysiske-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 1 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

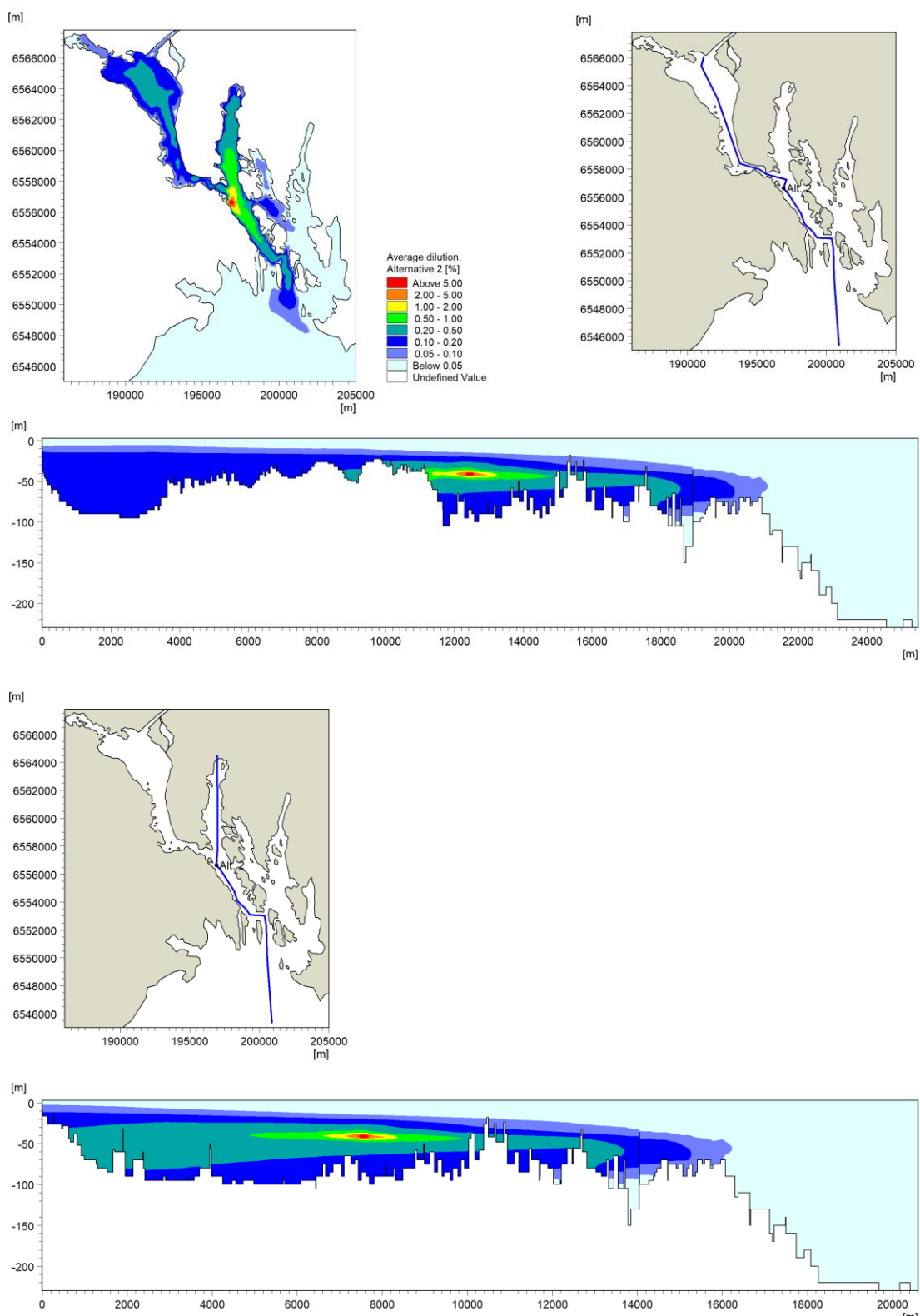
Alternativ 1 Parameter	Enhet	Hjelle vannet (31838)	Klosterfossen (38513)	Tilja (31735)	Borgestad (31841)
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	3,5 (-0,09)	3,5 (-0,10)	4,2 (-0,07)	9,8 (-0,02)
Fosfat (gjennomsnitt hele året)		0,96 (-0,07)	0,95 (-0,07)	1,38 (-0,05)	5,01 (-0,02)
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	262 (-9,1)	262 (-9,6)	262 (-10,4)	257 (-31)
Nitrat+nitritt (gjennomsnitt hele året)		127 (-7,9)	127 (-8,5)	126 (-9,2)	118 (-28)
Total ammonium (90 persentil)		17,1 (-0,75)	17,0 (-0,78)	17,5 (-0,97)	19,1 (-2,06)
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	10,1 (0,00)	10,2 (0,00)	10,0 (0,00)	8,5 (+0,15)
Oksygen (5 persentil, bunn)		8,7 (0,00)	8,8 (0,00)	7,4 (+0,15)	6,1 (+0,26)
pH (gjennomsnitt hele året)	-	-	-	-	-
Siktdybde (gjennomsnitt hele året)	m	5,5 (+0,01)	5,5 (+0,02)	5,4 (+0,02)	5,2 (+0,02)

5.3 Alternativ 2 med samling av utløp ved nordlig del av Langesundsfjorden

I Alternativ 2 samles utslippet fra Elstrøm, Heistad, Knarrdalstrand og Salen ved nordlige del av Langesundsfjorden, Figur 2.1. Innlagringsdypet er satt til midt i vannsøylen, 25 meter, med lik tilførsel som Alternativ 1.

5.3.1 Fortynning

Fortynningsmodelleringen viser et tilsvarende mønster som ved Alternativ 1. Konsentrasjonen på over 5% går til under 1 % omtrent 500 meter oppstrøms og nedstrøms fra utslippspunktet. Forskjellen er at større konsentrasjon spres seg inn i Eidangerfjorden sammenlignet med Frierfjorden, Figur 5.9. Dette skyldes at ved dette innlagringsdypet er det mindre fortynning oppover i vannsøylen, og dermed er det andre strømforhold som driver spredningen. Alternativ 2 gir derfor et lavere gjennomsnitt i Frierfjorden, til et maksimum på 0,29 %. Til sammenligning er konsentrasjonen innerst i Eidangerfjorden omtrent det samme, men stiger til 0,6 % ved innløpet mellom Brevik og Sandvika. Som følge av mindre konsentrasjoner i overflaten, er det mindre mengder inn i Kalvsundet og Kalven enn det er i Alternativ 1. Til gjengjeld er konsentrasjonene høyere i Langesundet, noe som er naturlig med tanke på utslippsposisjonen.



Figur 5.9 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.

Dette gjenspeiles i gjennomsnittlig oppholdsmengde for Alternativ 2 mot Alternativ 1, Tabell 5.6. Den gjennomsnittlige mengden i Ormer-, Langangs-, Håøya-, Mørje- og Helgeroafjorden er omtrent det samme, mens mengden øker for Eidangerfjorden og Langesundsfjorden. Tilsvarende reduseres den i Frierfjorden.

Tabell 5.6 Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 2.

Sone	Gjennomsnittlig oppholdsmengde, Alt. 2 [%]
Frierfjorden	1,18
Eidangerfjorden	0,50
Langesundsfjorden	1,62
Ormerfjorden	0,06
Langangsfjorden	0,05
Håøya-, Mørje- og Helgeroafjorden	0,29

5.3.2 Økologisk tilstand

Forholdene for Alternativ 2, med samling av avløpsmengden i nordlige del av Langesundsfjorden, beskrives i dette kapittelet og sammenlignes med Baseline (uten sammenslåing og med nåværende utslippsmengder).

Hovedresultatene for den siste 5-årige delen av modellingsperioden for Alternativ 2 er oppsummert nedenfor, med flere resultater vist i vedlegg A og tidsserier over stasjonene i vedlegg C.

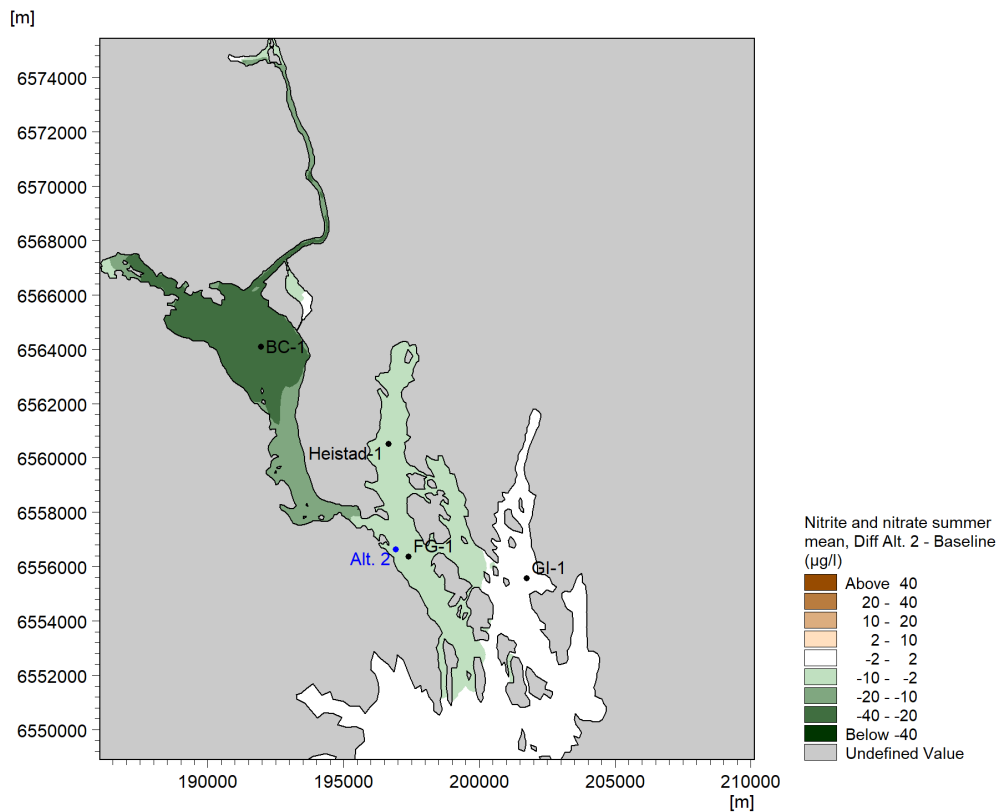
Figur 5.10 viser endringen i fordelingen av nitrat+nitritt i overflatelaget om sommeren for Alternativ 2. I Frierfjorden betyr endringen av utløpsposisjon og forbedret rensegrad en reduksjon på 29 µg N/l til 78 µg N/l på stasjon BC-1. Frierfjorden som helhet viser en reduksjon på mellom 10 og 40 µg N/l, der de største reduksjonene er i umiddelbar nærhet til Knarrdalstrand. I Eidangerfjorden på stasjon Helstad-1 reduseres konsentrasjonen 6 µg N/l til 18,9 µg N/l. Hele Eidangerfjorden viser en reduksjon på 5-7 µg N/l i forhold til Baseline. Den samme reduksjonen kan ses i Langesundsfjorden, med en reduksjon på 5,1 til 27,8 µg N/l på stasjon FG-1. For nærliggende fjordområder er reduksjonen mer beskjeden, omtrent 2 µg N/l. På stasjon GI-1 i Håøyaafjorden reduseres konsentrasjonen 1,1 til 8,5 µg N/l i forhold til Baseline. Dette medfører at flere stasjoner endrer klasseverdi for nitrat+nitritt. Stasjon BC-1 i Frierfjorden går fra Dårlig til Moderat, mens Heistad-1 i Eidangerfjorden endrer fra Moderat til God i forhold til Baseline. Reduksjonen på stasjon FG-1 overstiger ikke klassegrensen (23 µg N/l), så denne beholder tilstand Moderat. Det er ingen endring også for GI-1.

For vinterkonsentrasjonene av nitrat+nitritt henvises til vedlegg A, som også viser endringen for andre næringsstoffer.

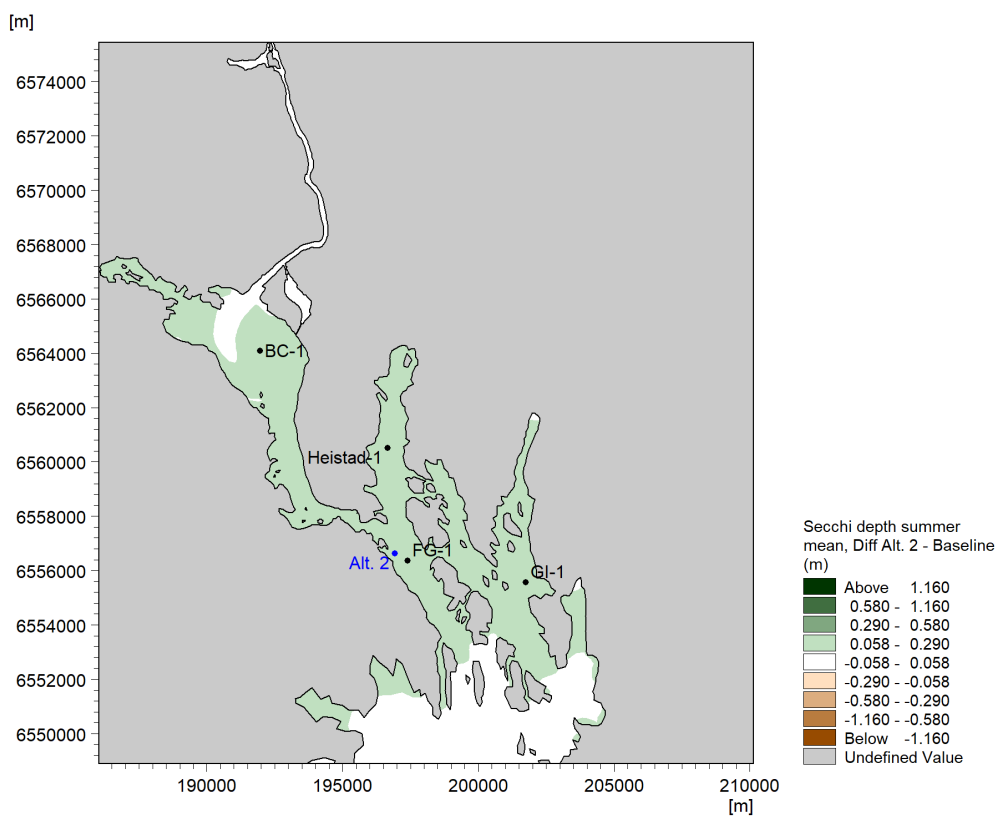
Siktdybden om sommeren endres noe i Frierfjorden og i Eidangerfjorden sammenlignet med Baseline, men ikke nok til å endre klassetilstand (Figur 5.11). Stasjonen BC-1 i Frierfjorden forblir dermed i Moderat klasse (Moderat: 3,8-5,8 m). Målestasjonen FG-1, med 4,5 m siktdybde, forblir akkurat i Dårlig tilstandsklasse for ytterfjordens klassifisering med saltholdighet >18 psu (Dårlig: 2,5-4,5 m). I Hjellevannet forbedres siktdybden 0,01-m etter sammenslåingen av utløpspunkt, Tabell 5.8.

For den minimale oksygenkonsentrasjonen ved bunnen av Grenlandsfjordene ses det forbedringer ned til nivået -25 m dybde (Figur 5.12) på opptil 0,7 ml/l. Den største

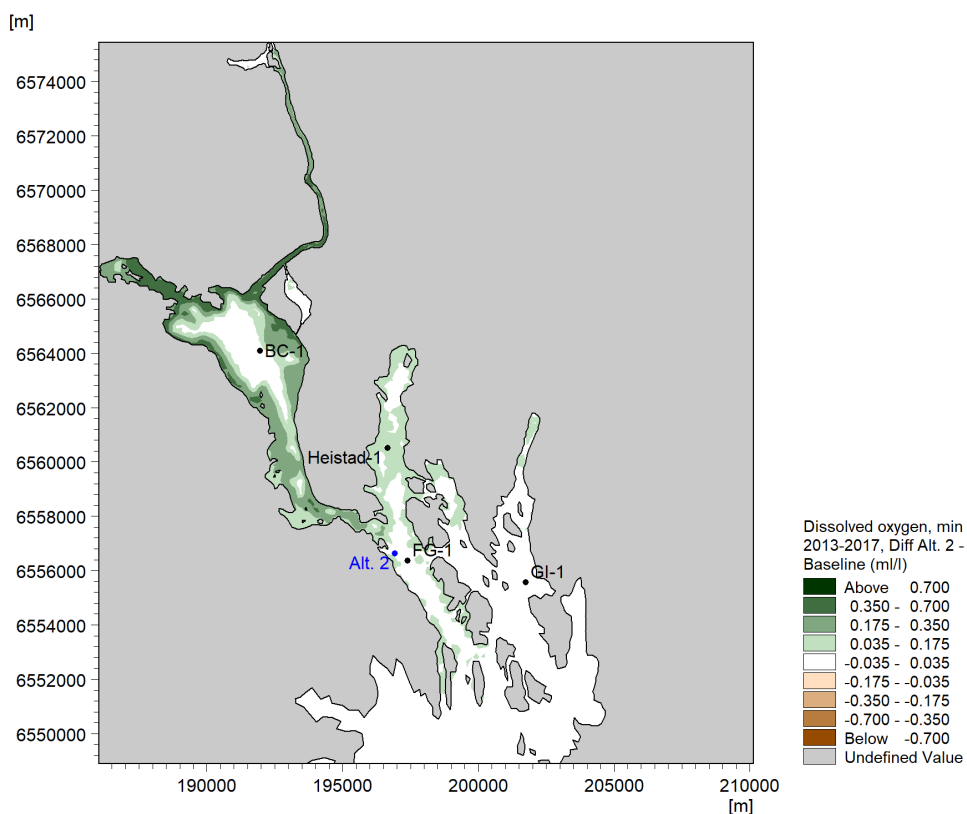
økningen er nær Knardalstrand, mens i fjordarmene i Frierfjorden og oppover Skiensselva er endringene hovedsakelig 0,3-0,4 ml/l. Ved bunnen på de dypeste stasjonene (BC-1 og GI-1) er det ingen endringer og her er tilstanden fortsatt i Svært dårlig tilstandsklasse (<1,5 ml/l). For de grunnere stasjonene Heistad-1 og FG-1 er det en svak økning, men tilstandsklassen er fremdeles Dårlig (1,5-2,5 ml/l).



Figur 5.10 Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.11 Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.12 Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 2 sammenlignet med Baseline.

Tabell 5.7 oppsummerer klassifiseringsresultatene for andre parametere på de fire hovedstasjonene i Grenlandsfjordene: BC-1 (Frierfjorden), Heistad-1 (Eidangerfjorden), FG-1 (Langesundsfjorden) og GI-1 (Håøyafjorden). Den samlede eutrofieringsklassifiseringen nEQR forblir Dårlig til Svært Dårlig på grunn av de dårlige oksygennivåene i de dype bassengene (nEQR varierer mellom 0 og 1). Dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen endres nEQR på stasjon BC-1 i Frierfjordstasjonen med 0,03 nEQR-enheter, og forblir i God tilstand. Det er mindre endringer i nEQR verdien for Eidangerfjorden, Langesundsfjorden og Håøyafjorden, som også forblir i God tilstand dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen. Det er noe forbedring i både gjennomsnittlig og minimum oksygenivå på flere stasjoner, men ikke nok til å endre tilstandsklasse.

Tabell 5.7 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparametere for Alternativ 2 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 2	Enhet	Stasjonsnavn			
		BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger- fjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Parameter					
Saltholdighet for klassifisering	psu	18 (16,3)	>18 (22,4)	>18 (21,5)	>18 (23,5)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt)	µg C/l	3,9 (-0,07)	4,7 (-0.08)	3,8 (-0,06)	4,3 (-0,04)
Næringsstoffer sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor	µg P/l	10,8 (-0,17)	11,4 (0,00)	11,1 (+0,01)	11,3 (0,00)
Fosfat-fosfor		2,75 (-0,10)	1,38 (0.00)	1,39 (+0,03)	1,16 (+0,01)
Total nitrogen	µg N/l	255 (-34)	178 (-11,5)	179 (-8,0)	152 (-3,7)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		78 (-29)	18,9 (-6,0)	27,8 (-5,1)	8,5 (-1,1)
Ammonium-Nitrogen		19,1 (-2,8)	4,0 (-1,0)	5,3 (-0,57)	1,9 (-0,17)
Siktdybde	m	4,3 (+0,06)	4,8 (+0.09)	4,5 (+0,07)	5,1 (+0,07)
Næringsstoffer vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor	µg P/l	14,8 (-0,08)	18,2 (+0.03)	17,7 (+0,02)	19,4 (0,00)
Fosfat-fosfor		10,9 (-0,07)	12,7 (+0,03)	12,0 (+0,02)	13,1 (+0,01)
Total nitrogen	µg N/l	281 (-34)	222 (-9,7)	229 (-8,1)	210 (-3,9)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		151 (-32)	100 (-9,0)	100 (-7,5)	85 (-3,6)
Ammonium-Nitrogen		25,4 (-0,76)	15,8 (-0,33)	17,0 (-0,25)	14,0 (-0,15)
Dypvannet					
Oksygen (gjennomsnitt over 5 år)	ml O ₂ /l	0,44 (+0,02)	3,37 (+0,04)	3,95 (+0,02)	1,17 (0,00)
Oksygen (minimum over 5 år)		0,0 (0,00)	2,10 (+0,02)	2,32 (+0,01)	0,0 (0,00)
Samlet klassifisering (nEQR)					
Alle undergrupper (bruker minimum DO)	-	0,00 (0,00)	0,32 (+0,01)	0,36 (+0,01)	0,00 (0,00)
Alle undergrupper utenom for DO	-	0,67 (+0,03)	0,75 (0,00)	0,78 (+0,01)	0,77 (0,00)

I Alternativ 2 endrer tilstandsklassen for klorofyll-a tilstand på stasjon BC-1 i Frierfjorden. Denne går fra God til Svært god i forhold til Baseline. For sommerværdiene endrer også tilstandsklassen for nitrat+nitritt på BC-1 fra Dårlig til Moderat og på stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden fra Moderat til God. For vinterperioden endrer BC-1 tilstand for nitrat-nitritt fra Moderat til God i forhold til Baseline. For resterende parametere er det ingen endring i tilstandsklasse, men forbedring på samtlige stasjoner.

Tabell 5.8 oppsummerer effektene for parameterne i Skienselva for Alternativ 2, med flytting av Elstrøm renseanlegg. For stasjonene i Hjellevannet, Klosterfossen og Tilja fås samme forbedringer for N og P parameterne som for Alternativ 1. Parameterne i Borgestad er noe bedre enn for Alternativ 1, grunnet at utslippspunktet er flyttet ut av Frierfjorden. Men resultatet for Alternativ 2 er ikke vesentlig forskjellig fra Alternativ 1. Alle klassifikasjoner for de enkelte parameterne endres ikke på noen stasjoner.

Tabell 5.8 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 2 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 2 Parameter	Enhet	Hjellevannet (31838)	Klosterfossen (38513)	Tilja (31735)	Borgestad (31841)
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	3,5 (-0,09)	3,5 (-0,10)	4,2 (-0,09)	9,6 (-0,20)
Fosfat (gjennomsnitt hele året)		0,96 (-0,07)	0,95 (-0,07)	1,36 (-0,07)	4,86 (-0,17)
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	262 (-9,1)	262 (-9,6)	262 (-10,7)	255 (-33)
Nitrat+nitritt (gjennomsnitt hele året)		127 (-7,9)	127 (-8,4)	126 (-9,5)	116 (-30)
Total ammonium (90 persentil)		17,0 (-0,75)	17,0 (-0,78)	17,4 (-1,05)	18,8 (-2,4)
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	10,1 (0,00)	10,2 (0,00)	10,0 (0,00)	8,6 (+0,17)
Oksygen (5 persentil, bunn)		8,7 (0,00)	8,7 (0,00)	7,4 (-0,18)	6,2 (-0,31)
pH (gjennomsnitt hele året)	-	-	-	-	-
Siktdybde (gjennomsnitt hele året)	m	5,5 (+0,01)	5,5 (+0,02)	5,4 (+0,02)	5,2 (+0,03)

5.4 Alternativ 3 med samling av utløp ved sørlig del av Langesundsfjorden

I Alternativ 3 samles utslippet fra Elstrøm, Heistad, Knarrdalstrand og Salen ved sørlig del av Langesundsfjorden, Figur 2.1. Innlagringsdypet er satt til midt i vannsøylen, 19 meter. Tilførselen er lik de andre alternativene.

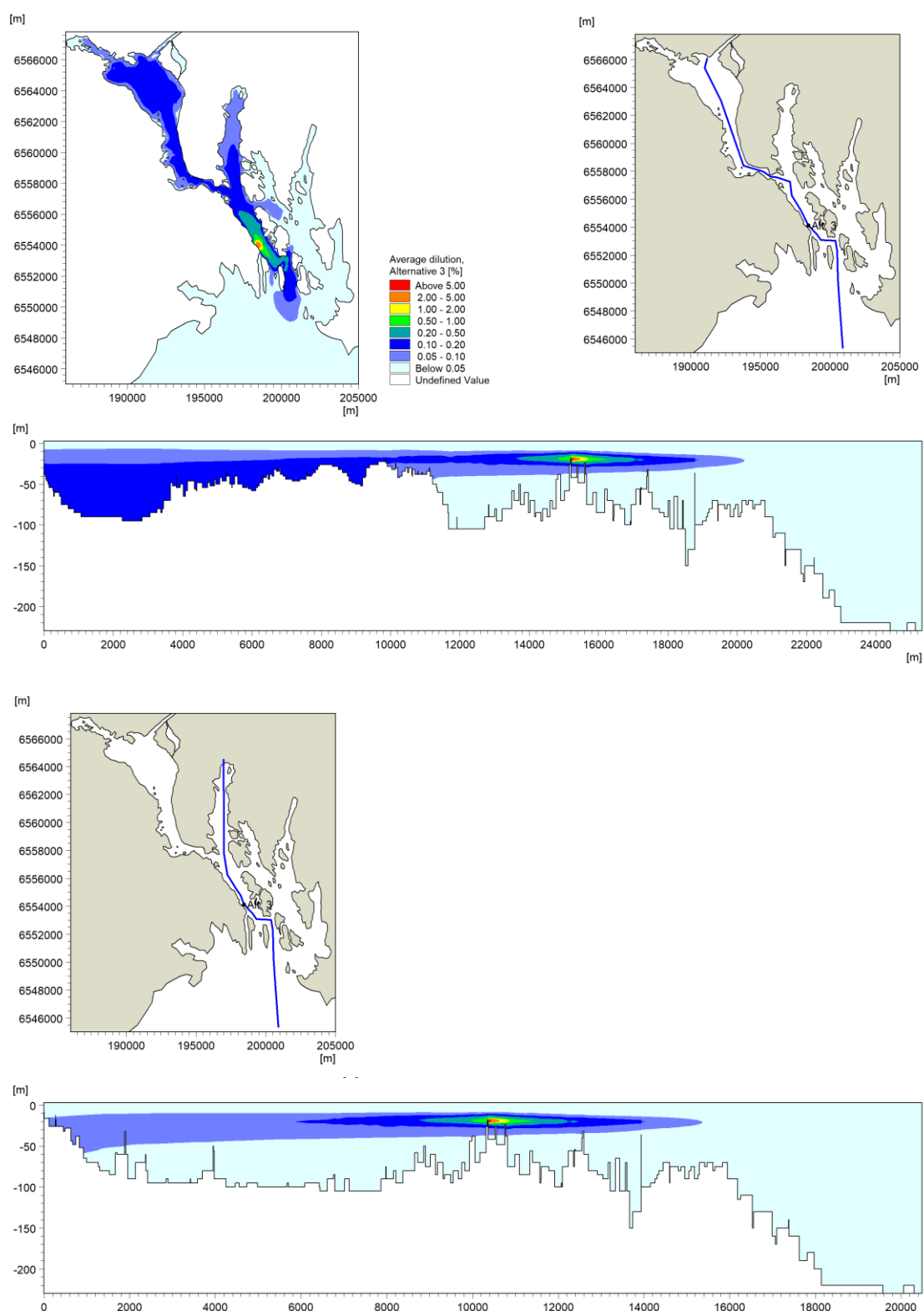
5.4.1 Fortynning

Fortynningsmodelleringen viser et tilsvarende mønster som ved Alternativ 2, men med lavere konsentrasjoner i både Frierfjorden og Eidangerfjorden. Konsentrasjonen på over 5% går til under 1 % omtrent 500 meter oppstrøms og nedstrøms. Det er høyere vannutskiftning her enn på tidligere alternativer, som medfører at konsentrasjonene som når Frierfjorden og Eidangerfjorden blir lavere. De høyeste konsentrasjonene er registrert i umiddelbar nærhet til utslippspunktet, Figur 5.13. Det er tilsvarende som ved Alternativ 2 mindre bevegelse oppover i vannsøylen. Konsentrasjonen inne i både Frierfjorden og Eidangerfjorden er mellom 0,10-0,15 %. Det er konsentrasjoner på 0,06 % i Kalvsundet og Kalven.

Dette gjenspeiles i gjennomsnittlig oppholdsmengde for Alternativ 3, Tabell 5.9. Den gjennomsnittlige mengden er lavere eller tilsvarende de andre to alternativene, og gjenspeiler konsentrasjonen i Figur 5.13.

Tabell 5.9 Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 3.

Sone	Gjennomsnittlig oppholdsmengde, Alt. 3 [%]
Frierfjorden	0,84
Eidangerfjorden	0,13
Langesundsfjorden	0,50
Ormerfjorden	0,04
Langangsfjorden	0,06
Håøya-, Mørje- og Helgeroafjorden	0,24



Figur 5.13 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.

5.4.2 Økologisk tilstand

Forholdene for Alternativ 3, med samling av avløpsmengden i sørlig del av Langesundsfjorden, beskrives i dette kapittelet og sammenlignes med Baseline (uten sammenslåing og med nåværende utslippsmengder).

Hovedresultatene for den siste 5-årige delen av modelleringsperioden for Alternativ 3 er oppsummert nedenfor, med flere resultater vist i vedlegg A og tidsserier over stasjonene i vedlegg D.

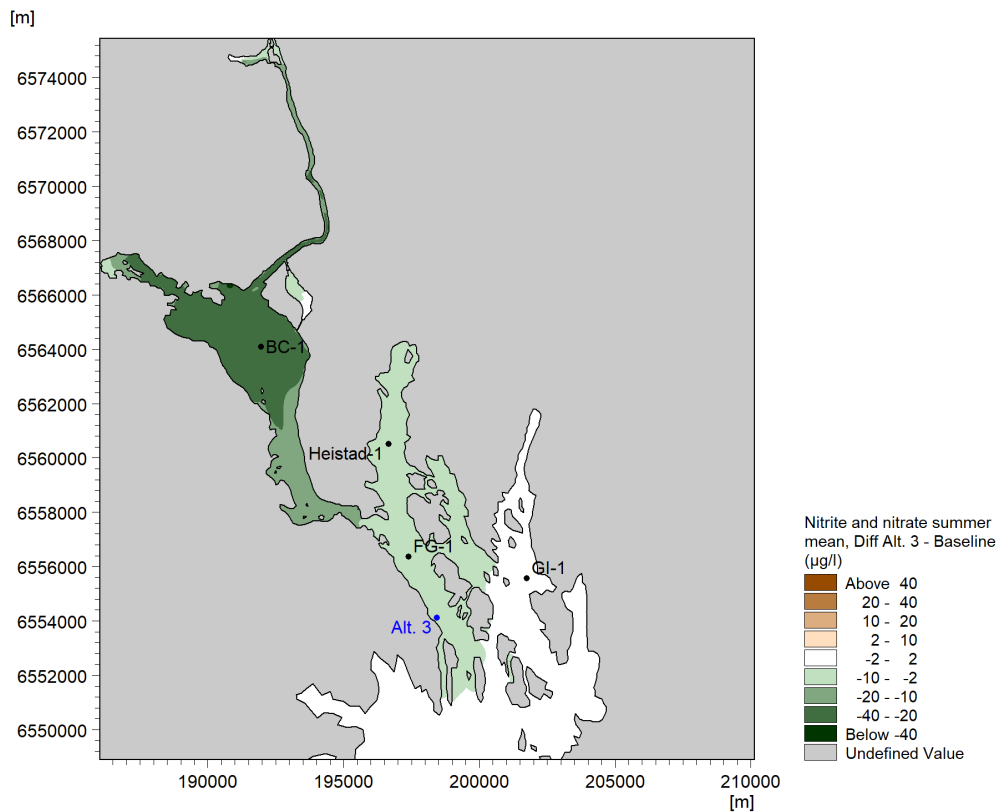
Figur 5.10 viser endringen i fordelingen av nitrat+nitritt i overflatelaget om sommeren for Alternativ 3. På stasjon BC-1 i Frierfjorden betyr endringen av utløpsposisjon og forbedret rensegrad en reduksjon på 30 µg N/l til 77 µg N/l på stasjon BC-1. Frierfjorden som helhet viser en reduksjon på mellom 10 og 40 µg N/l, tilsvarende som Alternativ 2. Eidangerfjorden viser tilsvarende mønster som Alternativ 2, med reduksjon av konsentrasjoner mellom 5 og 7 µg N/l i forhold til Baseline. På stasjon Heistad-1 reduseres konsentrasjonen 6,3 µg N/l til 18,6 µg N/l. Tilsvarende endres konsentrasjonen i Langesundsfjorden, med en reduksjon på 5,4 til 27,5 µg N/l på stasjon FG-1. For nærliggende fjordområder er reduksjonen mellom 1 til 2 µg N/l. På stasjon GI-1 i Håøyafjorden reduseres konsentrasjonen 1,1 til 8,5 µg N/l i forhold til Baseline.

Dette medfører at flere stasjoner endrer klasseverdier for nitrat+nitritt. BC-1 i Frierfjorden går fra Dårlig til Moderat, mens Heistad-1 i Eidangerfjorden endrer fra Moderat til God i forhold til Baseline. Reduksjonen på stasjon FG-1 overstiger ikke klassegrensen (23 µg N/l), så denne beholder tilstand Moderat. Det er ingen endring også for GI-1.

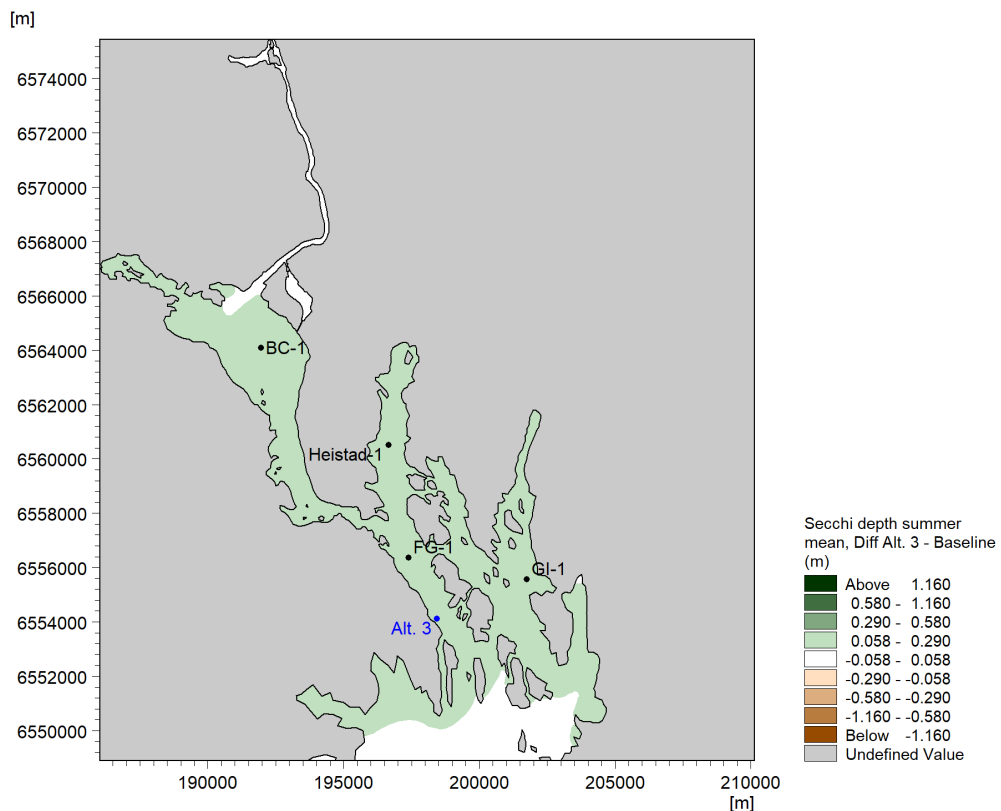
For vinterkonsentrasjonene av nitrat+nitritt henvises til vedlegg A, som også viser endringen for andre næringsstoffer.

Siktdybden endres tilsvarende som Alternativ 2, små forbedringer i forhold til Baseline, men ikke nok til å endre tilstandsklasse, (Figur 5.11). Stasjonen BC-1 i Frierfjorden forblir i Moderat klasse og også her forblir FG-1 akkurat i Dårlig tilstandsklasse for ytterfjordens klassifisering med saltholdighet >18 psu (Dårlig: 2,5-4,5 m). I Hjellevannet forbedres siktdybden 0,01 m etter sammenslåingen av utløpspunkt, Tabell 5.11.

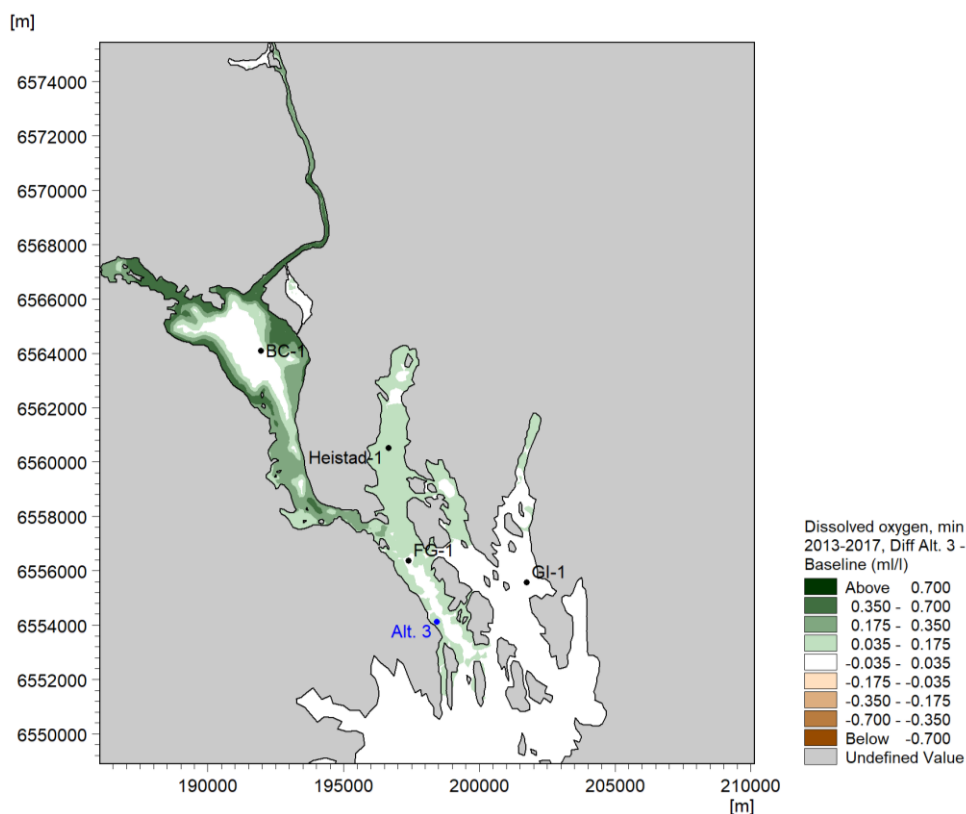
For den minimale oksygenkonsentrasjonen ved bunnen av Grenlandsfjordene ses det forbedringer ned til nivået -25 m dybde (Figur 5.12) på opptil 0,7 ml/l. Den største økningen er nær Knardalstrand, mens i fjordarmene i Frierfjorden og oppover Skienselva er endringene hovedsakelig 0,3-0,4 ml/l, tilsvarende som Alternativ 2. Ved bunnen på de dypeste stasjonene (BC-1 og GI-1) er det ingen endringer og her er tilstanden fortsatt i Svært dårlig tilstandsklasse (<1,5 ml/l). For de grunnere stasjonene Heistad-1 og FG-1 er det en svak økning, men tilstandsklassen er fremdeles Dårlig (1,5-2,5 ml/l).



Figur 5.14 Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.15 Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.16 Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 3 sammenlignet med Baseline.

Tabell 5.10 oppsummerer klassifiseringsresultatene for andre parametere på de fire hovedstasjonene i Grenlandsfjordene: BC-1 (Frierfjorden), Heistad-1 (Eidangerfjorden), FG-1 (Langesundsfjorden) og GI-1 (Håøyafjorden). Den samlede eutrofieringsklassifiseringen nEQR forblir Dårlig til Svært Dårlig på grunn av de dårlige oksygennivåene i de dype bassengene (nEQR varierer mellom 0 og 1). Dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen endres nEQR på stasjon BC-1 i Frierfjorden med 0,03 nEQR-enheter, og forblir i God tilstand. Det er mindre endringer i nEQR verdien for stasjonene i Eidangerfjorden, Langesundsfjorden og Håøyafjorden, som også forblir i God tilstand dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen.

For verdien av klorofyll-a endrer denne klassifisering for stasjon BC-1 i Frierfjorden fra God til Svært god i forhold til Baseline.

Blant sommer/vinterverdiene til de enkelte parameterne gir samlingen av utslippspunkt til Langesundsfjorden i Alternativ 3 endringer i både vinterperioden og sommerperioden i forhold til Baseline. For sommerperiodene er det tilsvarende endringer som Alternativ 2, Frierfjorden endrer klassifisering for nitrat+nitritt endres fra Dårlig til Moderat og for stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden går samme parameter fra Moderat til God. For vinterperioden endres total nitrogen i Frierfjorden klassifisering fra God til Svært god, mens nitrat+nitritt i forblir i Moderat tilstand. For resterende parametere er det ingen endring i klassifisering, men det er forbedring i verdier på samtlige stasjoner i forhold til Baseline.

Tabell 5.10 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 3 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 3	Enhet	Stasjonsnavn			
		BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger- fjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Parameter					
Saltholdighet for klassifisering	psu	18 (16,3)	>18 (22,4)	>18 (21,5)	>18 (23,5)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt)	µg C/l	3,8 (-0,10)	4,6 (-0.11)	3,7 (-0,08)	4,3 (-0,04)
Næringsstoffer sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor	µg P/l	10,7 (-0,31)	11,3 (-0,07)	11,1 (-0,04)	11,3 (-0,02)
Fosfat-fosfor		2,68 (-0,17)	1,36 (-0,02)	1,37 (-0,01)	1,16 (0,00)
Total nitrogen	µg N/l	253 (-36)	177 (-12,5)	179 (-8,7)	151 (-3,9)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		77 (-30)	18,6 (-6,3)	27,5 (-5,4)	8,5 (-1,1)
Ammonium-Nitrogen		19,0 (-3,0)	4,0 (-1,1)	5,3 (-0,60)	1,9 (-0,18)
Siktdybde	m	4,3 (+0,08)	4,8 (+0,11)	4,5 (+0,08)	5,1 (+0,08)
Næringsstoffer vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor	µg P/l	14,6 (-0,24)	18,2 (-0,03)	17,7 (-0,02)	19,4 (-0,01)
Fosfat-fosfor		10,8 (-0,22)	12,7 (-0,02)	11,9 (-0,01)	13,1 (-0,01)
Total nitrogen	µg N/l	278 (-36)	221 (-10,4)	228 (-8,5)	209 (-4,1)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		148 (-34)	99 (-9,7)	100 (-8,0)	85 (-3,8)
Ammonium-Nitrogen		25,4 (-0,79)	15,8 (-0,35)	17,0 (-0,26)	14,0 (-0,15)
Dypvannet					
Oksygen (gjennomsnitt over 5 år)	ml O ₂ /l	0,45 (+0,03)	3,38 (+0,06)	3,95 (+0,03)	1,17 (+0,01)
Oksygen (minimum over 5 år)		0,0 (0,00)	2,11 (+0,03)	2,33 (+0,01)	0,0 (0,00)
Samlet klassifisering (nEQR)					
Alle undergrupper (bruker minimum DO)	-	0,00 (0,00)	0,32 (+0,01)	0,37 (+0,01)	0,00 (0,00)
Alle undergrupper utenom for DO	-	0,68 (+0,03)	0,75 (+0,01)	0,78 (+0,01)	0,77 (0,00)

Tabell 5.11 oppsummerer effektene for parameterne i Skienselva for Alternativ 3, med flytting av Elstrøm renseanlegg. For stasjonene i Hjellevannet, Klosterfossen og Tilja fås samme forbedringer for N og P parameterne som for Alternativ 1 og Alternativ 2. Alle tilstandsklasser forblir uendret fra Baseline.

Tabell 5.11 Oppsummering av de fysiske-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 3 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 3 Parameter	Enhet	Hjelle vannet (31838)	Klosterfossen (38513)	Tilja (31735)	Borgestad (31841)
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	3,5 (-0,09)	3,5 (-0,10)	4,2 (-0,10)	9,5 (-0,29)
Fosfat (gjennomsnitt hele året)		0,96 (-0,07)	0,95 (-0,07)	1,35 (-0,08)	4,8 (-0,25)
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	262 (-9,1)	262 (-9,6)	261 (-10,9)	254 (-34)
Nitrat+nitritt (gjennomsnitt hele året)		127 (-7,9)	127 (-8,4)	125 (-9,6)	115 (-31)
Total ammonium (90 persentil)		17,0 (-0,75)	17,0 (-0,78)	17,3 (-1,09)	18,6 (-2,5)
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	10,1 (0,00)	10,2 (0,00)	10,0 (0,00)	8,6 (+0,18)
Oksygen (5 persentil, bunn)		8,7 (0,00)	8,7 (0,00)	7,4 (+0,19)	6,2 (+0,33)
pH (gjennomsnitt hele året)	-	-	-	-	-
Siktdybde (gjennomsnitt hele året)	m	5,5 (+0,01)	5,5 (+0,02)	5,4 (+0,02)	5,2 (+0,03)

5.5 Alternativ 4 med samling av utløp i Frierfjorden og dypvannsutslipp

I Alternativ 4 samles utslippet fra Elstrøm, Heistad, Knarrdalstrand og Salen ved et punkt sør i bassenget i Frierfjorden, Figur 2.1. Utslippspunktet er på 90 meters dyp, mens innlagingsdypet er gjennomsnittlig på 36 meters dyp. Tilførselen er lik de andre alternativene.

5.5.1 Hydrodynamisk modell

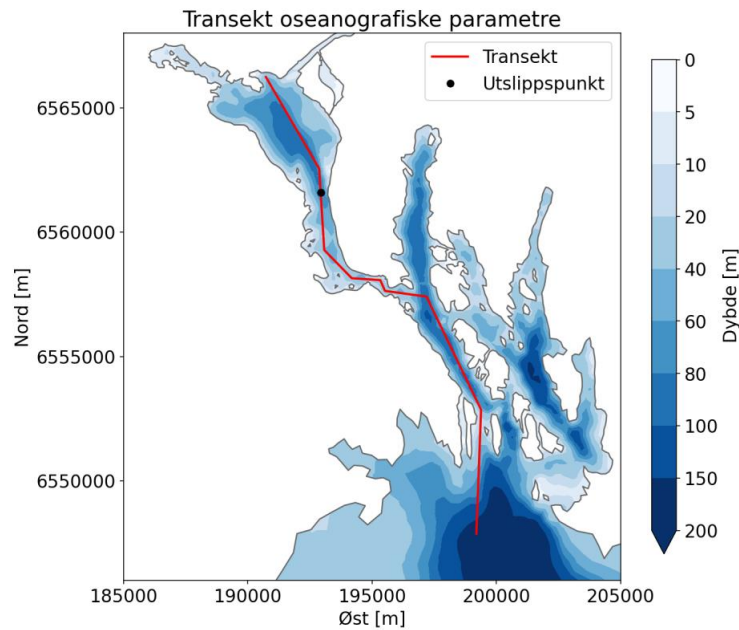
For Alternativ 4 var det av interesse å undersøke om et dypvannsutslipp nær terskelen inn til Frierfjorden kan indusere en blanding som følge av at det lettere vannet fra utslippet vil stige oppover i vannsøylen. Dette vil forårsake en kompensjonsstrøm fra nærliggende vannmasser, som vil forårsake mer miksing i området.

For å gjenskape dette er det benyttet en jetberegningssfunksjon, som hensyntar temperatur, salinitet og strømhastighet i vannsøylen over utslippspunktet på 90 meter dyp, og beregner vannmassene denne drar med seg basert på utslippspunktets utforming, volumstrøm og utslippsvannets temperatur og salinitet. Innlagingsdypet for strømmen bestemmes deretter basert på når momentet blir lik nærliggende strøm, om den når overflate eller bunn eller om den stagnerer (strømhastighet under 1 cm/s). Det er oppgitt at utslippspunktets rørdiameter er 1060mm. For beregningsformål antas det at det er en endelig dysediameter på 920 mm, noe som gir en utløpshastighet på omtrent 1 m/s.

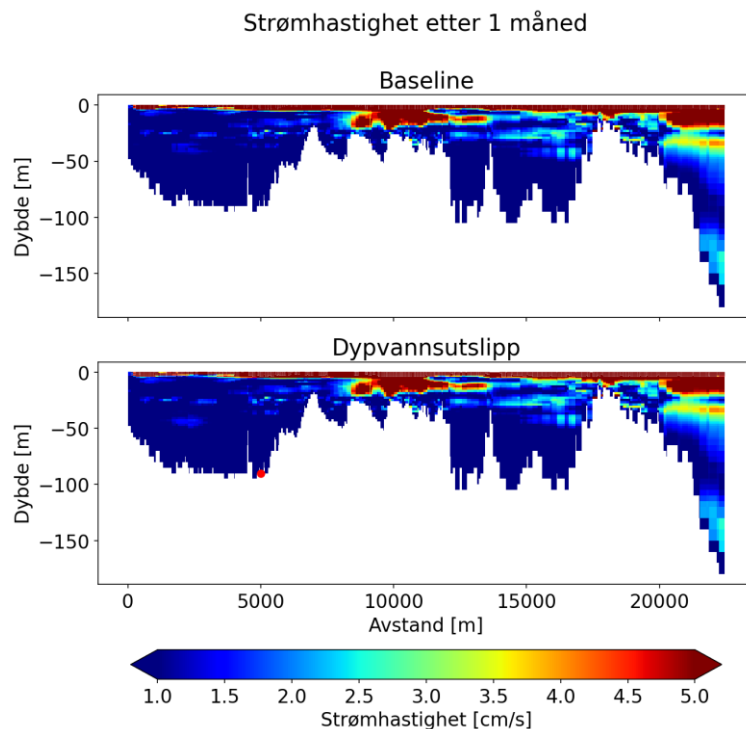
Resultatet av denne beregningssfunksjonen er at den finner innlagingsdypet, samt hvor mye nærliggende vannmasser blir transportert opp som følge av utslippet. Denne funksjonen er beregnet daglig, og er inkludert i modellen som en rekke utløp og inntak opp til innlagingsdypet, for å simulere vannmassene som transporteres.

Den resulterende hydrodynamisk modellen er tilsvarende Baseline for de ytre delene av Grenlandsfjorden, men avviker for Frierfjorden og ut mot Langesundsfjorden. Ved å trekke et vertikalt snitt gjennom hele fjorden kan effekten kvantifiseres, Figur 5.17. Figur 5.18 viser strømhastigheten ved begynnelsen av modelleringsperioden, mens Figur 5.19 viser etter 2 år. Det er tydelig at dypvannsutslippet påvirker strømhastigheten i umiddelbar nærhet til utslippspunktet.

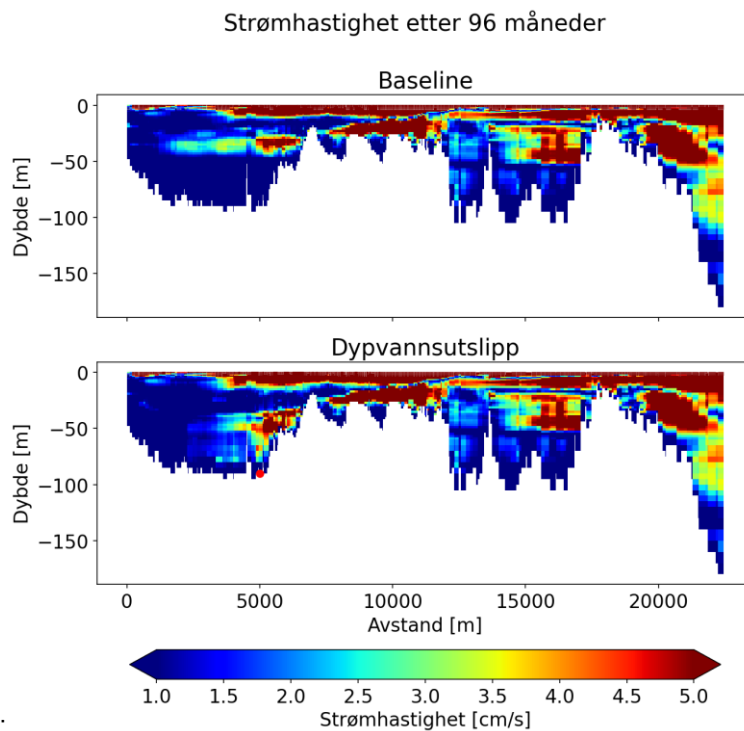
Tilsvarende gjelder for lagdelingen i fjorden. Både for temperatur og salinitet viser modellen forskjell fra Baseline, noe som indikerer at dypvannsutslippet medfører en miksing av dypere vann med grunnere vannmasser (Figur 5.20 til Figur 5.23) Dette gjelder da særlig temperatur. Flere resultater presenteres i Vedlegg E.



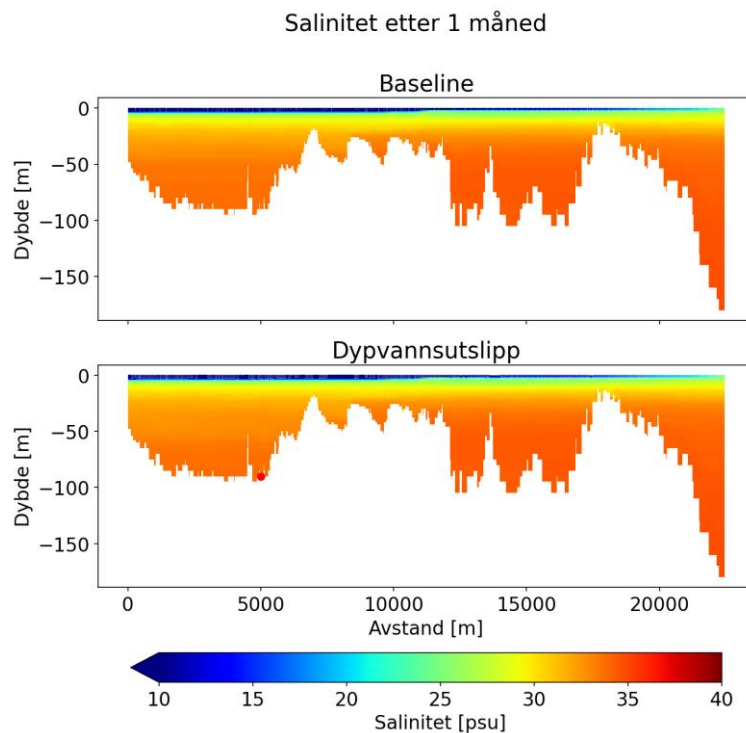
Figur 5.17 Transekt for plotting av oseanografiske parametre fra den hydrodynamiske modellen for Baseline og dypvannsutslippet. Utslippspunktet er markert med sort sirkel, og ligger på 90 meters dyp.



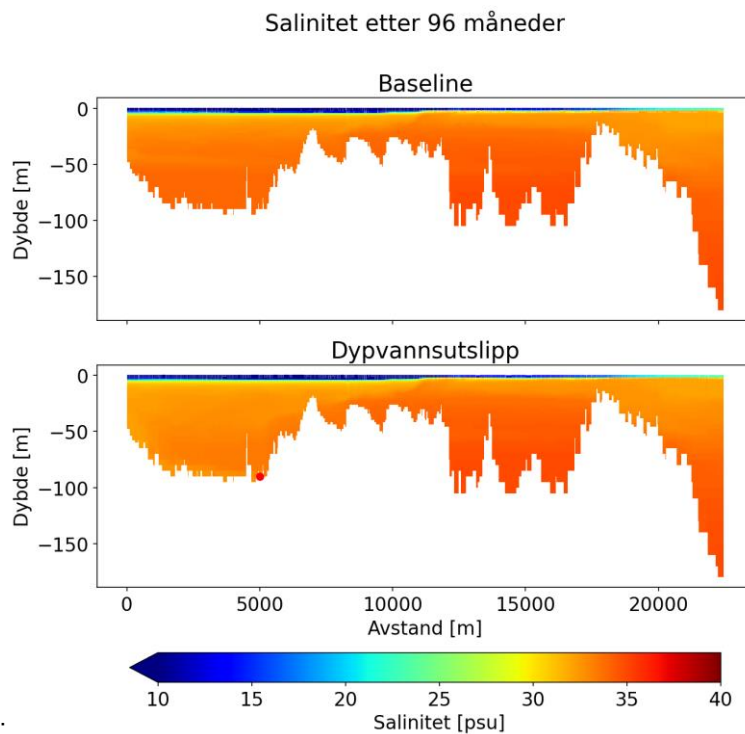
Figur 5.18 Strømhastighet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringsperioden er det ingen forskjell mellom modellene.



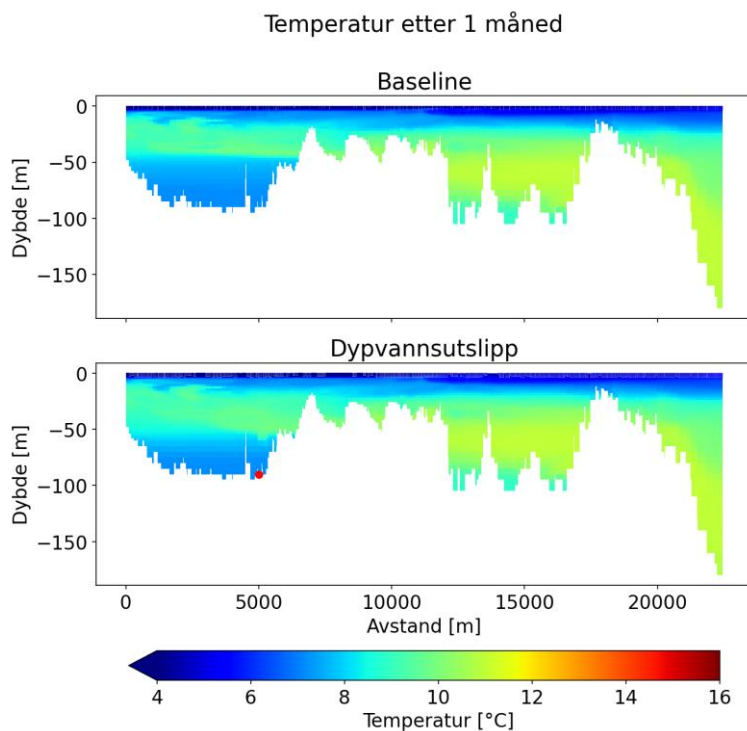
Figur 5.19 Strømhastighet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en høyere strømhastighet som følge av miksingens induisert av dypvannsutslippet.



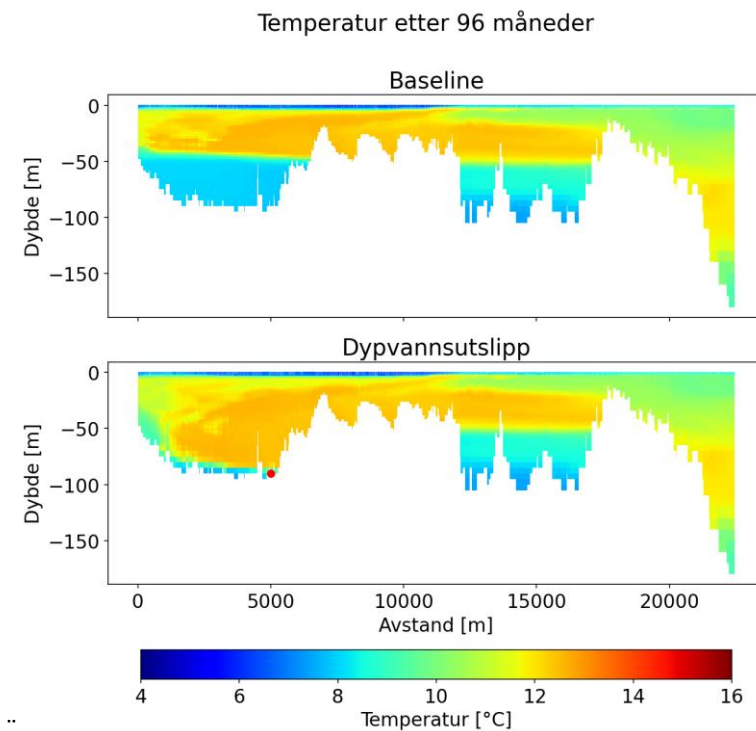
Figur 5.20 Salinitet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringsperioden er det ingen forskjell mellom modellene.



Figur 5.21 Salinitet i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en noe reduksjon av salinitet som følge av mer miksing i vannmassene.

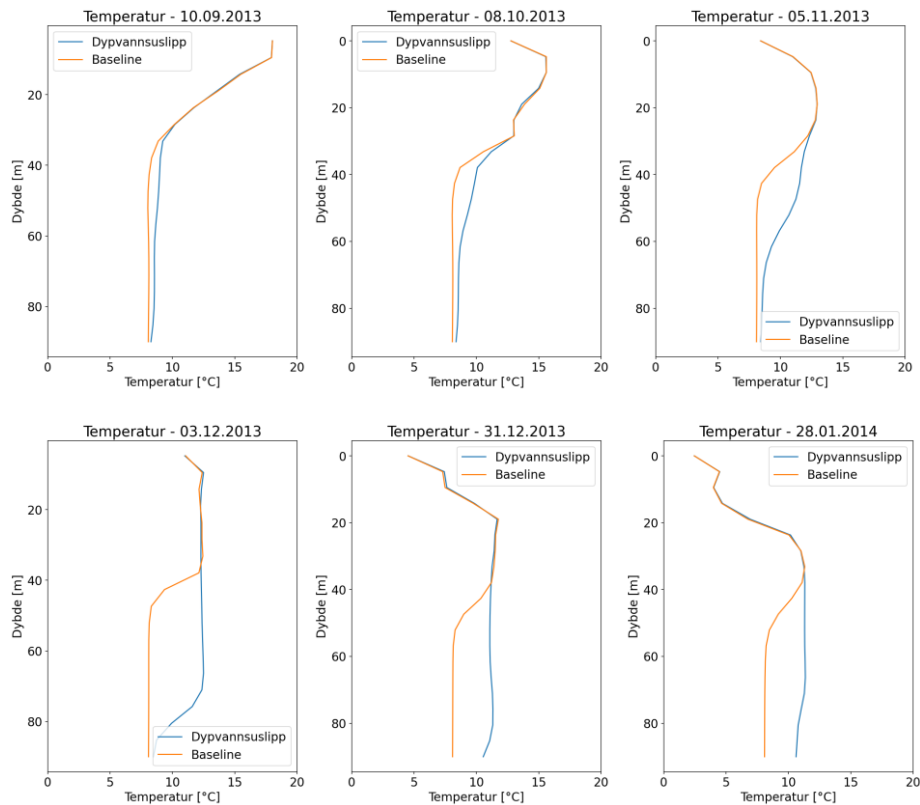


Figur 5.22 Temperatur i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 1 måned etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. Tidlig i stimuleringstiden er det liten forskjell mellom modellene.



Figur 5.23 Temperatur i den hydrodynamiske modellen for baseline (topp) og for dypvannsutslipp (bunn), 96 måneder etter oppstart. Utslippets posisjon er markert med en rød sirkel. For ytre deler av fjorden er modellen tilsvarende, men for nær utløpsposisjonen er det en markant miksing av temperatur dypere ned i vannsøylen.

Fra resultatene er det tydelig at det er en syklisk innblanding som følge av dypvannsutslippet. På sommerstid kan det være relativt liten innblanding av dypere vann, mens ved vintertid skjer innblanding i større omfang, særlig når det allerede eksisterer en klar laginndeling av temperatur. Dette kan ses av profilene hentet fra posisjonen til dypvannsutslippet, Figur 5.24. Det er valgt et tidspunkt der Baseline og modellen for dypvannsutslippet har noe tilsvarende temperaturgradient, og så se endringen fra denne over en periode på 4 måneder. Her er det tydelig at dypvannsutslippet forårsaker en vertikal omrøring.



Figur 5.24 Profiler av temperatur for utslippspunktets posisjon, over en periode på 4 måneder. Dypvannsutslippet induserer en vertikal omrøring som medfører at varmere vann blir innblandet lengre ned i vannsøylen i forhold til baseline, i et syklisk mønster.

Innblandingen av dypvannsutslipp og påvirkningen på temperatur og salinitet er også underbygget av forsøk utført i Byfjorden i Sverige. Der ble det sluppet vann ut i dypvannet over en periode på et par måneder, som økte gjennomsnittlig temperatur med 3 grader (Stigebrandt, et al., 2015). Utslippsmengden var en del større enn i inneværende forsøk, omtrent 2 m³/s, men forsøkets varighet var i betydelig mindre omfang enn de 10 årene undersøkt i foreliggende rapport.

Basert på sammenligning med tidligere hydrodynamisk modell samt relevant litteratur konkluderes det at den hydrodynamiske modellen for dypvannsutslipp vurderes som troverdig.

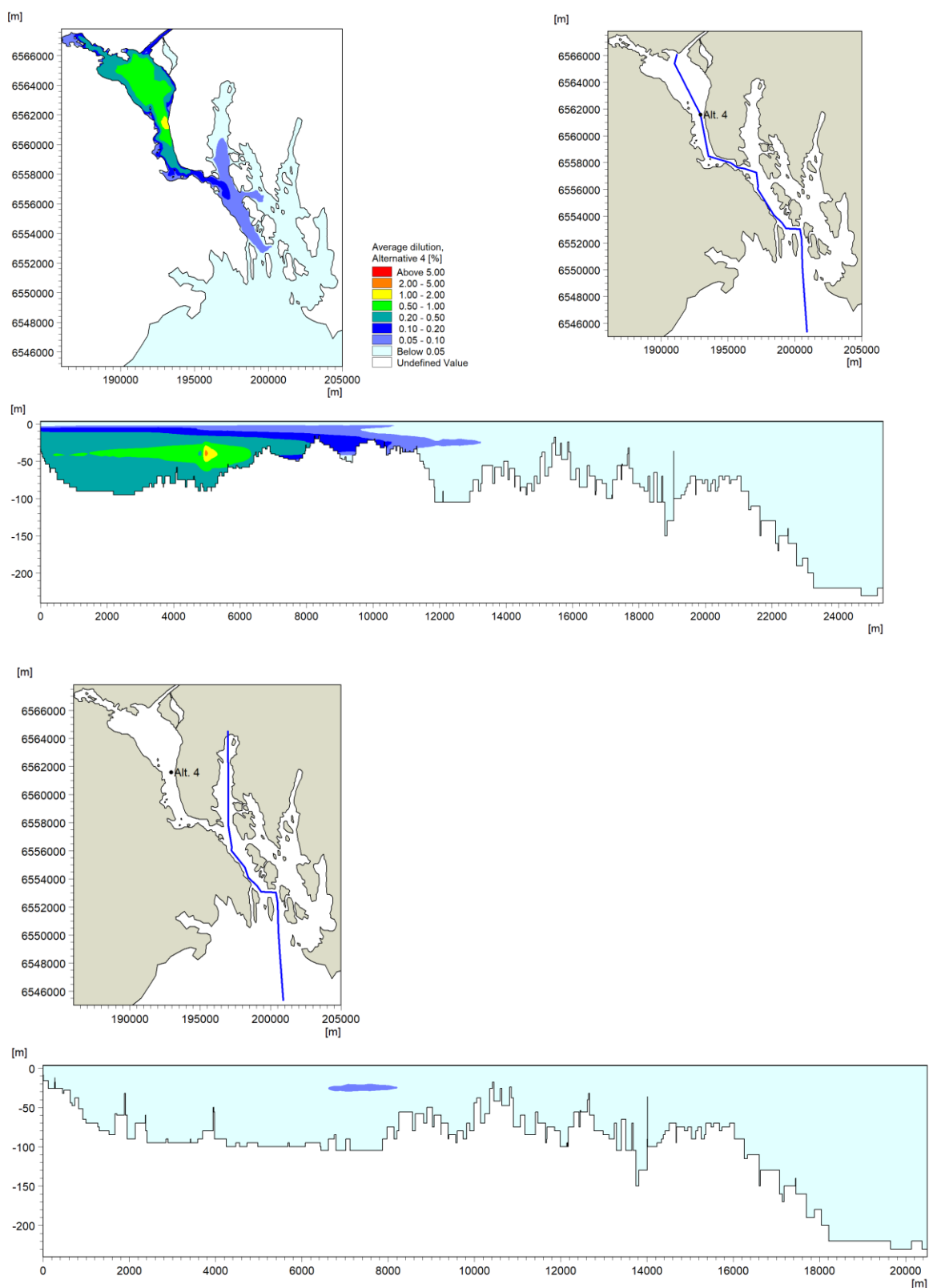
5.5.2 Fortynning

Fortynningsmodelleringen viser et tilsvarende mønster som ved Alternativ 1, men med høyere konsentrasjoner i Frierfjorden. Det er noe lavere konsentrasjoner nøyaktig rundt innlagingsdypet, dette kommer seg av at konsentrasjonen er noe mer utvannet som følge av nærliggende vannmasser den tetthetsdrevende strømmen har transportert opp fra utslippspunktet. Konsentrasjonen på 3 % går til under 1 % omtrent 300 meter oppstrøms og nedstrøms. De høyeste konsentrasjonene er registrert i umiddelbar nærhet til utslippspunktet, Figur 5.13. Som følge av at innlagingsdypet er lengre ned i vannsøylen enn andre alternativer, er det gjennomsnittlig høyere konsentrasjon inne i Frierfjorden, og medfølgende lavere konsentrasjon i nærliggende fjordområder. For Frierfjorden er konsentrasjonen mellom 0,3 og 0,5 % i store deler av fjorden. For Eidangerfjorden er den minimale fortynningen på 0,05-0,05 % i munningen. Mens den gjennomsnittlige konsentrasjonen på lengdesnittet er lavere. For Kalvsundet er konsentrasjonen 0,06-0,05 %, mens for Langesundsfjorden varierer den mellom 0,05 til 0,12 %.

Dette gjenspeiles i gjennomsnittlig oppholdsmengde for Alternativ 4, Tabell 5.12. Den gjennomsnittlige mengden er høyere i Frierfjorden for samtlige alternativ, men er lavere eller tilsvarende andre alternativ for resterende områder.

Tabell 5.12 Gjennomsnittlig oppholdsmengde i de ulike fjordområdene for Alternativ 4.

Sone	Gjennomsnittlig oppholdsmengde, Alt. 4 [%]
Frierfjorden	2,87
Eidangerfjorden	0,06
Langesundsfjorden	0,19
Ormerfjorden	0,02
Langangsfjorden	0,03
Håøya-, Mørje- og Helgeroaafjorden	0,11



Figur 5.25 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved Alternativ 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (midt) og lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100.

5.5.3 Økologisk tilstand

Forholdene for Alternativ 4, med samling av avløpsmengden nord for terskelen inn i Frierfjorden og med dypvannsutslipp, beskrives i dette kapittelet og sammenlignes med Baseline (uten sammenslåing og med nåværende utslippsmengder).

Hovedresultatene for den siste 5-årige delen av modelleringsperioden for Alternativ 4 er oppsummert nedenfor, med flere resultater vist i vedlegg A og tidsserier over stasjonene i vedlegg E.

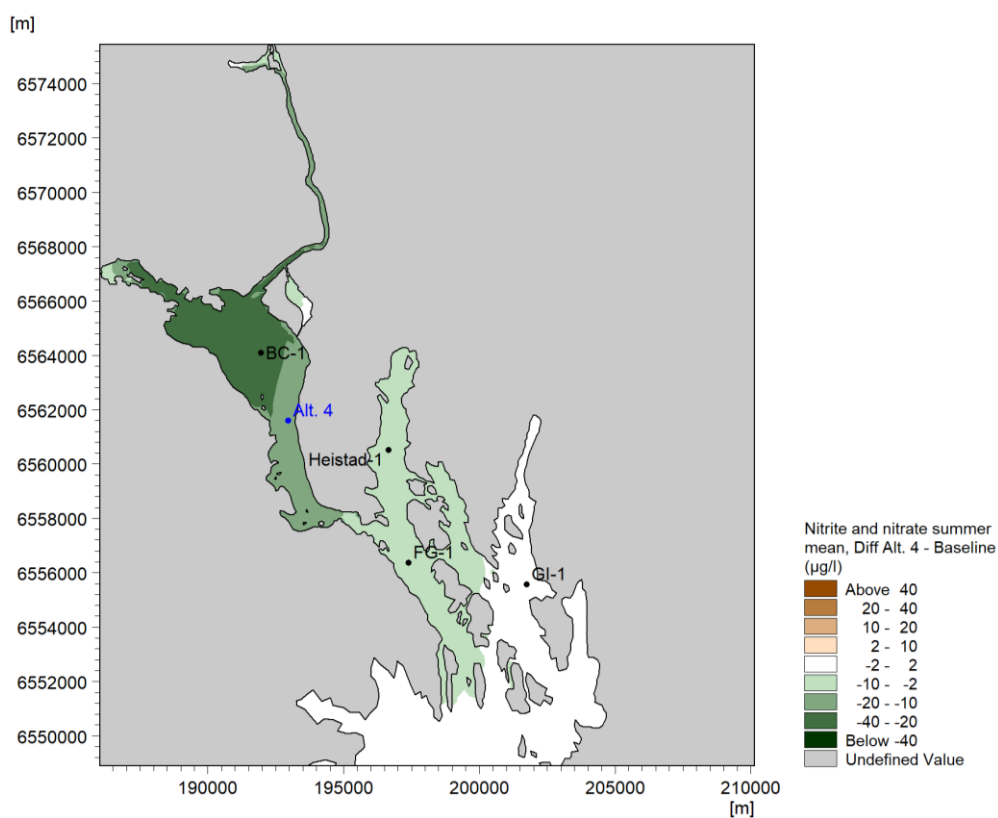
For de fleste parametere er Alternativ 4 relativt lik Alternativ 1, men med noe høyere konsentrasjoner som følge av at utslippspunktet er inne i Frierfjorden. Figur 5.26 viser endringen i fordelingen av nitrat+nitritt i overflatelaget om sommeren. På stasjon BC-1 i Frierfjorden betyr endringen av utløpsposisjon og forbedret rensegrad en reduksjon på 25 µg N/l til 85 µg N/l. Frierfjorden som helhet viser en reduksjon på mellom 10 og 40 µg N/l. Eidangerfjorden viser tilsvarende mønster, med reduksjon av konsentrasjoner mellom 5 og 7 µg N/l i forhold til Baseline. På stasjon Helstad-1 reduseres konsentrasjonen med 6,1 µg N/l til 18,8 µg N/l. Tilsvarende endres konsentrasjonen i Langesundsfjorden, med en reduksjon med 4,9 til 28,0 µg N/l på stasjon FG-1. For nærliggende fjordområder er tilsvarende andre alternativ. På stasjon GI-1 i Håøyafjorden reduseres konsentrasjonen med 1,1 til 8,5 µg N/l i forhold til Baseline.

Dette medfører at flere stasjoner endrer klasseverdier for nitrat+nitritt i forhold til Baseline. BC-1 i Frierfjorden går fra Dårlig til Moderat, mens Heistad-1 i Eidangerfjorden endrer fra Moderat til God. Reduksjonen på stasjon FG-1 overstiger ikke klassegrensen (23 µg N/l), så denne beholder tilstand Moderat. Det er ingen endring også for GI-1.

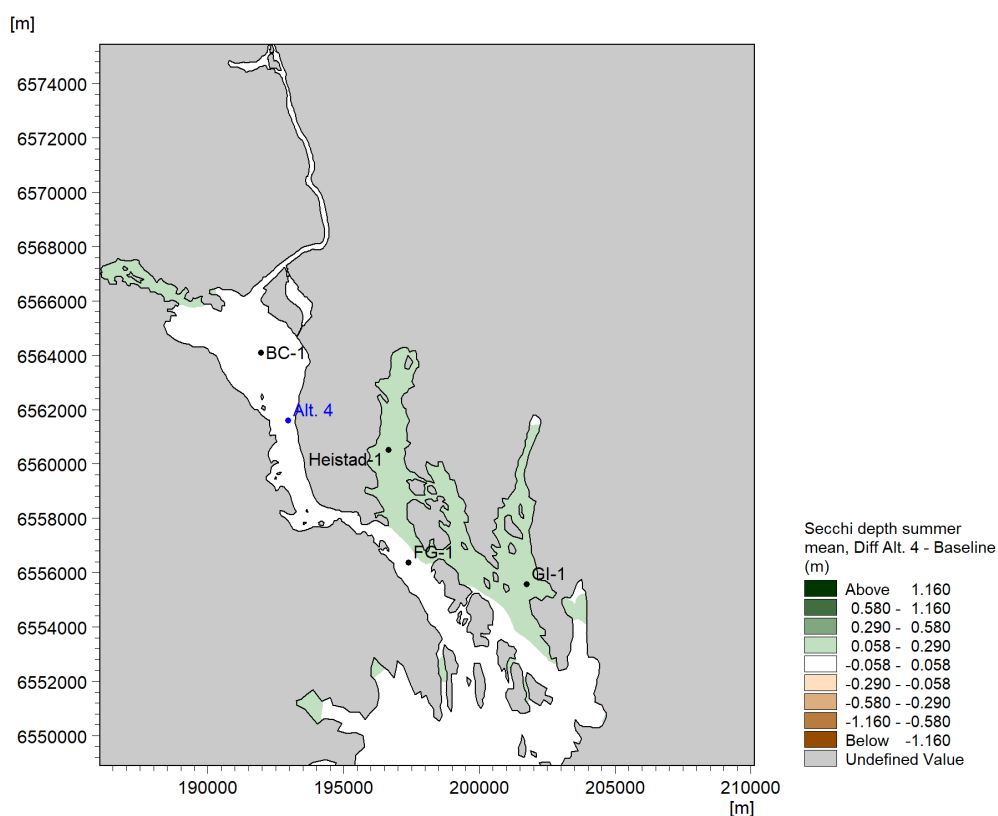
For vinterkonsentrasjonene av nitrat+nitritt henvises til vedlegg A, som også viser endringen for andre næringsstoffer.

Siktdybden endres tilsvarende som Alternativ 1, små forbedringer i forhold til Baseline, men ikke nok til å endre tilstandsklasse, (Figur 5.27). Stasjonen BC-1 i Frierfjorden og stasjonen FG-1 i Langesundsfjorden forblir i Moderat klasse.

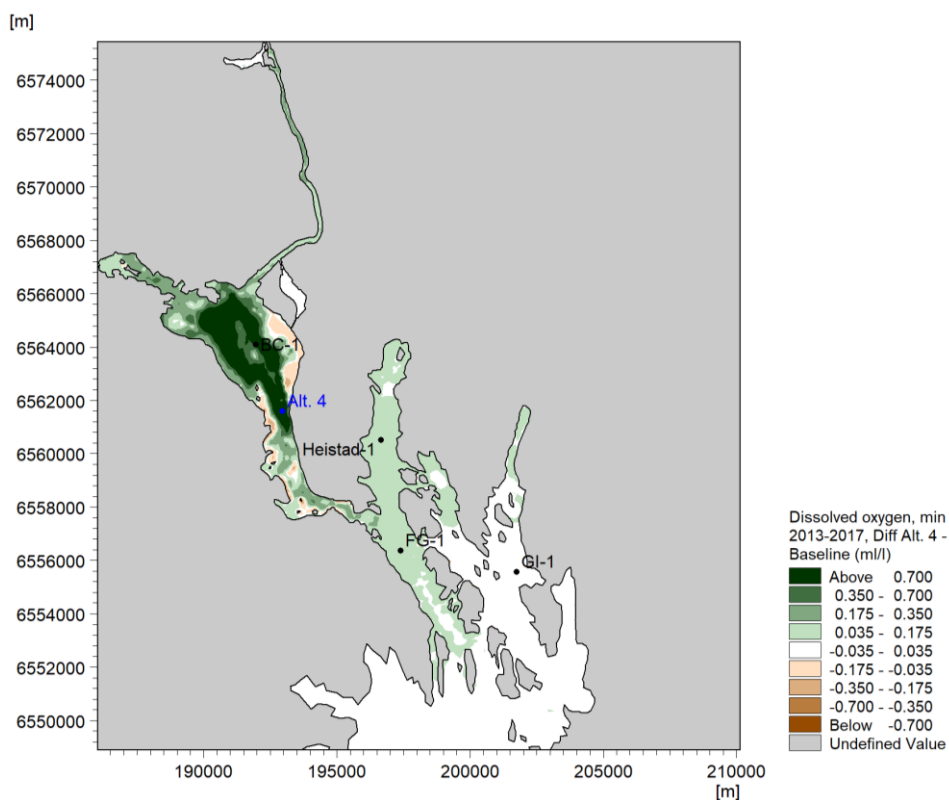
For den minimale oksygenkonsentrasjonen ved bunnen av Grenlandsfjordene ses det større endringer, Figur 5.29. For ytre deler av fjordsystemet er endringene noe lik resterende alternativ, mens for bunnverdiene i Frierfjorden øker konsentrasjonen med opp til 2,5 ml/l. Ved grunnere områder ses det en mindre forverring, på opptil 0,35 ml/l. Men det forekommer fremdeles en forbedring på noen av gruntområdene på opptil 0,7 ml/l. Forskjellen mot baseline skyldes trolig endring i strømmønster som følge av dypvannsutslippet. For resterende deler av fjorden er endringen i samme størrelsesorden som andre alternativ. For stasjon BC-1 i Frierfjorden betyr dette at minimumsverdien for oksygen over fem år går fra 0,0 til 1,32 ml/l i forhold til Baseline. Dette medfører midlertidig ingen forbedring av tilstandsklasse av stasjonen, som forblir i Svært Dårlig (<1,5 ml/l). For resterende stasjoner er det ingen reel endring i forhold til Baseline.



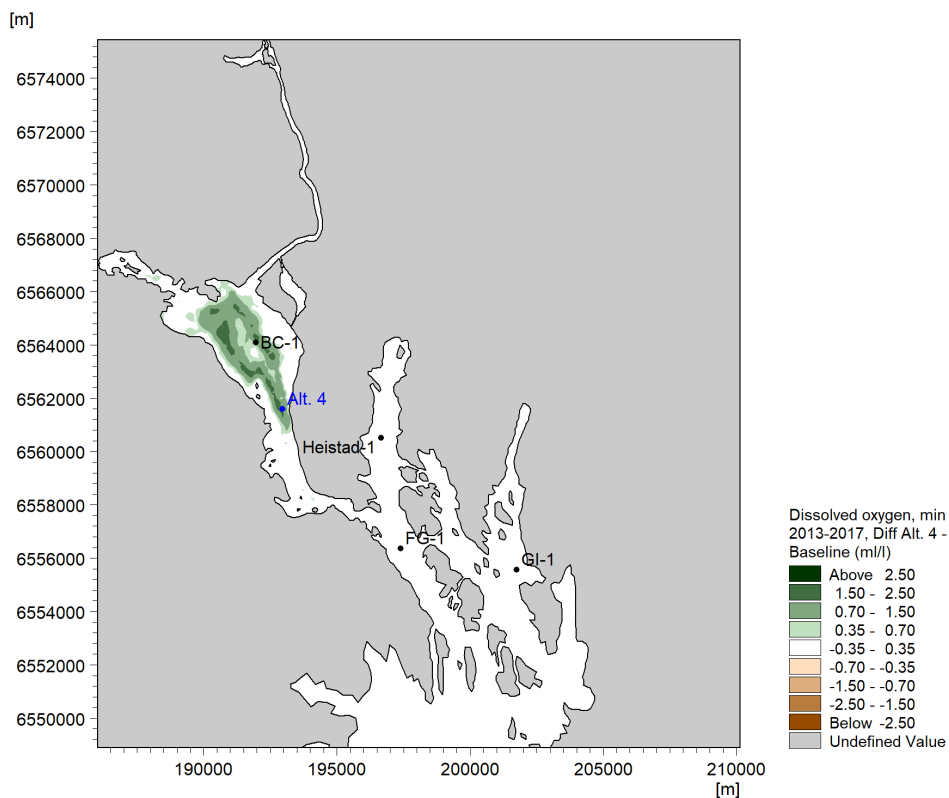
Figur 5.26 Endring i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.27 Endring i sommer siktdybde (juni-august, gjennomsnitt siste 5 år) i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.28 Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline.



Figur 5.29 Endring i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år i Alternativ 4 sammenlignet med Baseline. Figuren har en utvidet skala for å fremheve effekten på dypvannet.

Tabell 5.13 oppsummerer klassifiseringsresultatene for andre parametere på de fire hovedstasjonene i Grenlandsfjordene: BC-1 (Frierfjorden), Heistad-1 (Eidangerfjorden), FG-1 (Langesundsfjorden) og GI-1 (Håøyafjorden). Den samlede eutrofieringsklassifiseringen nEQR for de fire stasjonene forblir Dårlig til Svært Dårlig på grunn av de dårlige oksygennivåene i de dype bassengene (nEQR varierer mellom 0 og 1). Forbedringen i minimumsverdien av oksygen medfører at BC-1 i Frierfjorden forbedrer 0,18 nEQR-enheter i forhold til Baseline, men ikke nok til å endre samlet klassifiseringsverdi. Dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen endres nEQR på stasjon BC-1 med 0,02 nEQR-enheter, og forblir i God tilstand. Det er mindre endringer i nEQR verdien for stasjonene i Eidangerfjorden, Langesundsfjorden og Håøyafjorden, som også forblir i God tilstand dersom oksygenet utelates i nEQR-beregningen.

For verdien av klorofyll-a endrer denne klassifisering for stasjon BC-1 i Frierfjorden fra God til Svært god i forhold til Baseline.

Blant sommer/vinterverdiene til de enkelte parameterne gir samlingen av utslippspunkt til Frierfjorden i Alternativ 4 endringer i både vinterperioden og sommerperioden i forhold til Baseline. For sommerperiodene er det tilsvarende endringer som Alternativ 1-3, Stasjonen i Frierfjorden endrer klassifisering for nitrat+nitritt endres fra Dårlig til Moderat og for stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden går samme parameter fra Moderat til God. For vinterperioden endres total nitrogen for stasjon BC-1 i Frierfjorden klassifisering fra God til Svært god, mens nitrat+nitritt i forblir i Moderat tilstand. For vinterverdiene av totalt fosfor og fosfat-fosfor er det en mindre økning av konsentrasjoner i forhold til Baseline, men ikke nok til å medføre en endring i tilstandsklasse fra Svært god på stasjonen.

Tabell 5.13 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 4 (og endring fra Baseline i parentes) for hovedstasjonene i Grenlandsfjordene, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018). Basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, hvor blått representerer "Svært God", grønt er "God", gult er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rødt er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 4	Enhet	Stasjonsnavn			
		BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger- fjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Parameter					
Saltholdighet for klassifisering	psu	18 (16,3)	>18 (22,4)	>18 (21,5)	>18 (23,5)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt)	µg C/l	3,9 (-0,04)	4,7 (-0,08)	3,8 (-0,04)	4,3 (-0,04)
Næringsstoffer sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor	µg P/l	11,0 (-0,01)	11,3 (-0,03)	11,1 (+0,01)	11,3 (0,00)
Fosfat-fosfor		2,83 (-0,02)	1,36 (-0,02)	1,38 (+0,01)	1,16 (0,00)
Total nitrogen	µg N/l	260 (-29)	178 (-11,5)	180 (-7,6)	152 (-3,5)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		82 (-25)	18,8 (-6,1)	28,0 (-4,9)	8,5 (-1,1)
Ammonium-Nitrogen		19,5 (-2,4)	4,0 (-1,1)	5,3 (-0,58)	1,9 (-0,17)
Siktdybde	m	4,3 (+0,05)	4,8 (+0,09)	4,4 (+0,05)	5,1 (+0,06)
Næringsstoffer vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor	µg P/l	15,6 (+0,80)	18,3 (+0,12)	17,9 (+0,16)	19,4 (+0,07)
Fosfat-fosfor		11,8 (+0,86)	12,8 (+0,14)	12,1 (+0,19)	13,2 (+0,08)
Total nitrogen	µg N/l	292 (-23)	223 (-8,6)	230 (-6,3)	210 (-3,1)
Nitrat+nitritt-Nitrogen		163 (-19)	101 (-7,5)	102 (-5,34)	86 (-2,7)
Ammonium-Nitrogen		25,3 (-0,86)	15,8 (-0,36)	17,0 (-0,27)	14,0 (-0,15)
Dypvannet					
Oksygen (gjennomsnitt over 5 år)	ml O ₂ /l	3,24 (+2,82)	3,38 (+0,06)	3,95 (+0,03)	1,17 (+0,01)
Oksygen (minimum over 5 år)		1,32 (+1,32)	2,11 (+0,03)	2,33 (+0,01)	0,0 (0,00)
Samlet klassifisering (nEQR)					
Alle undergrupper (bruker minimum DO)	-	0,18 (+0,18)	0,32 (+0,01)	0,37 (+0,01)	0,00 (0,00)
Alle undergrupper utenom for DO	-	0,66 (+0,02)	0,75 (0,00)	0,78 (+0,01)	0,77 (0,00)

Tabell 5.11 oppsummerer effektene for parameterne i Skienselva for Alternativ 4, med flytting av Elstrøm renseanlegg. For stasjonene i Hjellevannet, Klosterfossen og Tilja fås samme forbedringer for N og P parameterne som for resterende alternativ. Alle tilstandsklasser forblir uendret fra Baseline.

Tabell 5.14 Oppsummering av de fysisk-kjemiske støtteparameterne for Alternativ 4 (og endring fra Baseline i parentes) for elvestasjonene omkring Skien, gitt ved klassifisering i (Direktoratsgruppa, 2018), basert på siste 5 år av modelleringsperioden. Fargene representerer eutrofieringstilstanden, der blå representerer "Svært God", grønn er "God", gul er "Moderat", oransje er "Dårlig" og rød er "Svært Dårlig". Hvit farge angir ingen klassifisering.

Alternativ 4 Parameter	Enhet	Hjelle vannet (31838)	Klosterfossen (38513)	Tilja (31735)	Borgestad (31841)
Total fosfor (gjennomsnitt hele året)	µg P/l	3,5 (-0,09)	3,5 (-0,10)	4,2 (-0,10)	9,8 (+0,02)
Fosfat (gjennomsnitt hele året)		0,96 (-0,07)	0,95 (-0,07)	1,38 (-0,04)	5,1 (+0,05)
Total nitrogen (gjennomsnitt hele året)	µg N/l	262 (-9,1)	262 (-9,6)	262 (-10,3)	259 (-29)
Nitrat+nitritt (gjennomsnitt hele året)		127 (-7,9)	127 (-8,4)	126 (-8,9)	120 (-26)
Total ammonium (90 persentil)		17,0 (-0,75)	17,0 (-0,78)	17,4 (-1,02)	18,9 (-2,2)
Oksygen (50 persentil, bunn)	mg O ₂ /l	10,1 (0,00)	10,2 (0,00)	10,0 (0,00)	8,4 (+0,03)
Oksygen (5 persentil, bunn)		8,7 (0,00)	8,7 (0,00)	7,4 (+0,12)	5,9 (+0,04)
pH (gjennomsnitt hele året)	-	-	-	-	-
Siktdybde (gjennomsnitt hele året)	m	5,5 (+0,01)	5,5 (+0,02)	5,4 (+0,02)	5,2 (+0,03)

6 Diskusjon og konklusjon

Den brukte modellen av Grenlandsfjordene er satt opp med alle kjente næringskilder, og er kalibrert for å reprodusere nåtidige målinger av både hydrauliske forhold (vannstand, salt og temperatur) og vannkvalitetsparametere godt. Belastningen fra de lokale punktkildene er godt kjent, og beregningene representerer dermed områdets tilstand godt.

For dypvannsutslippet er denne validert opp mot tidligere modell, og gjensker både hydrauliske og vannkvalitetsforhold tilsvarende. For Frierfjorden er det noen endringer, som beskrevet i kapittel 5.5.1. Dette er som forventet, og den nye modellen regnes som god.

Det finnes likevel tilførsler som ikke er kjent/dokumentert, og disse kan gi et avvik i modellen mot målte verdier. En annen avvikskilde er at målingene er tatt i en begrenset tidsperiode og på utvalgte dyp, mens modellen representerer flere dyp og verdier for alle tidspunkt gjennom 5 år som er brukt til klassifiseringen.

Modellen vil uansett representere endringen fra dagens situasjon (Baseline) godt, da disse utslippene er grundig dokumentert, og fremtidig utslipp på de samlede renseanleggene (Alternativ 1 til 4) er konstant. Dermed vil den dokumenterte endringen fra Baseline representere bra hva som forventes ved å gjennomføre tiltaket ved å samle utslippene til et punkt med forbedret rensegrad.

6.1 Effekt av sammenslåing og kvantifisering av alternativ

I Skienselva oppstrøms Klosterfossen er vannkvaliteten alene bestemt av belastningene oppstrøms Klosterfossen, inkludert den nåværende belastning fra Elstrøm RA. For den nedre delen av Skienselva, nedstrøms Klosterfossen, er vannkvaliteten også påvirket av belastningen til, og forholdene i, Frierfjorden, ettersom det normalt er en saltvannskile med vann fra Frierfjorden opp langs bunnen i Skienselva. Saltvannskilen stopper i en varierende avstand før Klosterfossen, avhengig av vannføringen i Skienselva.

Dette betyr at oppstrøms Klosterfossen vil effekten av Alternativ 1, 2, 3 og 4 bli den samme, siden utslippet fra Elstrøm opphører. I forhold til Baseline vil konsentrasjonene av N og P reduseres noe, mens oksygen forblir uendret. Alle fire alternativer bevarer Svært God klassifikasjon for næringsstoffene og God for oksygenparameterne.

I Skienselva nedstrøms Klosterfossen gir alternativene lavere næringsstoff-konsentrasjoner og marginalt forbedrede oksygenforhold ved bunnen enn Baseline, men Alternativ 2 og 3, som er utenfor Frierfjorden, viser noe større forbedring i oksygenforhold enn Alternativ 1 og 4. Dog er forskjellen minimal, og endrer ikke tilstandsklasse for oksygennivået.

For fjordstasjonene er det større konsekvens for målestasjonene som følge av utløpsposisjonene. Tabell 6.1 viser prosentvise endringer fra Baseline for Alternativ 1-4 for næringsstoffer og siktdybde. For total fosfor i sommerperioden er endringene små i forhold til Baseline for alle alternativ. Den største endringen er en reduksjon på 2,7% for Alternativ 3 på stasjon BC-1 i Frierfjorden. Det er mindre økninger i konsentrasjonen for Alternativ 1, 2 og 4, der den største er 0,8 % på stasjon BC-1 i Frierfjorden for Alternativ 1.

For total nitrogen er det størst endringer også for BC-1, med en reduksjon på mellom 12,5 og 10,1 %. Dette skyldes i stor grad den økte rensingen av nitrogenkomponenter i det planlagte renseanlegget. Men forskjell i utløpsposisjon viser også en effekt på stasjonene, Tabell 6.1. Den laveste forbedringen vises på Alternativ 4, noe som skyldes at denne er på nordsiden av terskelen inn i Frierfjorden og at fortynningsanalysen viste at

dette hadde høyest oppholdsmengde i systemet. For resterende stasjoner er reduksjonen mellom 6,6 og 2,2 % mellom alternativene.

Tabell 6.1 Prosentvis endring fra Baseline for Alternativ 1-4 for gjennomsnittlige verdier over 5 år for sommer- og vinterperioden av næringsstoffer og siktdybde for de fire stasjonene.

Endring i parameter fra Baseline	Alternativ	BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidangerfjorden)	FG-1 (Langesunds- fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Sommer (0-10 m, gjennomsnitt jun-aug)					
Total fosfor [%]	Alt. 1	0,84	0,31	0,46	0,14
	Alt. 2	-1,57	0,00	0,07	0,00
	Alt. 3	-2,78	-0,61	-0,36	-0,15
	Alt. 4	-0,11	-0,26	0,06	-0,01
Total nitrogen [%]	Alt. 1	-10,43	-5,81	-3,92	-2,22
	Alt. 2	-11,78	-6,07	-4,25	-2,37
	Alt. 3	-12,46	-6,61	-4,62	-2,52
	Alt. 4	-10,05	-6,04	-4,05	-2,27
Siktdybde [%]	Alt. 1	0,92	1,60	1,02	1,15
	Alt. 2	1,51	1,92	1,50	1,35
	Alt. 3	1,82	2,30	1,82	1,51
	Alt. 4	1,08	1,82	1,20	1,25
Vinter (0-10 m, gjennomsnitt des-feb)					
Total fosfor [%]	Alt. 1	1,73	0,26	0,36	0,13
	Alt. 2	-0,56	0,14	0,11	0,03
	Alt. 3	-1,61	-0,14	-0,09	-0,07
	Alt. 4	5,39	0,64	0,92	0,36
Total nitrogen [%]	Alt. 1	-9,11	-4,06	-3,14	-1,69
	Alt. 2	-10,66	-4,19	-3,40	-1,82
	Alt. 3	-11,36	-4,50	-3,61	-1,94
	Alt. 4	-7,18	-3,73	-2,65	-1,45

Siktdybde viser også en forbedring på samtlige alternativ og stasjoner, med en forbedring på mellom 0,9 og 2,3 %.

For vinterperioden er trenden den samme for sommerperioden, men med noe mindre reduksjoner. For total fosfor på stasjon BC-1 i Frierfjorden er det en økning på 5,4 % for Alternativ 4 i forhold til Baseline, etterfulgt av 1,7 % for Alternativ 1. For alternativ 2 og 3 er det en reduksjon. For resterende stasjoner er vinterkonsentrasjonen noe forhøyet for Alternativ 1, 2 og 4, og noe lavere for Alternativ 3.

For total nitrogen er mønsteret det samme, med en reduksjon på mellom 11,4 (Alternativ 3) og 7,2 (Alternativ 4) for stasjon BC-1 i Frierfjorden.

For næringsstoffene og siktdybde viser Alternativ 3 størst forbedring i forhold til Baseline på samtlige stasjoner, etterfulgt av Alternativ 2.

Tabell 6.2 viser prosentvise endringer i klorofyll og oksygen i forhold til Baseline. Klorofyllverdien viser minst forbedring for stasjon BC-1 i Frierfjorden for Alternativ 1 og 4 og GI-1 i Håøyafjorden for alle alternativ. Førstnevnte grunnet nærheten av utslippspunkt til Frierfjorden, og sistnevnte fordi stasjonen er såpass langt unna utslippsalternativene at omleggingen vil ha liten effekt.

For gjennomsnittlig oksygen over 5 år er det størst forbedring inne i Frierfjorden. Som følge av dypvannsutslippet og den medfølgende miksing av oksygenrikere vann lengre oppe i vannsøylen øker gjennomsnittlig bunnverdi av oksygen for Alternativ 4 med 670 % for stasjon BC-1 i Frierfjorden. For Alternativ 3 øker denne med 6,0 %, etterfulgt av 4,3 % for Alternativ 2 og 3,2 % for Alternativ 1. For de andre fjordområdene er forbedringen lavere, mellom 0,3 og 0,9 %.

For minimum oksygen er det fremdeles en forbedring for Alternativ 4, men kan ikke vises i prosent fra Baseline, da denne er 0. For resterende stasjoner er det ingen forbedring for BC-1 i Frierfjorden og stasjon GI-1 i Håøyafjorden for noen av alternativene. For stasjon Heistad-1 i Eidangerfjorden viser Alternativ 4 størst forbedring, 2,8 %, etterfulgt av Alternativ 3. For stasjon FG-1 i Langesundsfjorden er forbedringen mellom 1,0 og 1,7 %. Generelt er det kun Alternativ 4 som viser en reel forbedring for minimumsnivået av oksygen, og da kun for stasjon BC-1 i Frierfjorden.

Tabell 6.2 Prosentvis endring fra baseline for Alternativ 1-4 for gjennomsnittlige verdier over 5 år for klorofyll og oksygen.

Endring i parameter fra Baseline	Alternativ	BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidangerfjorden)	FG-1 (Langesundsfjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Klorofyll-a (0-10 m, 90% persentil feb-okt) [%]	Alt. 1	-0,11	-1,44	-0,83	-0,69
	Alt. 2	-1,76	-1,77	-1,55	-0,84
	Alt. 3	-2,42	-2,30	-2,04	-0,98
	Alt. 4	-0,90	-1,65	-1,10	-0,82
Gj. snitt oksygen [%]	Alt. 1	3,23	0,77	0,38	0,44
	Alt. 2	4,30	0,63	0,28	0,43
	Alt. 3	5,99	0,77	0,34	0,44
	Alt. 4	670	0,85	0,44	0,76
Min. oksygen (min) [%]	Alt. 1	-	2,49	1,45	-
	Alt. 2	-	2,08	1,07	-
	Alt. 3	-	2,71	1,49	-
	Alt. 4	-*	2,80	1,71	-

*siden minimumsverdien for Baseline er 0, blir prosentvis endring ikke mulig å beregne.

Tabell 6.3 viser verdiene for den samlede klassifiseringen (nEQR) fordelt over de fire alternativene, samt den prosentvise endringen fra Baseline. Som følge av ingen forbedring av minimum oksygen på stasjon GI-1 er det ingen forbedring av samlet klassifisering (nEQR) i forhold til Baseline på disse stasjonene når minimum oksygen er inkludert, iht. klassifiseringsveilederen. Det samme gjelder for Alternativ 1 til 3 for stasjon BC-1 i Frierfjorden. For Alternativ 1 er det en forbedring av minimumsverdien, men ikke nok til at denne overskrider klassifiseringsgrensen mellom Dårlig/Svært dårlig (0,2). Også her er det ikke mulig å beregne prosentvis forbedring, siden samlet klassifisering for Baseline er 0,0.

For stasjon Heistad-1 er forbedringen størst ved Alternativ 3 og 4, etterfulgt av Alternativ 1 og 2. For stasjon FG-1 er det noe mindre forbedring på Alternativ 2 sammenlignet med de tre andre alternativene.

Ved å ekskludere minimum oksygen fra den samlede klassifiseringen, viser Alternativ 3 størst forbedring på samtlige stasjoner, etterfulgt av Alternativ 2, Alternativ 4 og deretter Alternativ 1. For stasjon BC-1 er forbedringen mest markant for Alternativ 3 og 2, det samme gjelder for stasjon FG-1. For stasjon Heistad-1 viser Alternativ 3 større forbedring enn de to andre alternativene.

Tabell 6.3 Samlet klassifisering og prosentvis endring fra baseline for denne for Alternativ 1-4, fordelt over de fire stasjonene.

Endring i parameter fra Baseline	Alternativ	BC-1 (Frierfjorden)	Heistad-1 (Eidanger-fjorden)	FG-1 (Langesunds-fjorden)	GI-1 (Håøyafjorden)
Samlet klassifisering (nEQR), Alternativ 1 -4					
Alle undergrupper (bruker minimum DO)	Alt. 1	0,00	0,32	0,37	0,00
	Alt. 2	0,00	0,32	0,36	0,00
	Alt. 3	0,00	0,32	0,37	0,00
	Alt. 4	0,18	0,32	0,37	0,00
Alle undergrupper utenom for DO	Alt. 1	0,66	0,75	0,78	0,77
	Alt. 2	0,67	0,75	0,78	0,77
	Alt. 3	0,68	0,75	0,78	0,77
	Alt. 4	0,66	0,75	0,78	0,77
Samlet klassifisering (nEQR), endring i prosent fra Baseline					
Alle undergrupper (bruker minimum DO) [%]	Alt. 1	-	3,23	2,23	-
	Alt. 2	-	3,23	1,68	-
	Alt. 3	-	3,87	2,23	-
	Alt. 4	-	3,87	2,23	-
Alle undergrupper utenom for DO [%]	Alt. 1	2,77	0,36	0,74	0,00
	Alt. 2	4,33	0,45	1,01	0,00
	Alt. 3	4,89	0,90	1,04	0,00
	Alt. 4	3,03	0,00	0,74	0,00

Samlet viser alle alternativ en forbedring på de fleste enkeltparametere i forhold til Baseline. Det er tydelig at økt grad av nitrogenrensing påvirker konsentrasjonen på samtlige stasjoner, selv med økt total mengde inn til det samlede renseanlegget. For resterende parametere er forbedringen noe lavere, men påvirker den samlede klassifiseringen i positiv retning, særlig uten minimum oksygen tatt i betraktning. Når minimum oksygen er inkludert, viser Alternativ 4 størst forbedring på stasjon BC-1 i Frierfjorden, og samlet sett for alle alternativ er det forbedring på flere stasjoner, men ikke nok til å endre tilstandsklasse.

Samlet indikerer Alternativ 3 størst forbedring fra nåværende situasjon, etterfulgt av Alternativ 2, Alternativ 4 og deretter Alternativ 1.

6.2 Tidsskala for endringer

Modelleringen av effektene av omfordeling av næringsbelastning fra de fire nåværende renseanleggene til Grenlandsfjordene er alle startet med de samme nåtidige initialforholdene (2008-forhold) og skjer for 10 års perioden 2008-2017.

Endringen i belastningene fra starten av modelleringen vil hurtig kunne sees for forholdene i Skienselva, i overflatelaget i Frierfjorden og i de ytre delene av fjordsystemet. Man kan dermed se at nitrogen -konsentrasjonene i overflatelaget endres i løpet av noen uker til måneder (se f.eks. vedlegg B). Dette skyldes kraftig strøm i Skienselva, som driver det hurtige vannskiftet i Frierfjordens overflatelag, samt effekten av nitrogenrensingen. Det er også mindre forbedringer av fosfor-konsentrasjoner og klorofyll-a, men de er mindre markante.

Endringene i de dypere delene av fjordsystemet tar typisk måneder til noen få år, og gir dermed et forsinket bidrag til effekten i overflatelaget. Til slutt er tilpasningen i sedimentpuljene av næringsstoffer og organisk materiale til den nye belastningen enda langsommere, med varighet på flere år. Dermed fås en ytterligere potensiell effekt på vannmassene i Frierfjorden. Andre benyttelser av modellen har imidlertid vist at selv om den fulle tilpasningen av næringsstoffpuljene i sedimentet tar mange år, vil det kun bidra minimalt til ytterligere endring av tilstanden i vannmassene etter de første 5-10 års modellering.

Videre har dypvannsutslippet vist at den kan forbedre minimumsverdien av oksygen langs bunnen i Frierfjorden, men denne påvirker også hydrologiske parametere (salinitet og temperatur) som vist i foreliggende rapport. Endringene er mest markante under 20 meters dyp og dermed under eutopisk dyp. Langtidseffekten av endring på salinitet og temperatur på dypvannsmiljøet vil være vanskelig å vurdere.

I analysene av modellresultatene er det derfor fokusert på de siste fem årene av perioden, hvor de dypere delene av fjordsystemet har tilpasset seg endringen i belastningene.

6.3 Konklusjon

Alternativene som er undersøkt for sammenslåing av avløpsutslippet for de fire renseanleggene, viser at kun Alternativ 4 har reell betydning for de kritiske oksygenforholdene i de dype delene av fjordsystemet, men ikke nok til å endre tilstandsklasse for stasjonen i Frierfjorden. Det er disse kritiske oksygenforholdene som resulterer i en samlet tilstandsvurdering på Svært Dårlig til Dårlig på stasjonene. Det er vist en liten forbedring for resterende Alternativ på flere stasjoner, men ikke i tilstrekkelig størrelse til å endre tilstandsklasse.

Effekten av forbedret rensing av nitrogen vises tydelig på resultatene, og fører til en generell bedring i tilstanden for nitrat+nitritt. Denne endrer tilstandsklassifisering i positiv retning for alle alternativ for stasjonene BC-1 i Frierfjorden og Heistad-1 i Eidangerfjorden for sommerperioden. Alternativ 1 til 4 medfører en forbedring på BC-1 og Heistad-1 fra henholdsvis Dårlig og Moderat til Moderat og God. For vinterperioden av stasjon BC-1 endrer samtlige alternativ klassifiseringen for total nitrogen fra God til Svært god. I tillegg endrer Alternativ 2, 3 og 4 klassifiseringen av klorofyll-a fra God til Svært god for samme stasjon.

For total fosfor er det en liten økning for samtlige stasjoner for Alternativ 1 og en noe større økning for Alternativ 4, mens for Alternativ 2 er det både små forbedringer og forverringer. For Alternativ 3 er det kun forbedringer. Dog er endringene små, og medfører ikke endring av tilstandsklasse på stasjonene.

For resterende parametere er det en forbedring eller ingen endring i verdier, men ikke nok til å endre tilstandsklasse for de enkelte parameterne.

For fortynningsmodelleringen viser de forskjellige alternativene et annerledes spredningsmønster i fjordsystemet som følge av utløpsposisjon og -dyp. For Alternativ 1 i Frierfjorden er det større fortynning opp mot overflaten, mens for Alternativ 2, 3 og 4 oppholder det seg mer dypere i vannsøylen. Dette påvirker hvordan utslippskonsentrasjonen sprer seg i de ulike delene av Grenlandsfjorden, samt hvor stor gjennomsnittlig mengde som oppholder seg i de ulike områdene. Alternativ 4 inne i Frierfjorden viser en større gjennomsnittlig oppholdsmengde her inne enn de tre andre alternativene, etterfulgt av Alternativ 1. Alternativ 3 indikerer at dette utslippspunktet har større vannutskiftning og medfører denne generelt har den laveste oppholdsmengden av det totale utslippet.

For Skienselva betyr omleggingen av Elstrøm en mindre reduksjon i konsentrasjonene av næringsstoffer, og en minimal forbedring i oksygenforholdene for den nederste del av elven. Forbedringene endrer imidlertid ikke klassifiseringen for parameterne.

Samlet viser Alternativ 3 en størst forbedring av enkeltparametere, samt en større endring av individuelle tilstandsklasser på de fire fjordstasjonene som er undersøkt, etterfulgt av Alternativ 2. For stasjon BC-1 i Frierfjorden viser Alternativ 4 størst forbedring når det kommer til oksygen, men lavere enn andre alternativ når det kommer til næringsstoffer. Alle fire alternativ viser forbedring, særlig på nitrogenverdier, men minimumsverdiene av oksygen blir ikke påvirket i den grad at det endrer tilstandsklassen. Dette medfører at stasjonene ikke bytter total tilstandsklasse, selv om alternativene viser forbedring i forhold til dagens situasjon.

7 Referanser

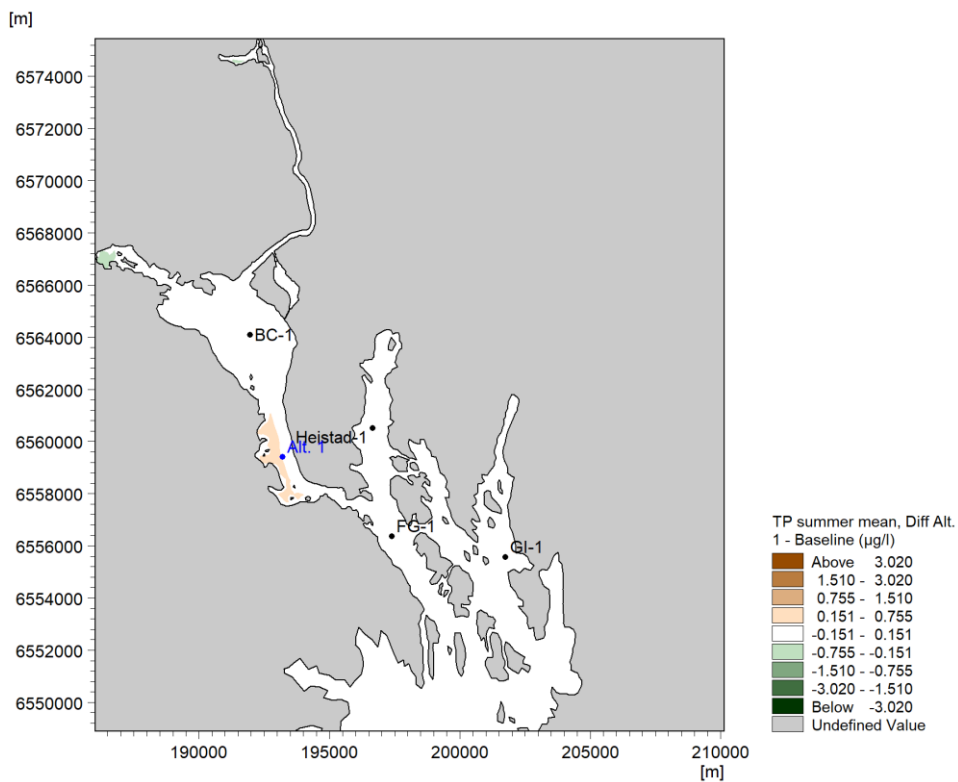
- Alve, E. (2000). *Environmental stratigraphy: a case study reconstructing bottom water oxygen conditions in Frierfjord, Norway, over the past five centuries.* . . (Vol. Volume 15 of Topics in Geobiology). (E. Micropaleontology, Red.) New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York .
- André Staalstrøm, M. W.-J. (2022). *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord.* NIVA 7723-2022.
- Aure, J., & Danielssen, D. S. (2011). *Miljøundersøkelser i norske fjorder. Grenlandsfjordene 2000-2009.* Norsk Institutt for Vannforskning. Rapport Fiske og Havet No. 3/2011.
- DHI. (2023). *WEST.* Hentet fra <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/west>
- Direktoratsgruppa. (2018). *Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.*
- Dolven, J., Ofstad, S., & Saunes, H. (2022). *Overvåking av Frierfjorden, Eidangerfjorden og Gunnekleivfjorden. Rapport fra resipientundersøkelser i 2020-2021.* COWI.
- Erichsen, A. C. (2019). *Assessment of the ecological status in the Grenlandsfjord-system.* DHI.
- Fagerli, C. R. (2016). *Tiltaksrettet overvåking av Grenlandsfjordene i henhold til vannforskriften.* Oslo: NIVA.
- Jonsson, H., & Closter, R. (2020a). *Assessment of the chemical status in the Grenland fjord-system.* DHI.
- Jonsson, H., & Closter, R. M. (2020b). *Assessment of biota from the Grenland fjord system.* DHI.
- Klima- og miljødepartementet. (2006, 12 19). *Vannforskriften. Forskrift om rammer for vannforvaltningen.* Norge.
- Klima- og miljødepartementet. (2019). *Forskrift om endring i forskrift om rammer for vannforvaltningen.* Forskrift, Klima- og miljødepartementet.
- Klima- og miljødepartementet. (2021). *Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord med.* Klima- og miljødepartementet.
- Lovdata. (2019, 01 03). *Forskrift om endring i forskrift om rammer for vannforvaltningen.* Hentet 2022 fra <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-12-20-2231>
- Miljødirektoratet. (2021, 12 22). *Miljødirektoratet.* Hentet 04 25, 2023 fra Grenlandsfjordene - sjøbunn: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/forurensset-sjobunn/grenlandsfjordene/>
- Miljødirektoratet. (2023). *Vannmiljø faktaark Borgestad (31841).* Hentet fra <https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/31841?param=O2&medium=VF>
- Molvær, J., & Stigebrandt, A. (1991). *Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene. Delrapport 3. Vannutskiftning i fjordene. Overvåkningsrapport nr. 450/91.* Oslo: NIVA.
- NIVA, Havforskningsinstituttet. (2022). *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord.* Miljødirektoratet.
- Schaanning, M., Beylich, B., Marty, S., & Veiteberg Braaten, H. F. (2017). *Tiltaksrettede undersøkelser i Gunnekleivfjorden. Detaljkartlegging av kvikksølv og partikler i vannmassen, tokt nr. 1.* NIVA.
- Staalstrøm, A. (2013). *Overvåking i forbindelse med rehabilitering av Knardalstrand renseanlegg.* NIVA.
- Stigebrandt, A., Liljebladh, B. d., Forth, M., Granmo, Å., Hall, P., Hammar, J., . . . Viktorsson, L. (2015). *An experiment with forced oxygenation of the deepwater of the anoxic By Fjord, western Sweden.* *Ambio*(44), 42-54.
- Vann-Nett. (2022). Hentet 12 2022 fra Vann-Nett Portal: <https://vann-nett.no/portal/>

VEDLEGG

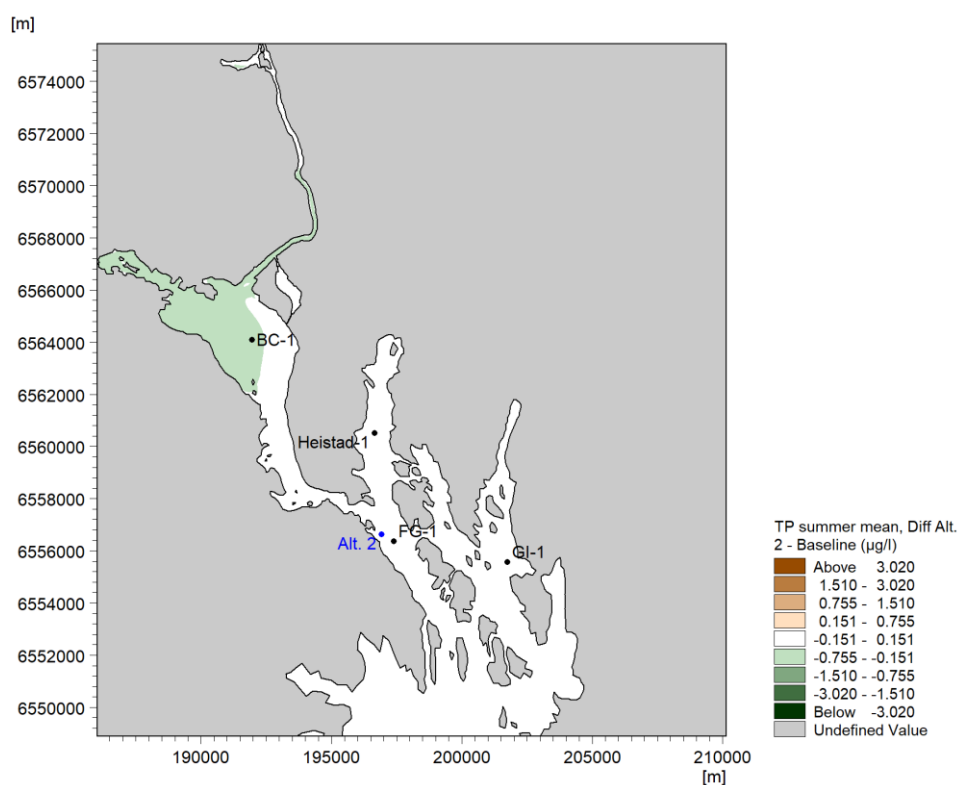
VEDLEGG A – Forskjell fra utløp på nåværende posisjoner, Alternativ 1-4

A Planplott for Grenlandsfjordene

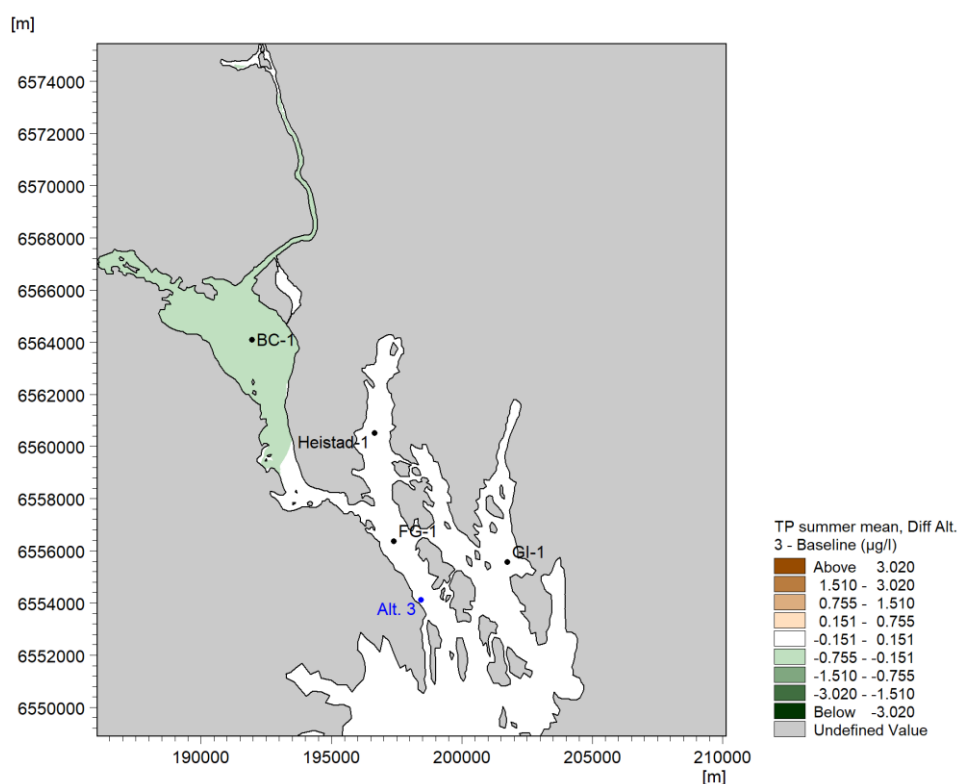
Plott på endringer påført en fargeskala med grønnaktige farger representerer forbedringer og rødlige farger som representerer forringelser sammenlignet med Baseline, hvor det er brukt trinn i intensiteten til fargene på $\pm 1-5\%$, $\pm 5-10\%$, $\pm 10-20\%$, og over $\pm 20\%$ (i enkelte plott er fargeskalaen utvidet med $\pm 20-50\%$, og over $\pm 50\%$) av terskelverdien God/Moderat i Frierfjorden. For endringer mindre enn $\pm 1\%$ brukes hvit farge.



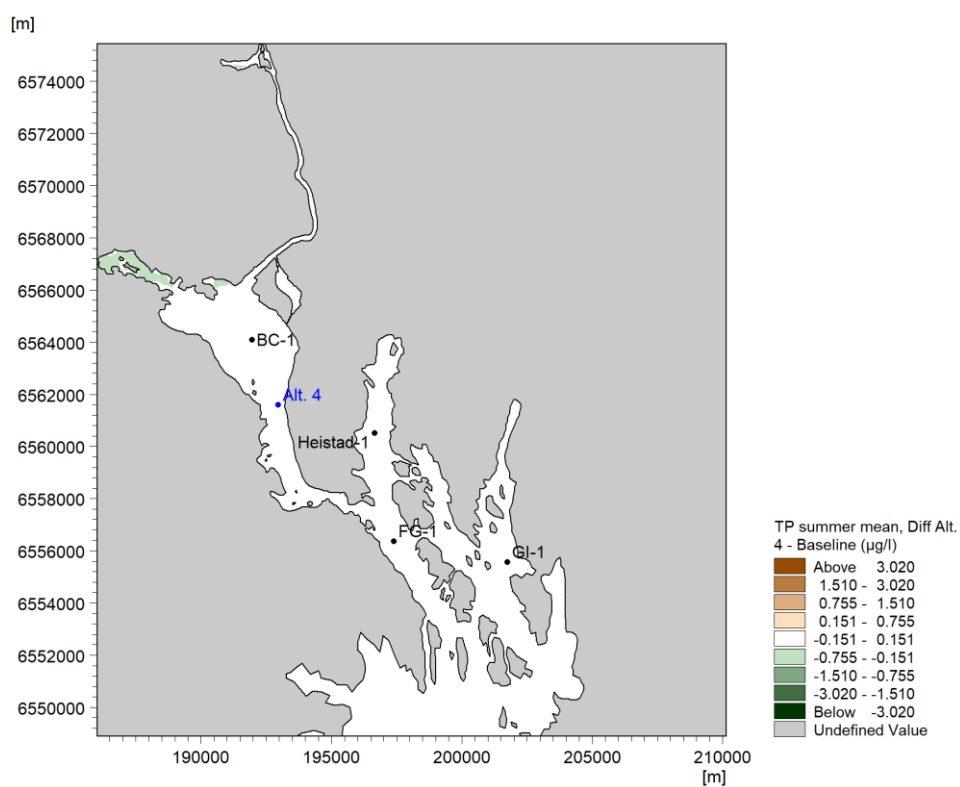
Figur A.1 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



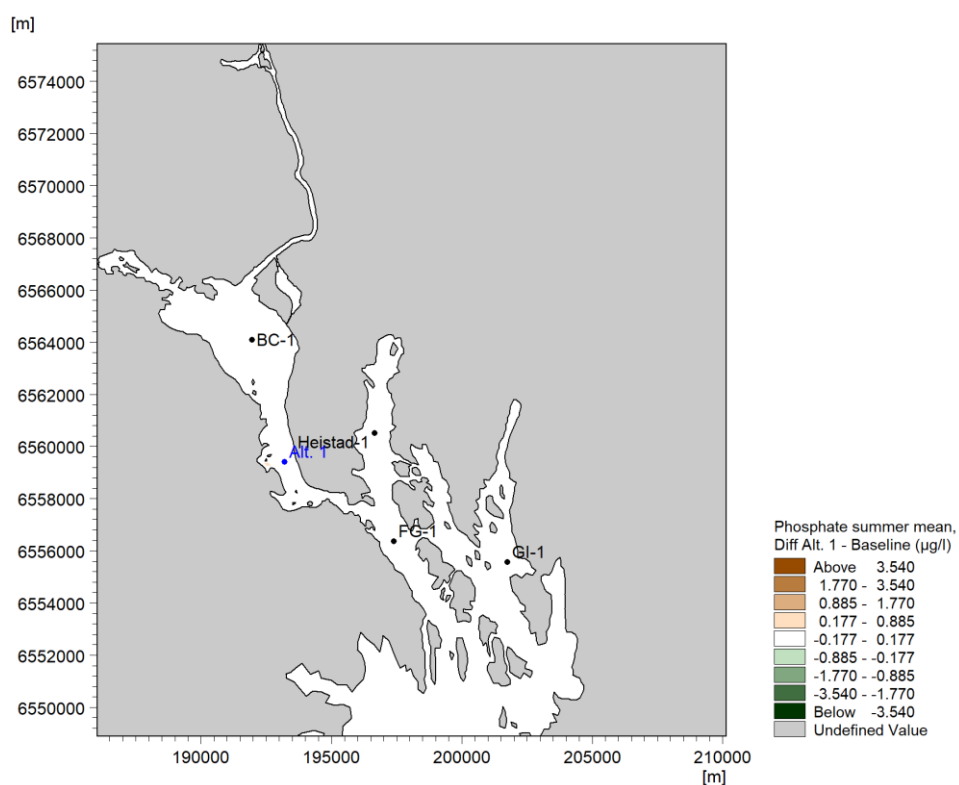
Figur A.2 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



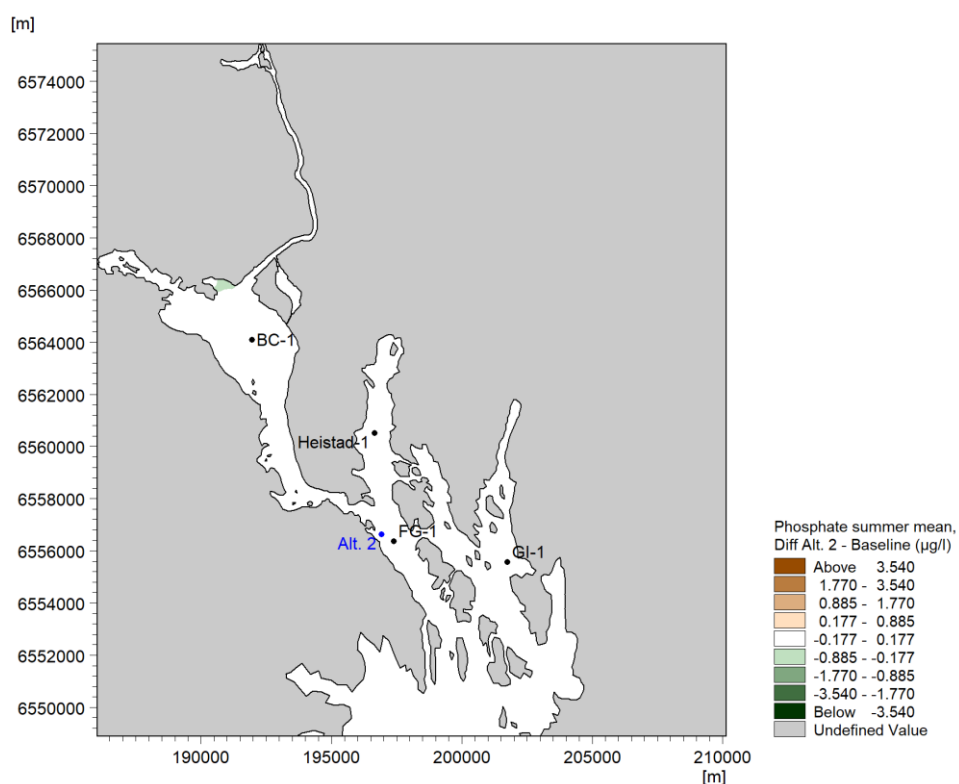
Figur A.3 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



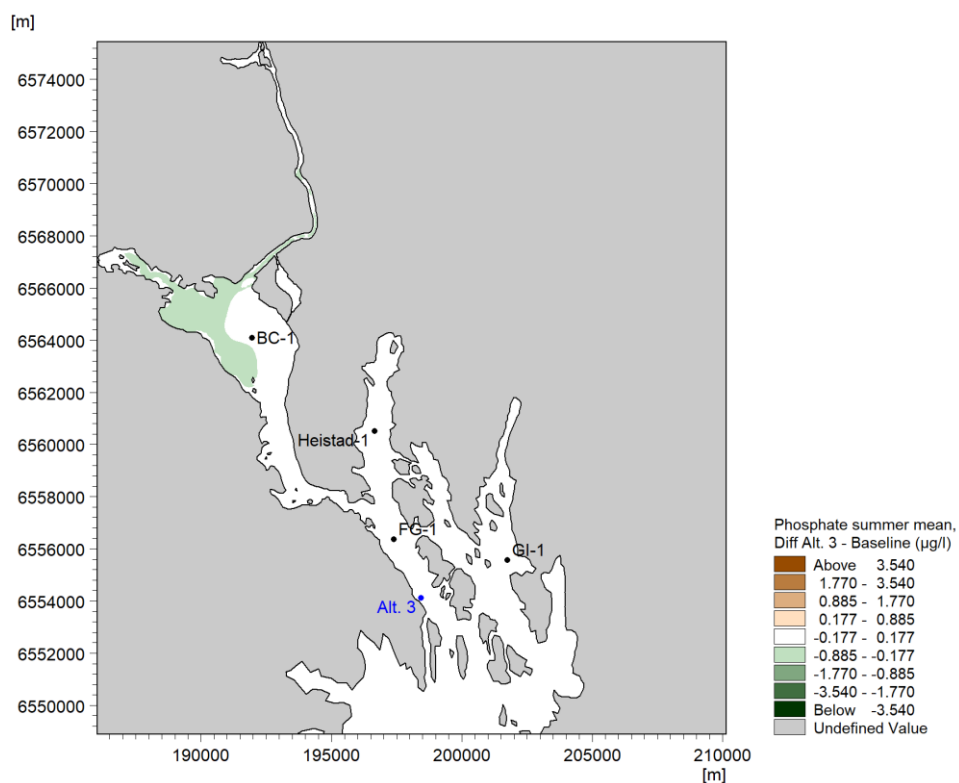
Figur A.4 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



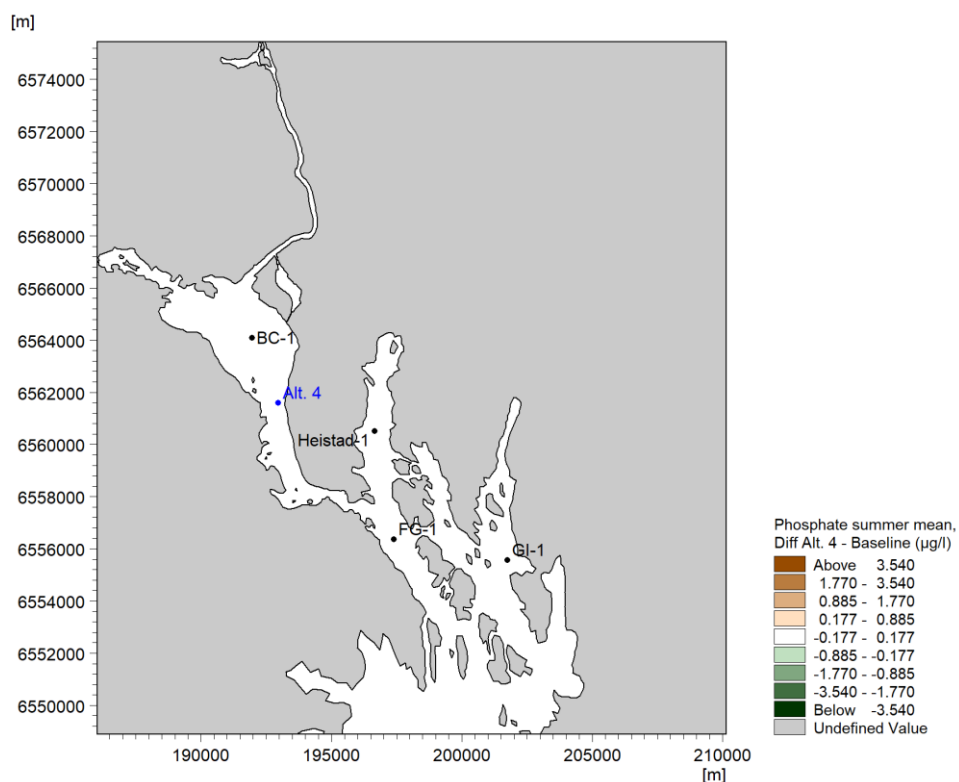
Figur A.5 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



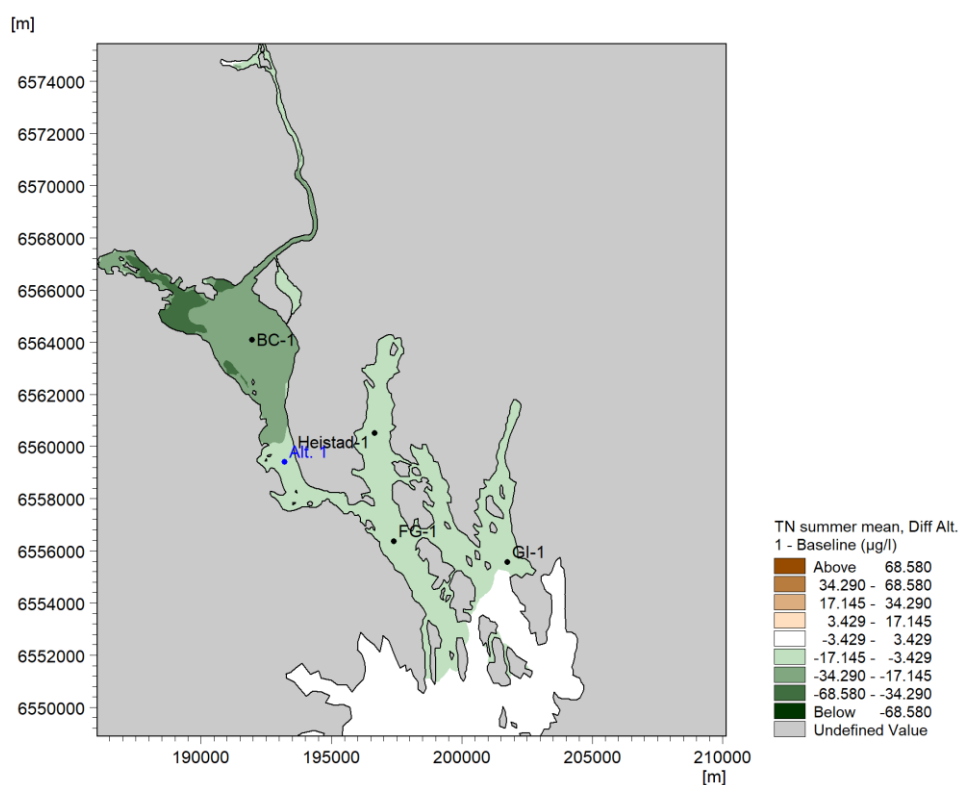
Figur A.6 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



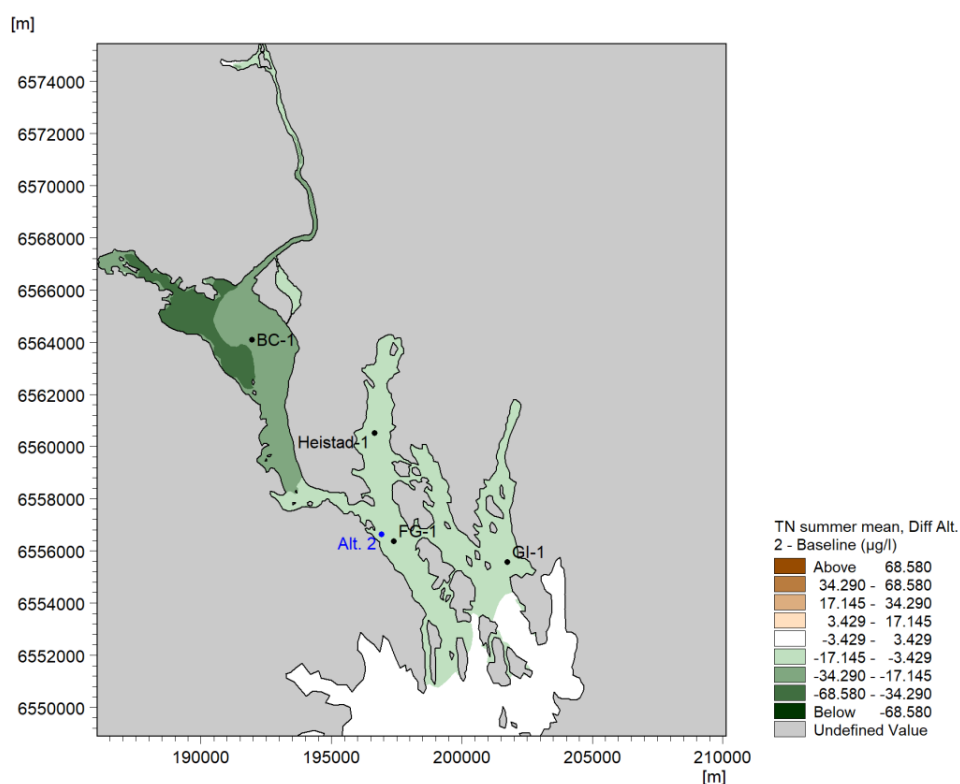
Figur A.7 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



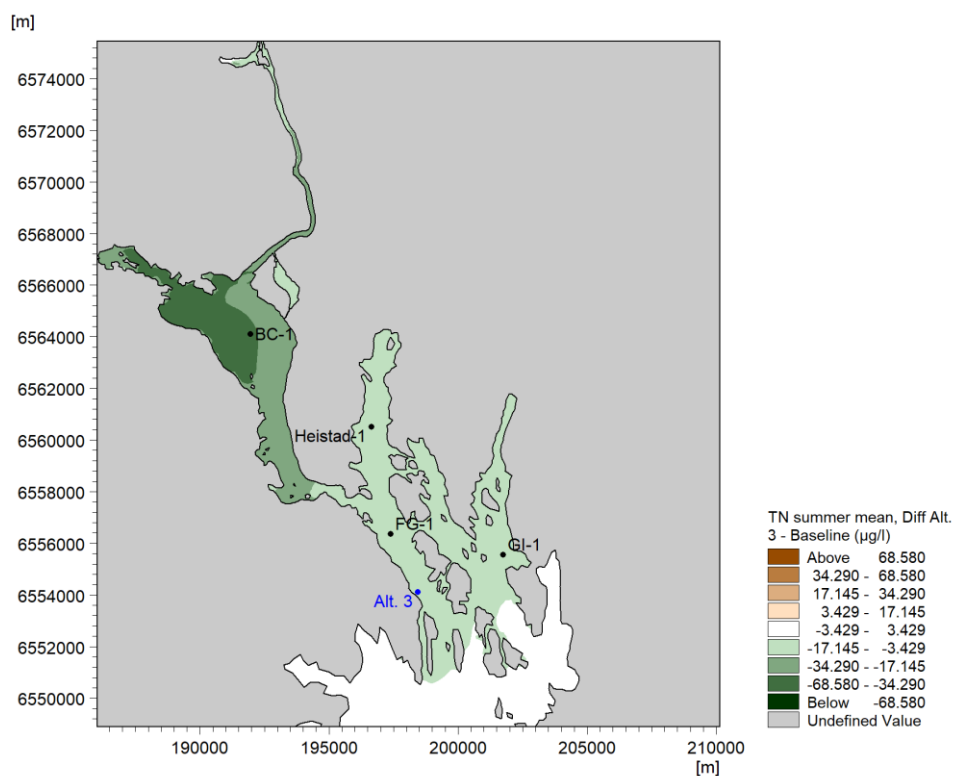
Figur A.8 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



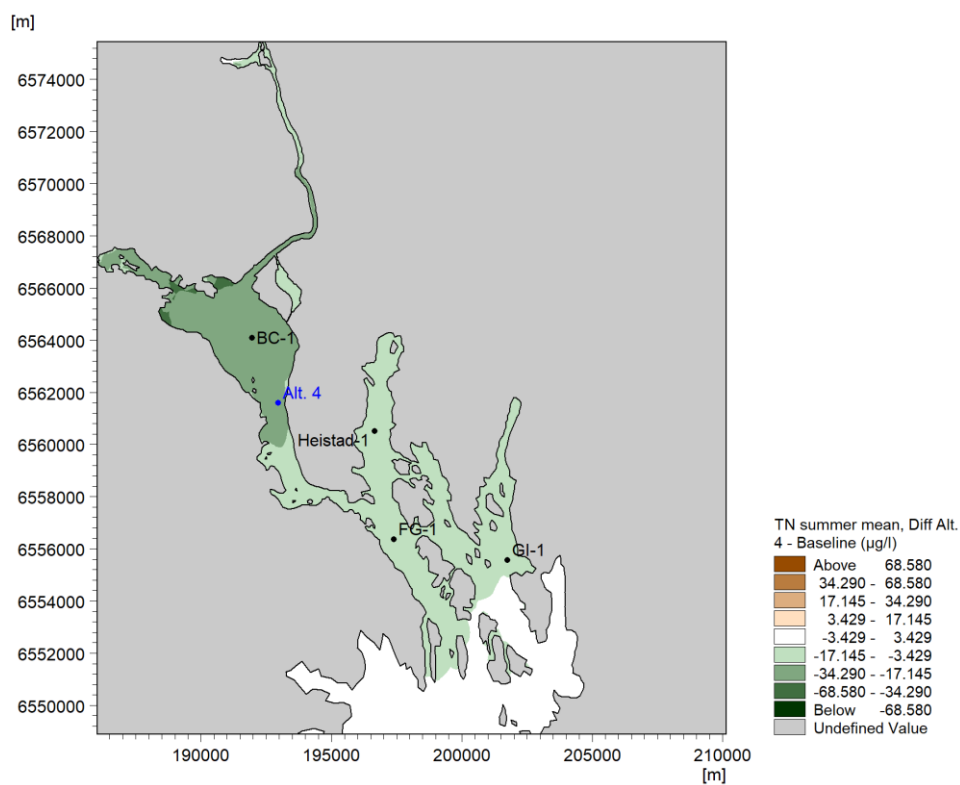
Figur A.9 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



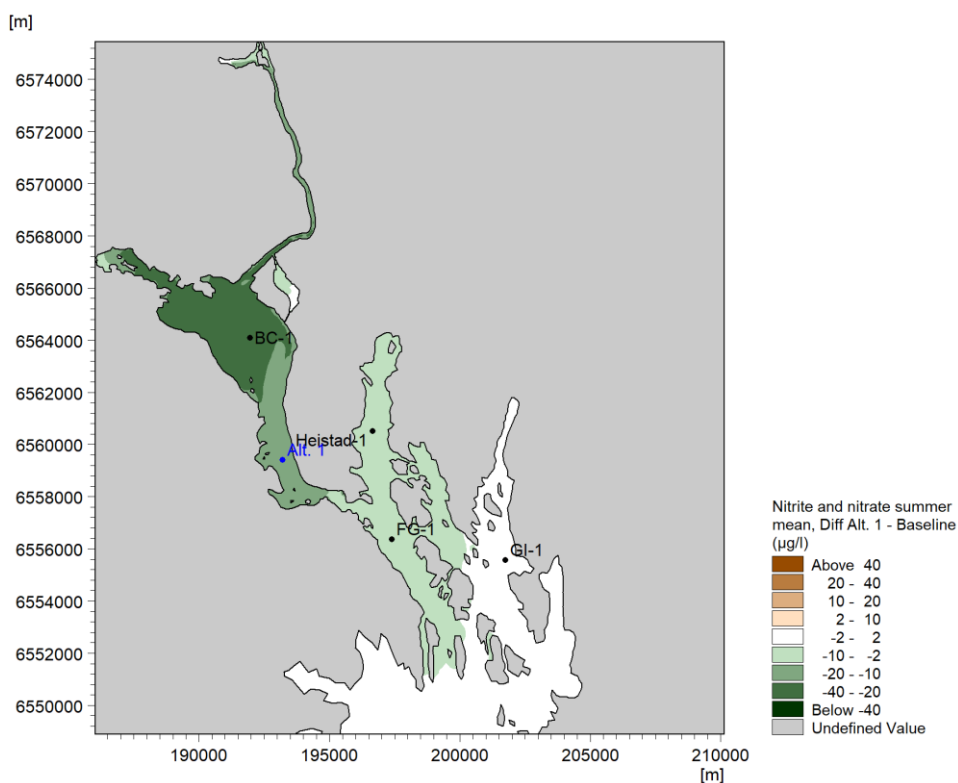
Figur A.10 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



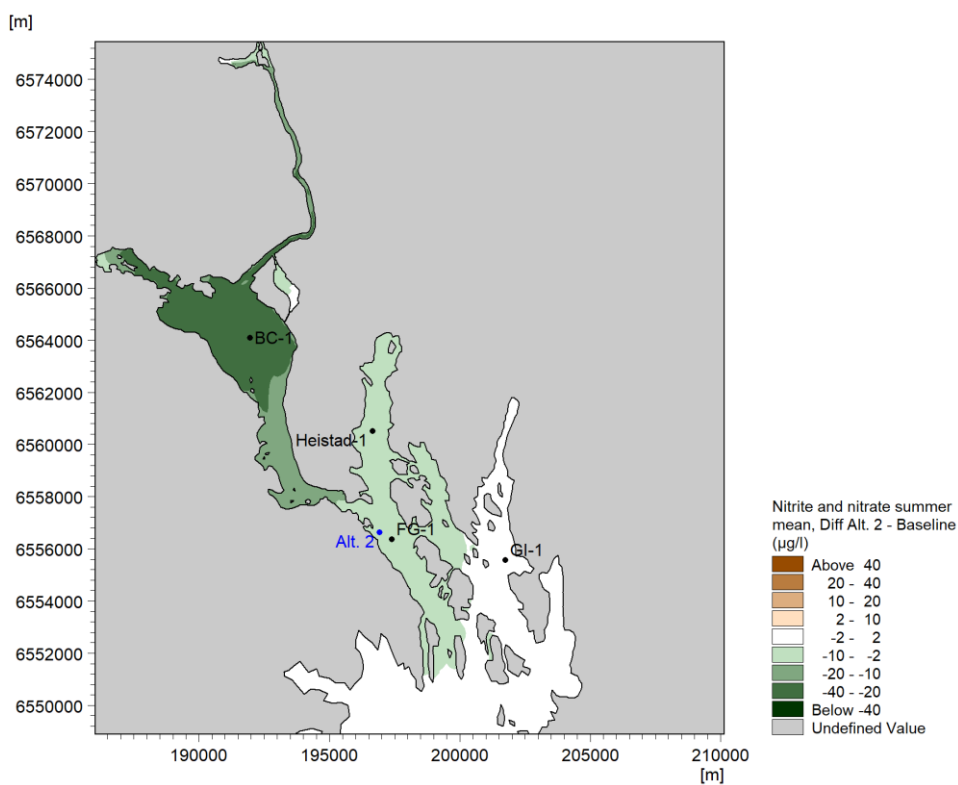
Figur A.11 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



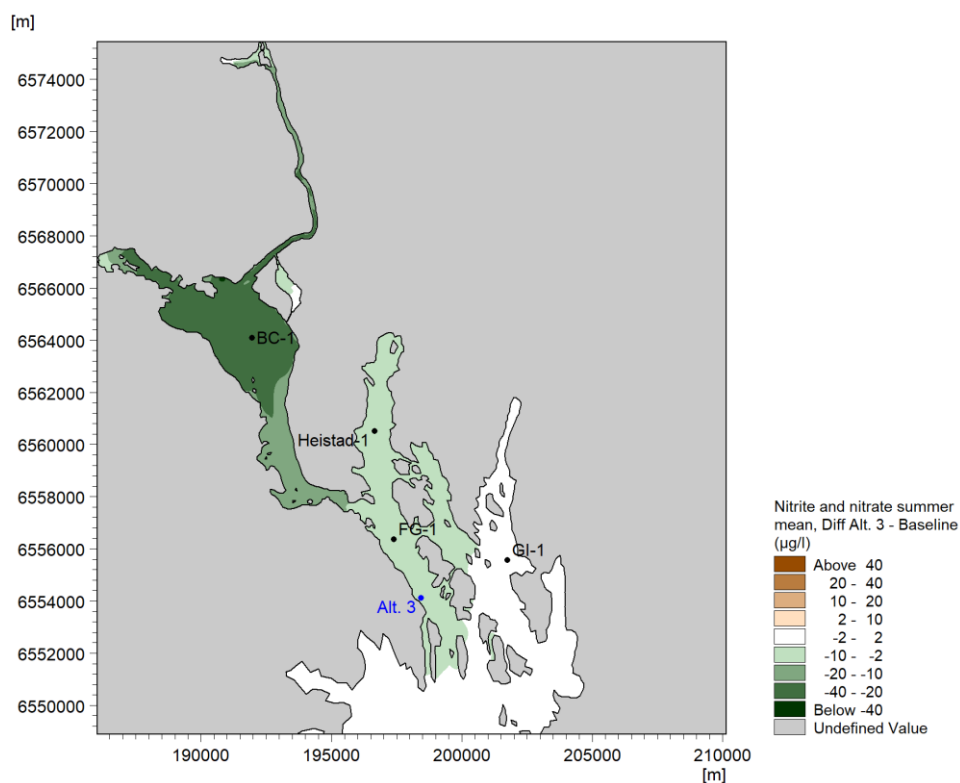
Figur A.12 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



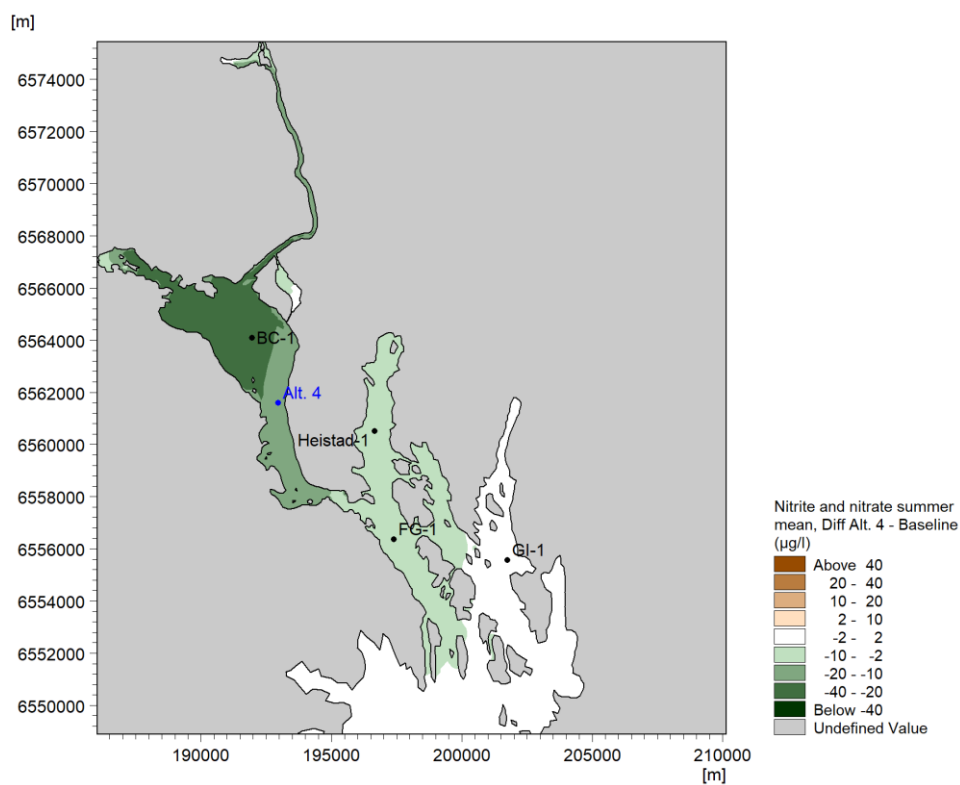
Figur A.13 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



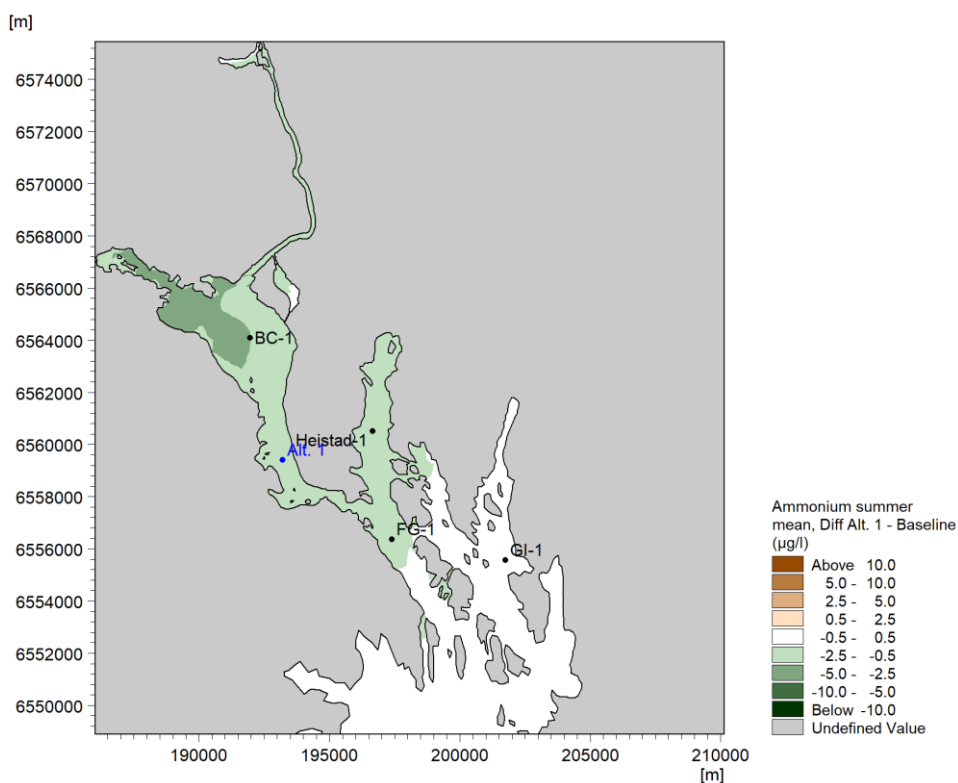
Figur A.14 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



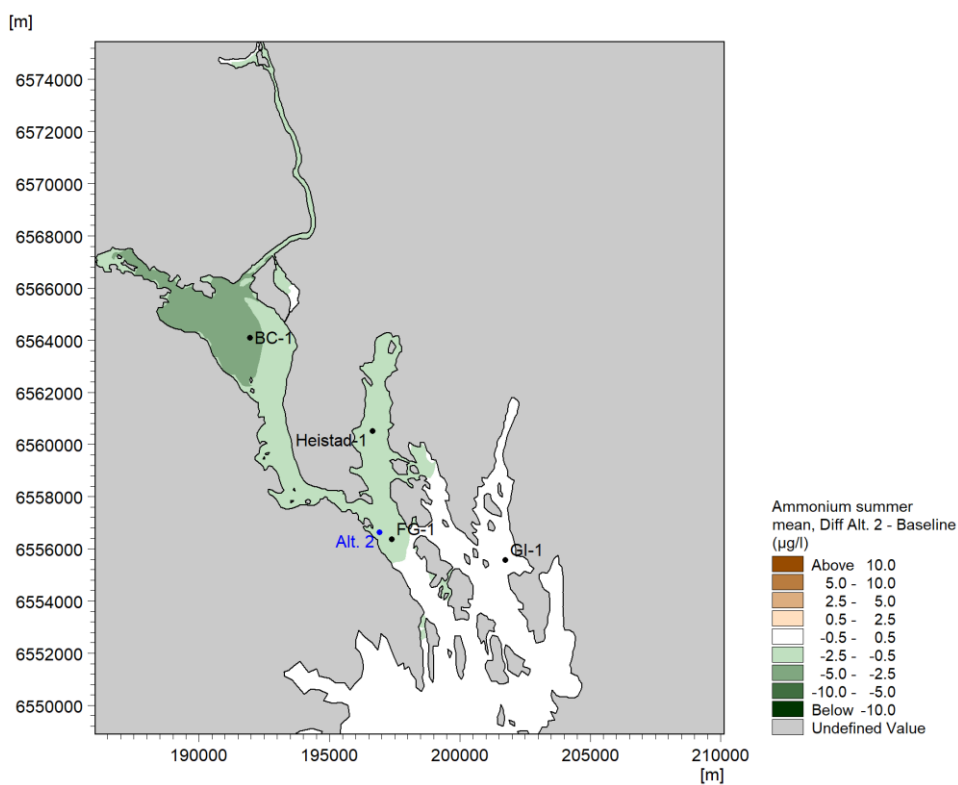
Figur A.15 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



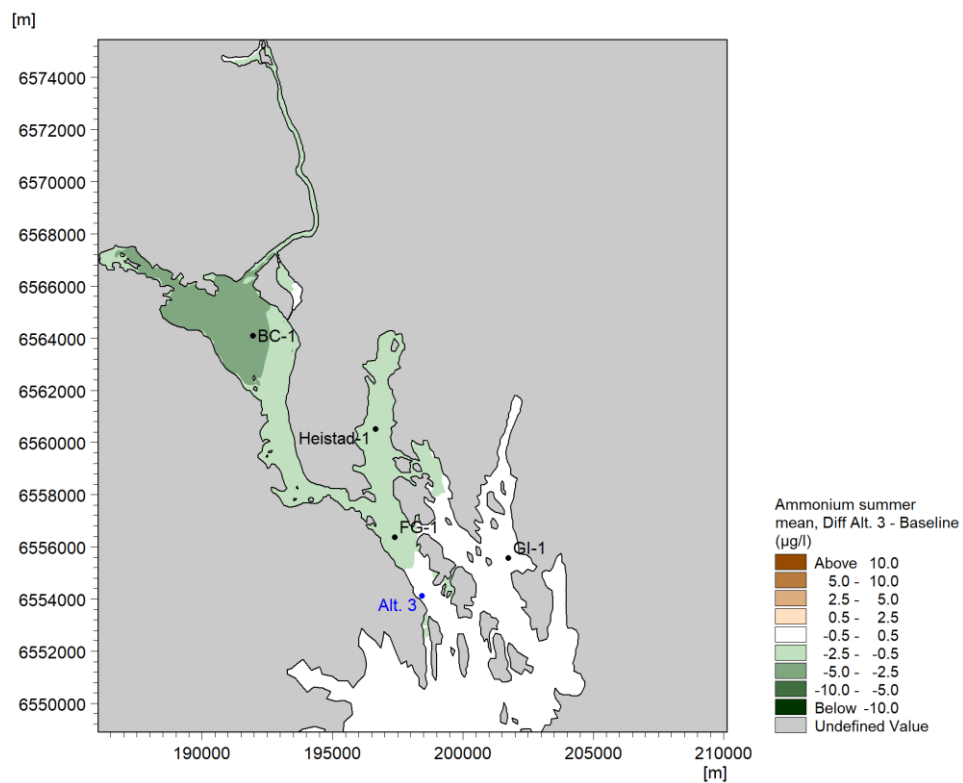
Figur A.16 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



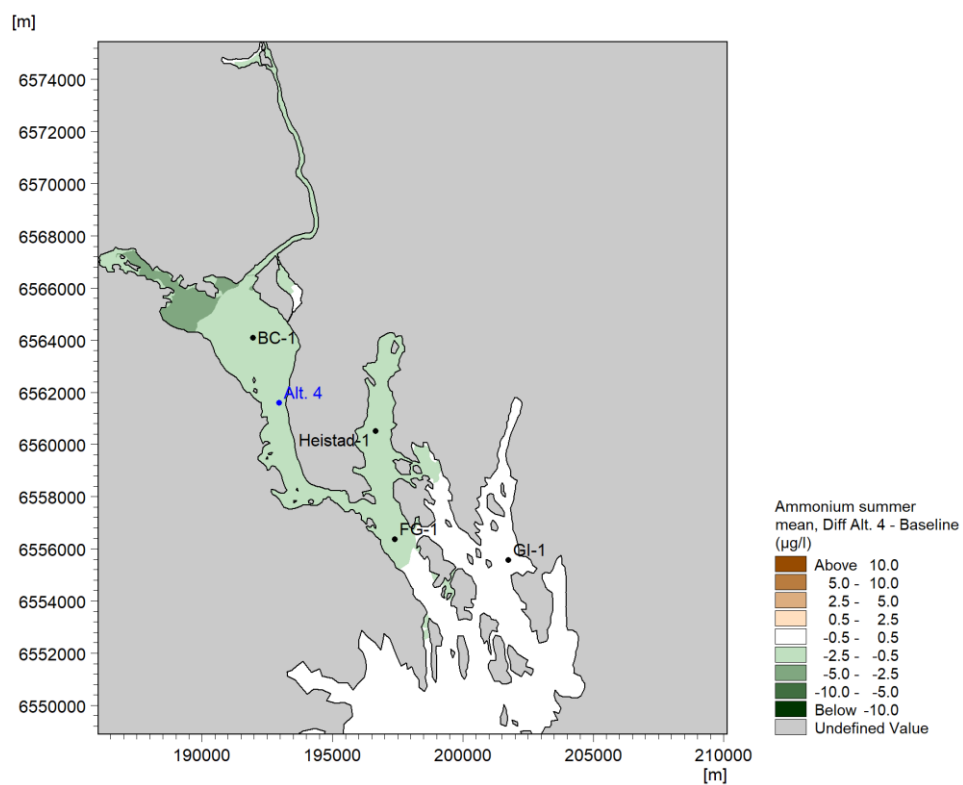
Figur A.17 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



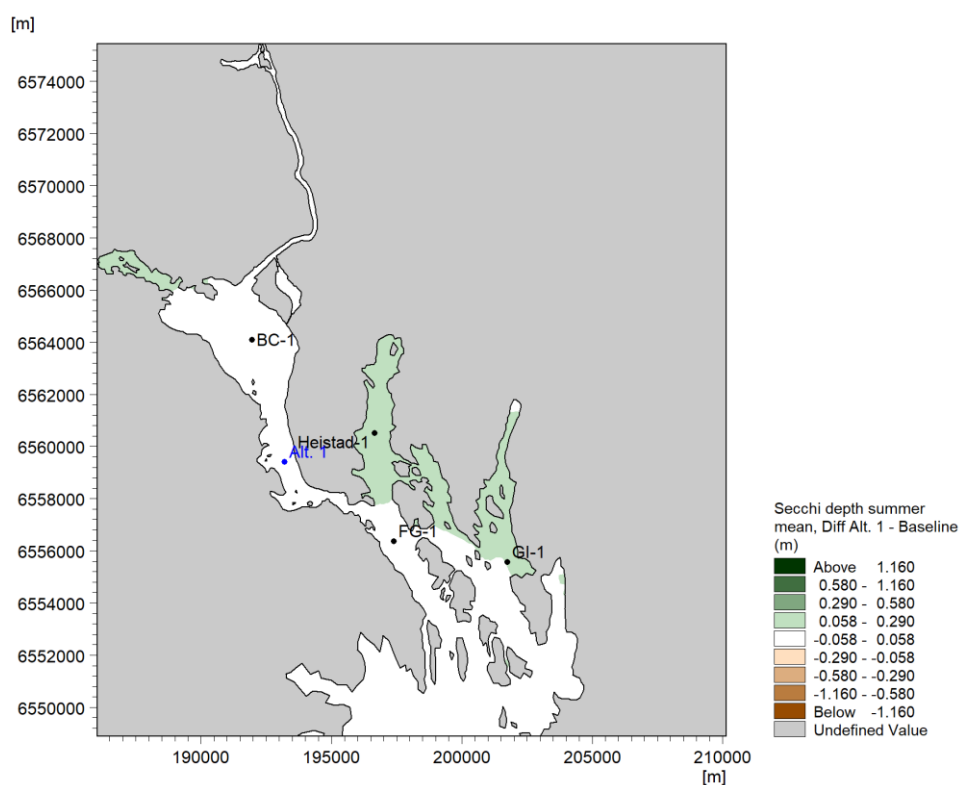
Figur A.18 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



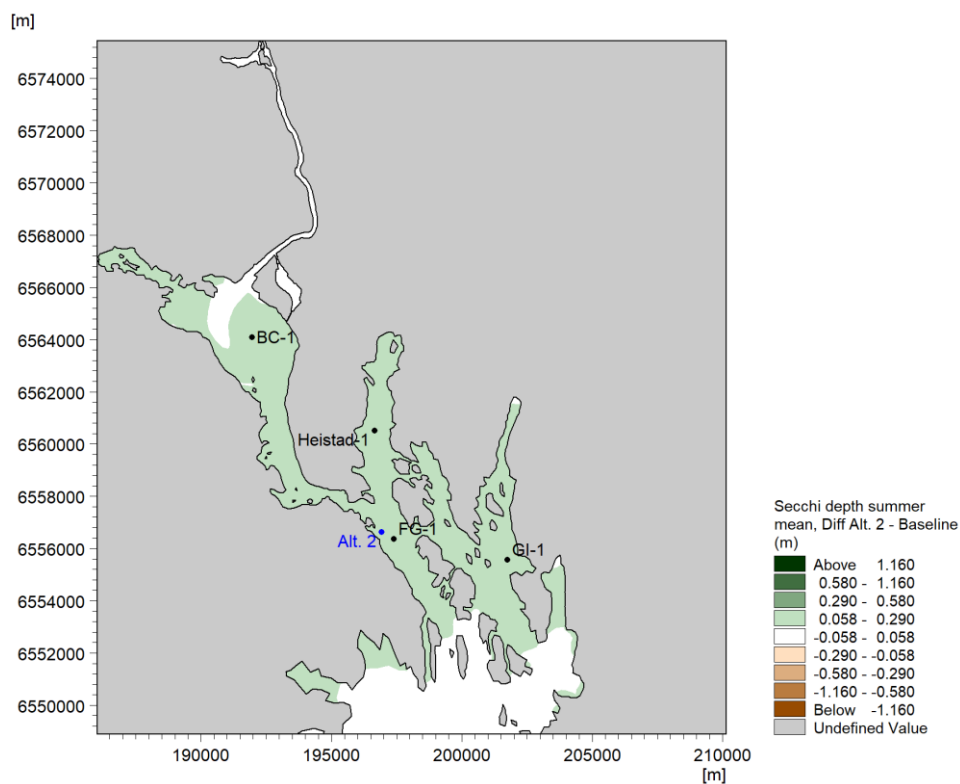
Figur A.19 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



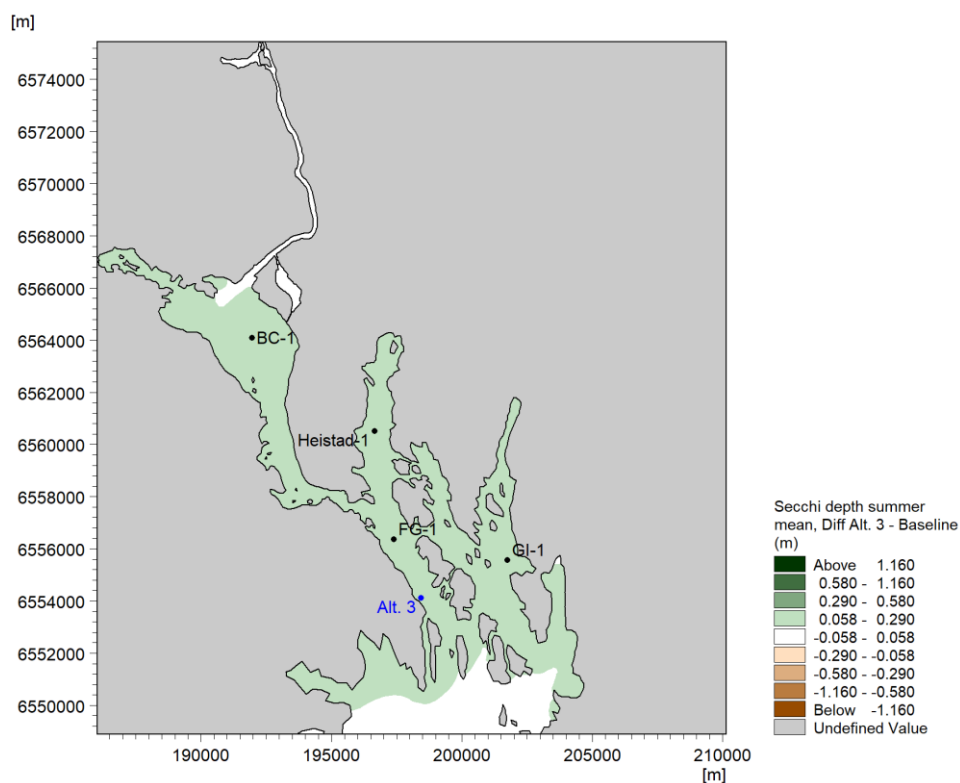
Figur A.20 Forskjell i overflate sommerkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



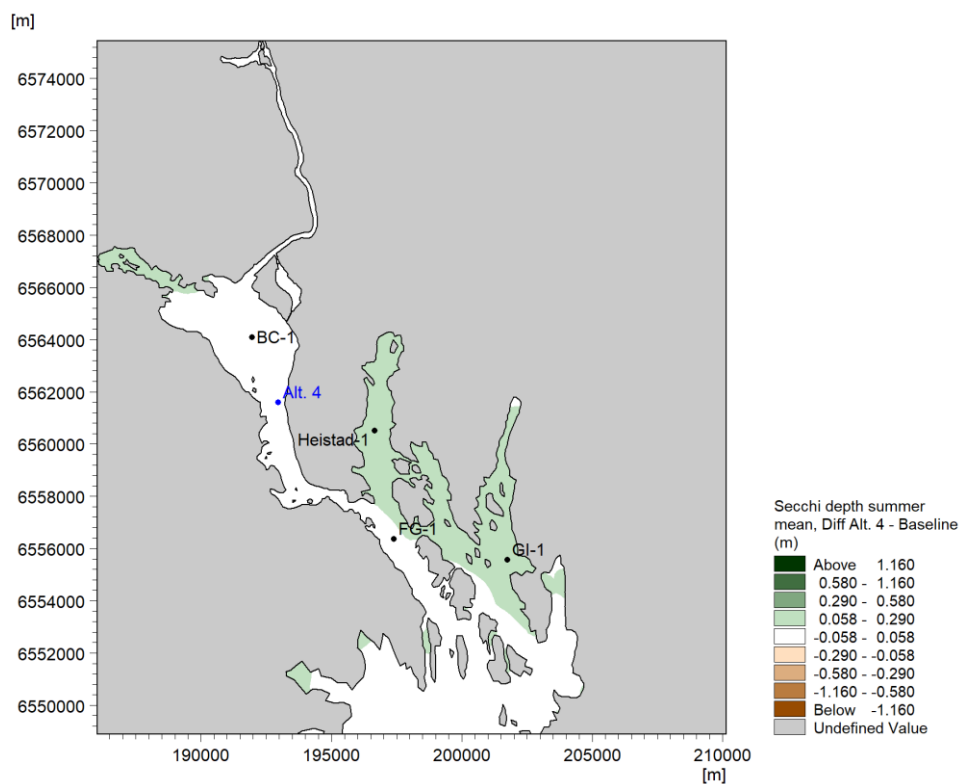
Figur A.21 Forskjell i sommer siktdybde (juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



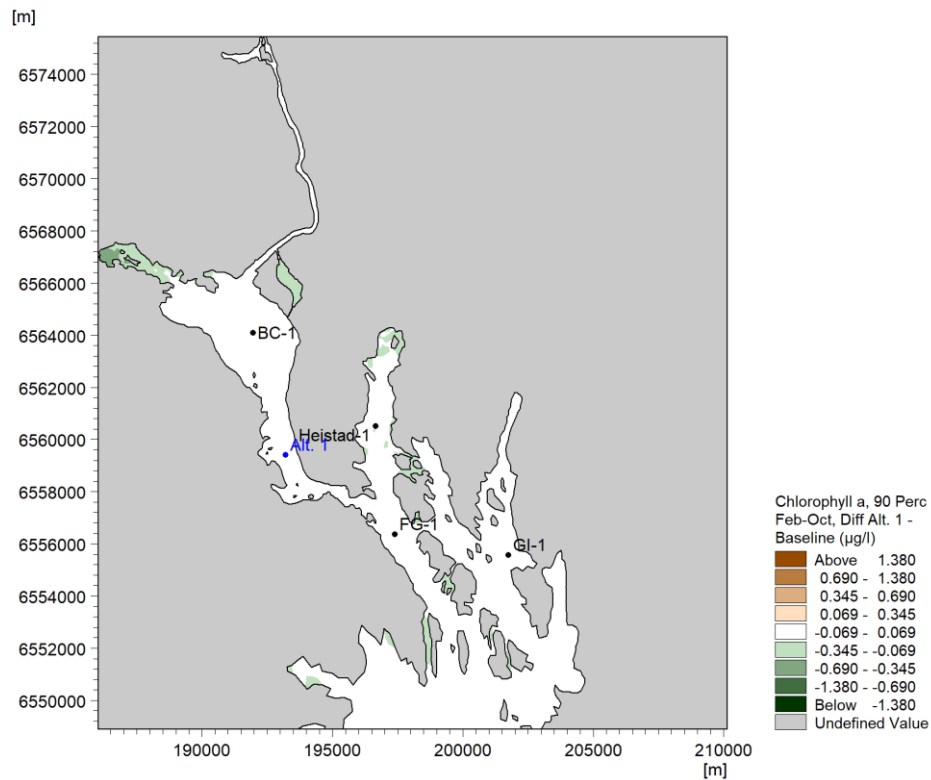
Figur A.22 Forskjell i sommer siktdybde (juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



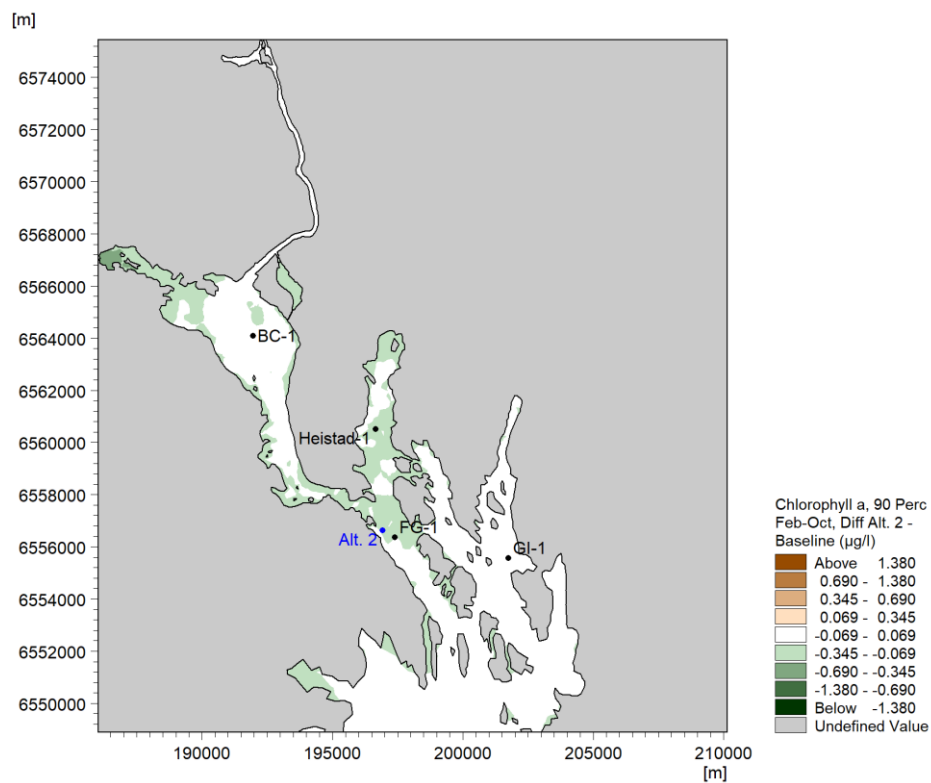
Figur A.23 Forskjell i sommer siktdybde (juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



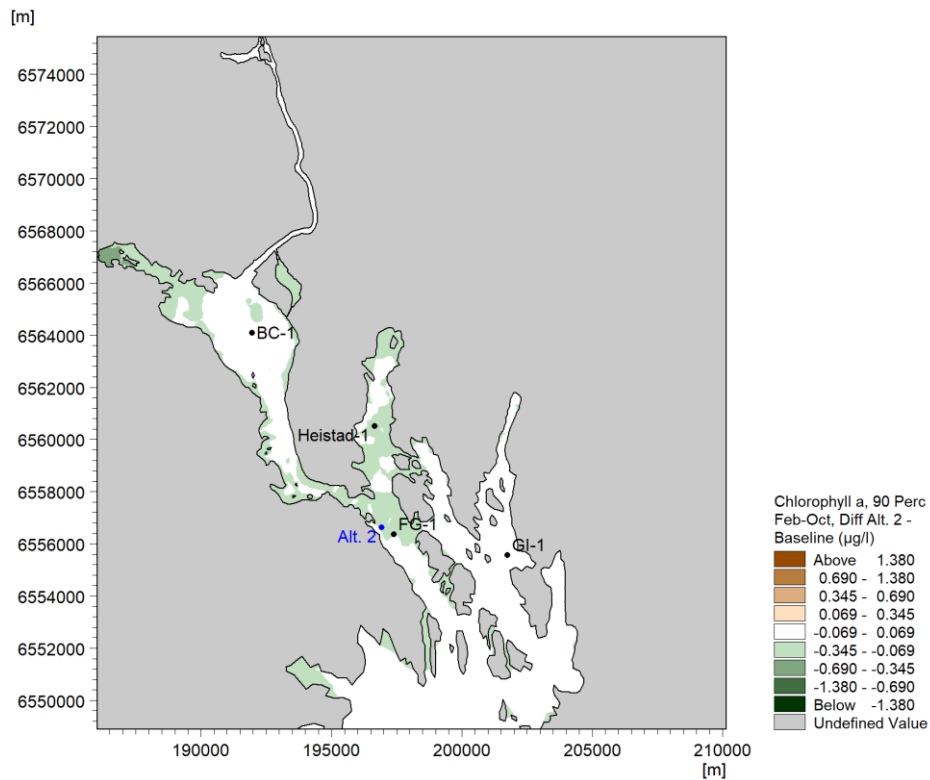
Figur A.24 Forskjell i sommer siktdybde (juni-august, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



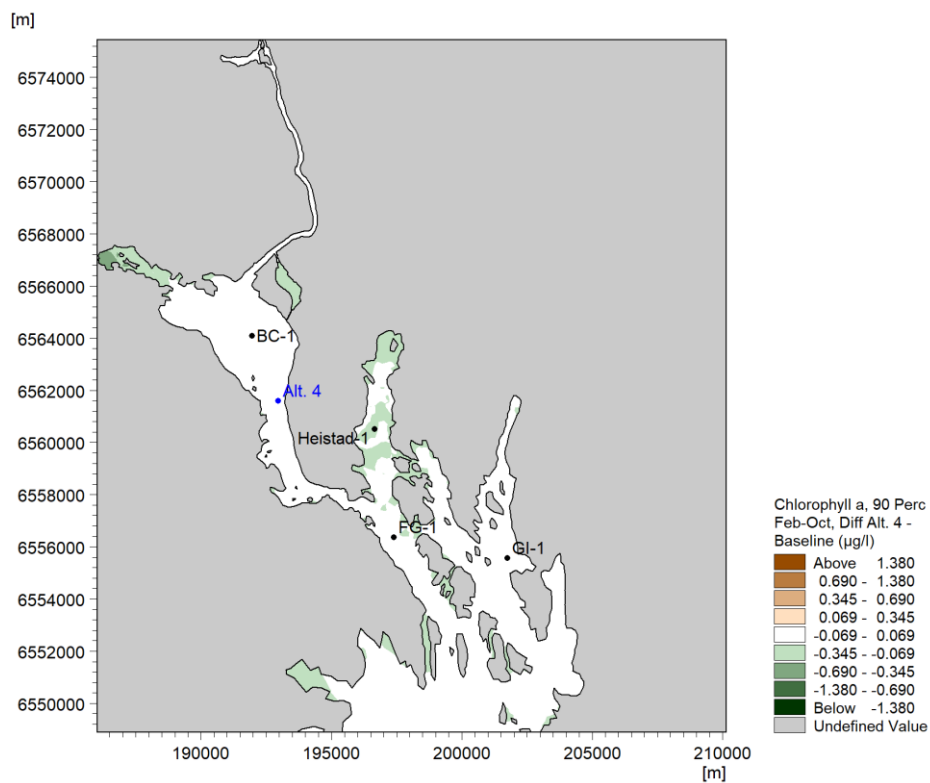
Figur A.25 Forskjell i overflate Klorofyll-a i produksjonsperioden (0-10 m, mars-september, 90 persentil for siste 5 år) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



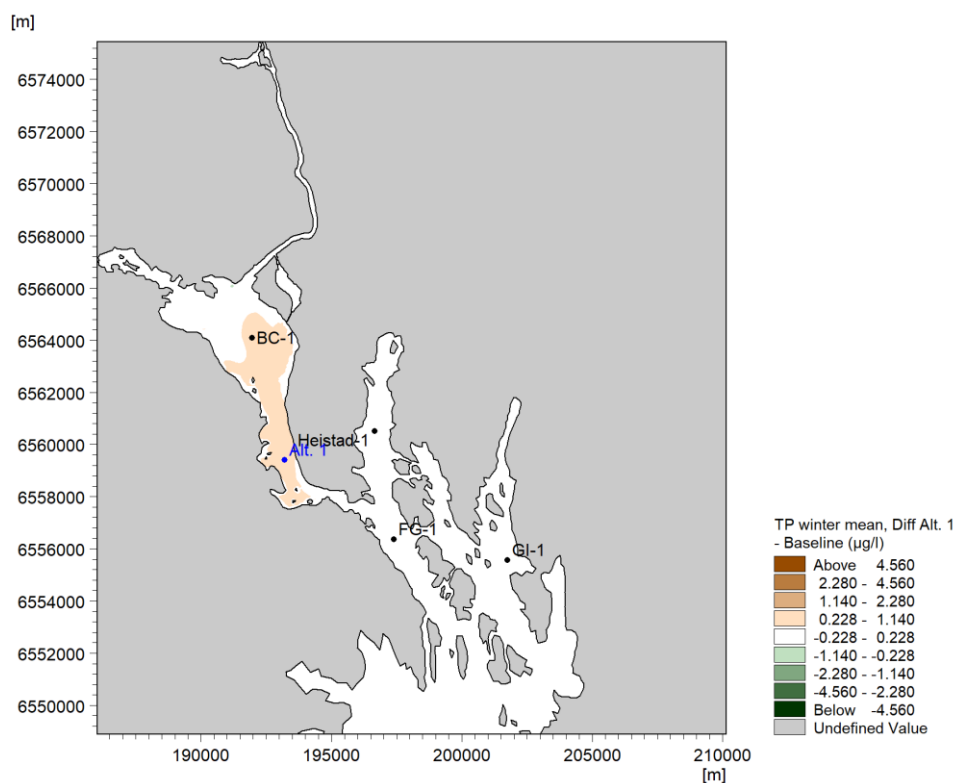
Figur A.26 Forskjell i overflate Klorofyll-a i produksjonsperioden (0-10 m, mars-september, 90 persentil for siste 5 år) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



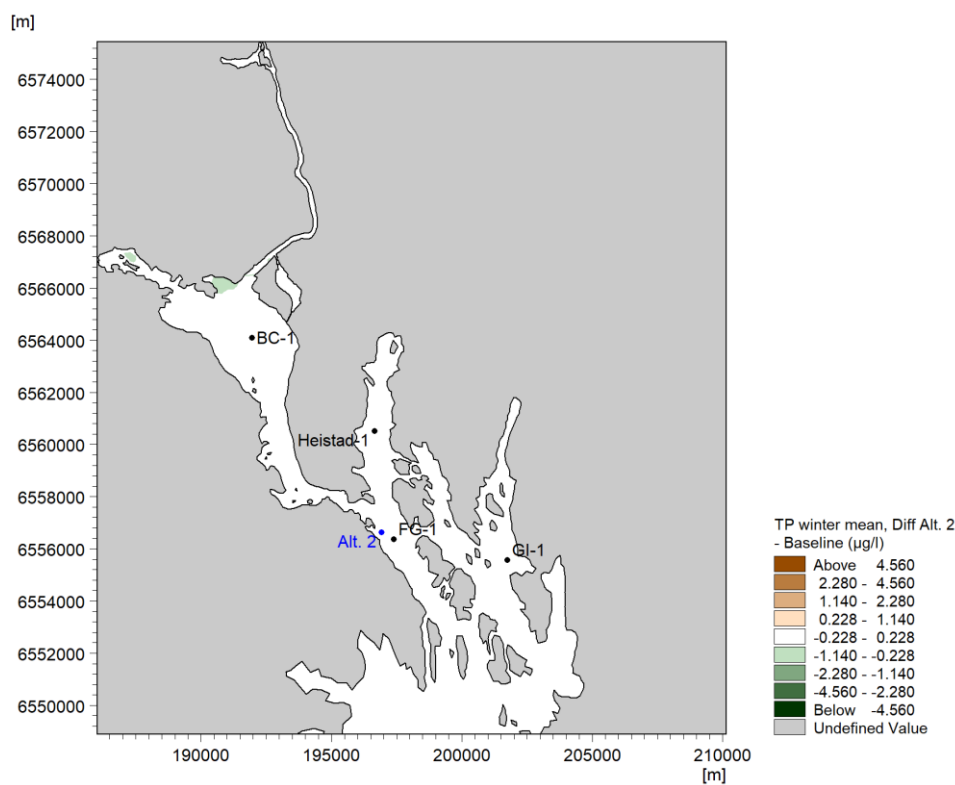
Figur A.27 Forskjell i overflate Klorofyll-a i produksjonsperioden (0-10 m, mars-september, 90 persentil for siste 5 år) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



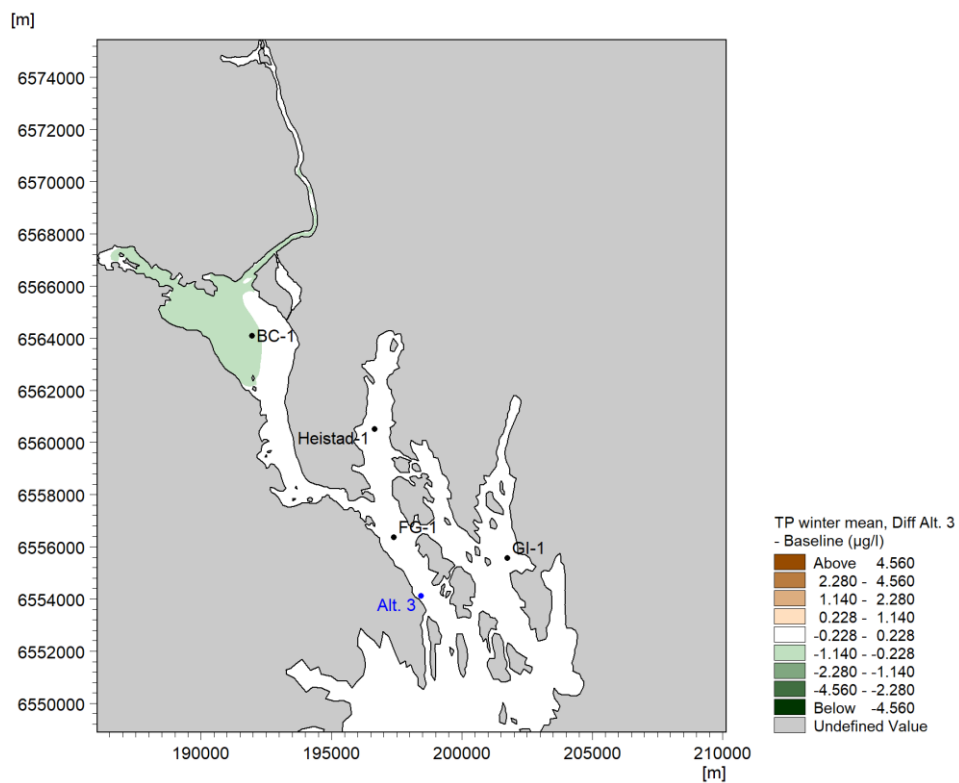
Figur A.28 Forskjell i overflate Klorofyll-a i produksjonsperioden (0-10 m, mars-september, 90 persentil for siste 5 år) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



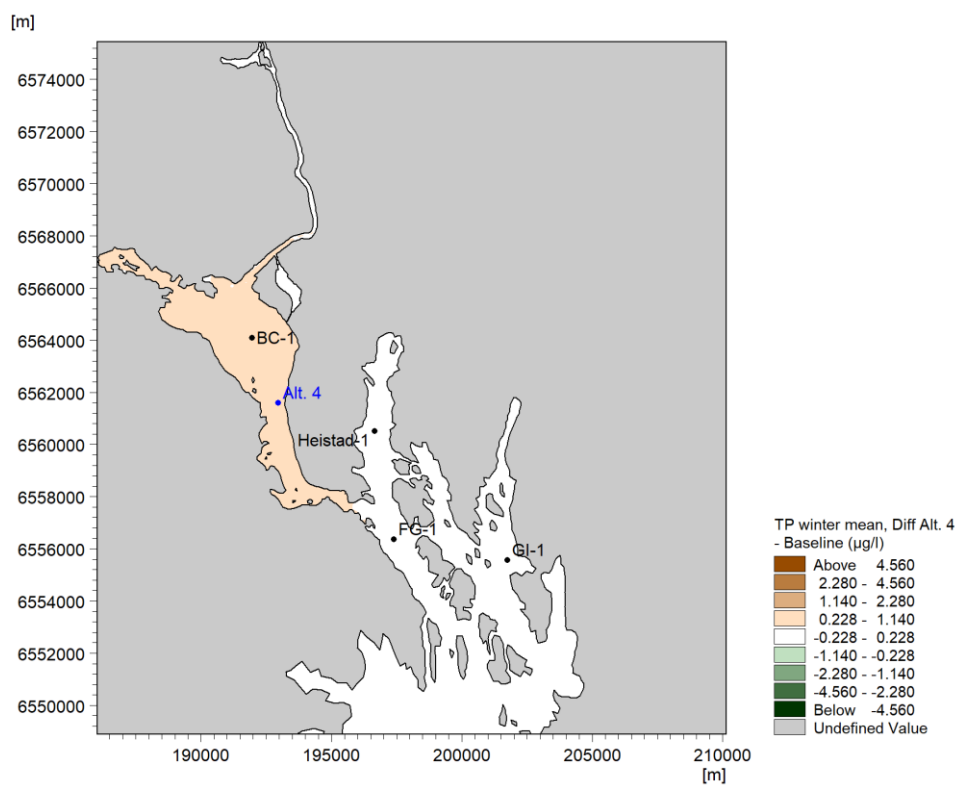
Figur A.29 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



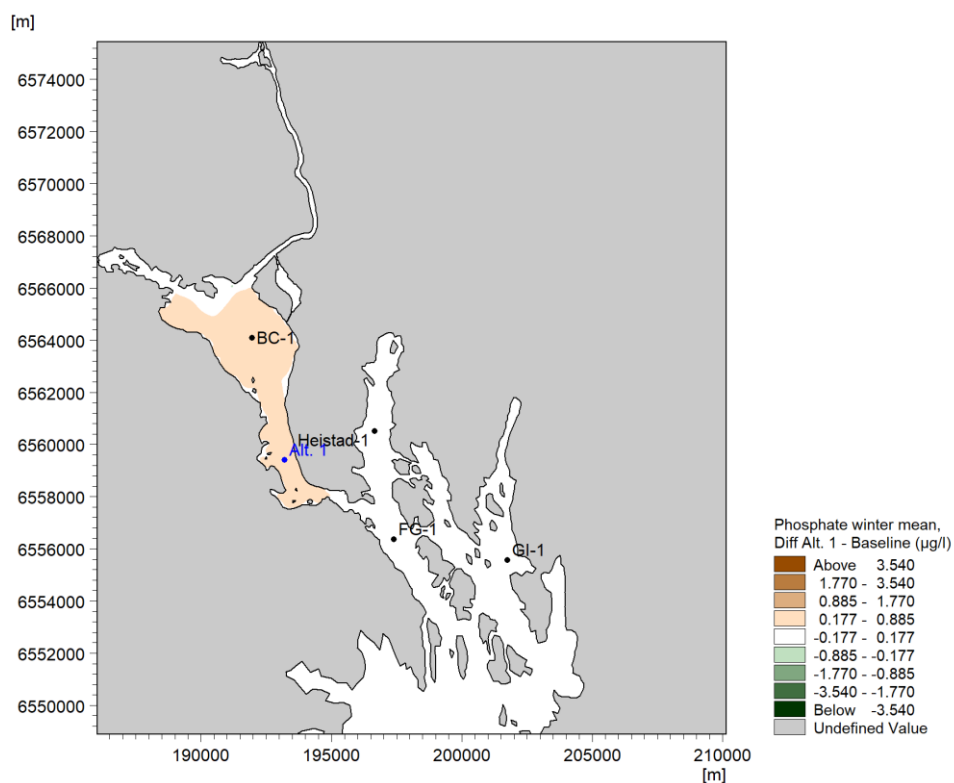
Figur A.30 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



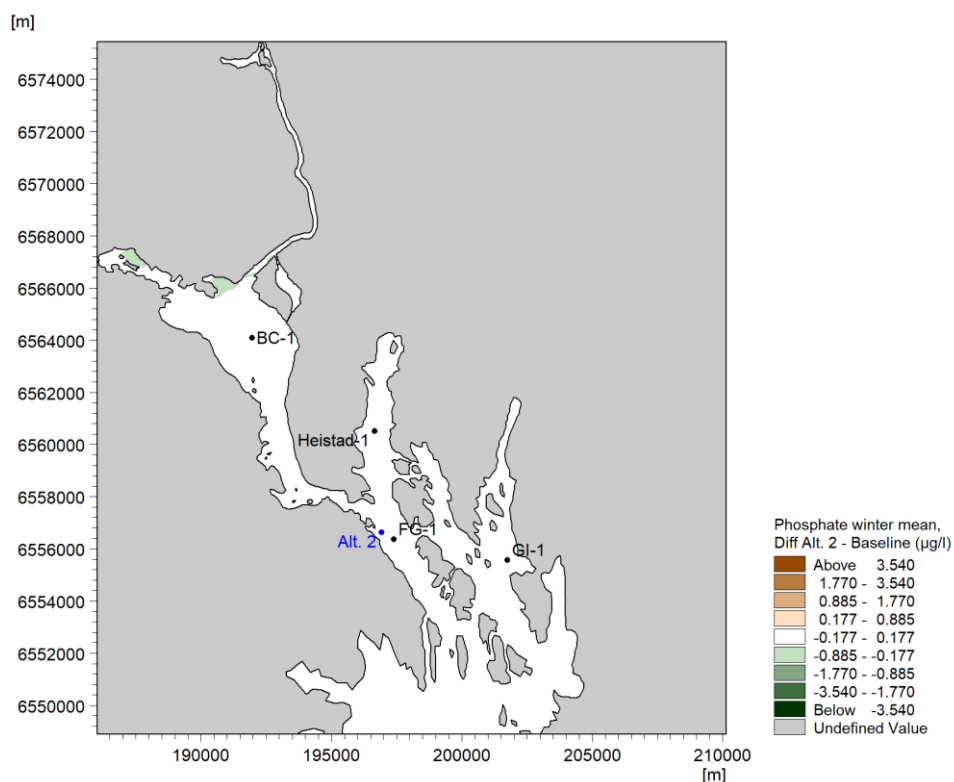
Figur A.31 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



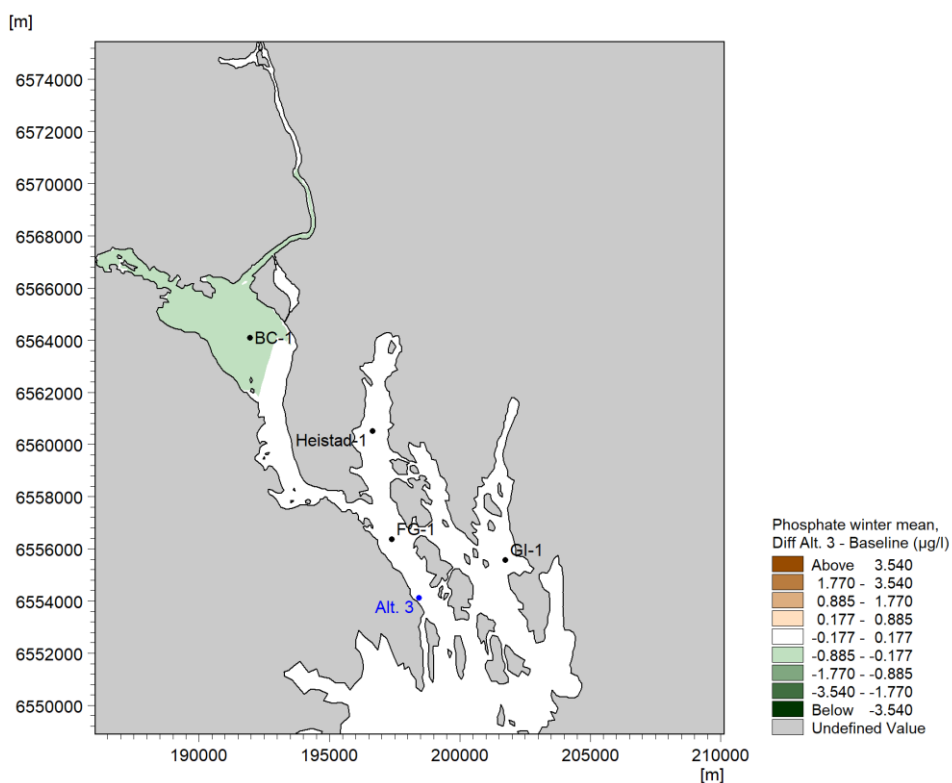
Figur A.32 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total fosfor (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



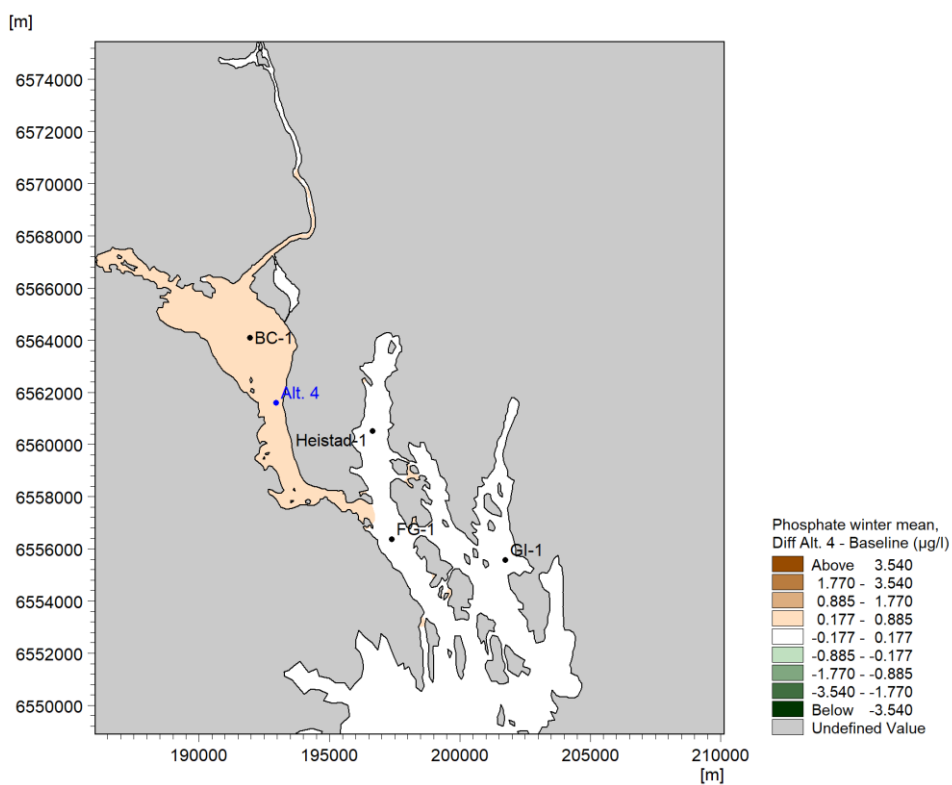
Figur A.33 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline Grønne farger er forbedring, røde forverring.



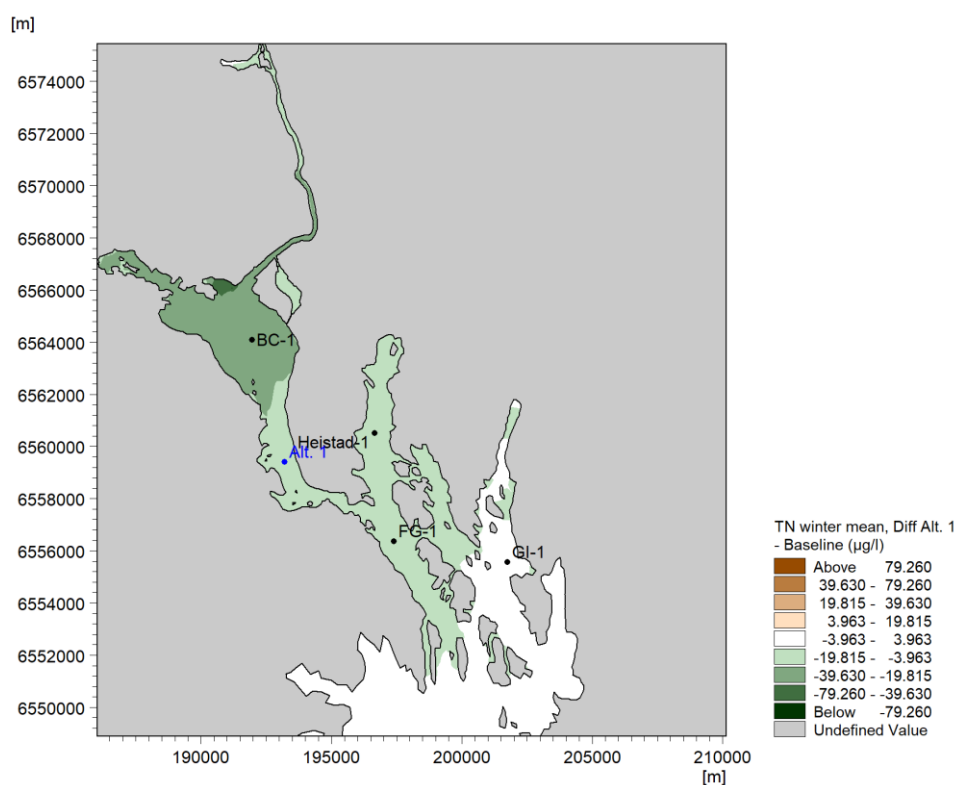
Figur A.34 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline Grønne farger er forbedring, røde forverring.



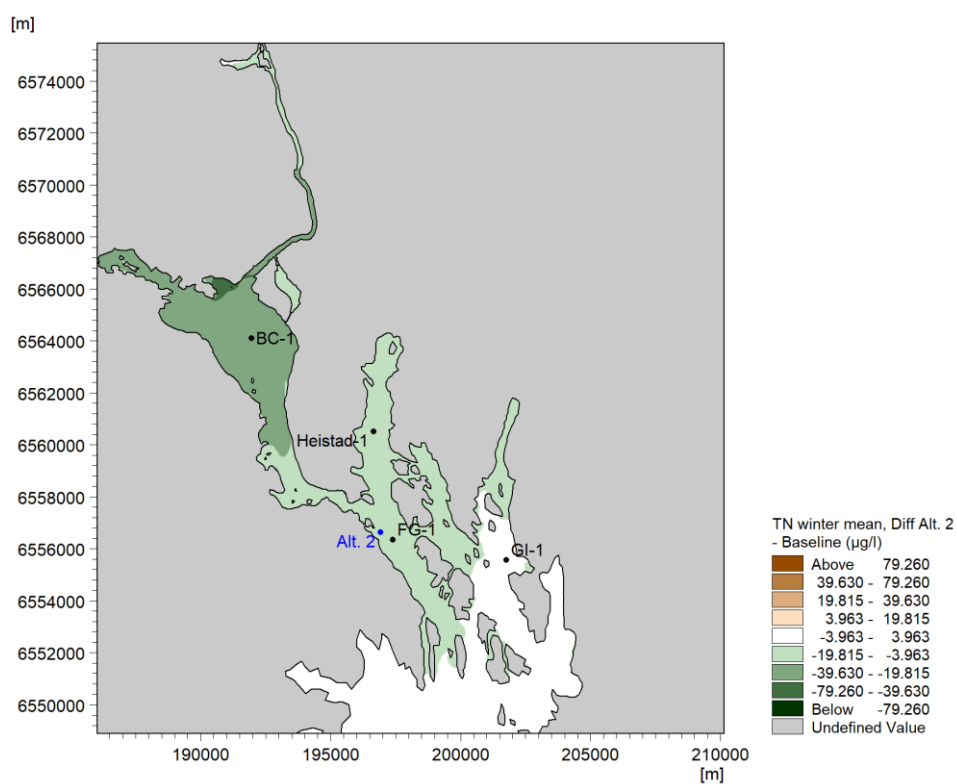
Figur A.35 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline Grønne farger er forbedring, røde forverring.



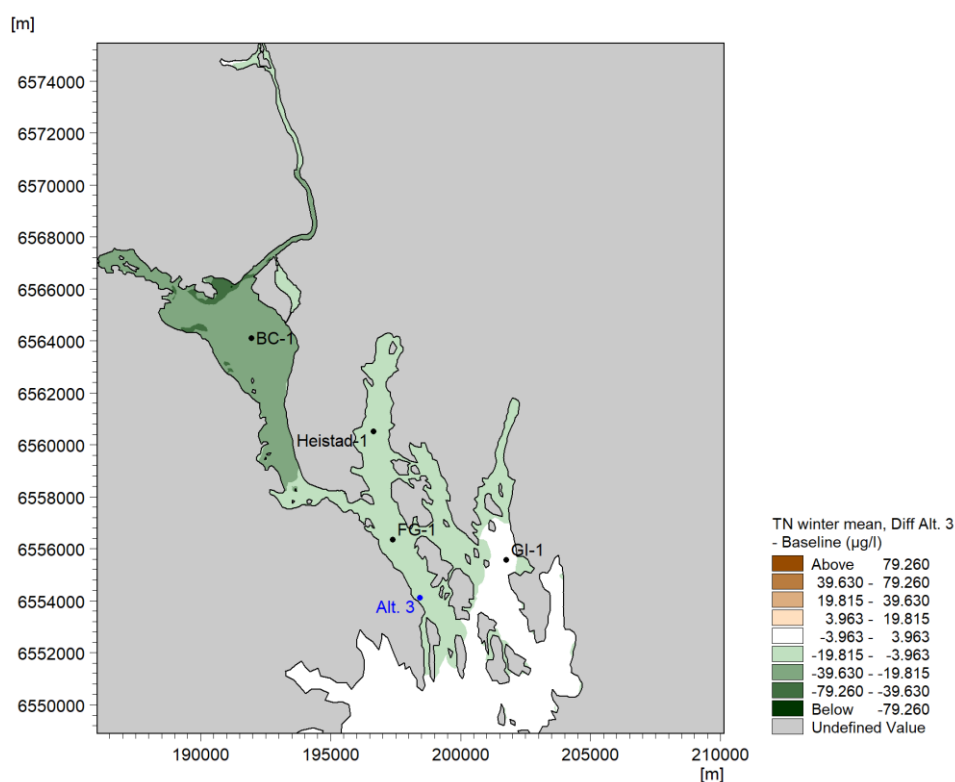
Figur A.36 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av fosfat (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline Grønne farger er forbedring, røde forverring.



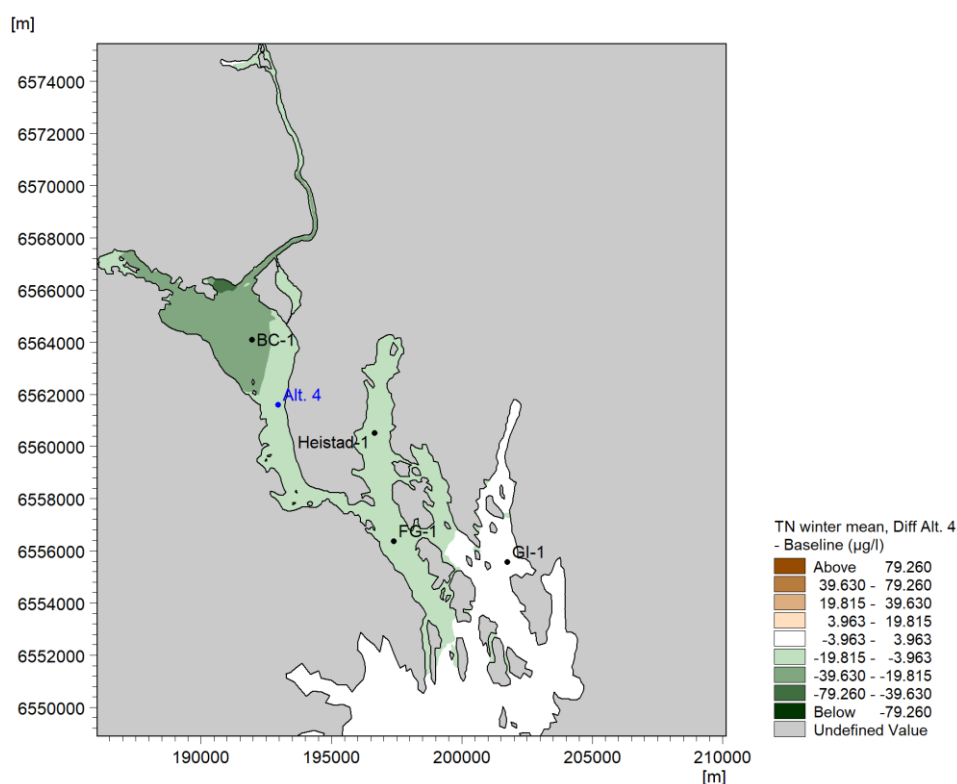
Figur A.37 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



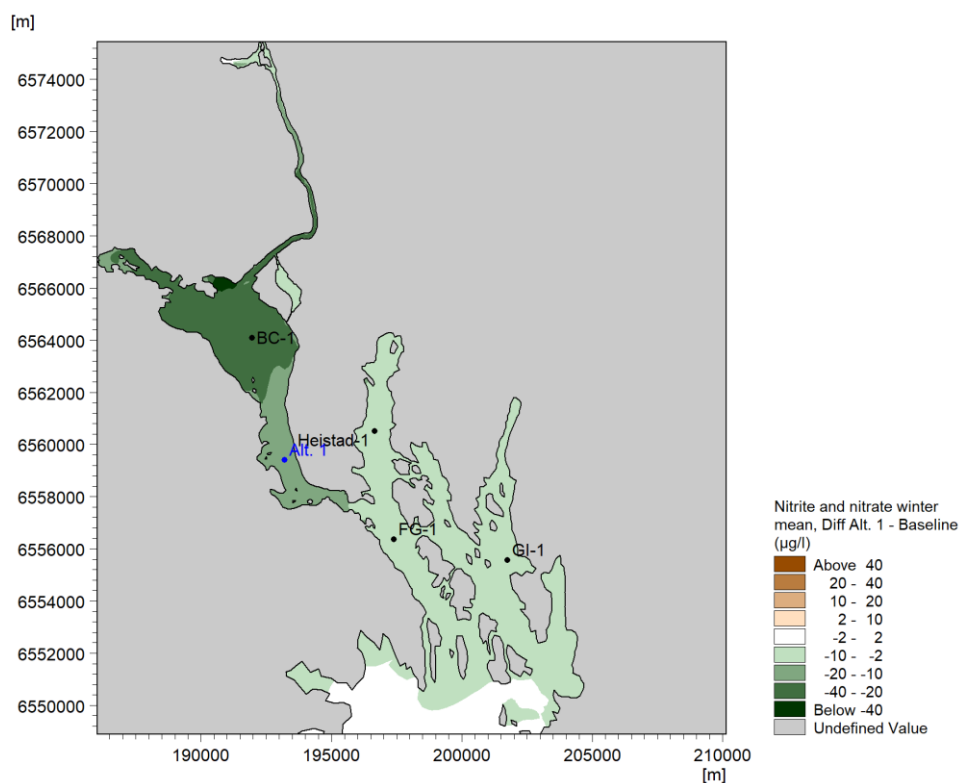
Figur A.38 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



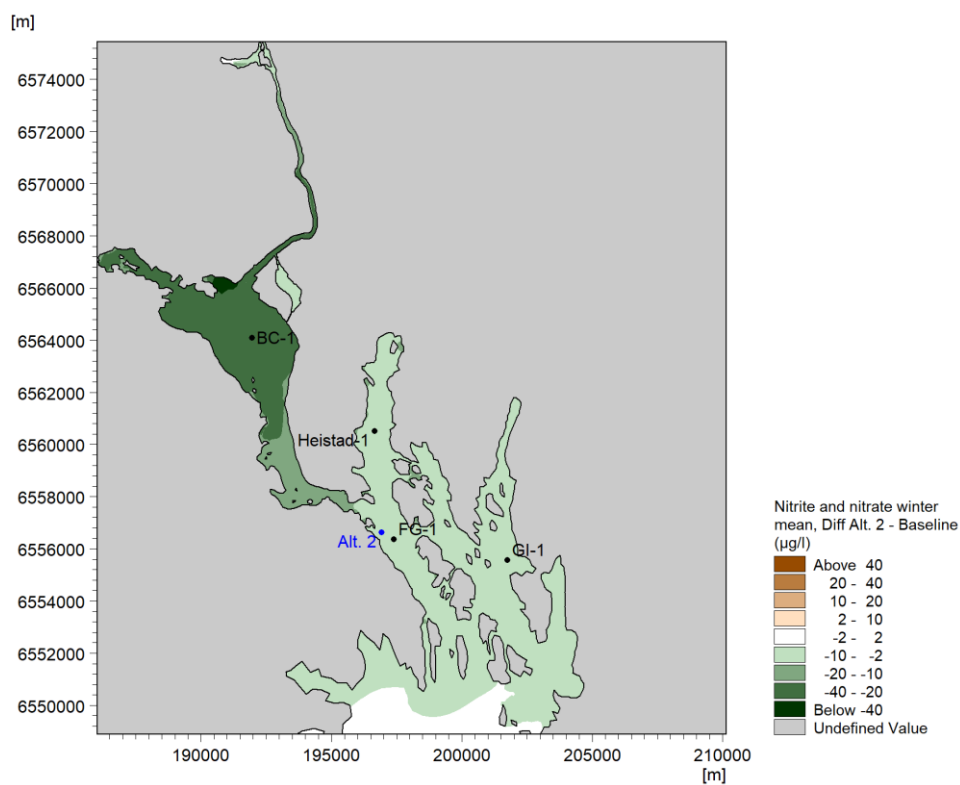
Figur A.39 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



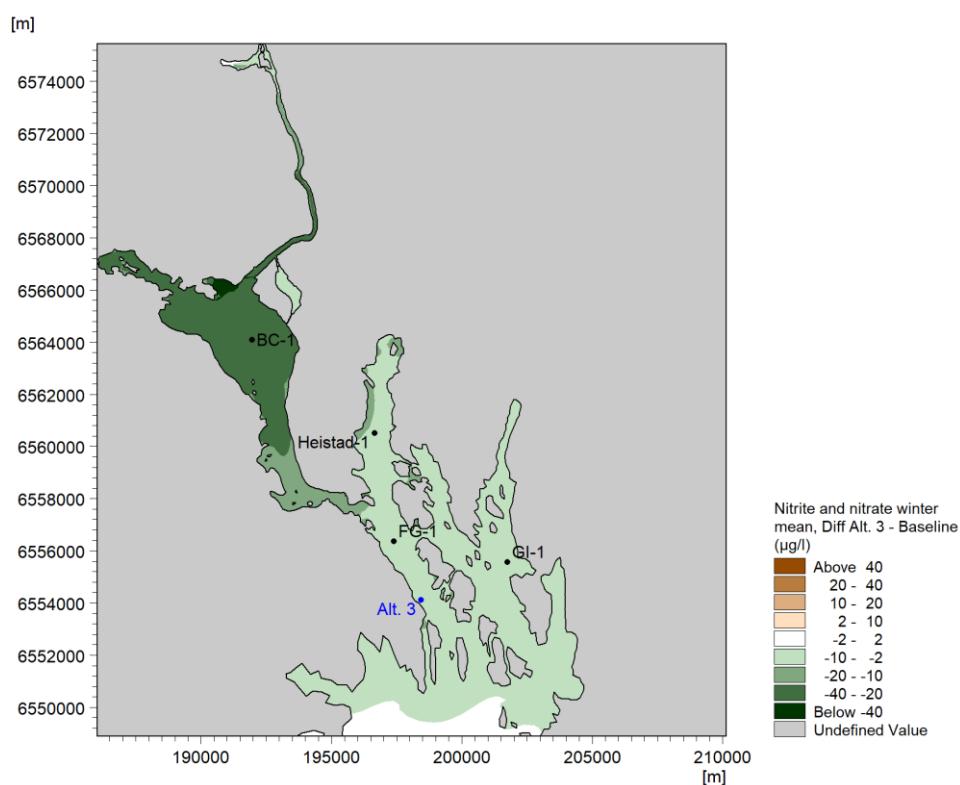
Figur A.40 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av total nitrogen (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



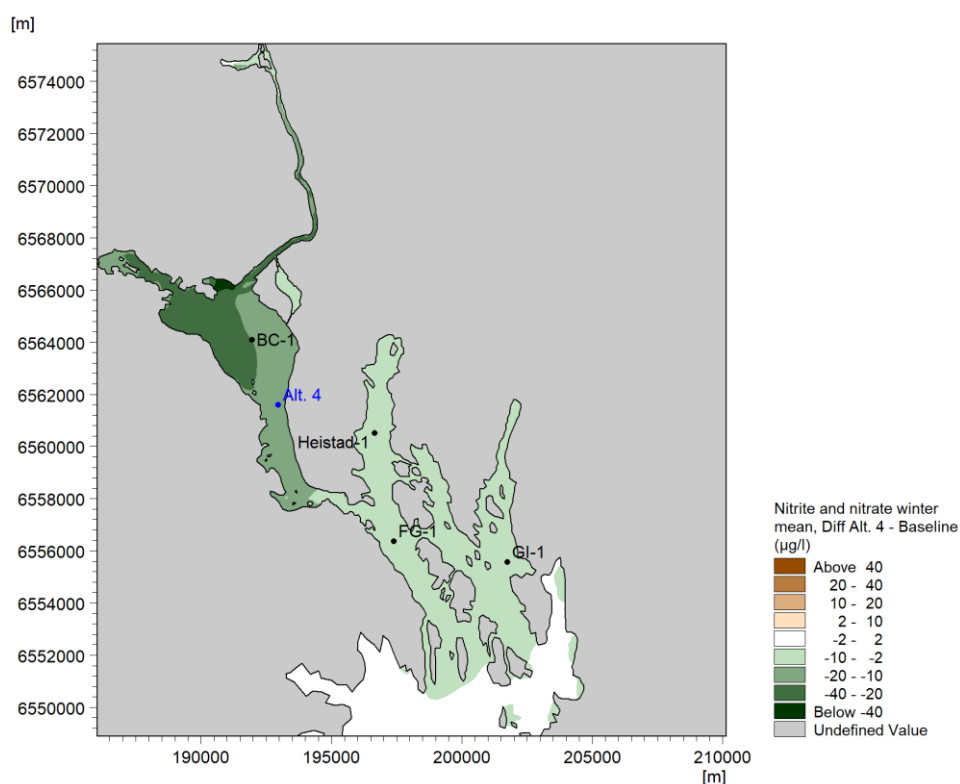
Figur A.41 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



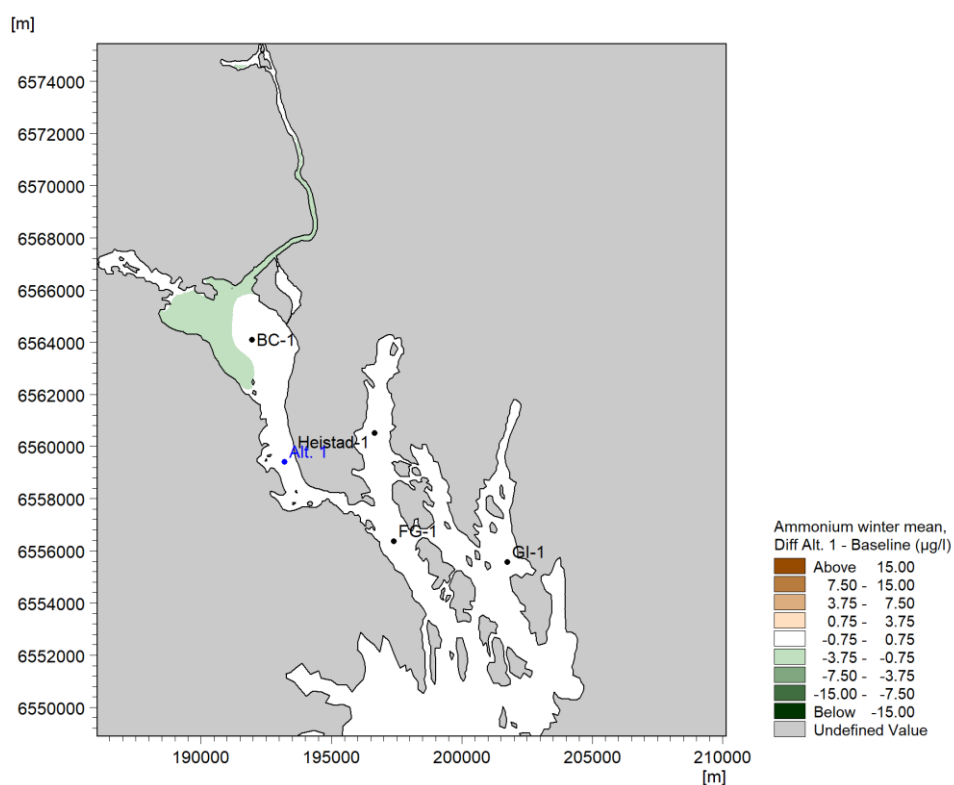
Figur A.42 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



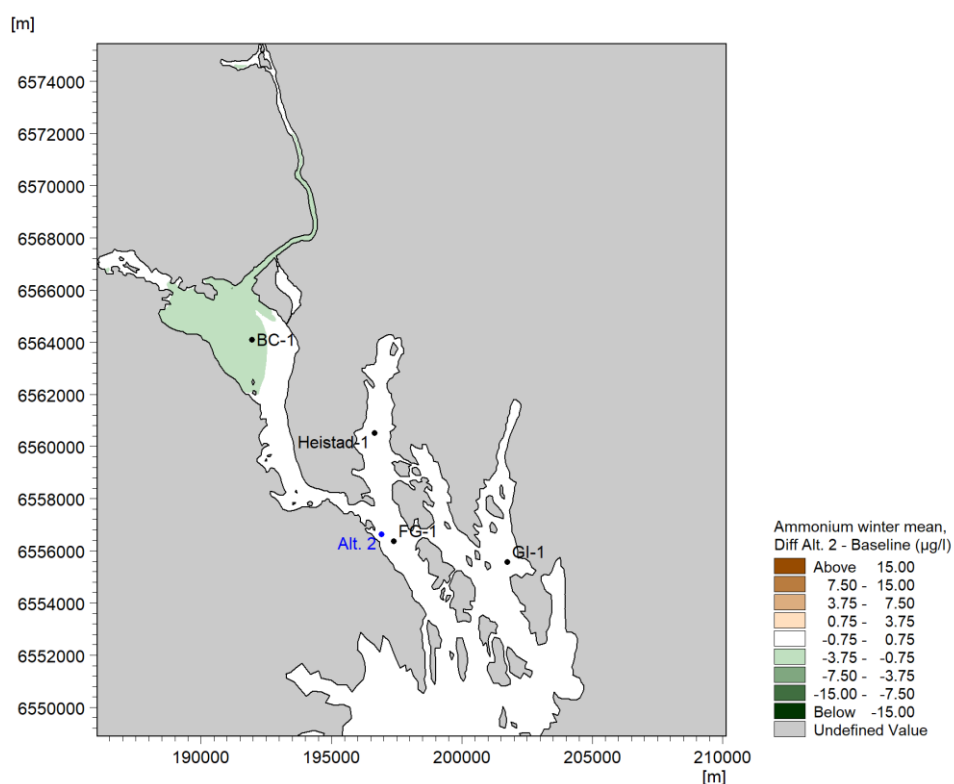
Figur A.43 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



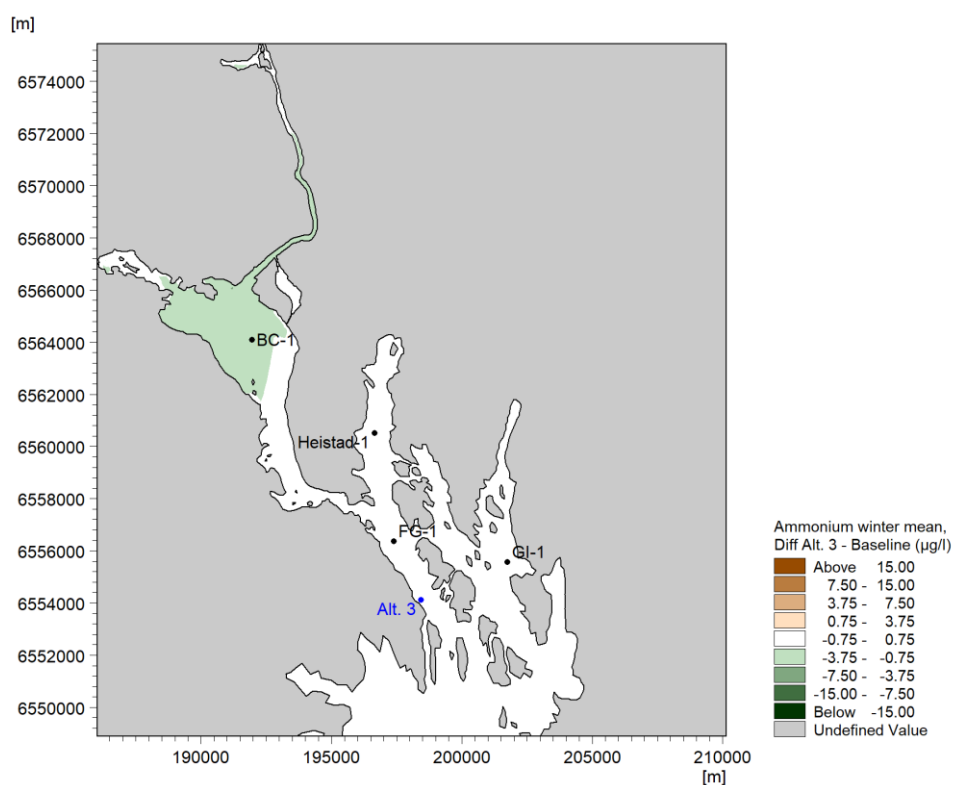
Figur A.44 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av nitrat og nitritt (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



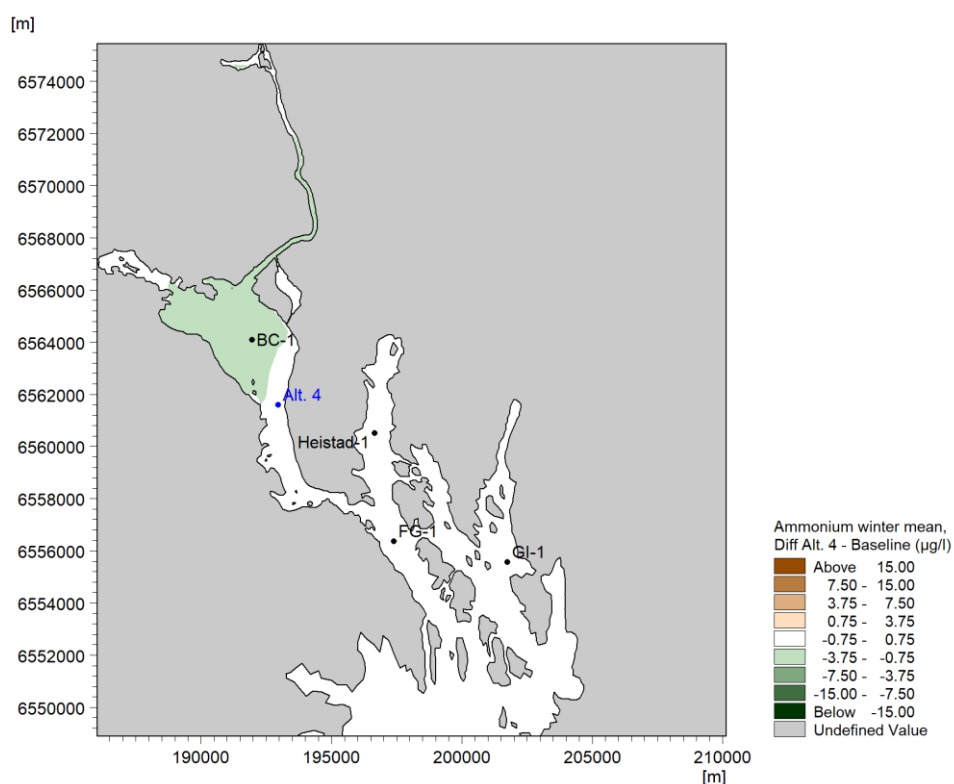
Figur A.45 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 1 og Baseline Grønne farger er forbedring, røde forverring.



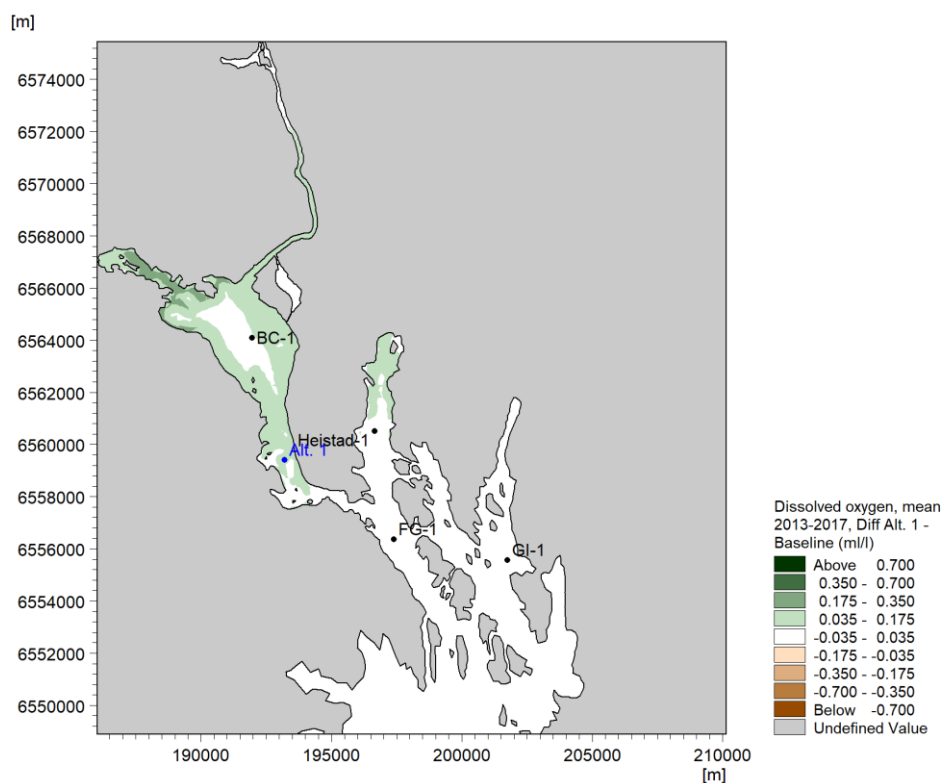
Figur A.46 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



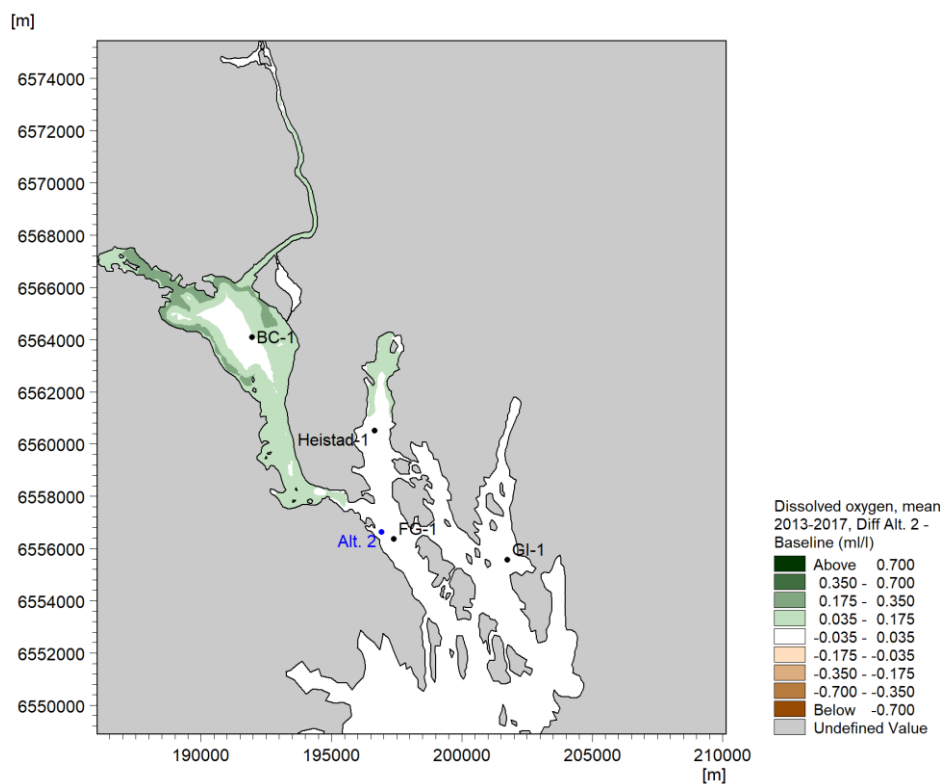
Figur A.47 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



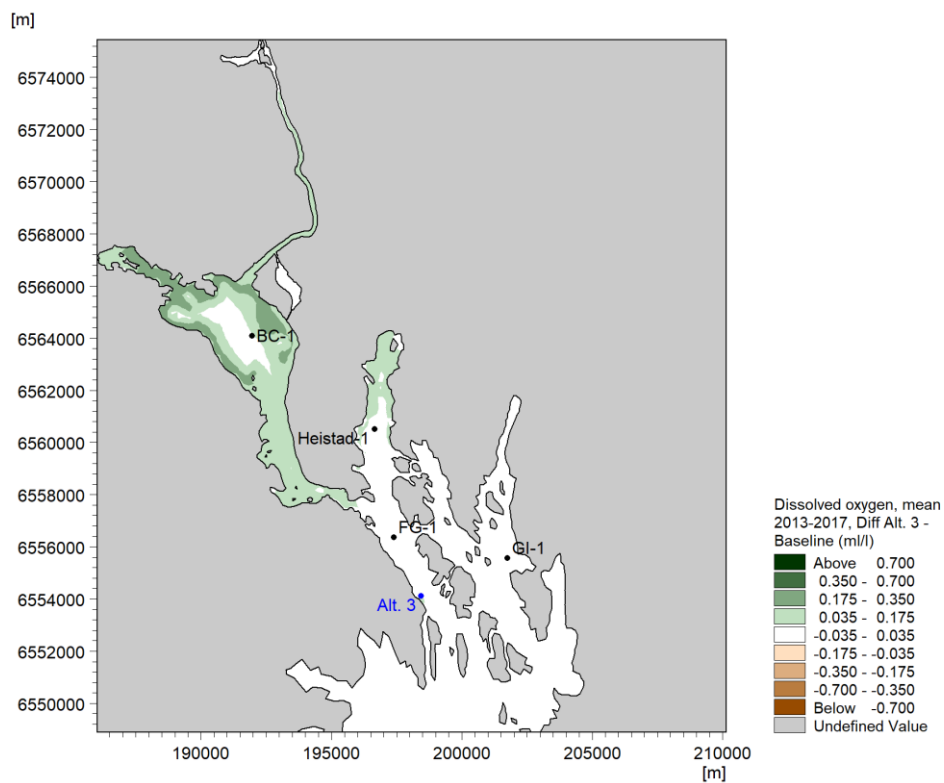
Figur A.48 Forskjell i overflate vinterkonsentrasjon av ammonium (0-10 m, desember-februar, 5 års gjennomsnitt) mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



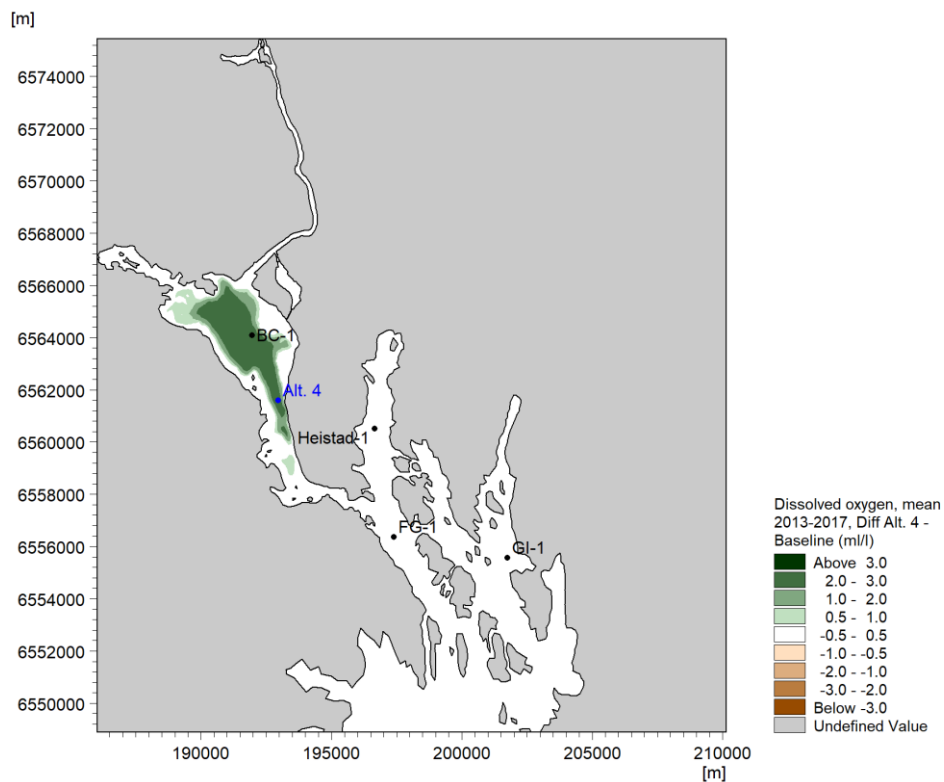
Figur A.49 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som gjennomsnitt over de siste 5 år mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



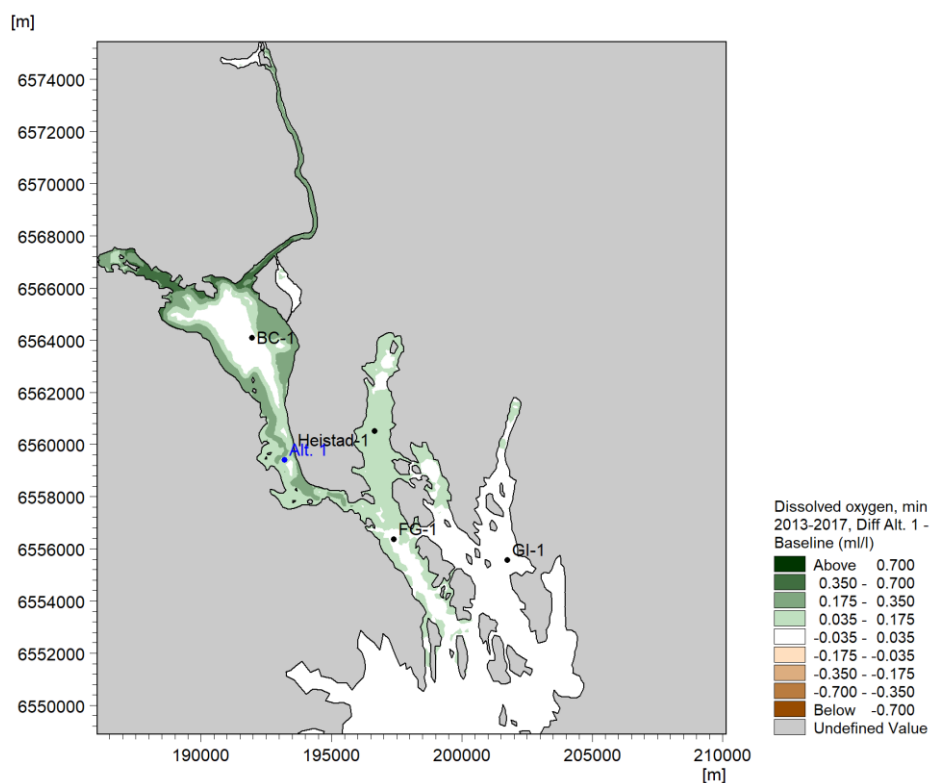
Figur A.50 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som gjennomsnitt over de siste 5 år mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



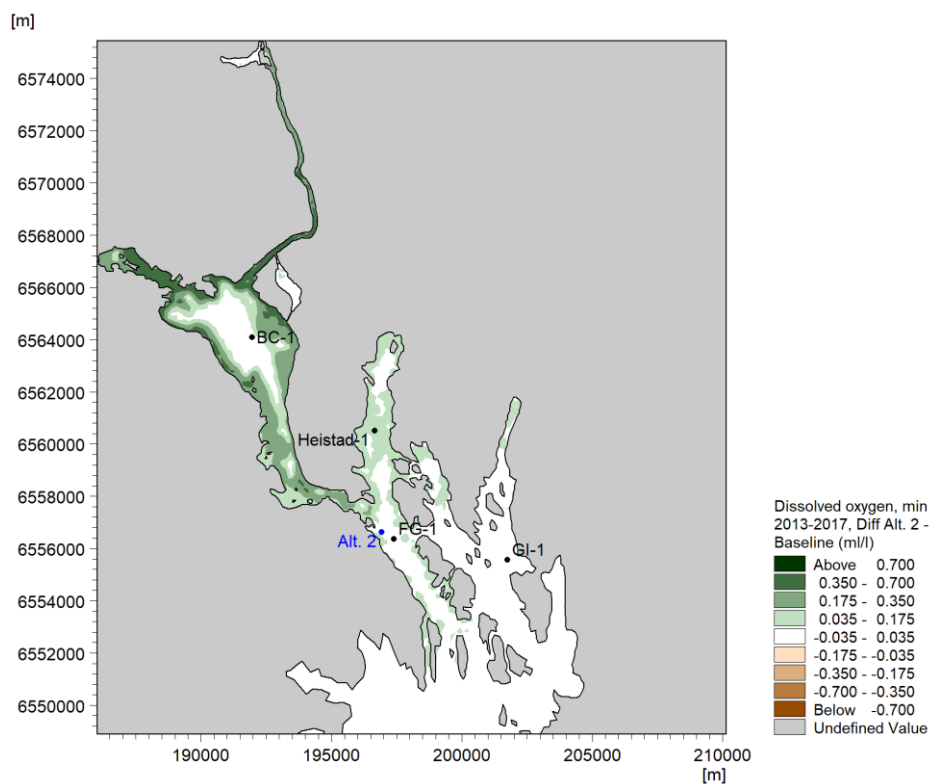
Figur A.51 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som gjennomsnitt over de siste 5 år mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



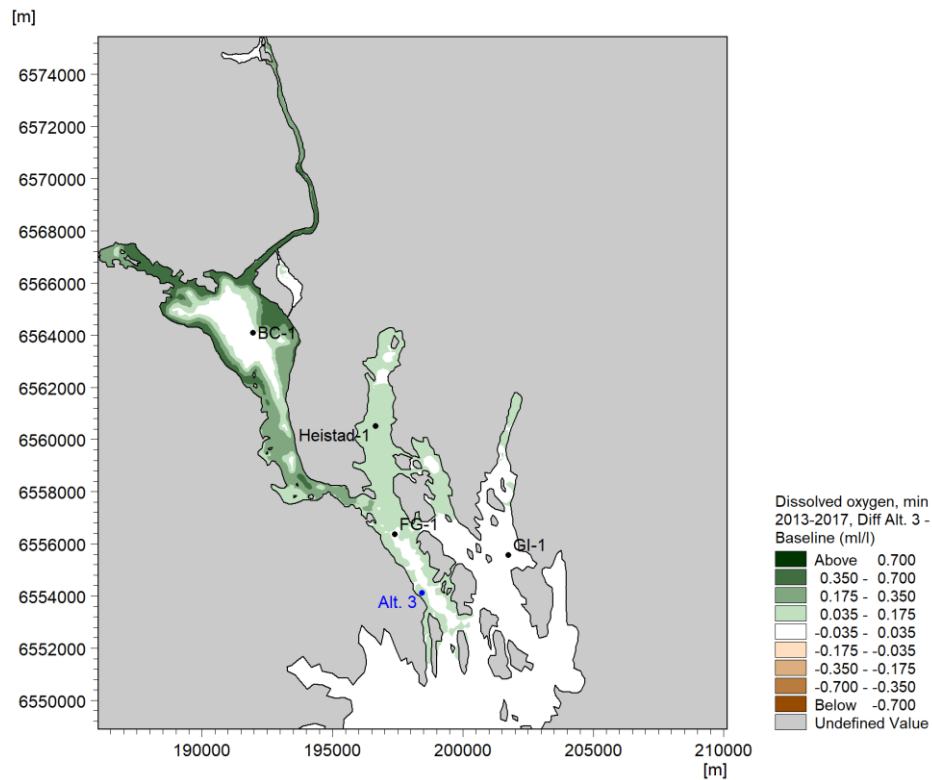
Figur A.52 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som gjennomsnitt over de siste 5 år mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring. Merk at skalaen er endret i forhold til øvrige oksygenfigurer, grunnet større forskjell fra Baseline.



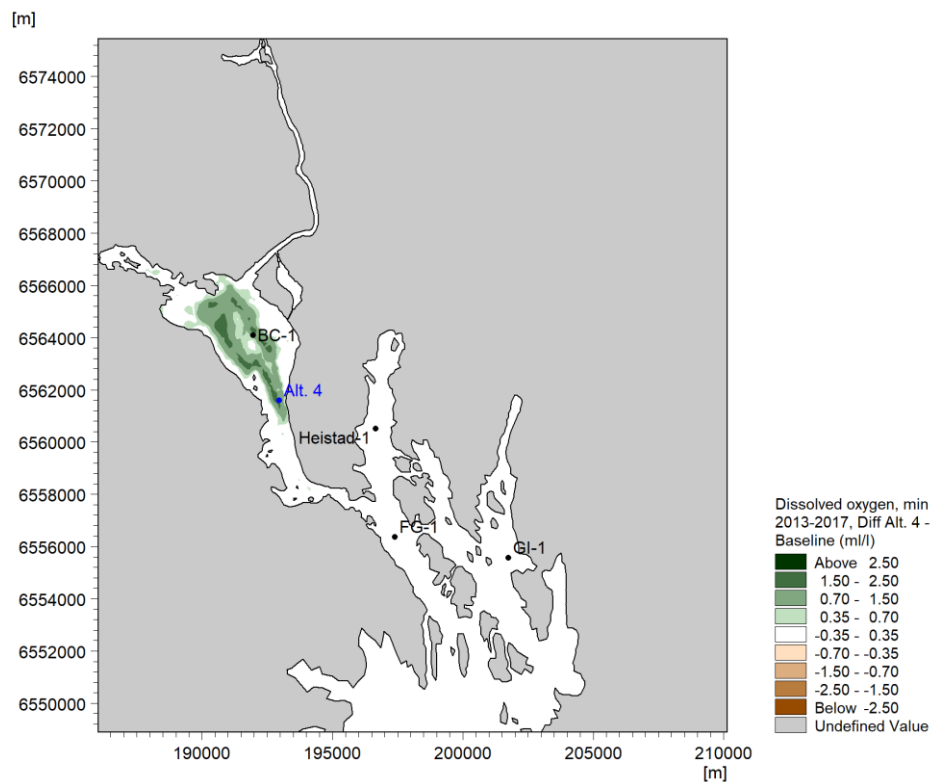
Figur A.53 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år mellom Alternativ 1 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



Figur A.54 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år mellom Alternativ 2 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.



Figur A.55 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år mellom Alternativ 3 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring.

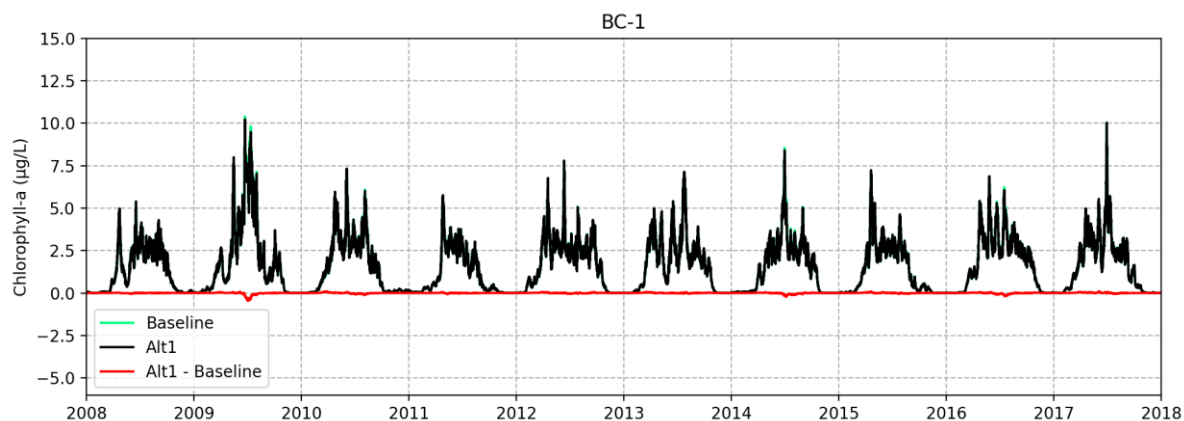


Figur A.56 Forskjell i oppløst oksygen på havbunnsnivå som minimum over siste 5 år mellom Alternativ 4 og Baseline. Grønne farger er forbedring, røde forverring. Merk at skalaen er endret i forhold til øvrige oksygenfigurer, grunnet større forskjell fra Baseline.

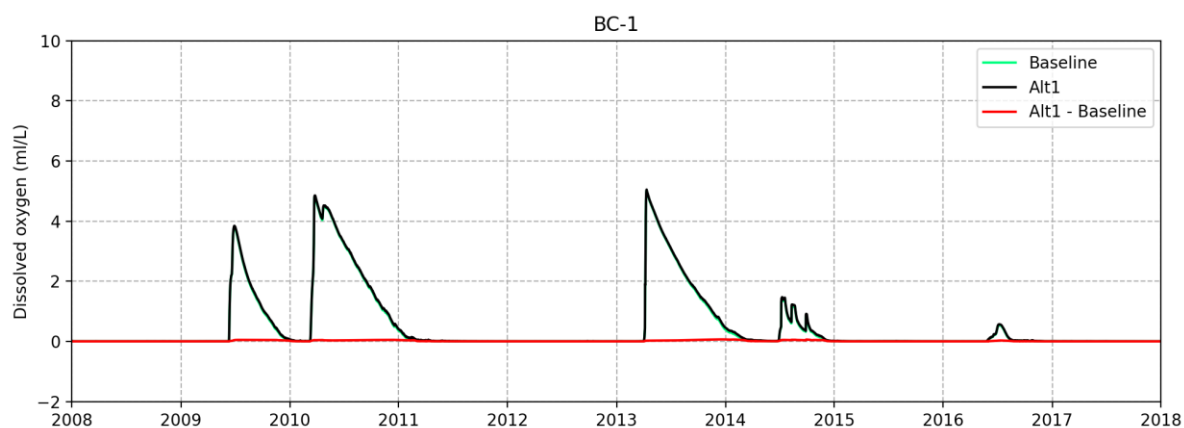
VEDLEGG B – Alternativ 1, samling av utløp i Frierfjorden

B Alternativ 1 resultater

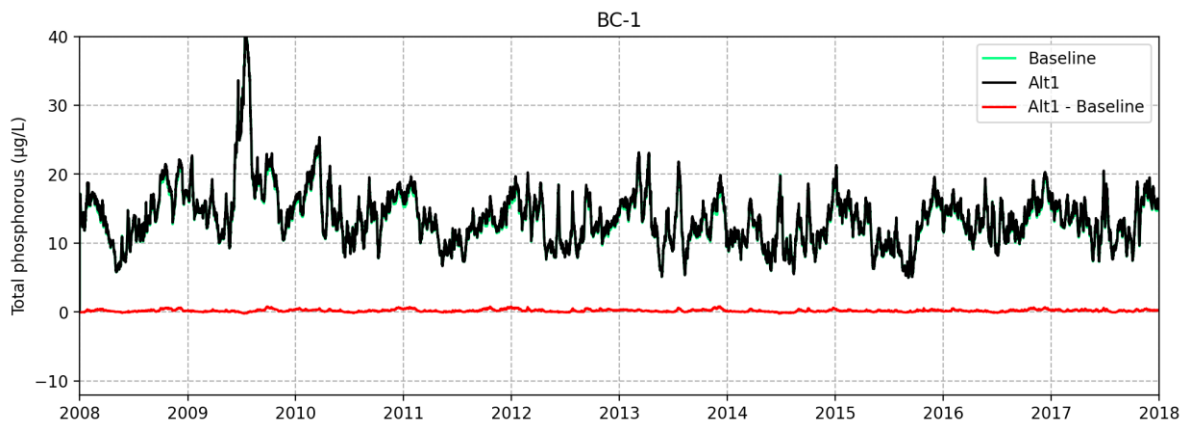
B.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)



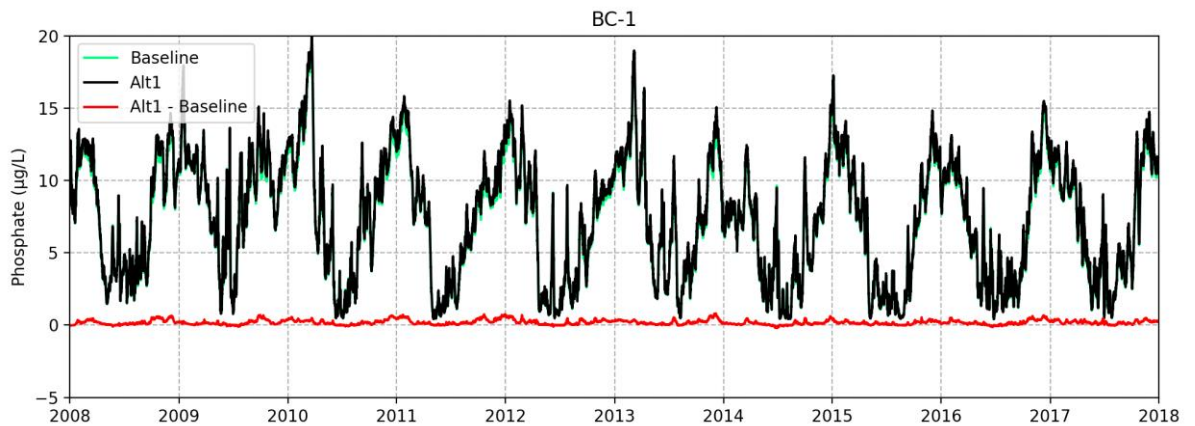
Figur B.1 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



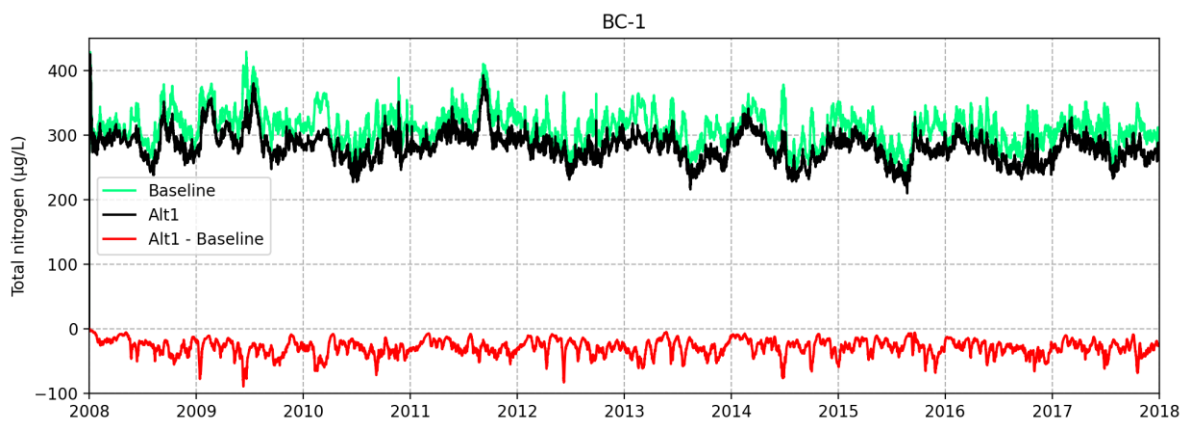
Figur B.2 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



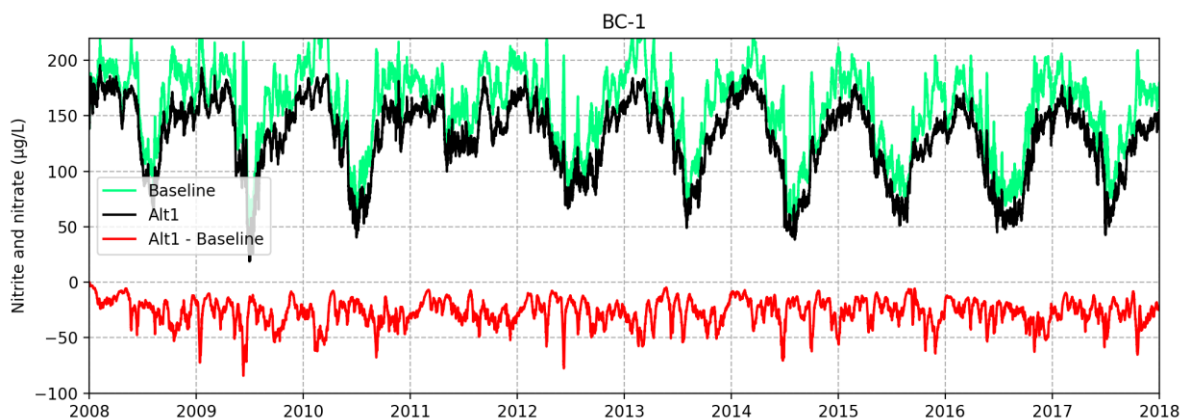
Figur B.3 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



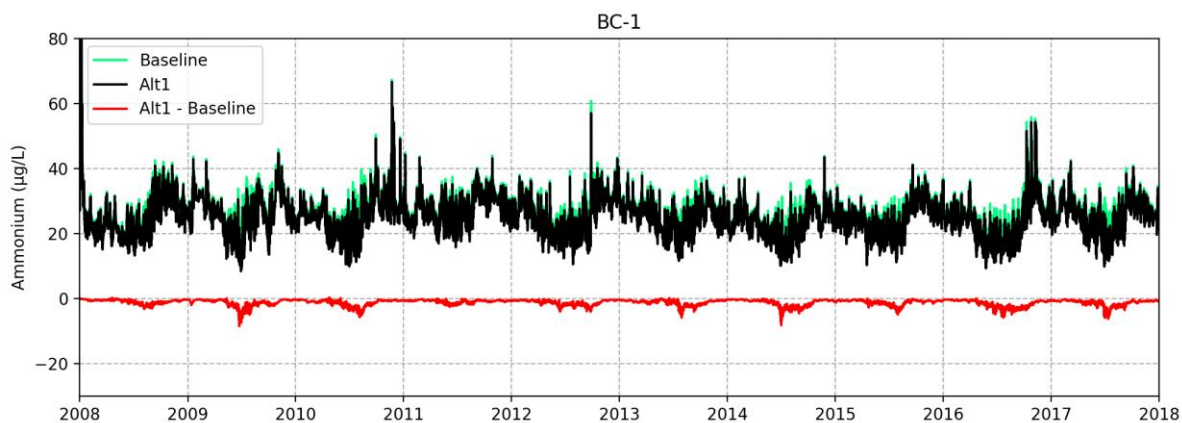
Figur B.4 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.5 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.6 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

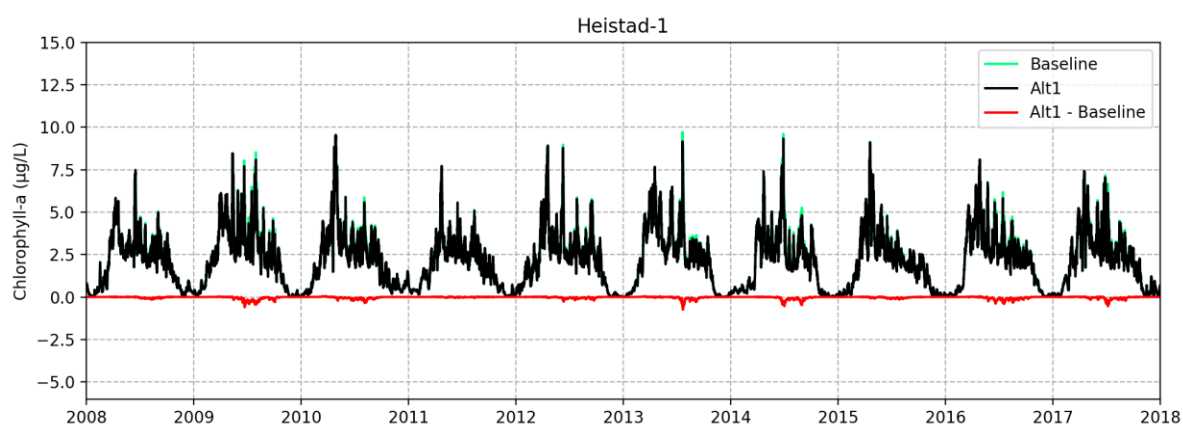


Figur B.7 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

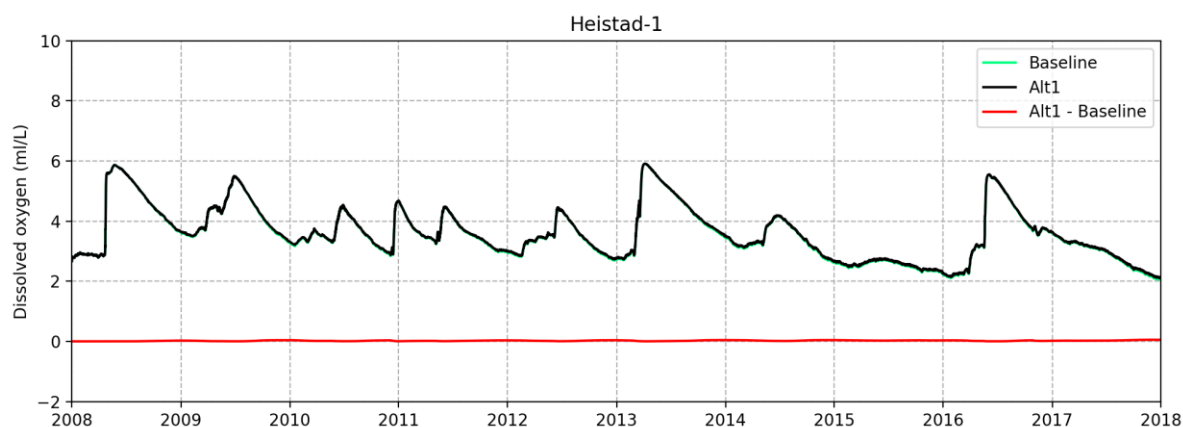


Figur B.8 Siktdybde i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

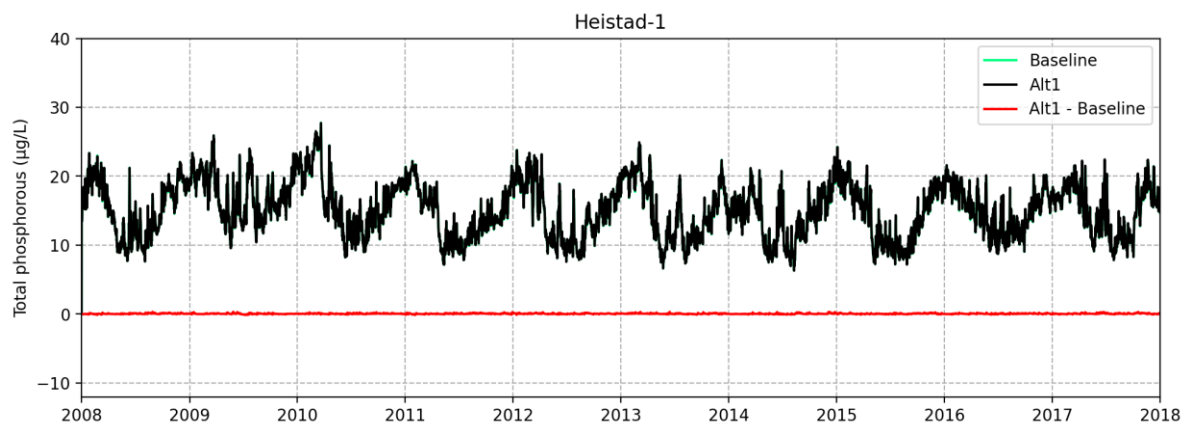
B.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)



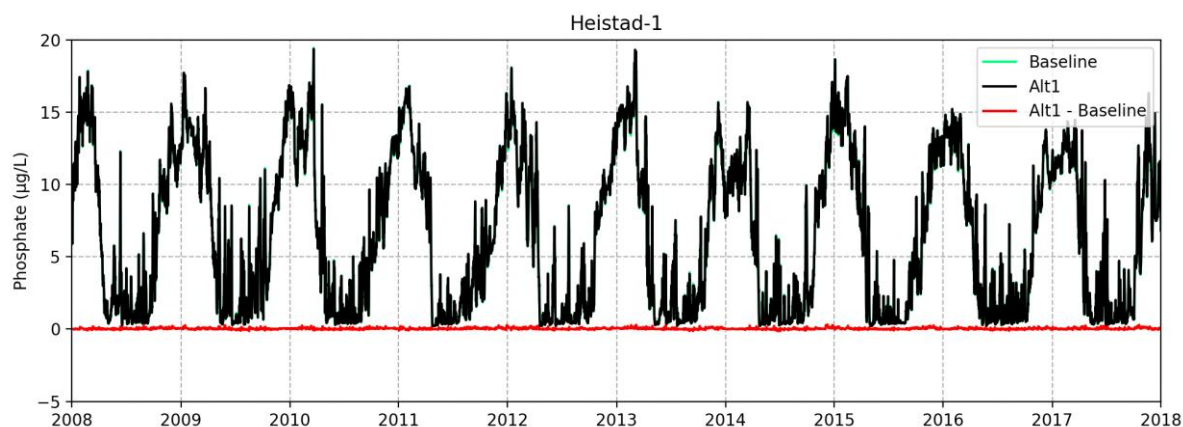
Figur B.9 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



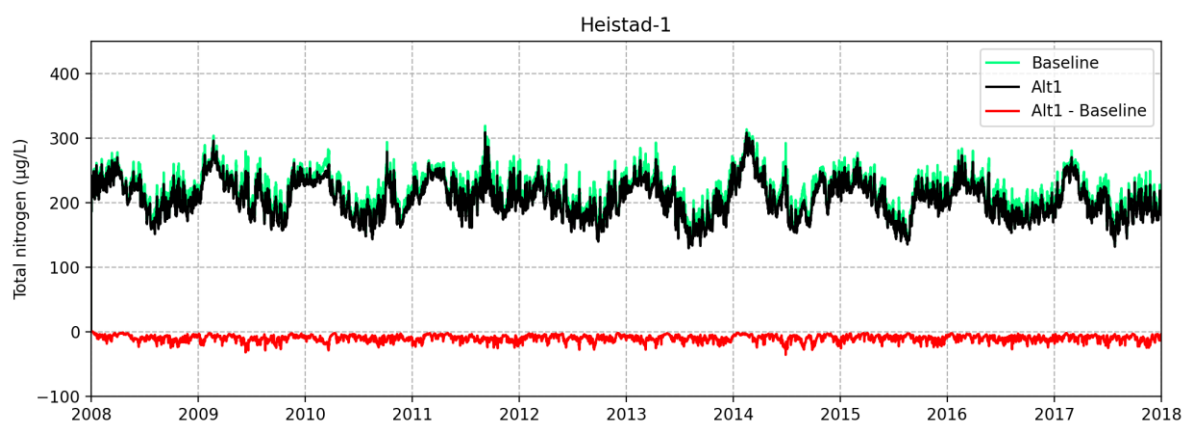
Figur B.10 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



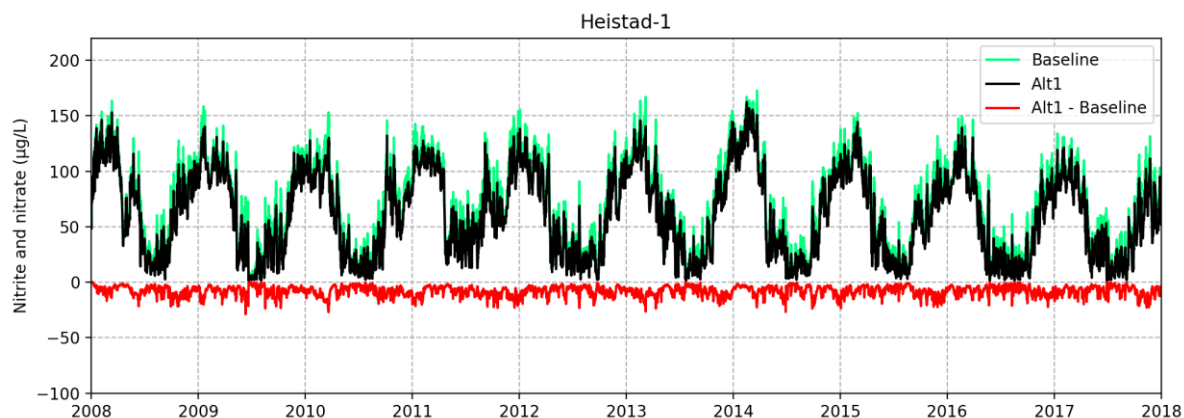
Figur B.11 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



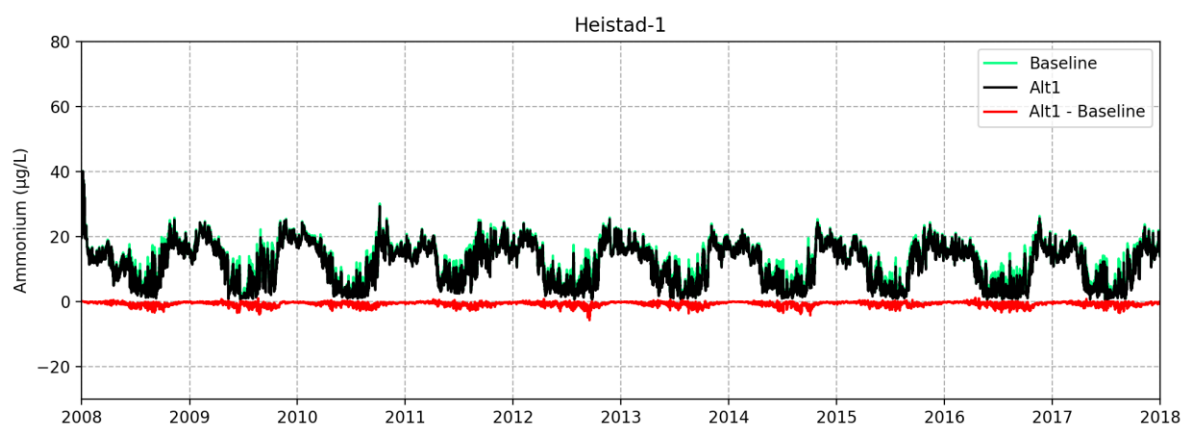
Figur B.12 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.13 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.14 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.15 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

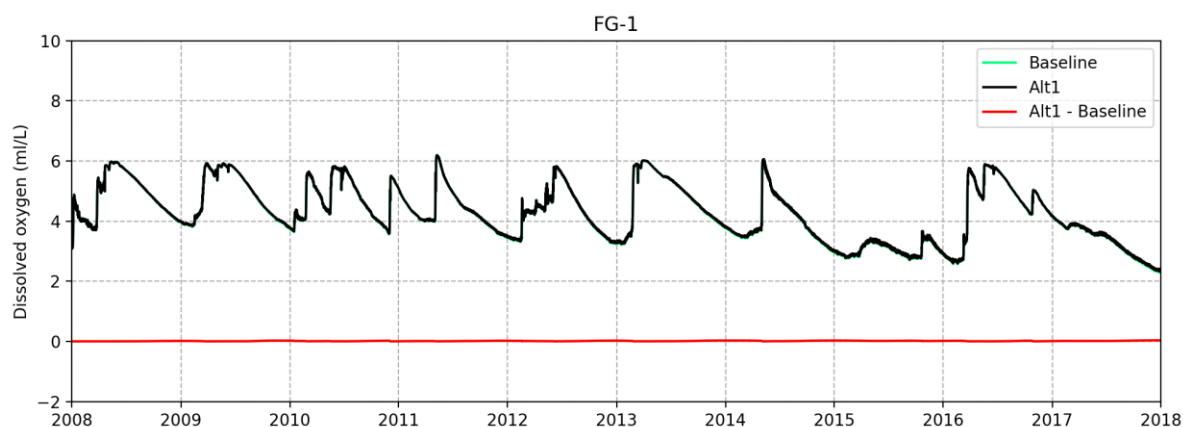


Figur B.16 Siktdybde i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

B.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)



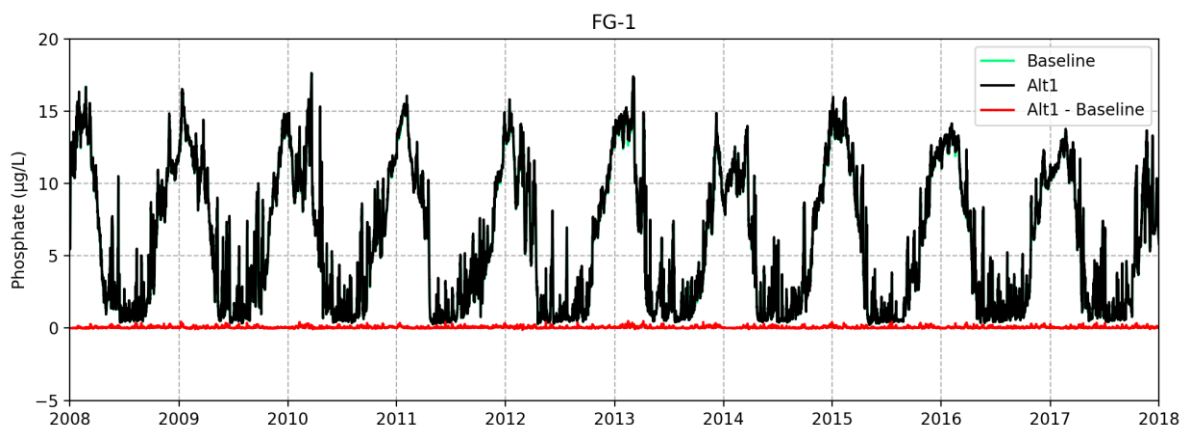
Figur B.17 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



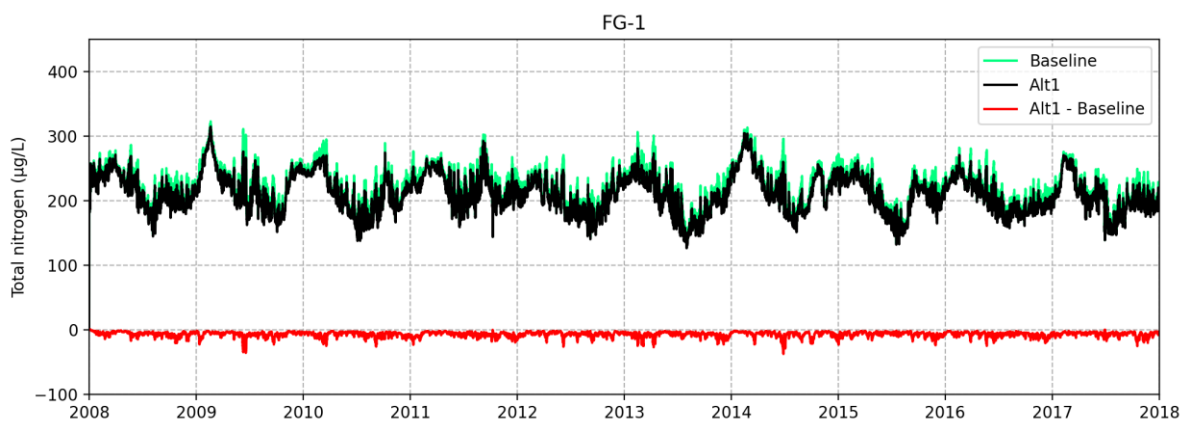
Figur B.18 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



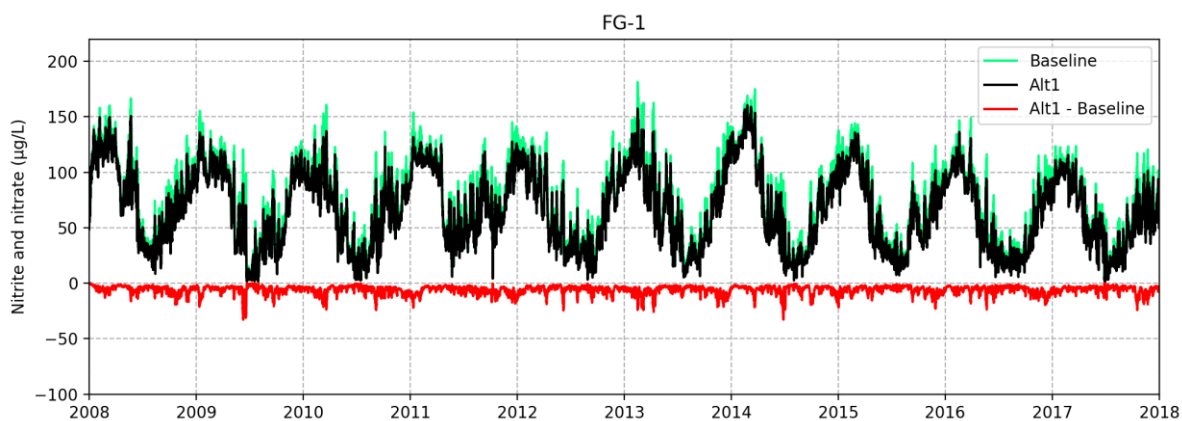
Figur B.19 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



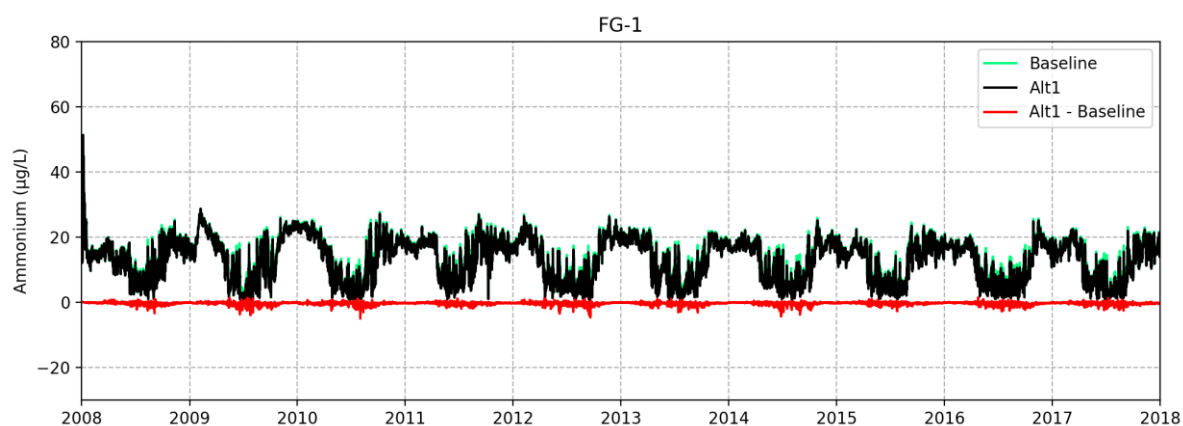
Figur B.20 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.21 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.22 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

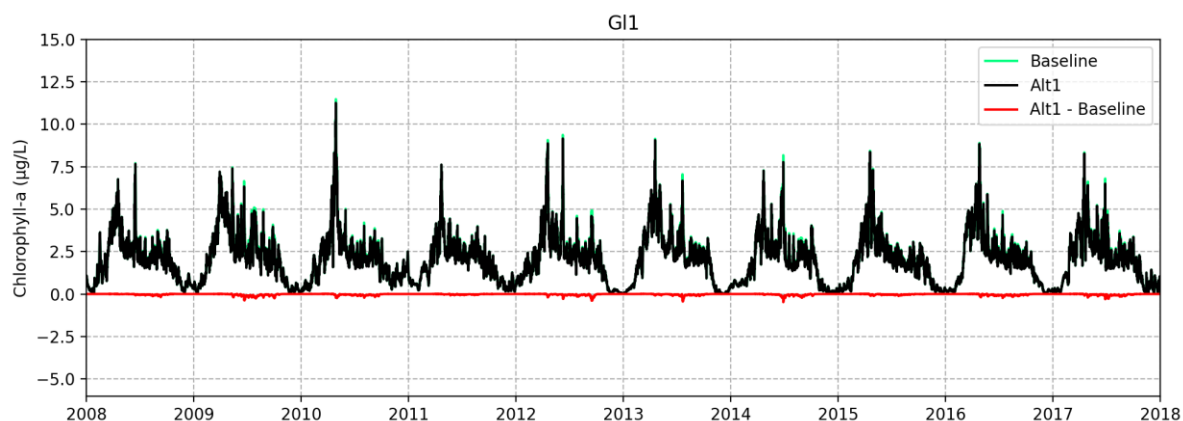


Figur B.23 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

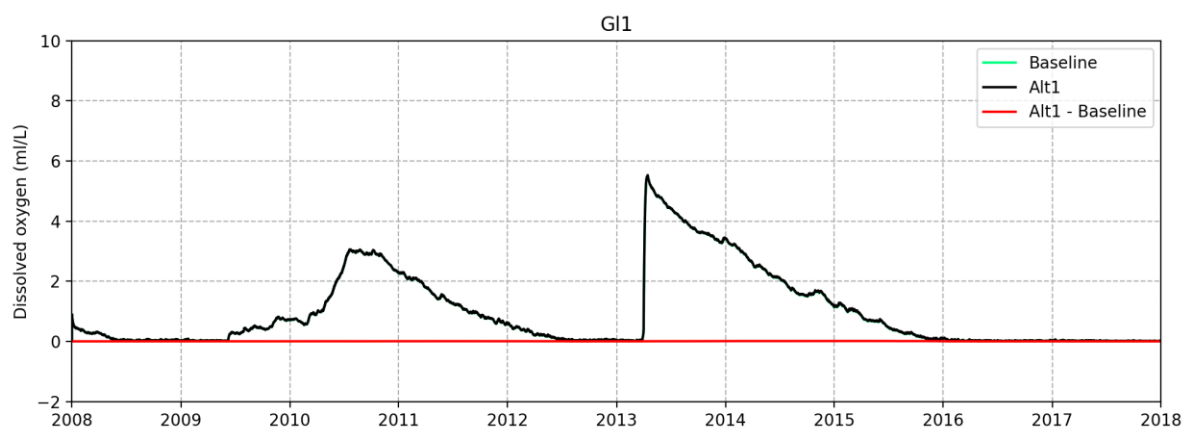


Figur B.24 Siktdybde i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

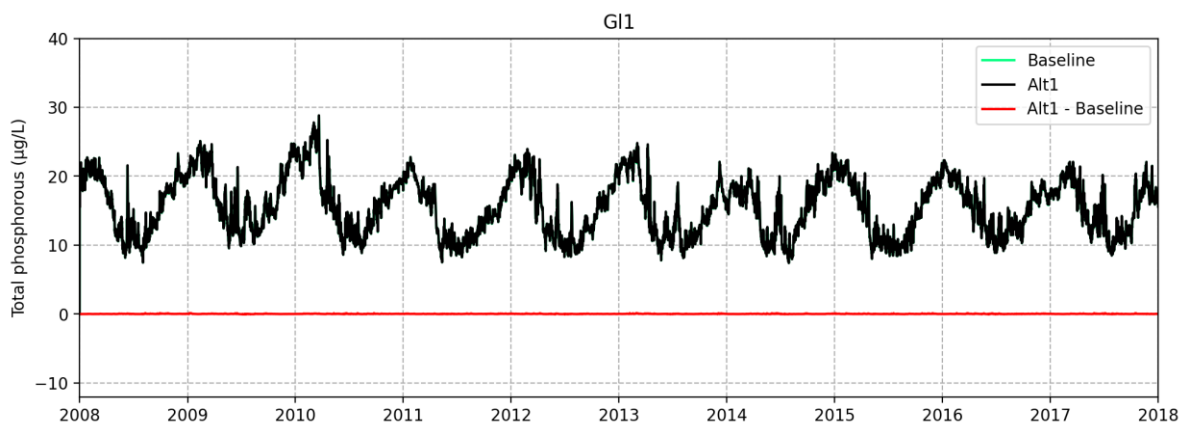
B.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)



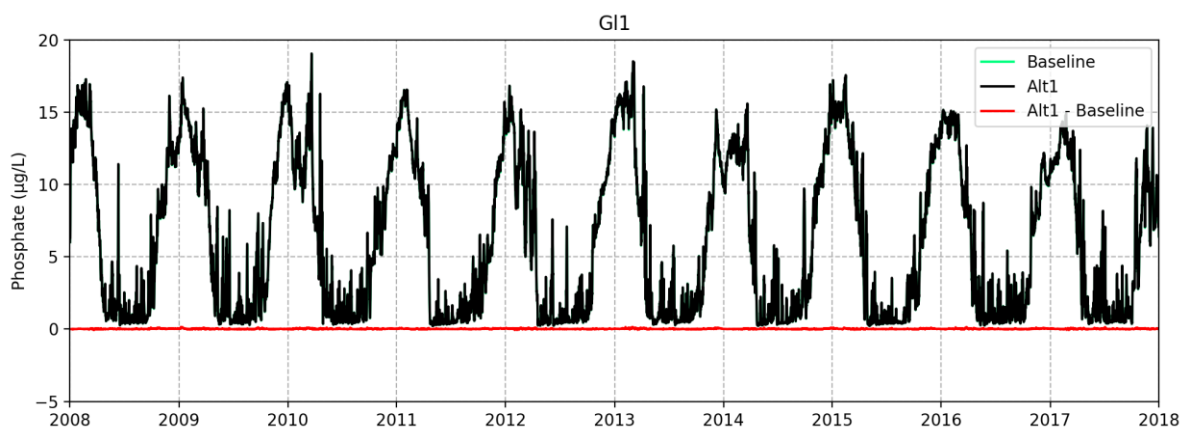
Figur B.25 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



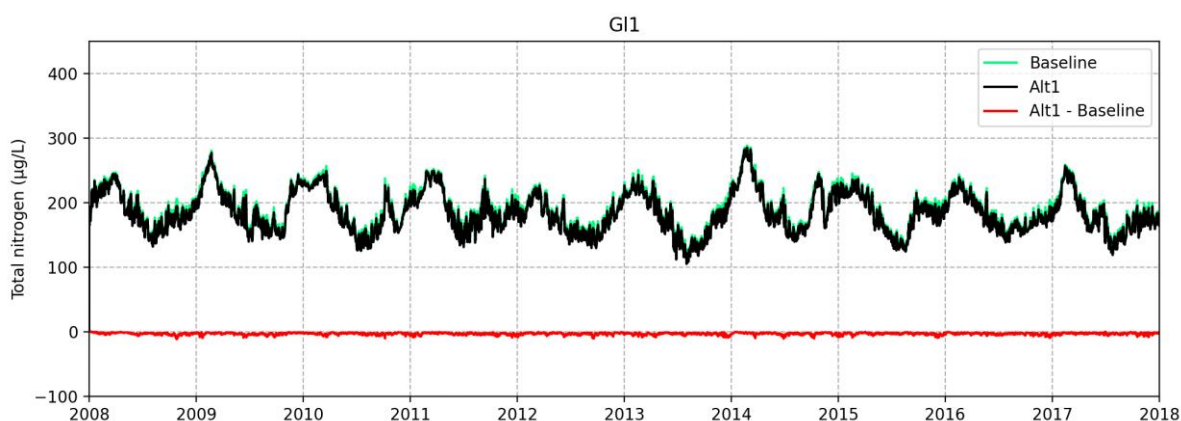
Figur B.26 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



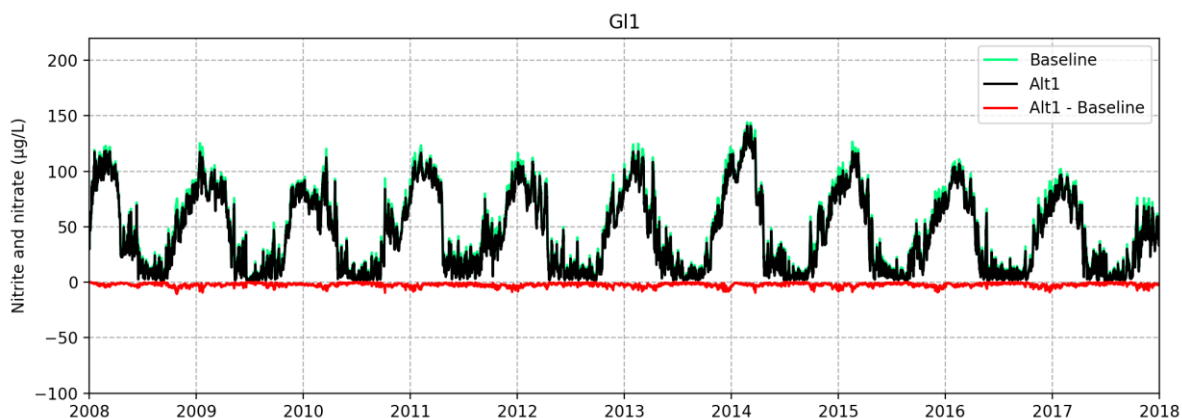
Figur B.27 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



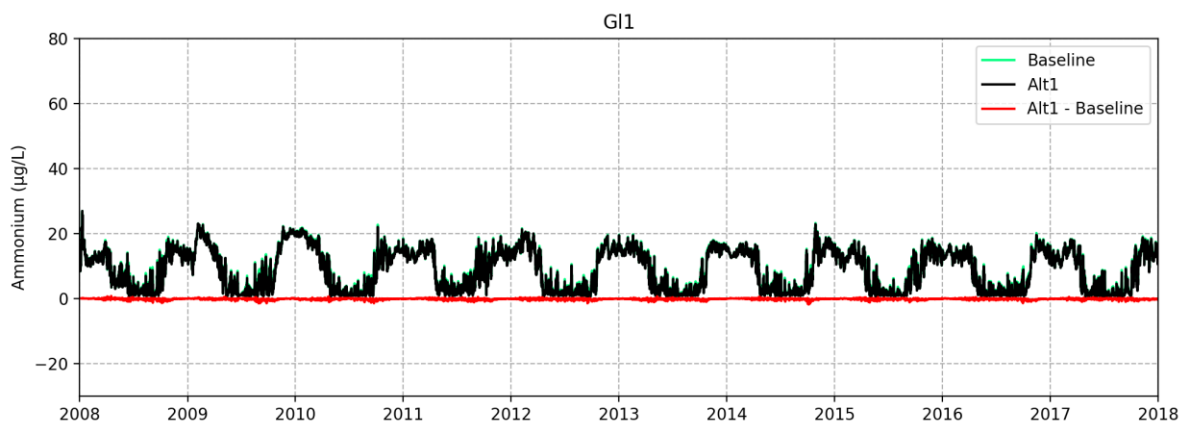
Figur B.28 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.29 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.30 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).



Figur B.31 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

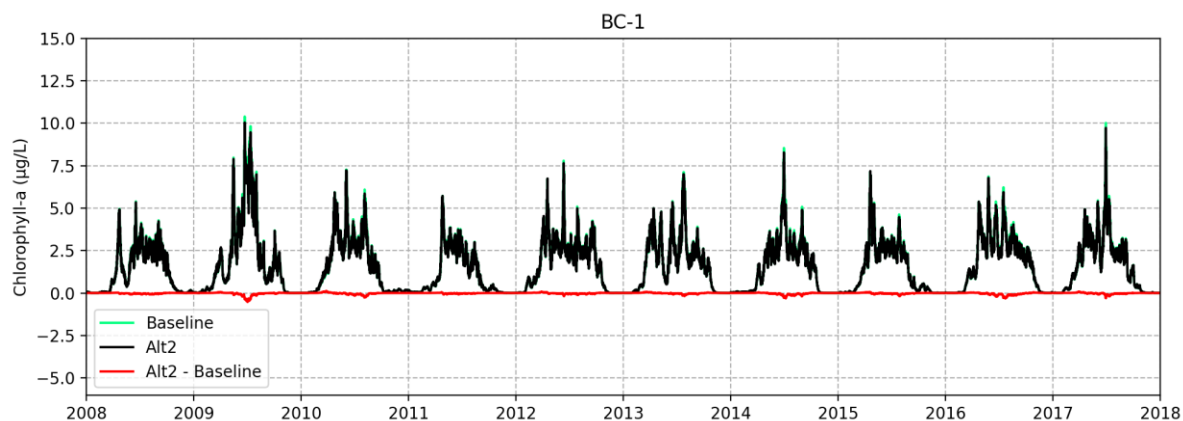


Figur B.32 Siktdybde i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 1 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 1 og Baseline (rød linje).

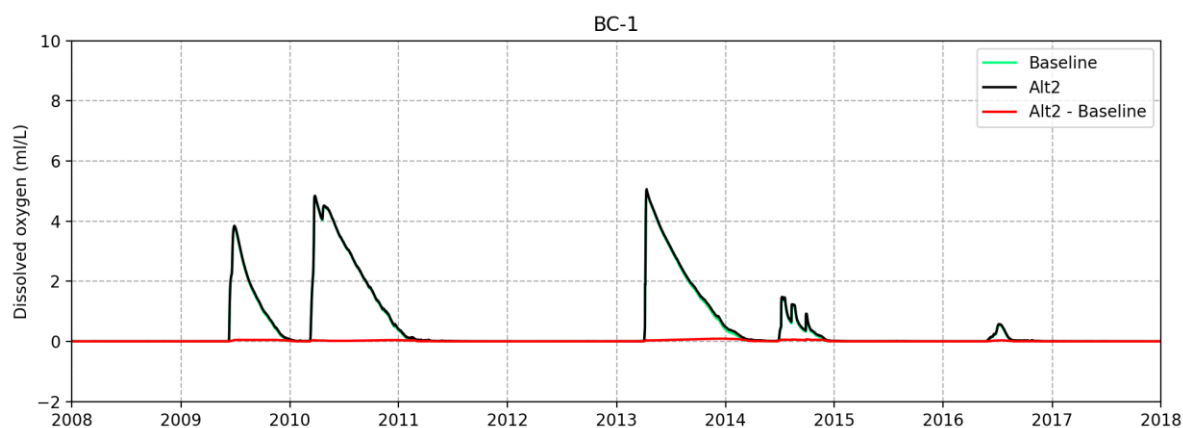
VEDLEGG C – Alternativ 2, samling av utløp ved nordlige del av Langesundsfjorden

C Alternativ 2 resultater

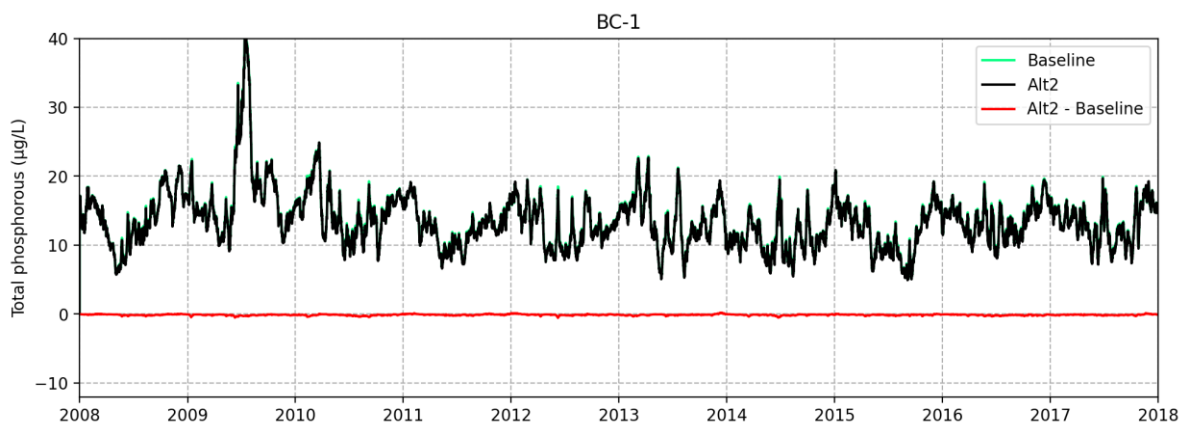
C.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)



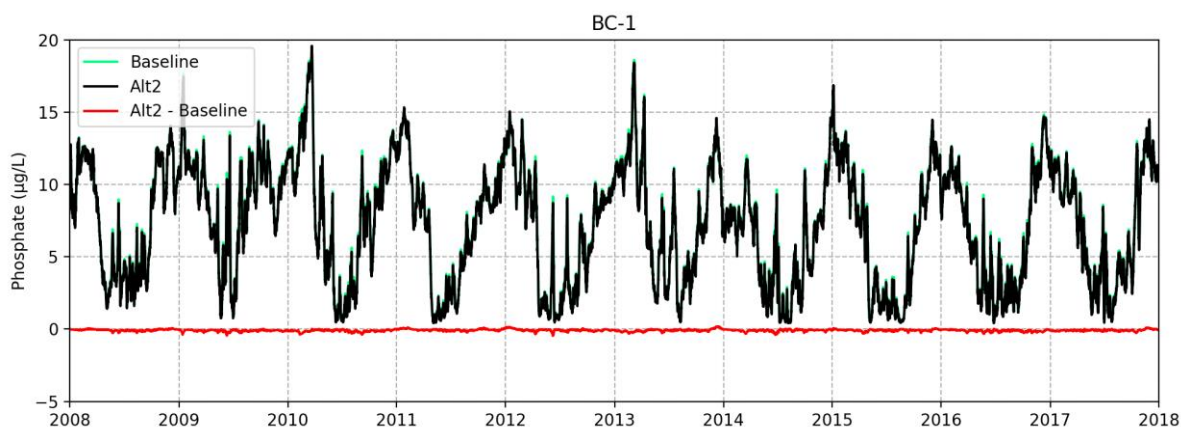
Figur C.1 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



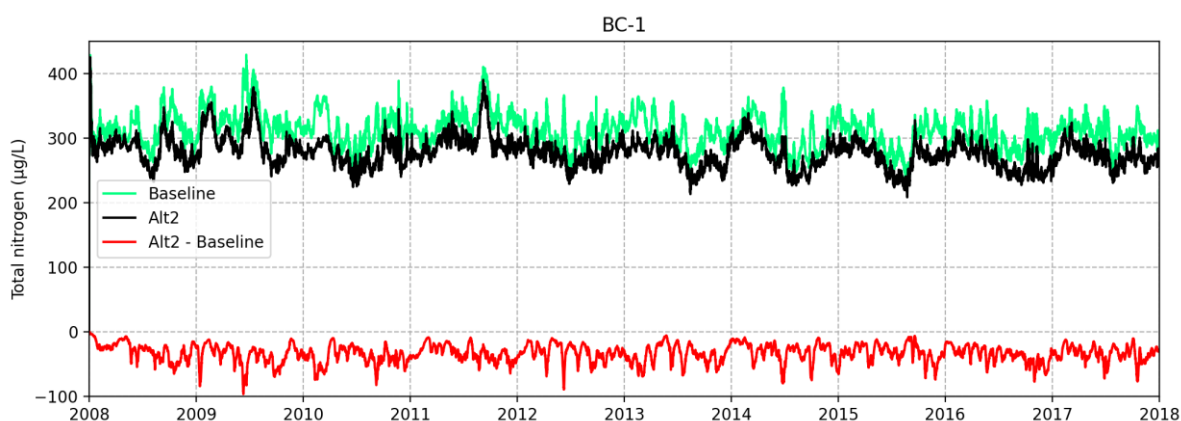
Figur C.2 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



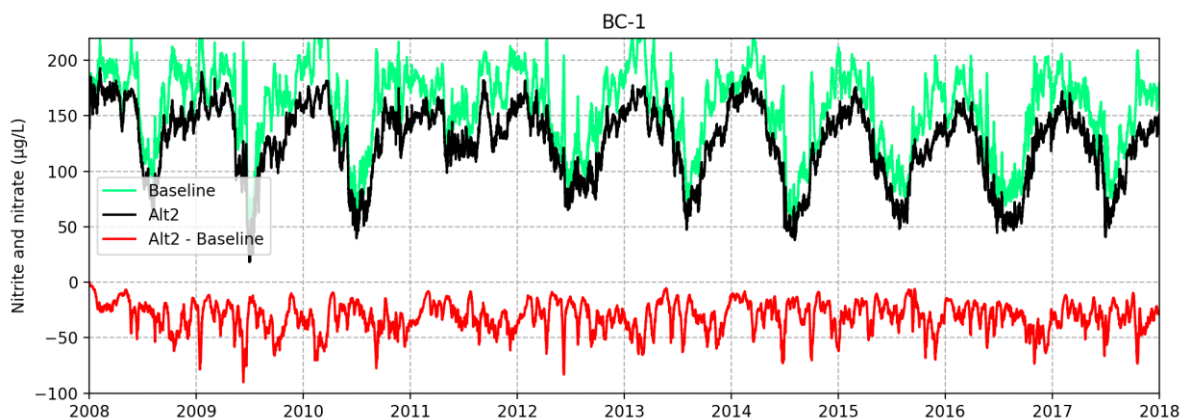
Figur C.3 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



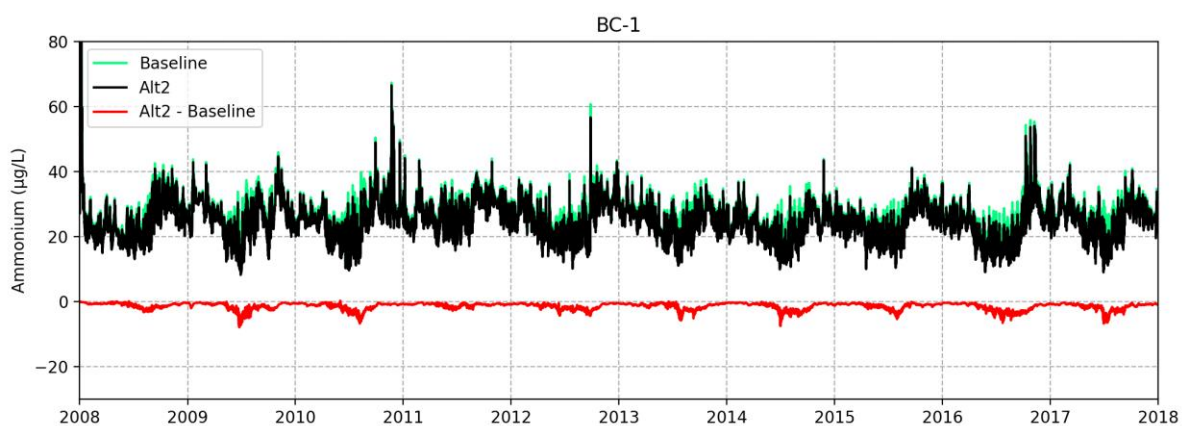
Figur C.4 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.5 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.6 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

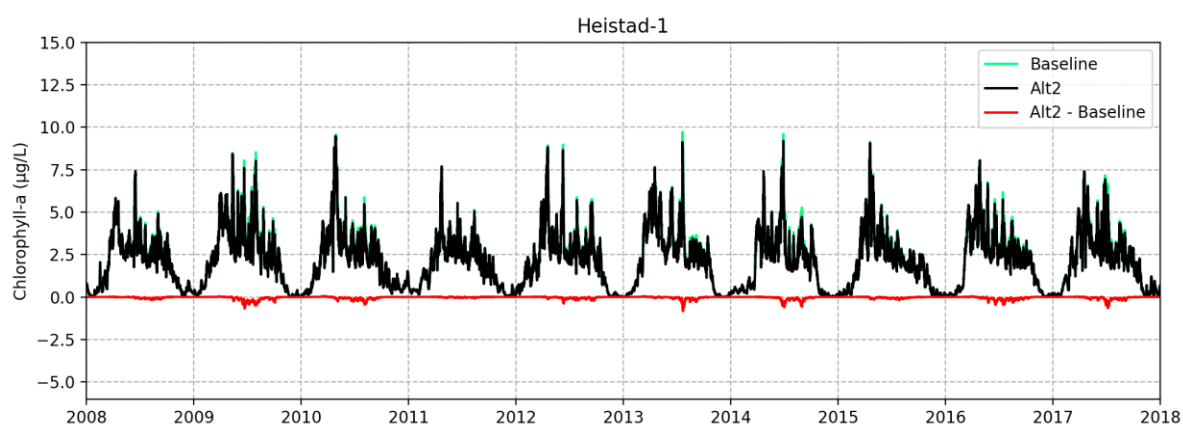


Figur C.7 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

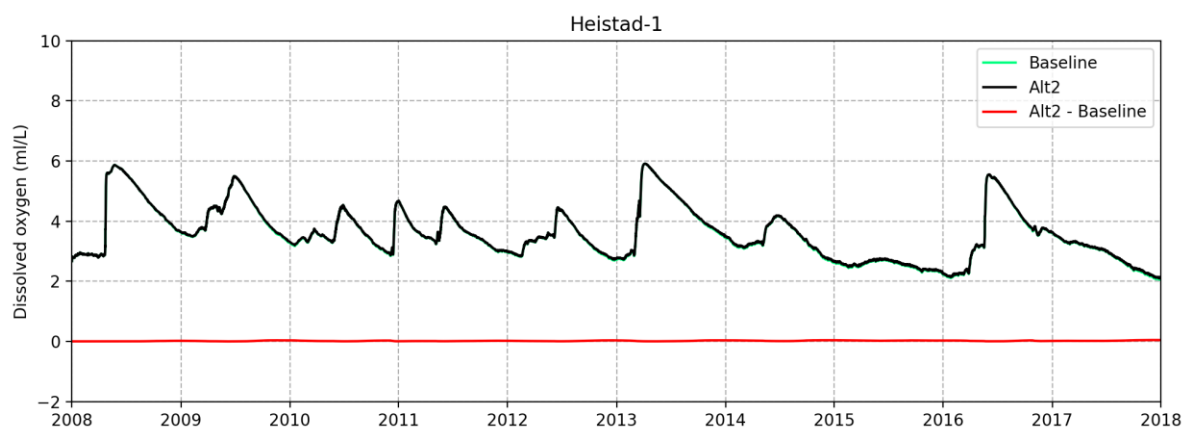


Figur C.8 Siktdybde i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

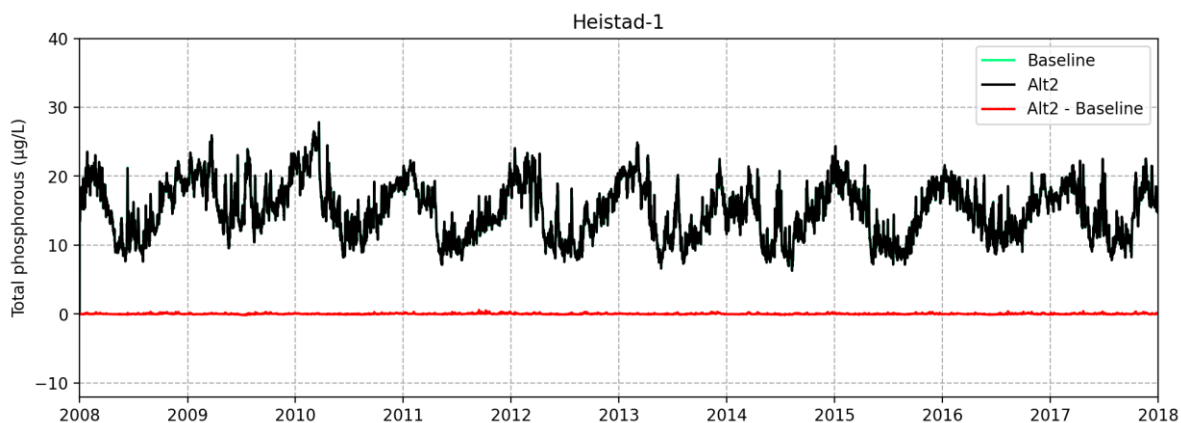
C.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)



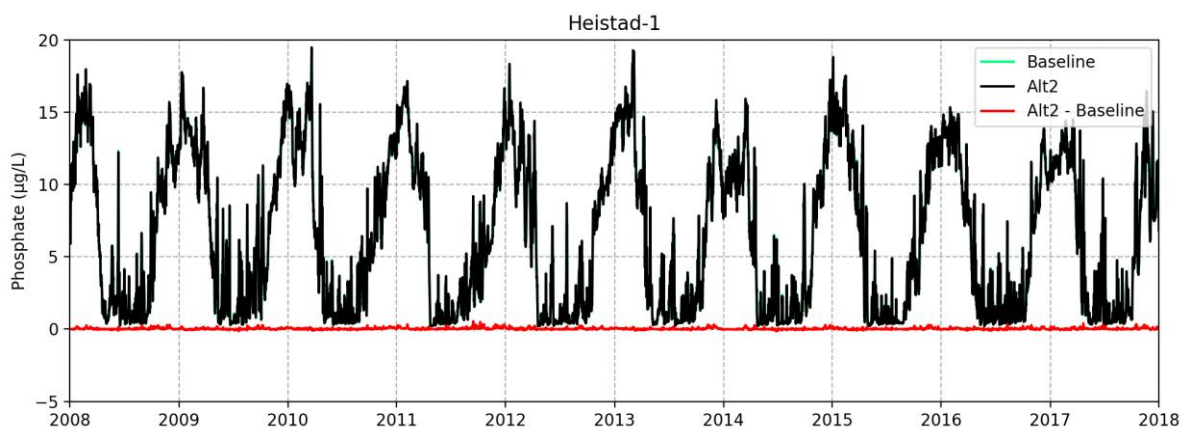
Figur C.9 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



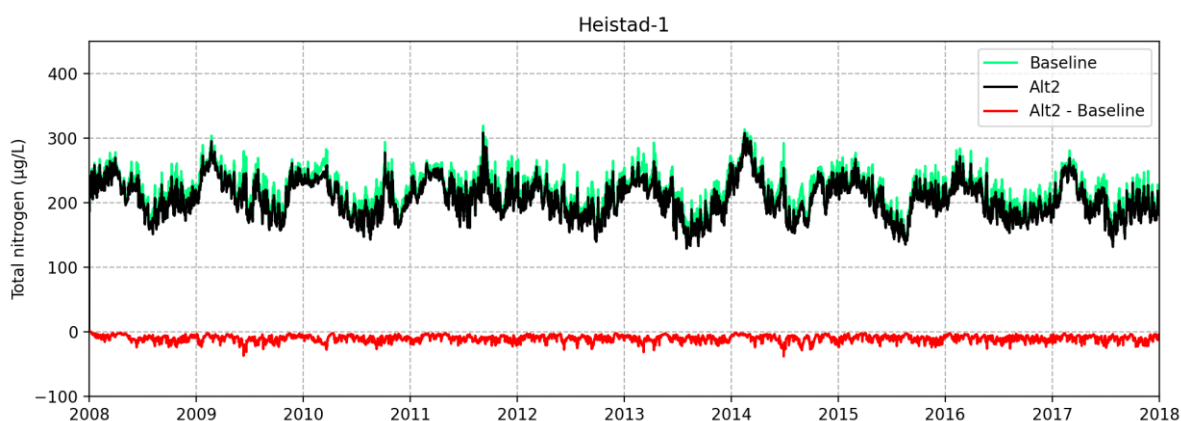
Figur C.10 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



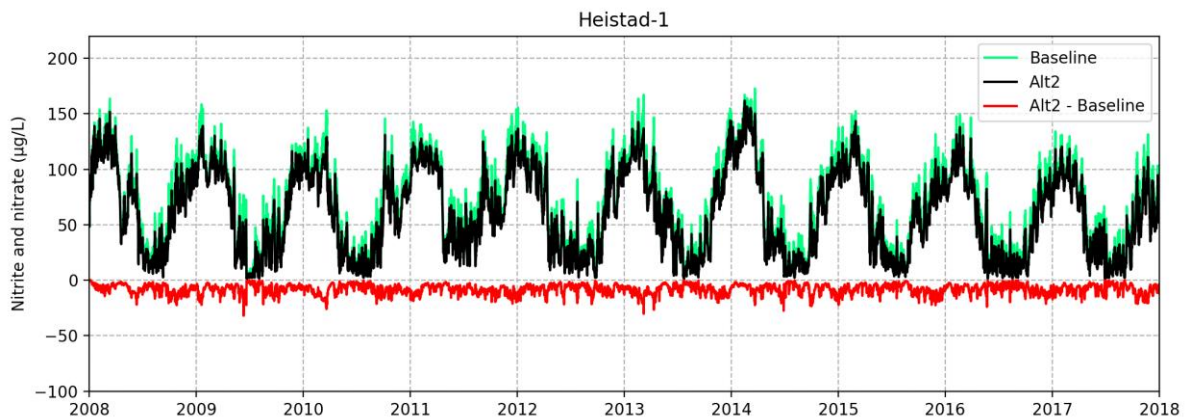
Figur C.11 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



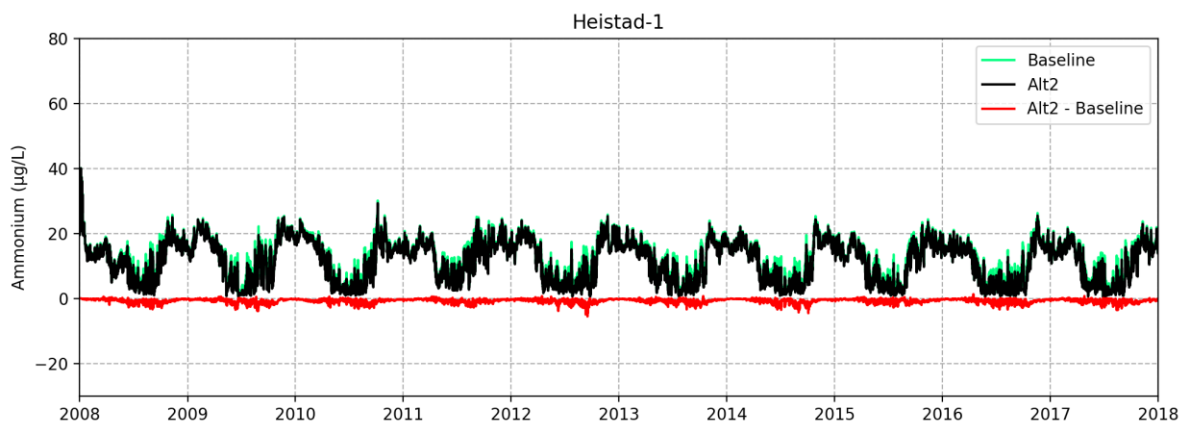
Figur C.12 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



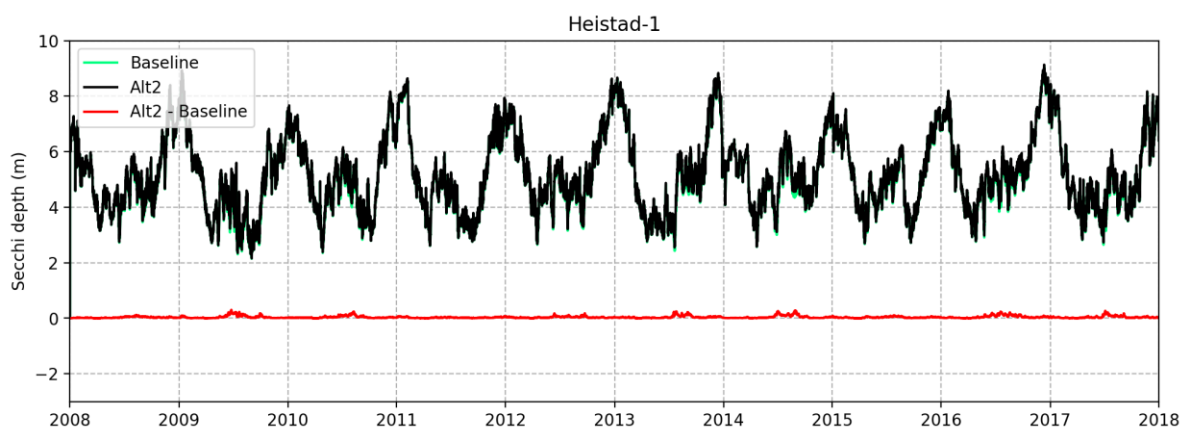
Figur C.13 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.14 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.15 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

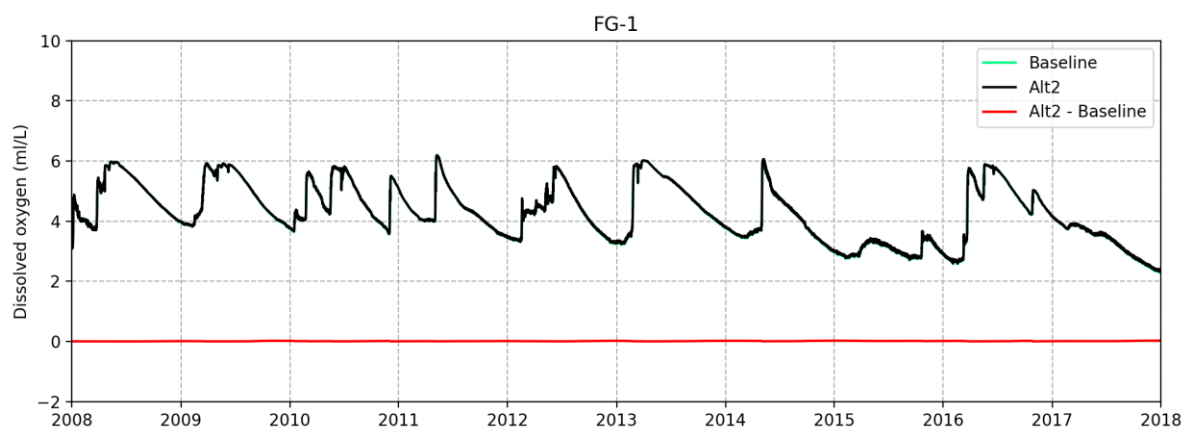


Figur C.16 Siktdybde i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

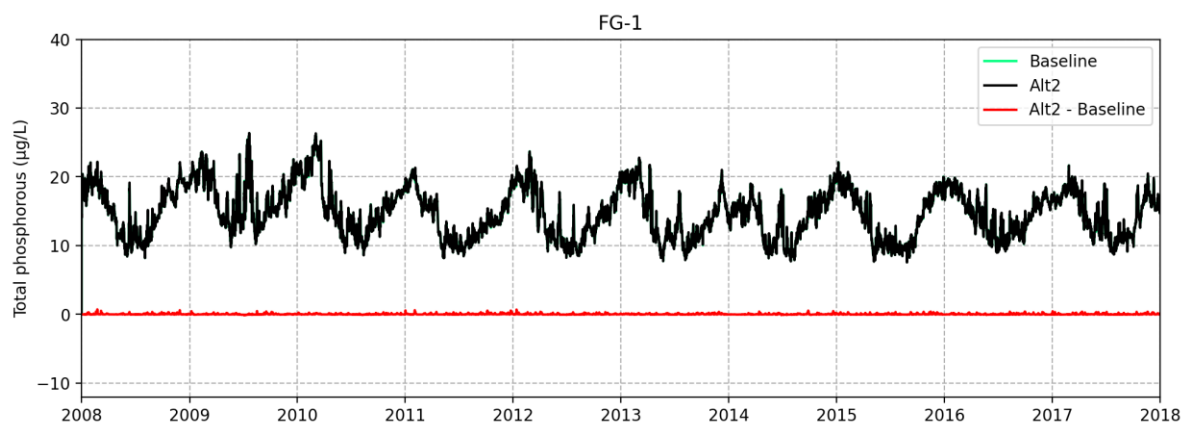
C.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)



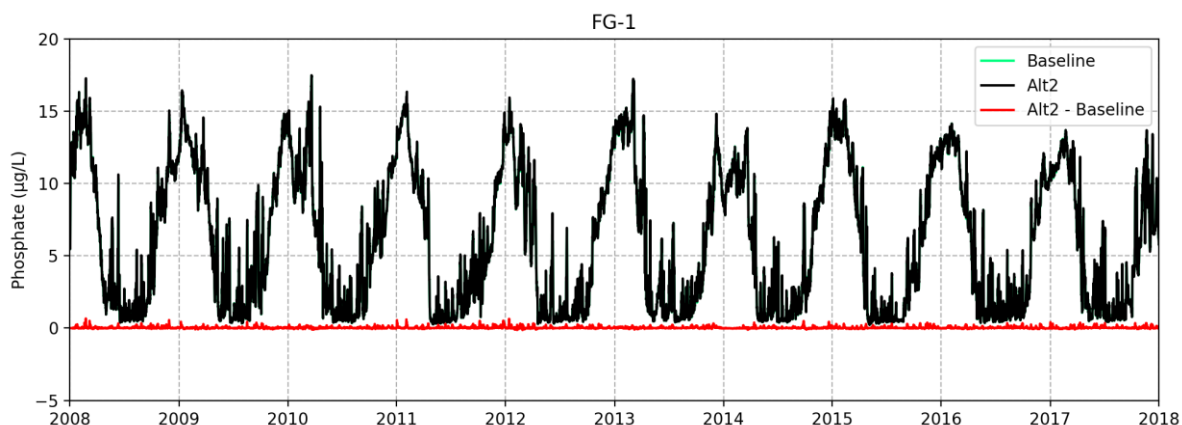
Figur C.17 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



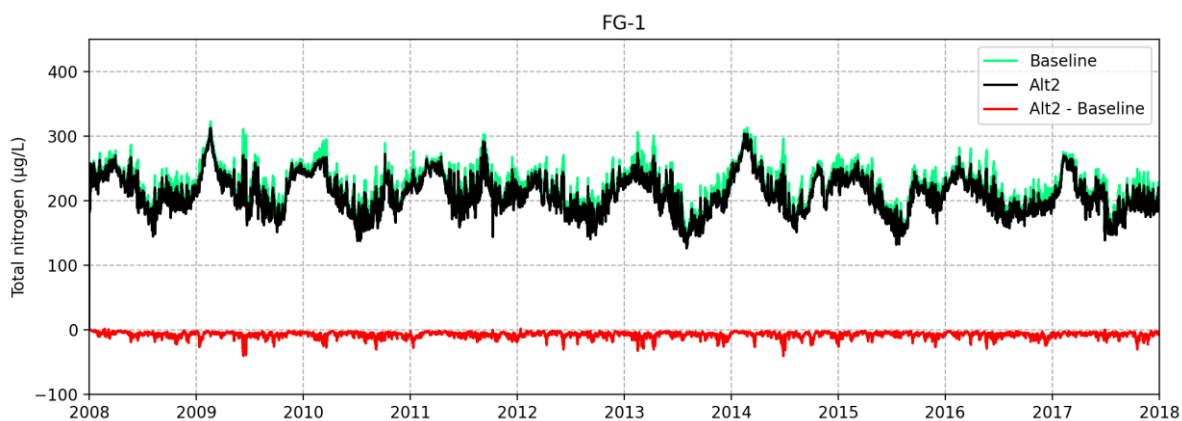
Figur C.18 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



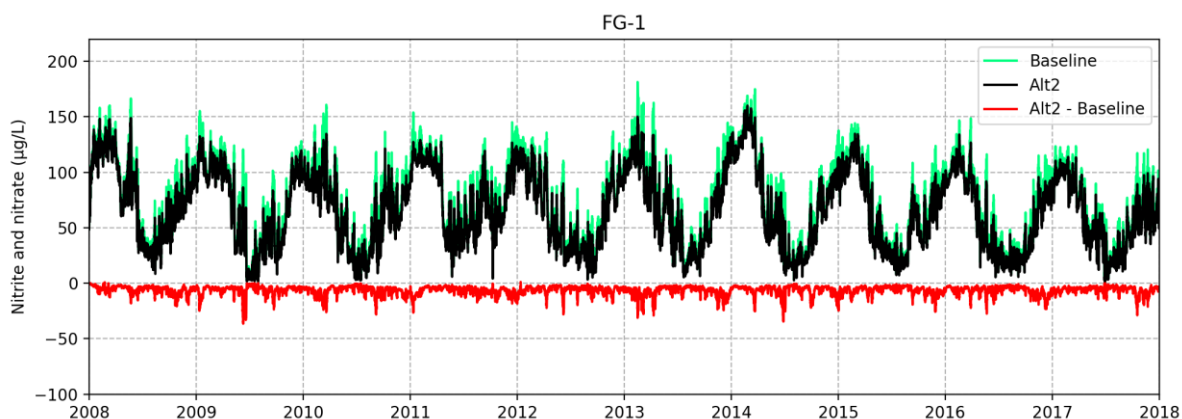
Figur C.19 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



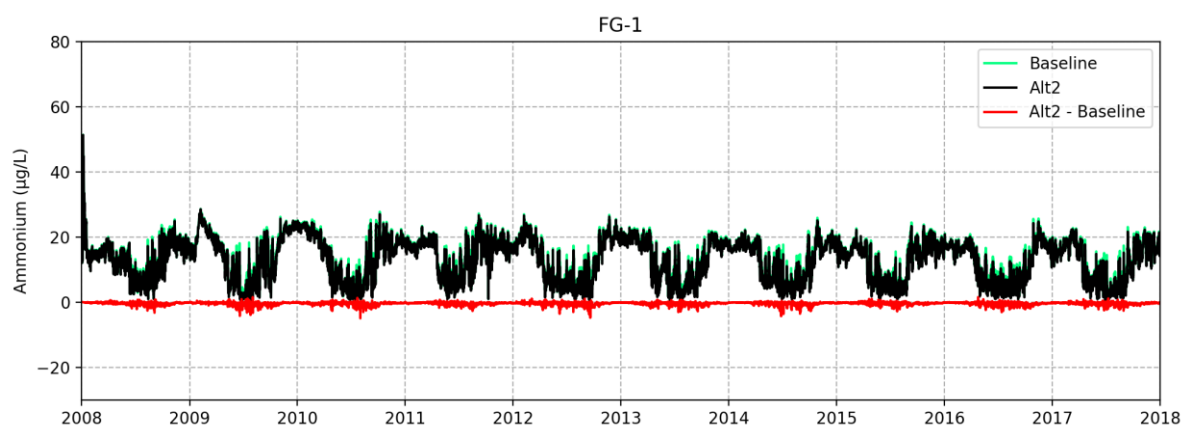
Figur C.20 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.21 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.22 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

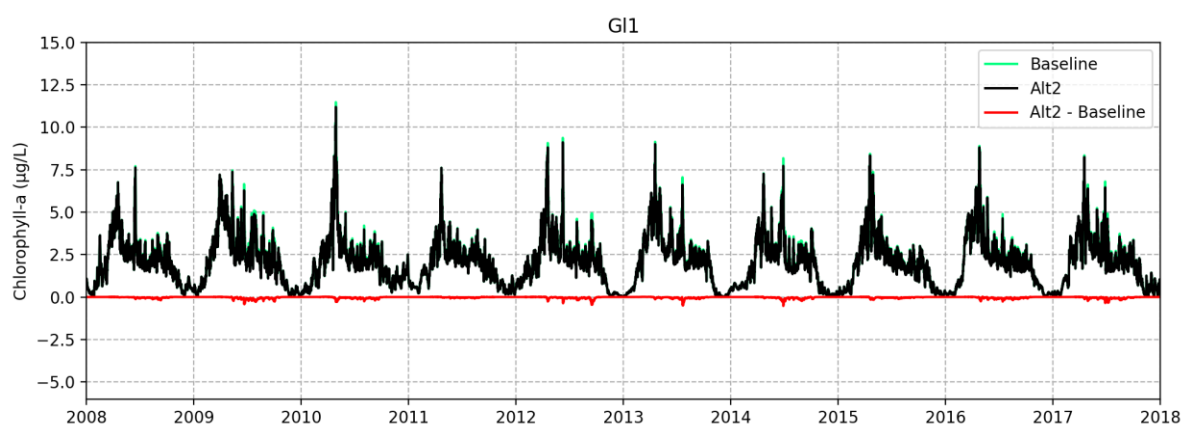


Figur C.23 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

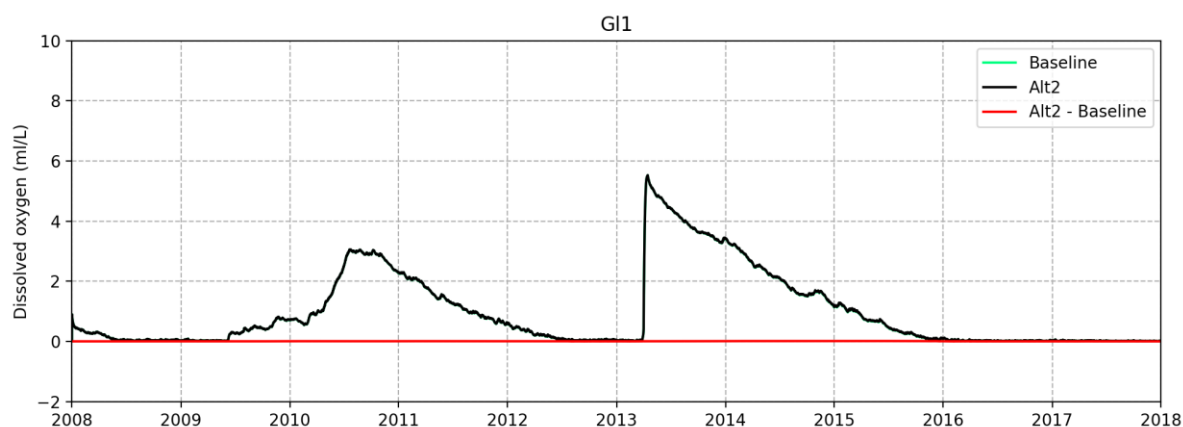


Figur C.24 Siktdybde i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

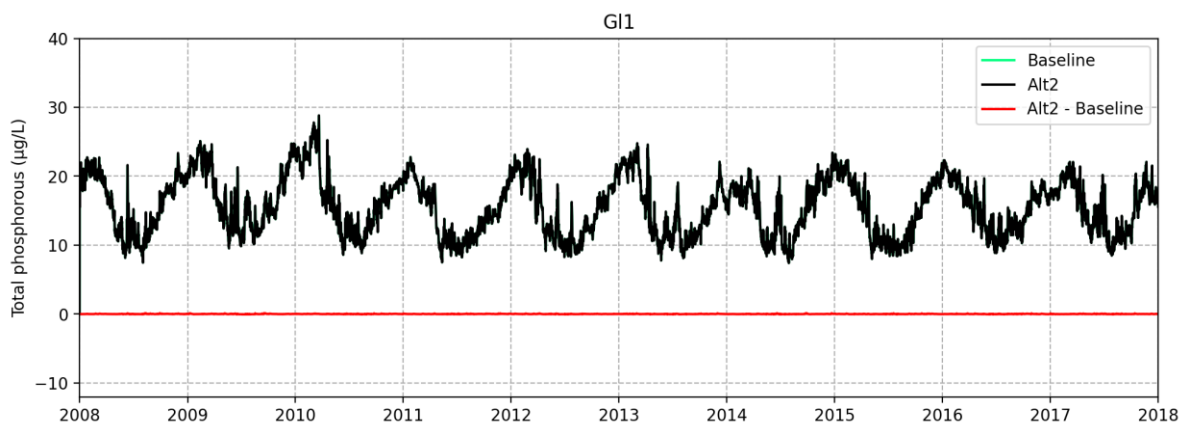
C.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)



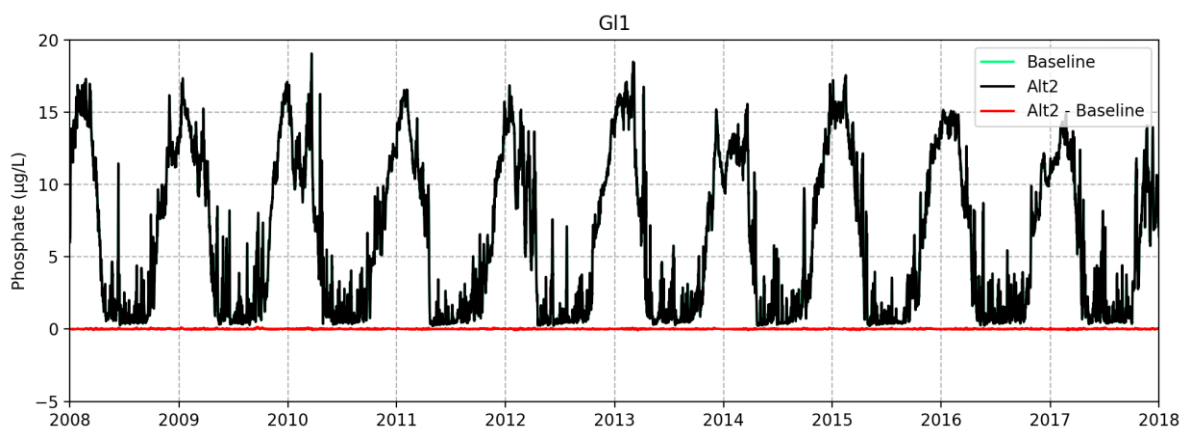
Figur C.25 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



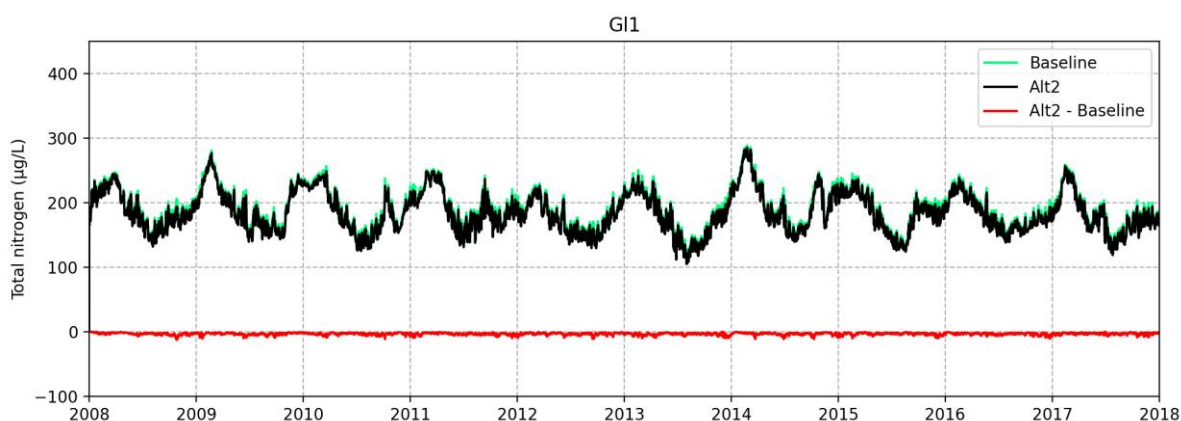
Figur C.26 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



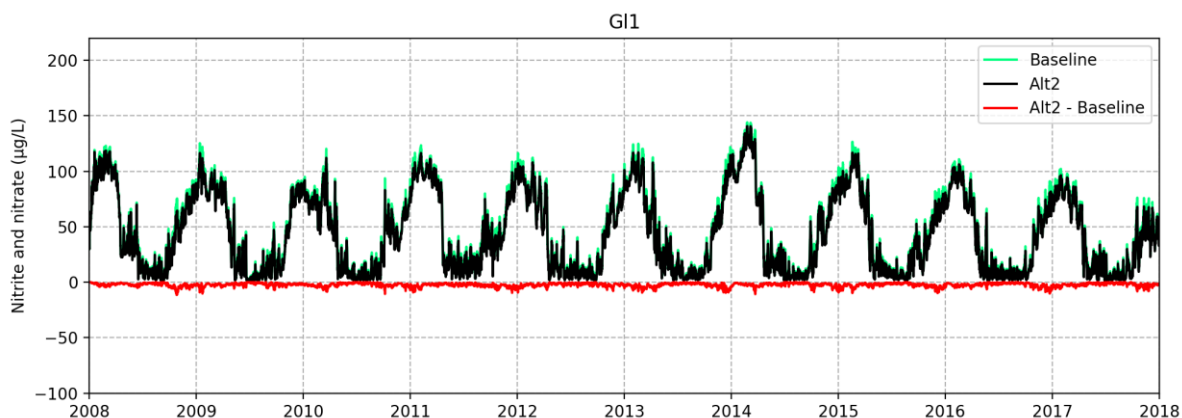
Figur C.27 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



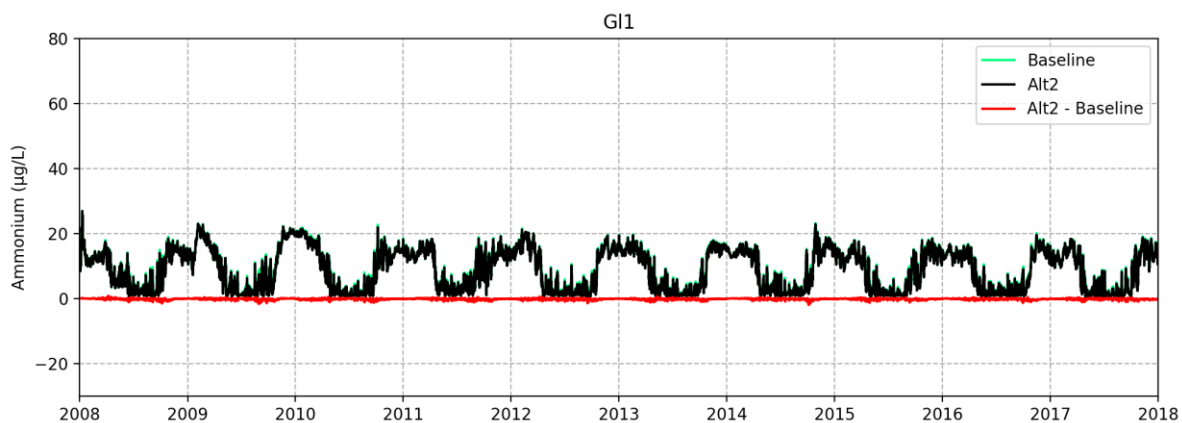
Figur C.28 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.29 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.30 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).



Figur C.31 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

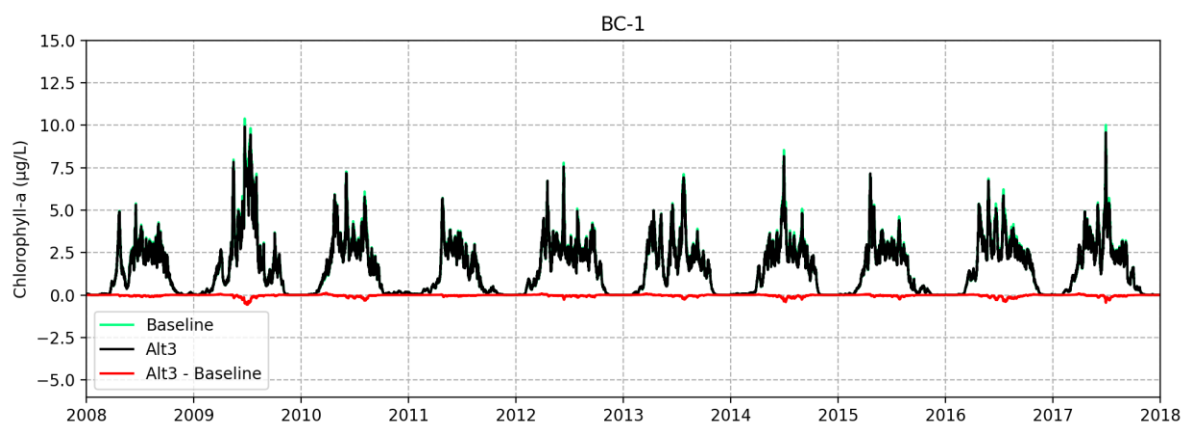


Figur C.32 Siktdybde i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 2 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 2 og Baseline (rød linje).

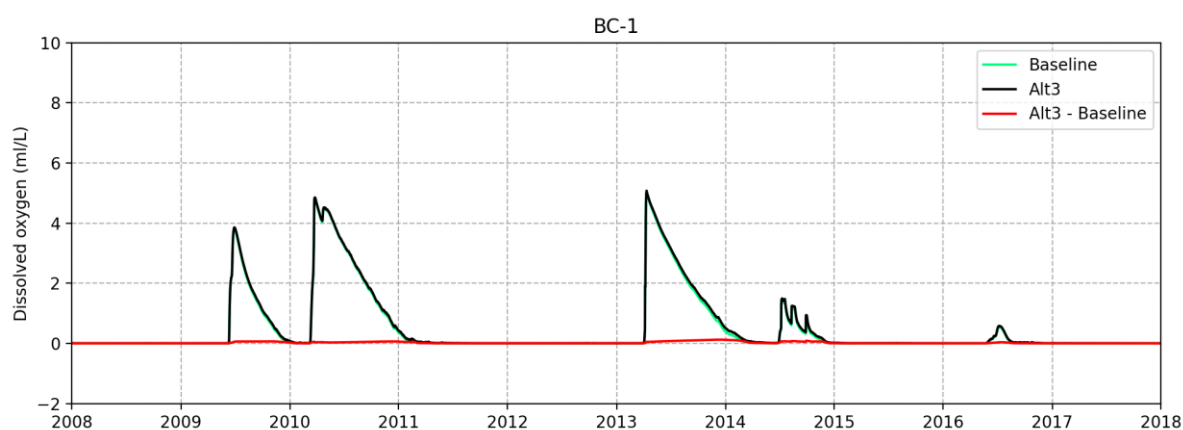
VEDLEGG D – Alternativ 3, samling av utløp ved sørlig del av Langesundsfjorden

D Alternativ 3 resultater

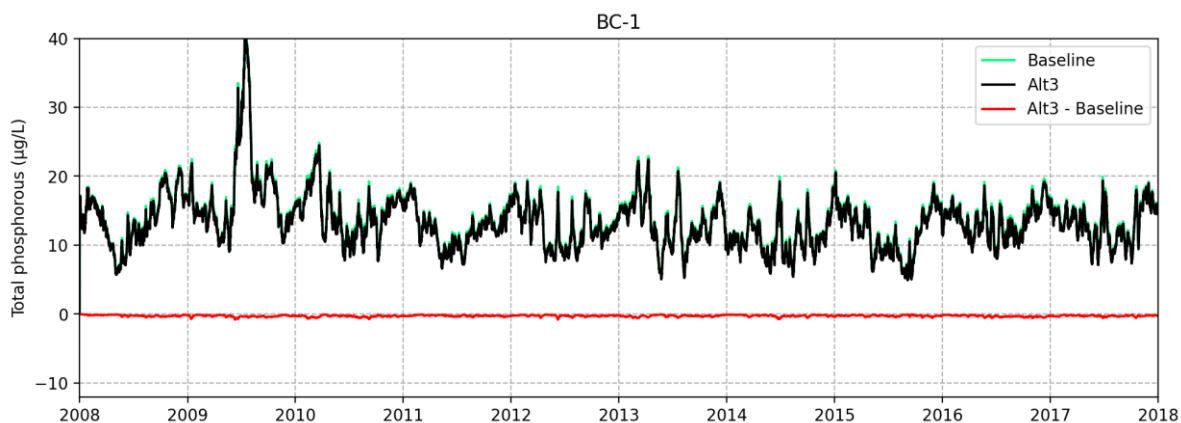
D.1 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)



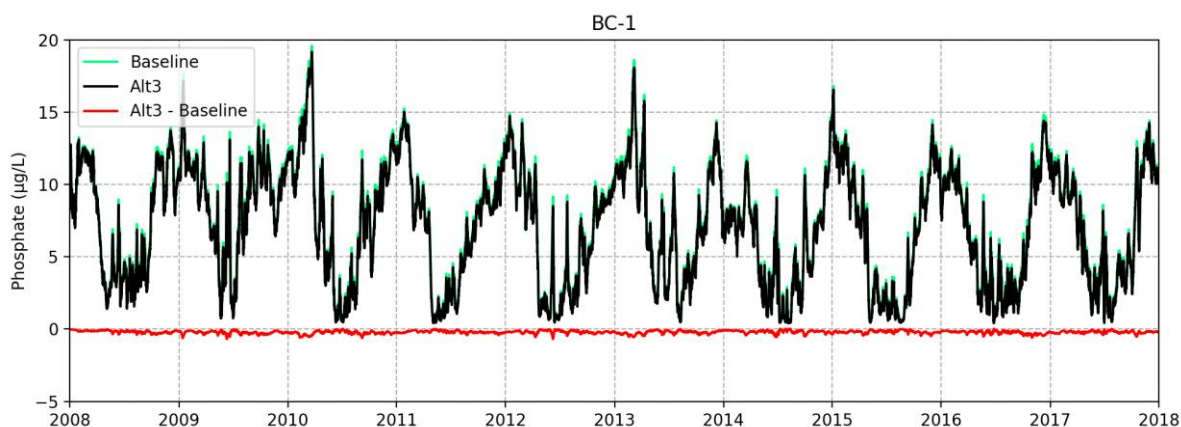
Figur D.1 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



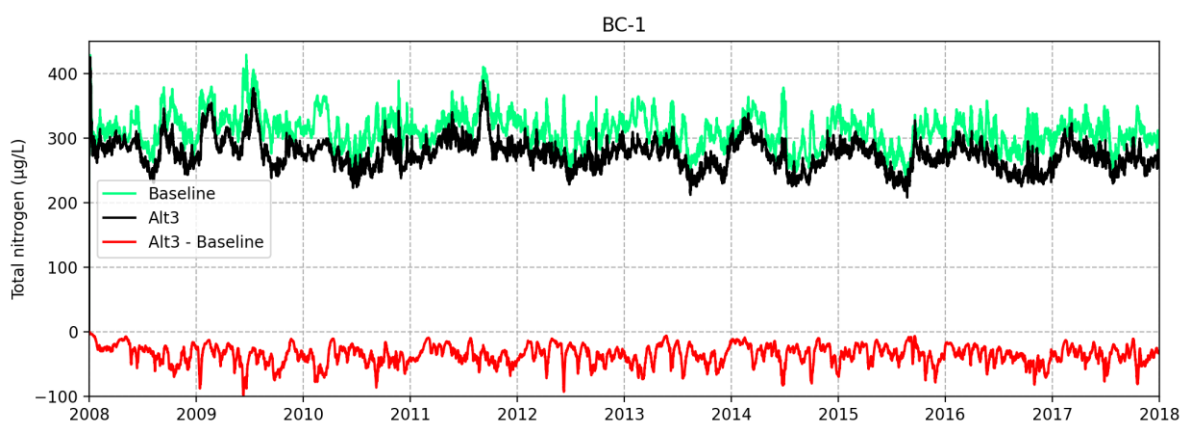
Figur D.2 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



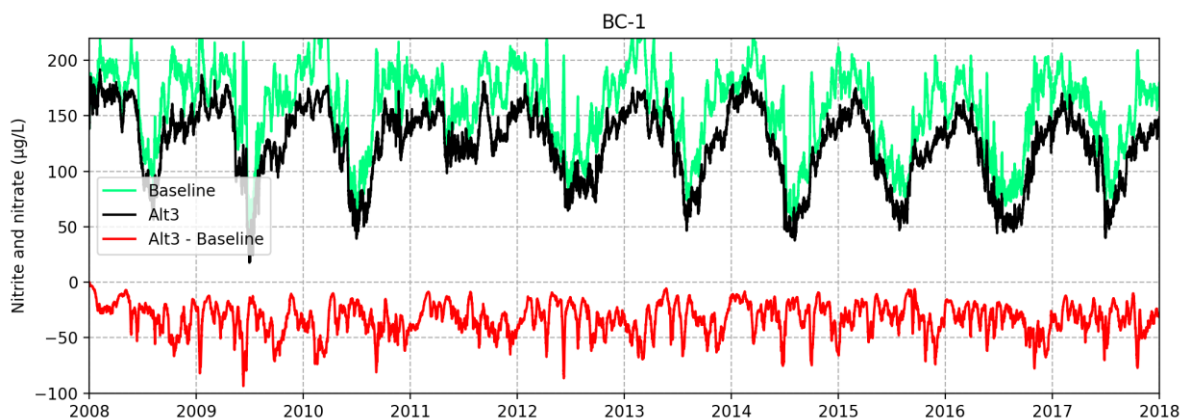
Figur D.3 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



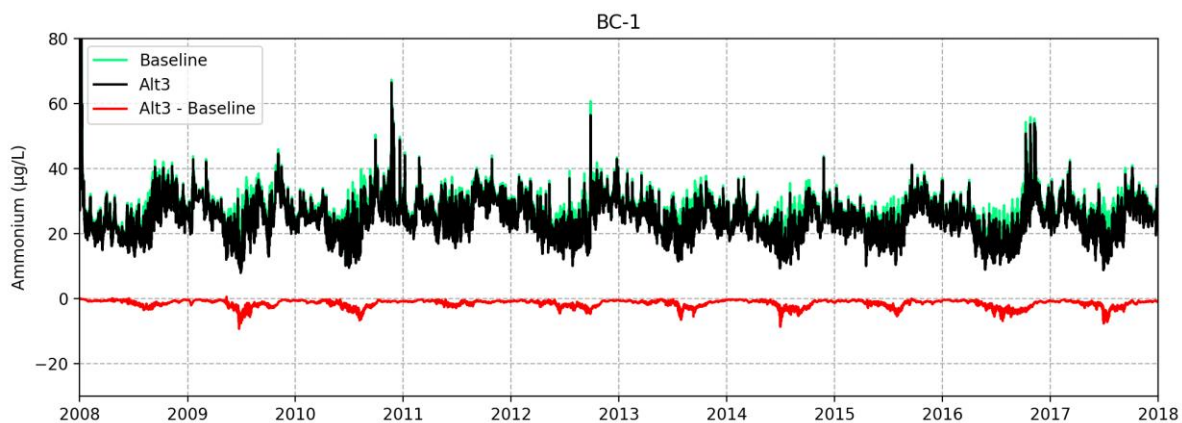
Figur D.4 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.5 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.6 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

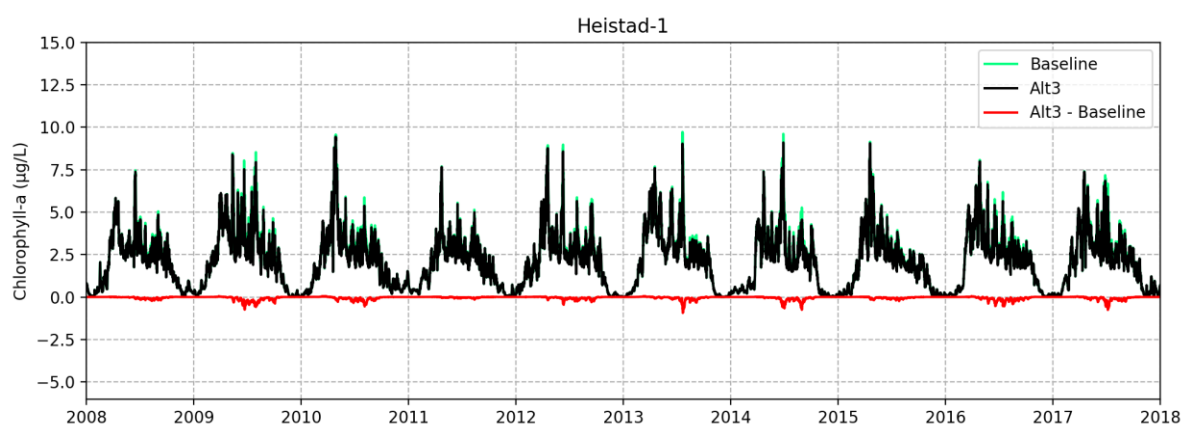


Figur D.7 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

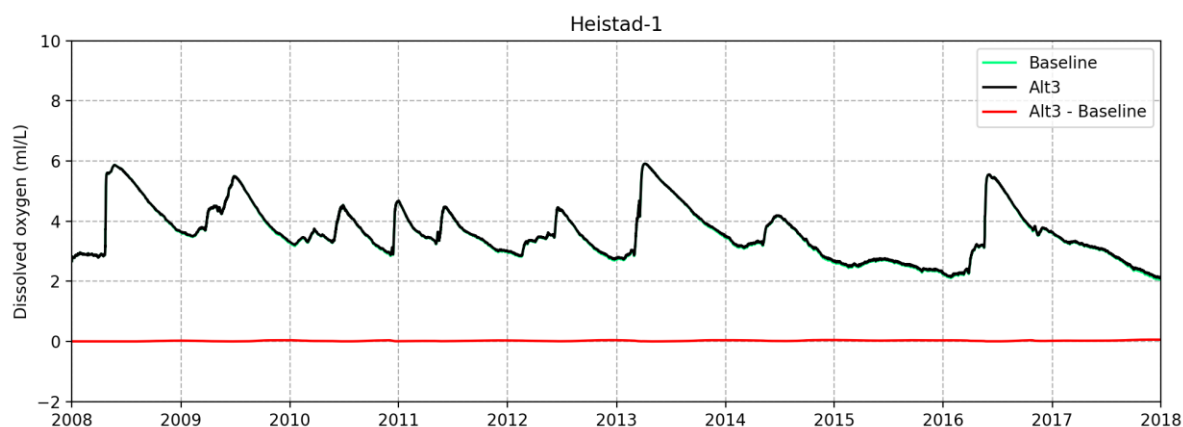


Figur D.8 Siktdybde i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

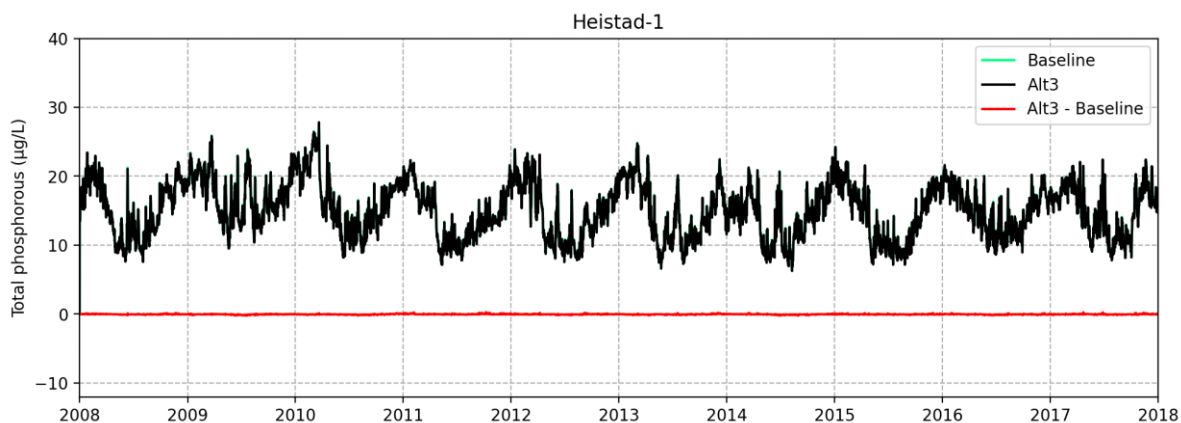
D.2 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)



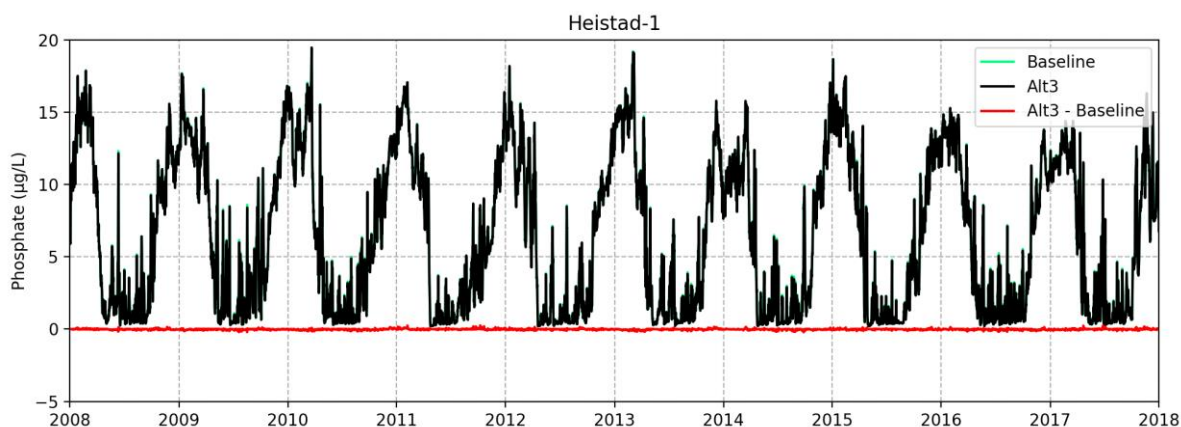
Figur D.9 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



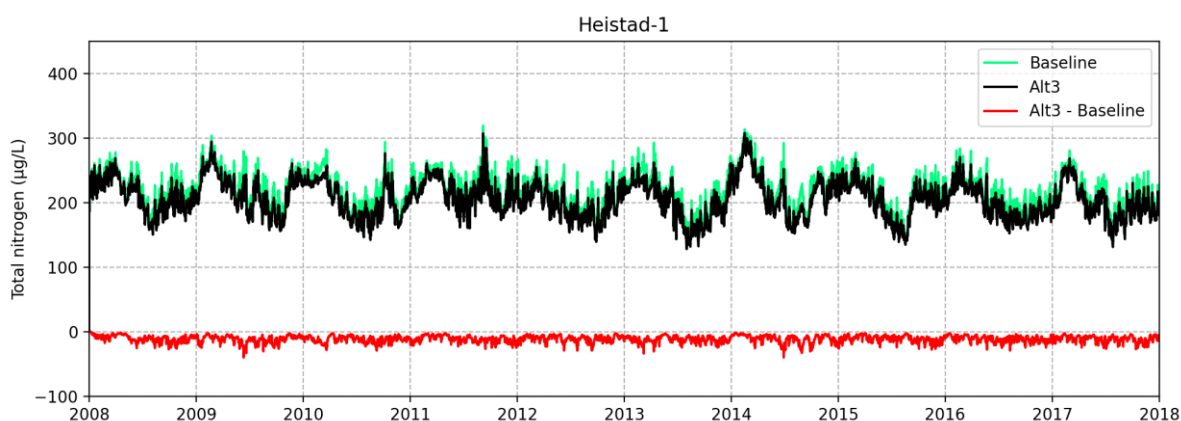
Figur D.10 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



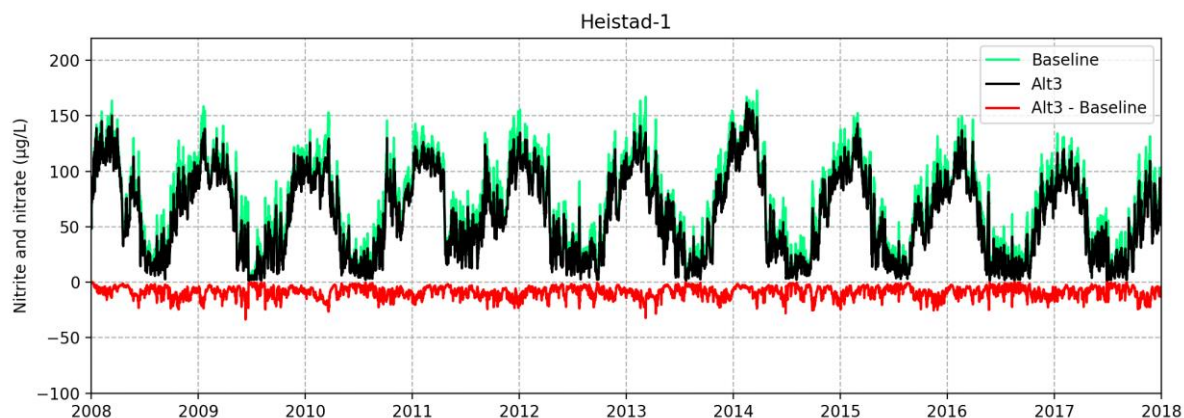
Figur D.11 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



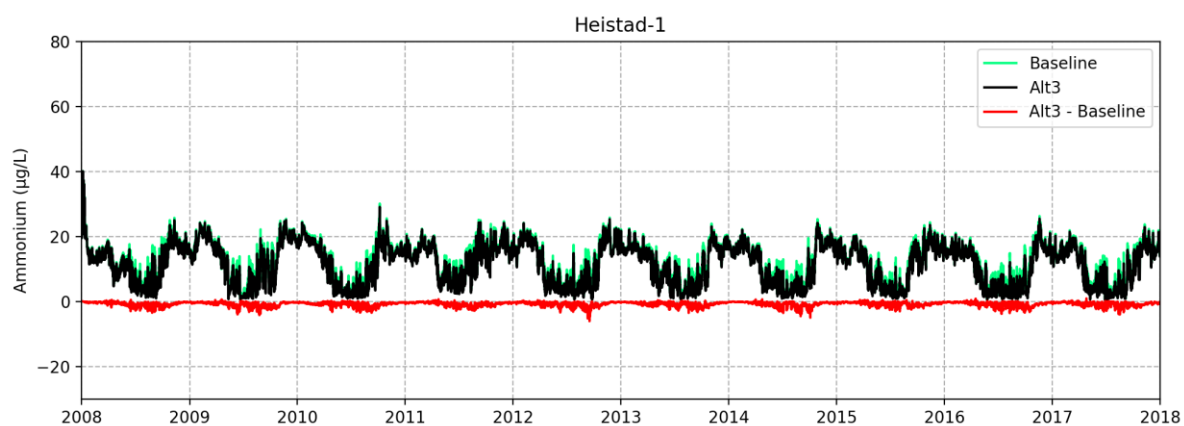
Figur D.12 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



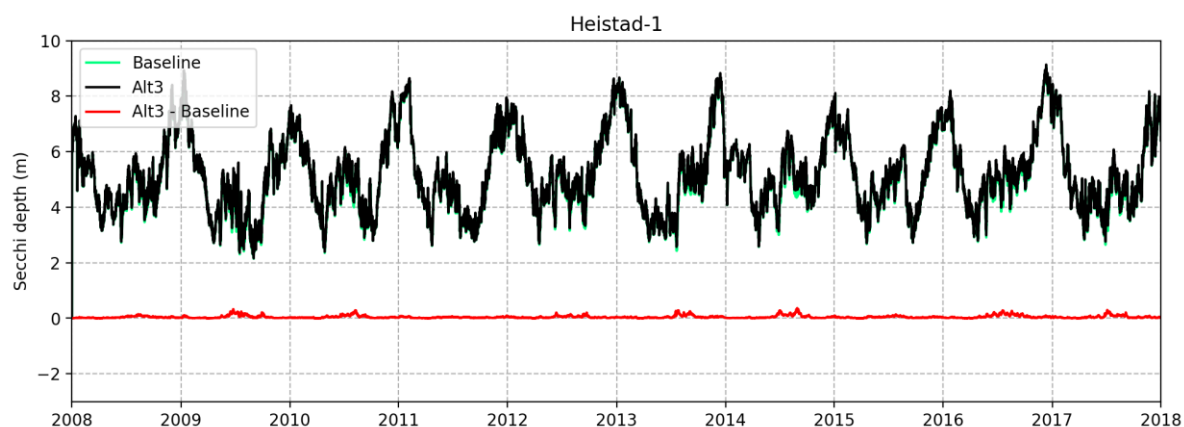
Figur D.13 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.14 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.15 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

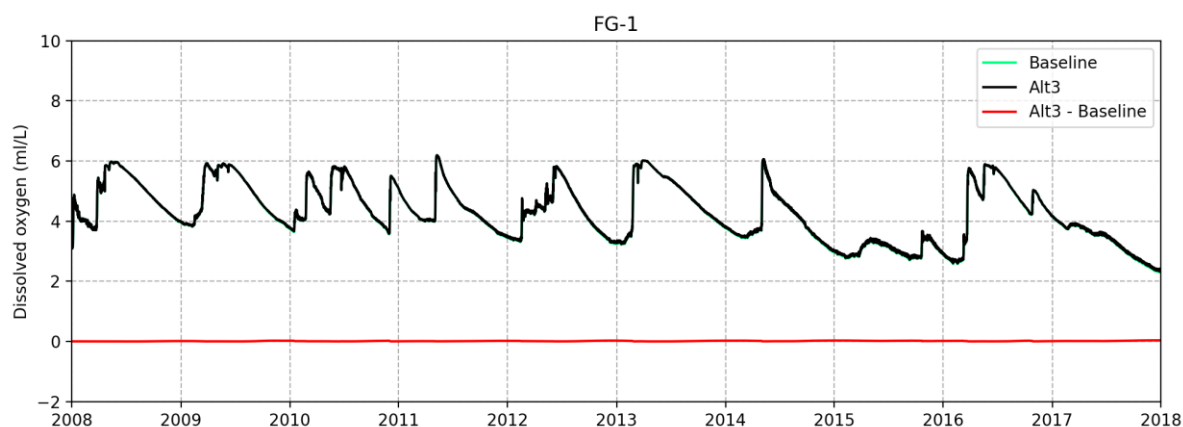


Figur D.16 Siktdybde i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

D.3 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)



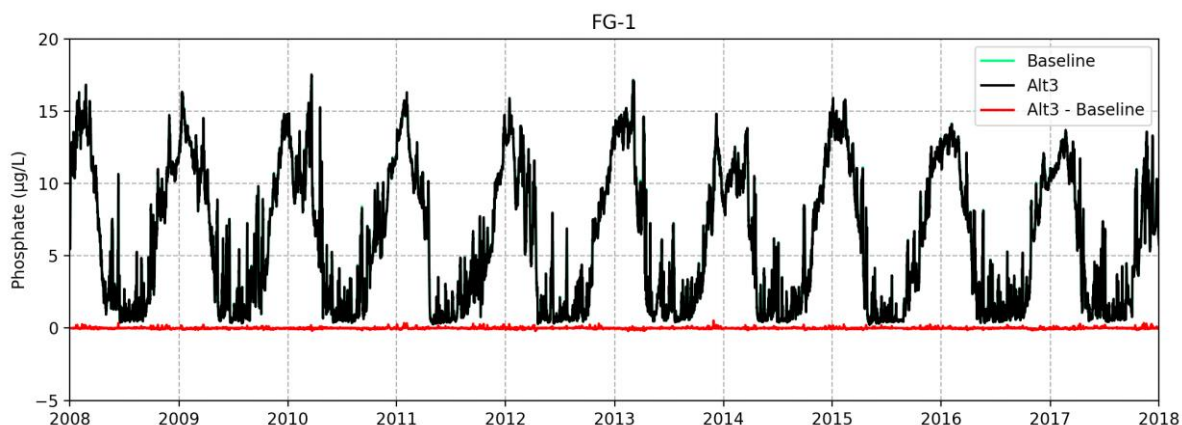
Figur D.17 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



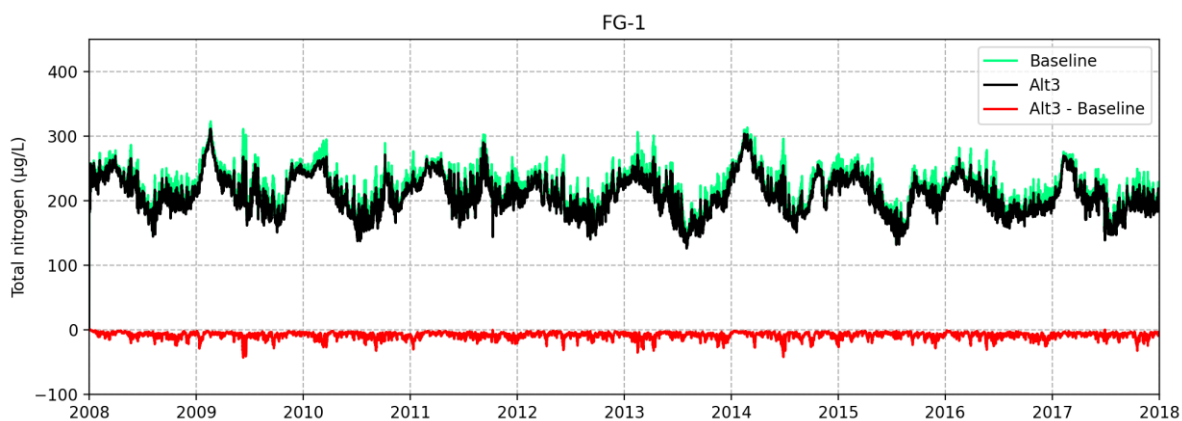
Figur D.18 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



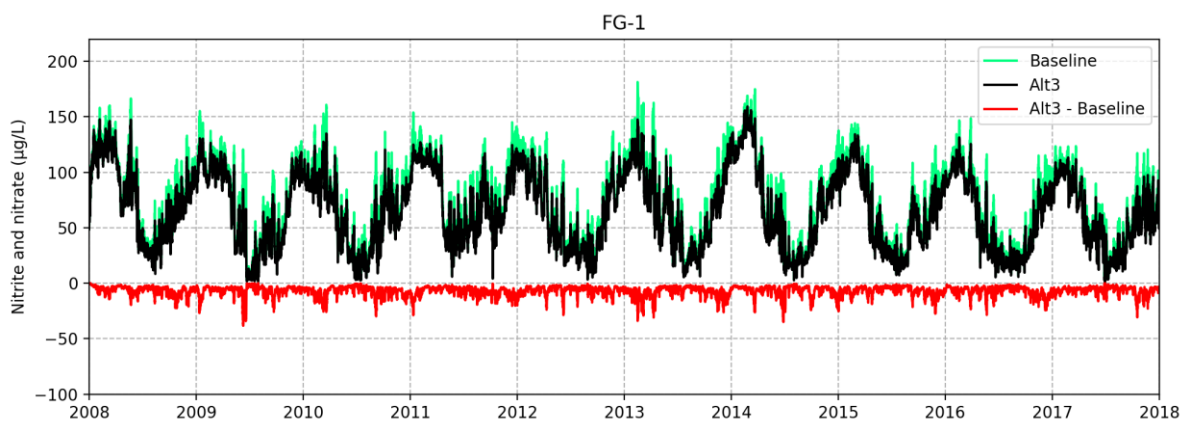
Figur D.19 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



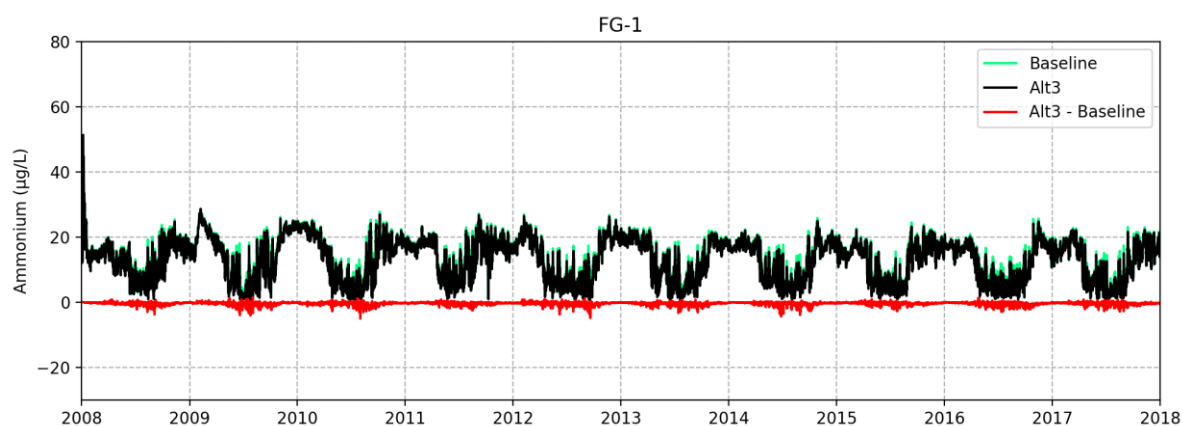
Figur D.20 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



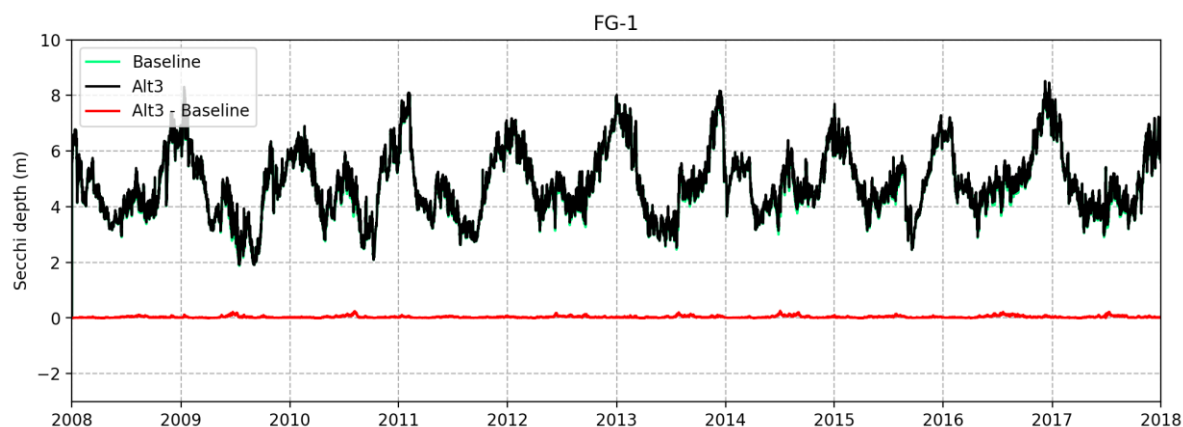
Figur D.21 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.22 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

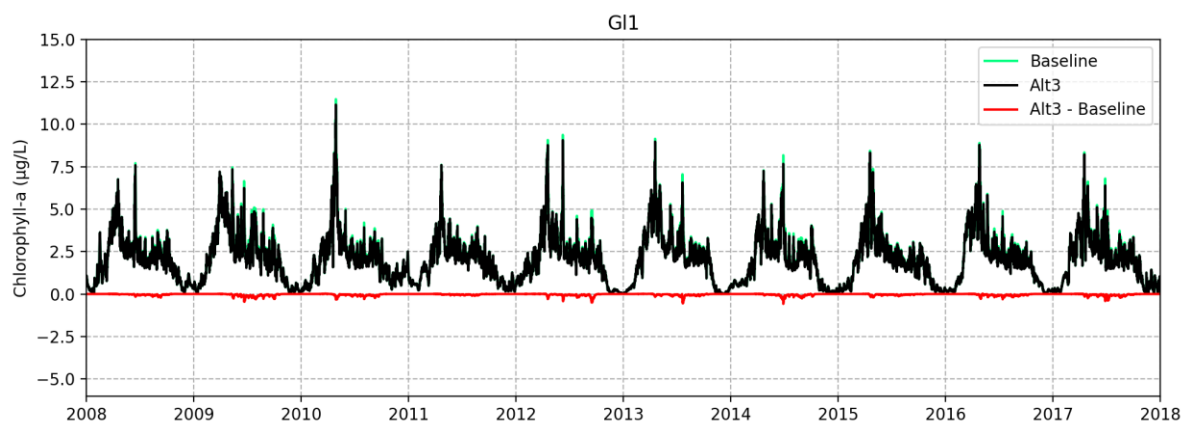


Figur D.23 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

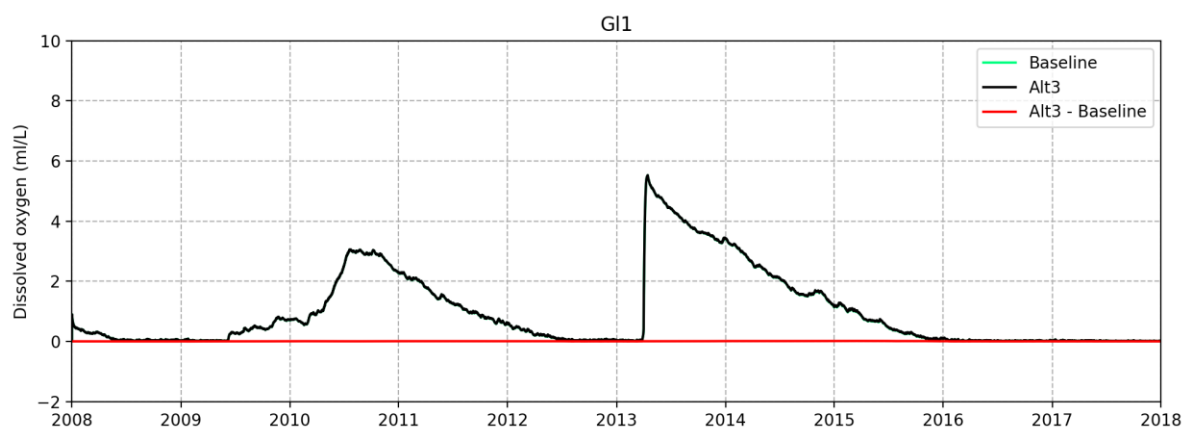


Figur D.24 Siktdybde i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

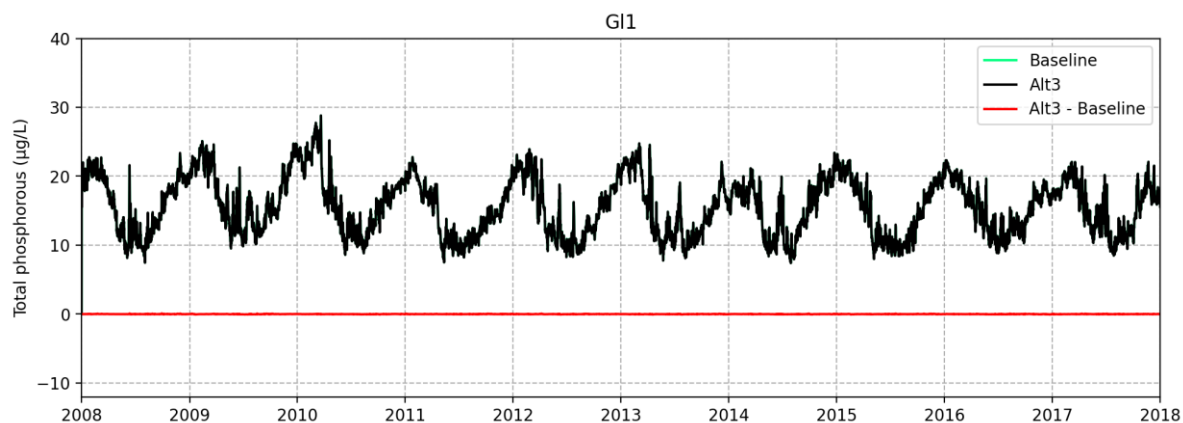
D.4 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)



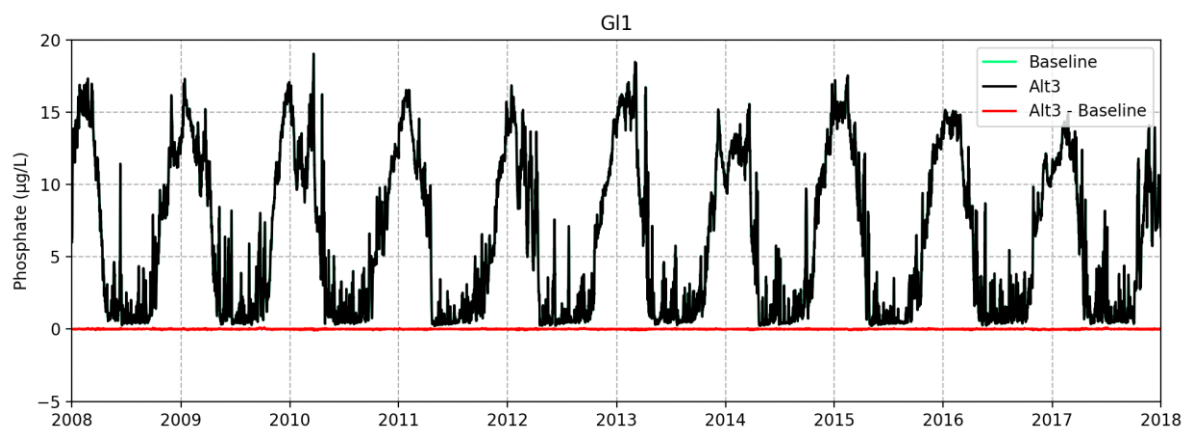
Figur D.25 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



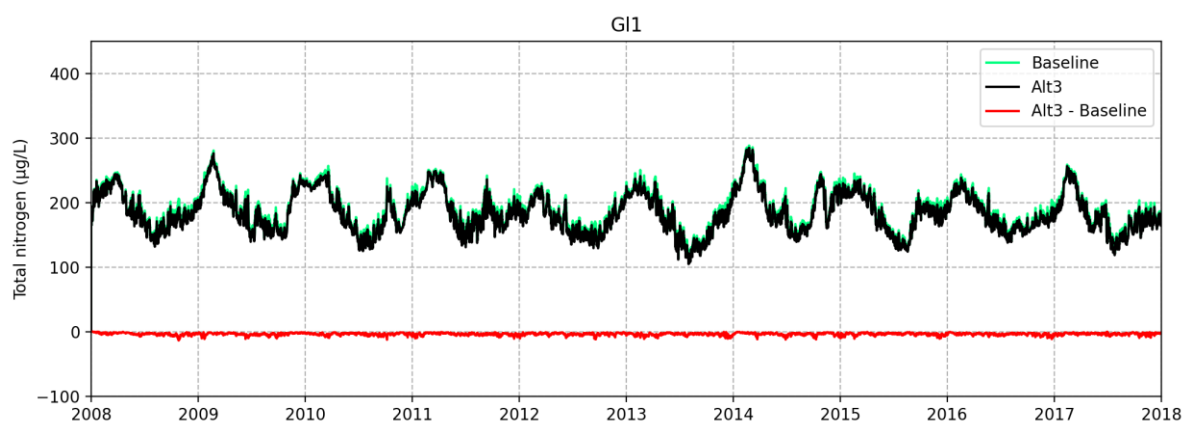
Figur D.26 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



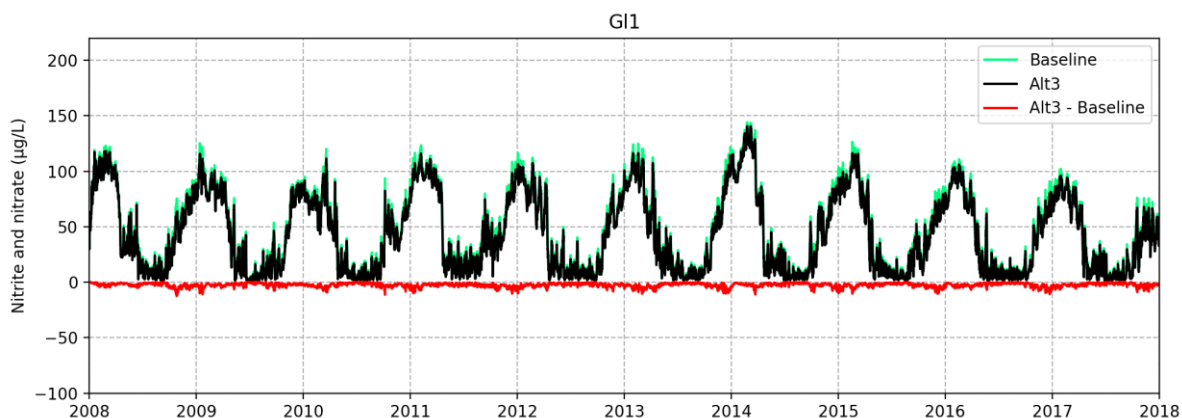
Figur D.27 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



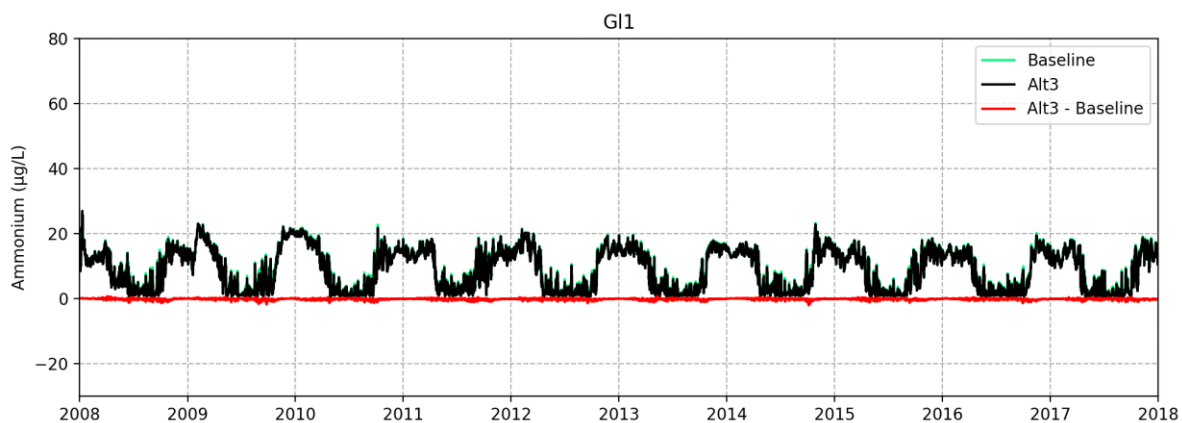
Figur D.28 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.29 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.30 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).



Figur D.31 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

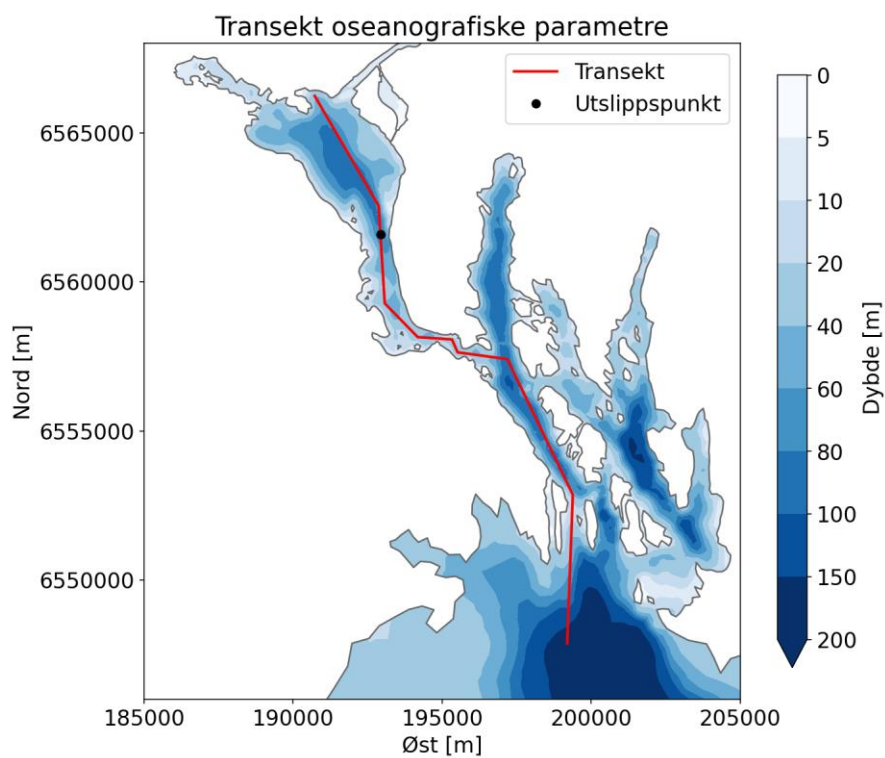


Figur D.32 Siktdybde i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 3 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 3 og Baseline (rød linje).

VEDLEGG E – Alternativ 4, dypvannsutslipp nord for terskelen i Frierfjorden

E Alternativ 4 resultater

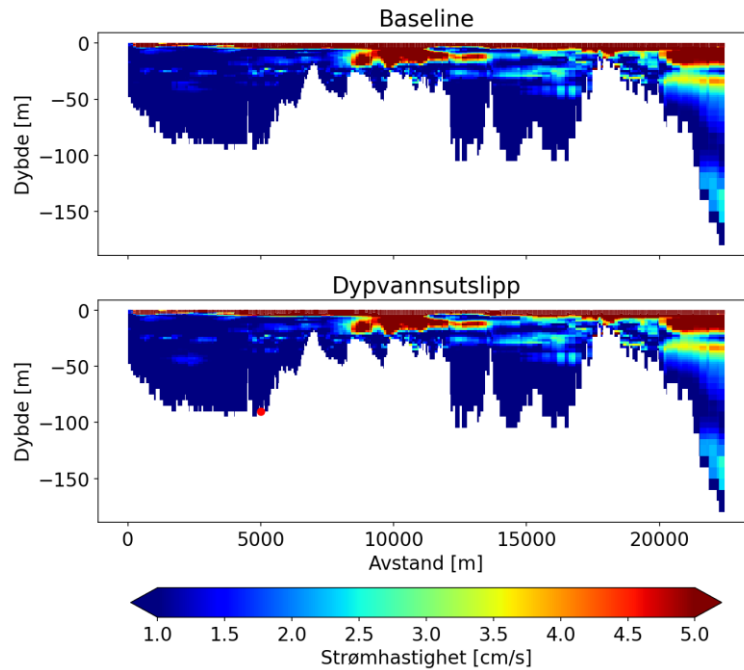
E.1 Transekt Frierfjorden og ut fjordsystemet.



Figur E.1 Transekt for plotting av oseanografiske parametre fra den hydrodynamiske modellen for Baseline og dypvannsutslippet. Utslippspunktet er markert med sort sirkel, og ligger på 90 meters dyp.

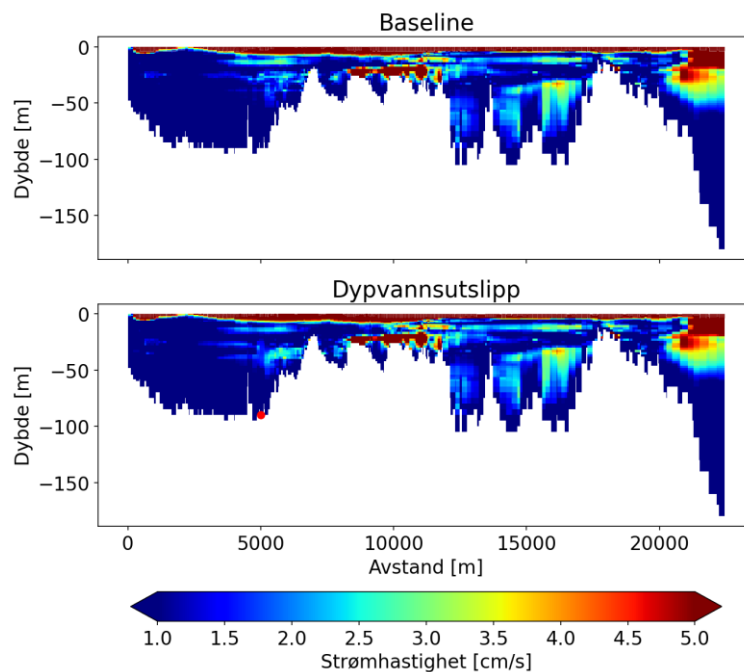
E.2 Strømhastighetsnitt

Strømhastighet ved tidspunkt 29.01.2008



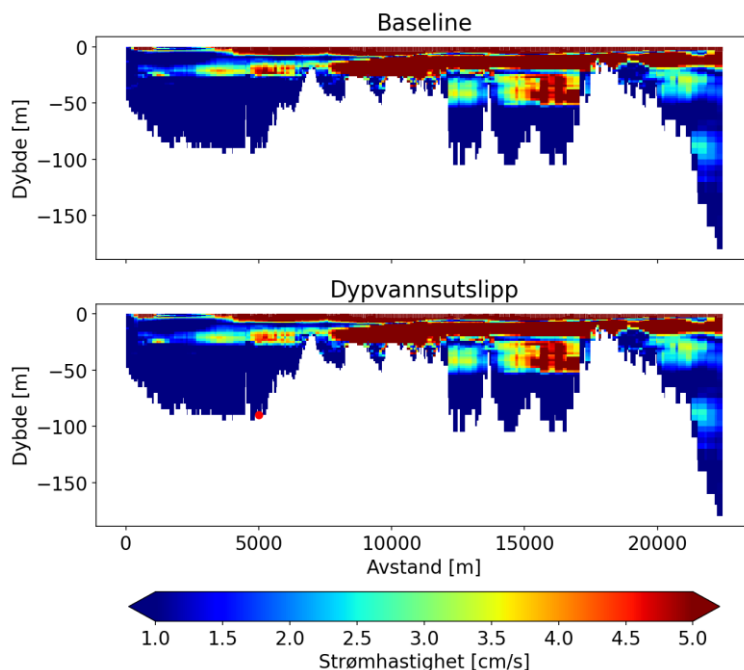
Figur E.2 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Strømhastighet ved tidspunkt 18.05.2010



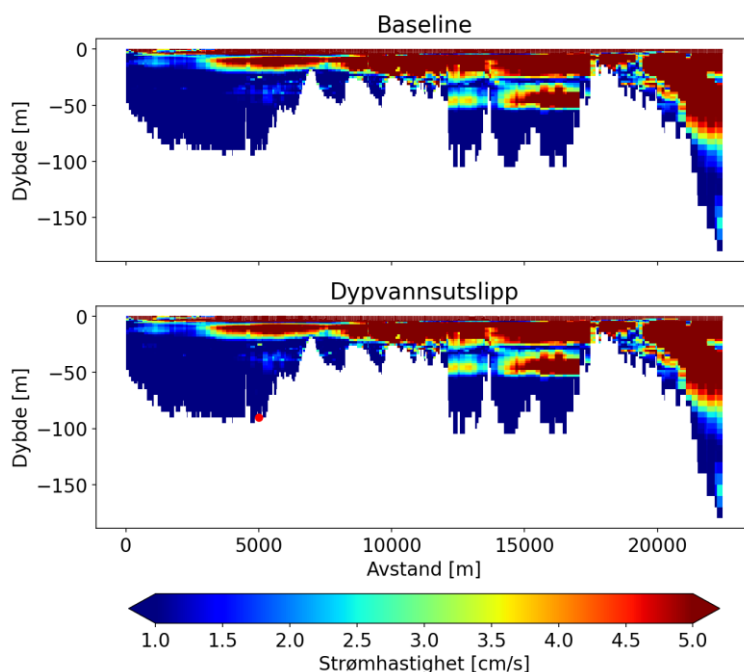
Figur E.3 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Strømhastighet ved tidspunkt 04.09.2012



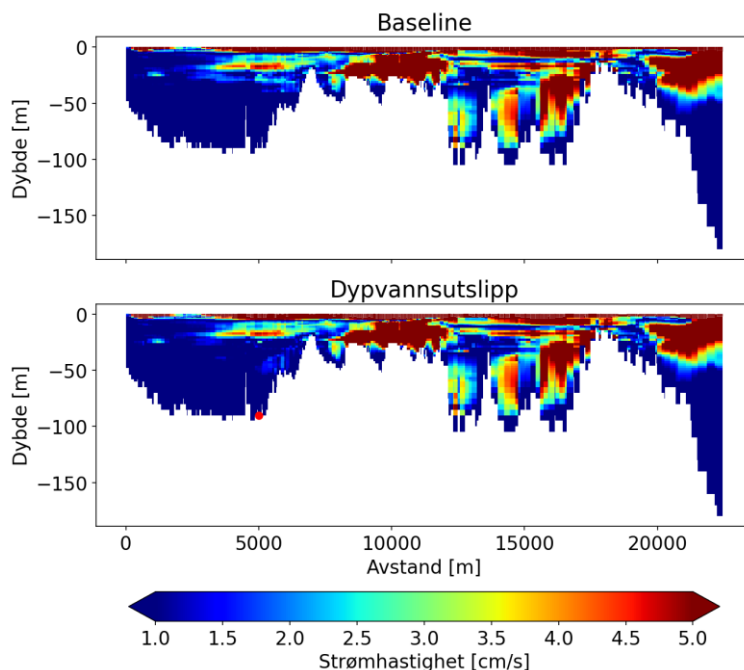
Figur E.4 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Strømhastighet ved tidspunkt 21.01.2014



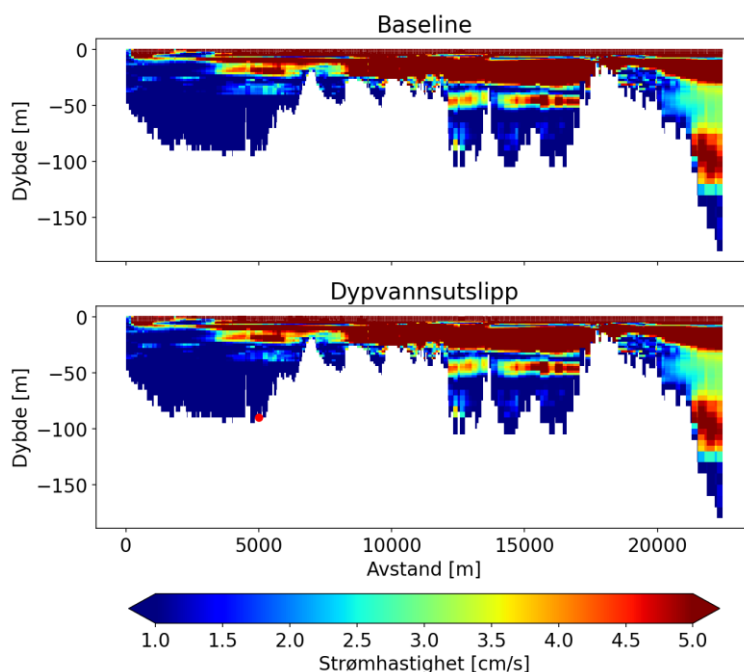
Figur E.5 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Strømhastighet ved tidspunkt 10.05.2016



Figur E.6 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

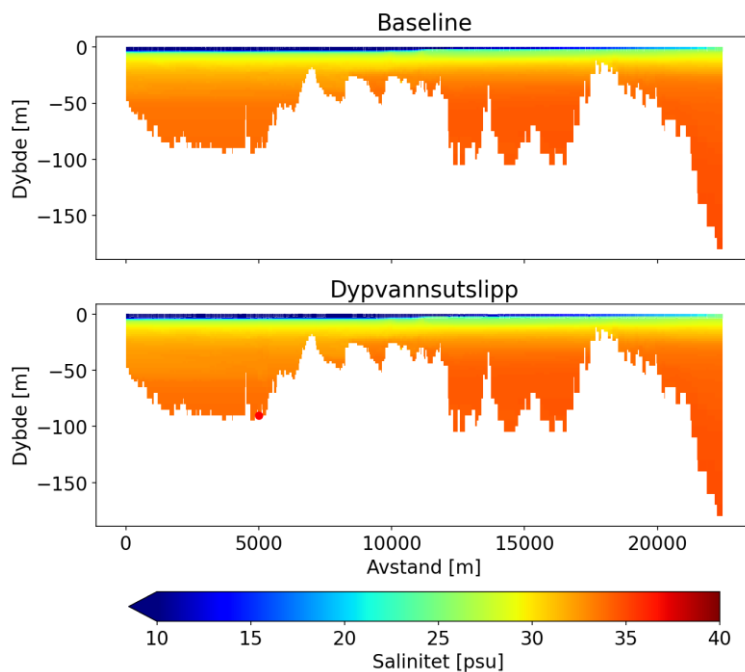
Strømhastighet ved tidspunkt 26.09.2017



Figur E.7 Lengdesnitt for strømhastighet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Strømhastigheten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

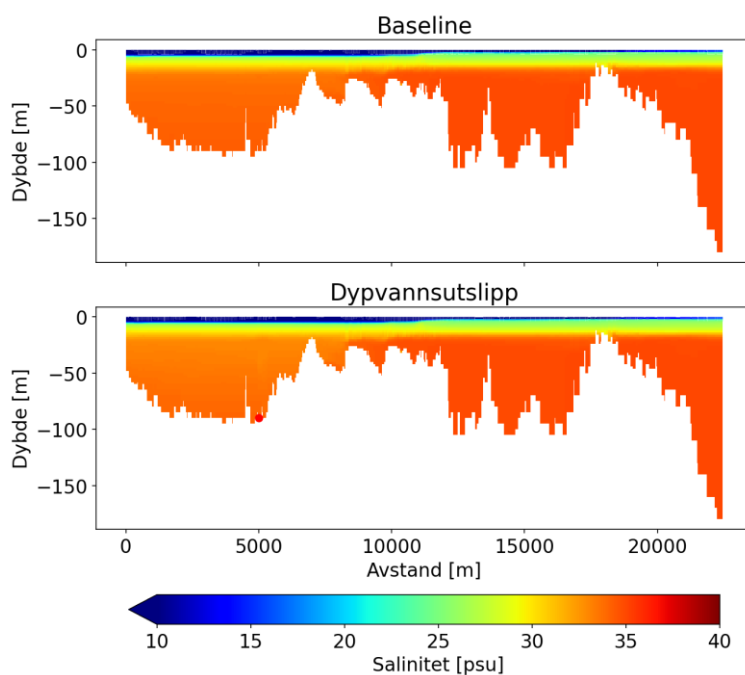
E.3 Salinitetssnitt

Salinitet ved tidspunkt 29.01.2008



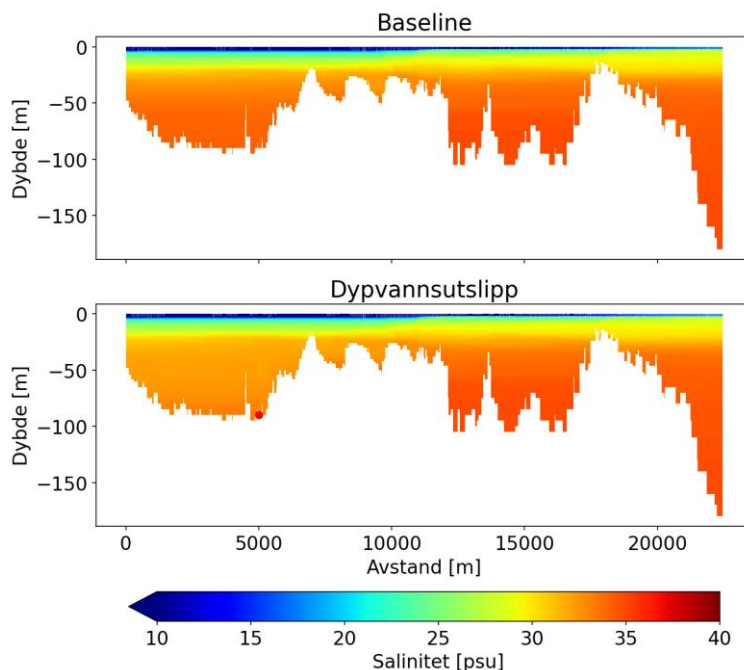
Figur E.8 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Salinitet ved tidspunkt 18.05.2010



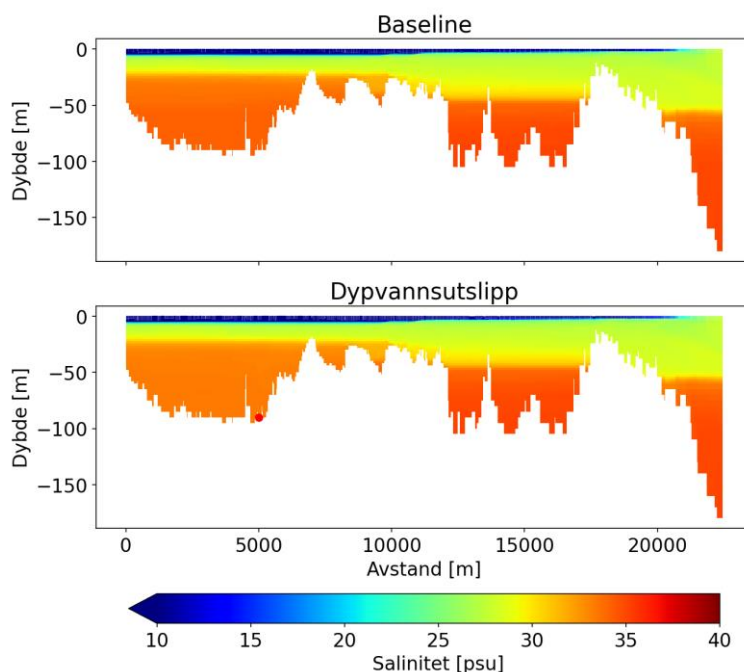
Figur E.9 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Salinitet ved tidspunkt 04.09.2012

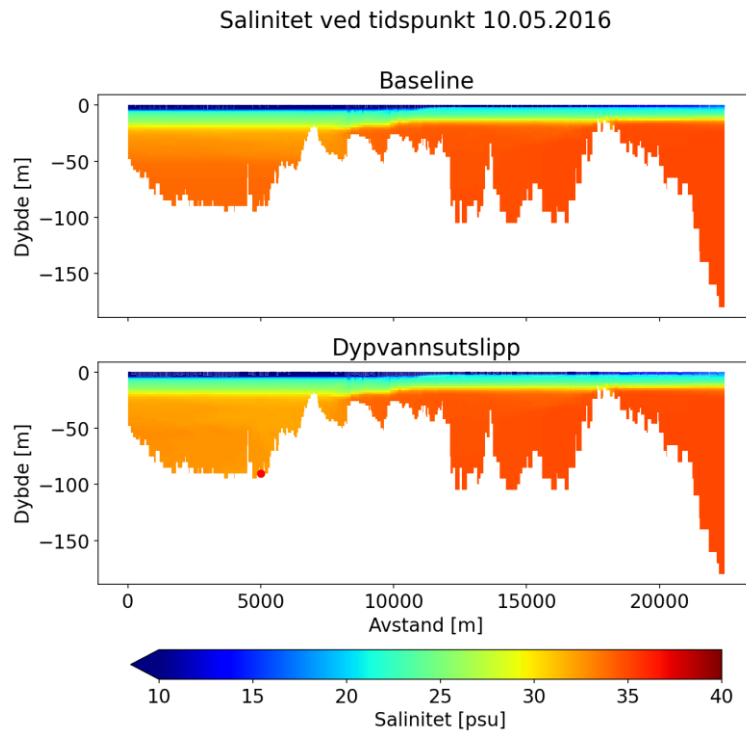


Figur E.10 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

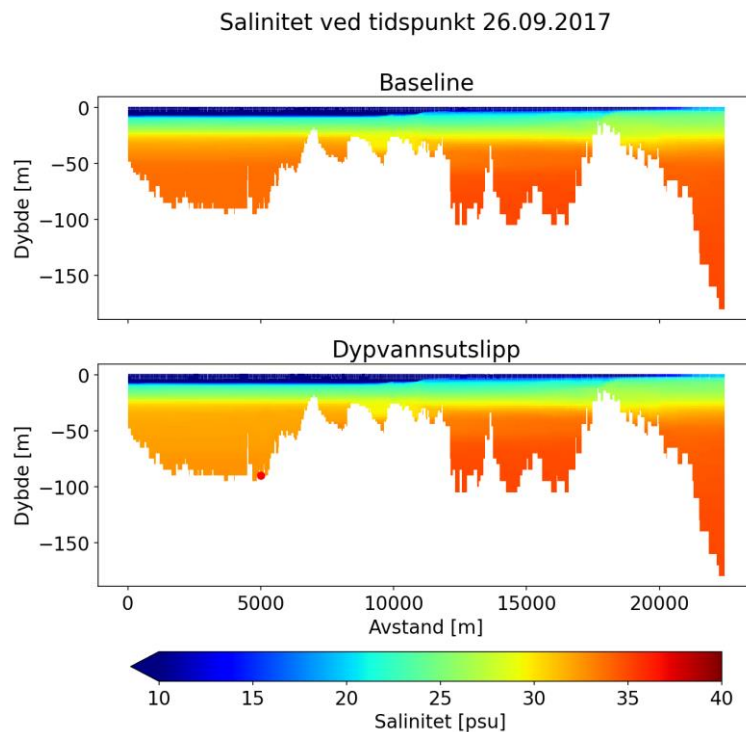
Salinitet ved tidspunkt 21.01.2014



Figur E.11 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

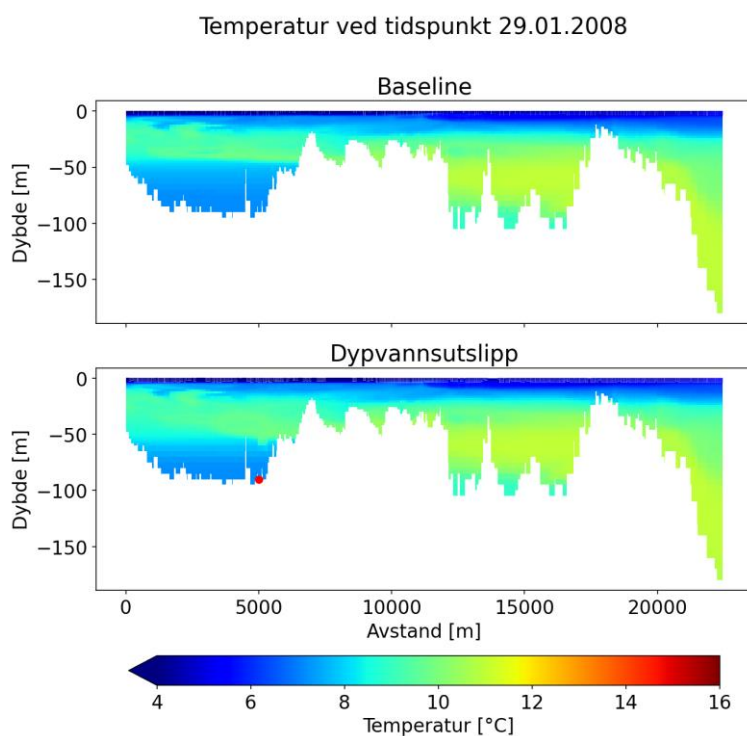


Figur E.12 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

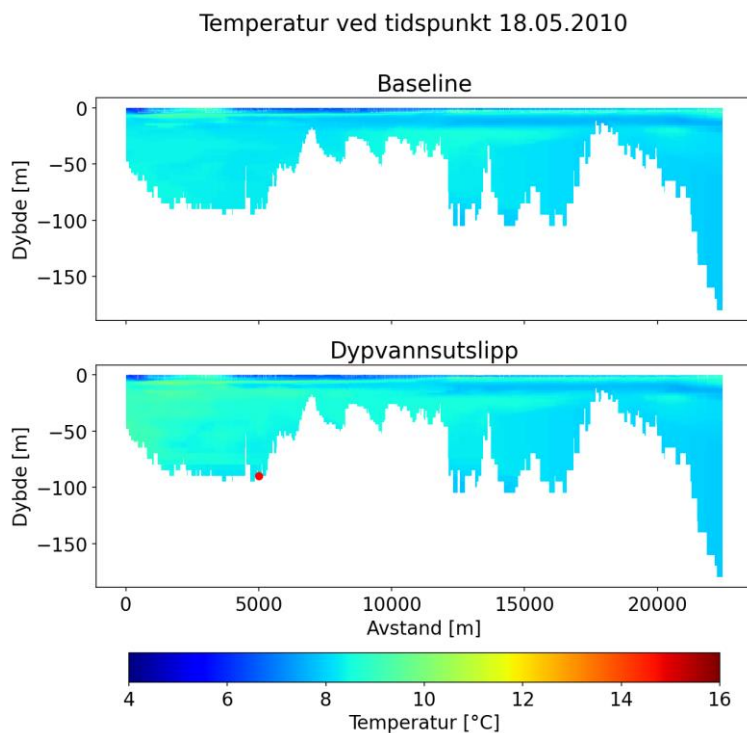


Figur E.13 Lengdesnitt for salinitet etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Saliniteten er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

E.4 Temperatursnitt

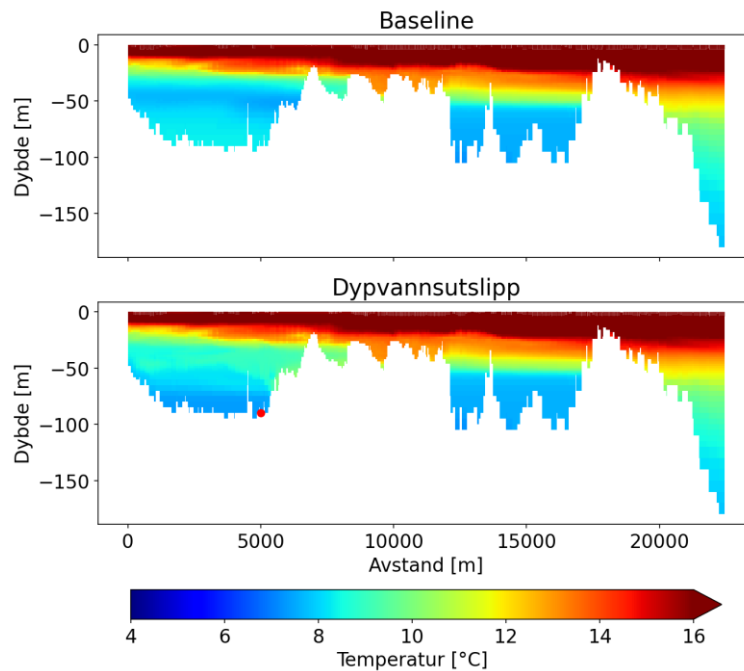


Figur E.14 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.



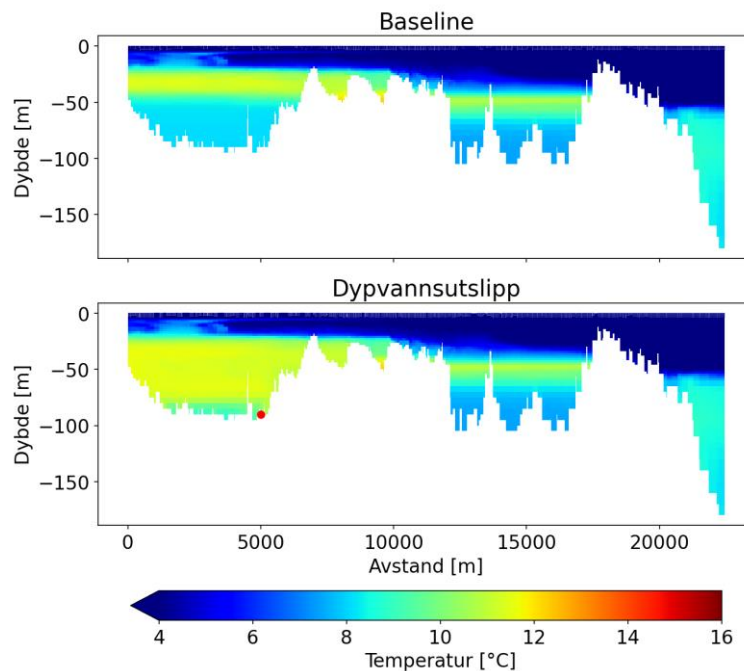
Figur E.15 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Temperatur ved tidspunkt 04.09.2012



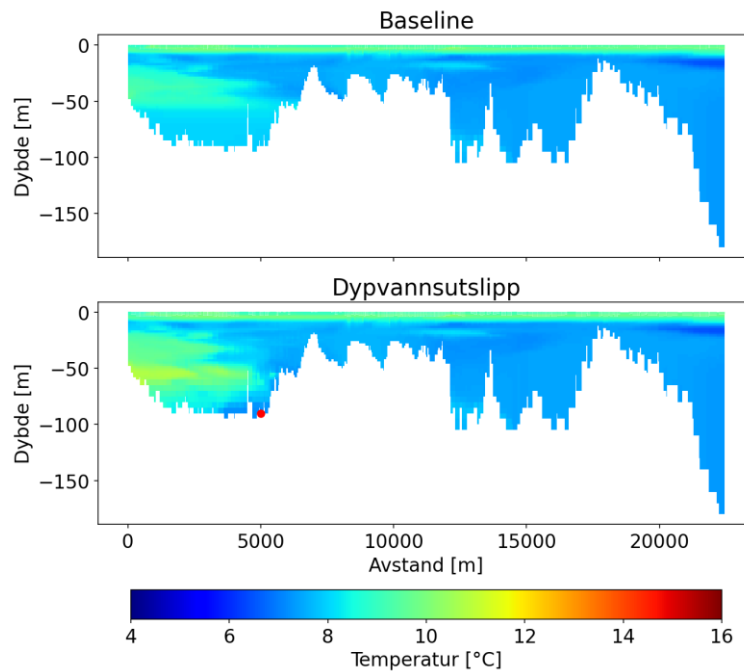
Figur E.16 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Temperatur ved tidspunkt 21.01.2014



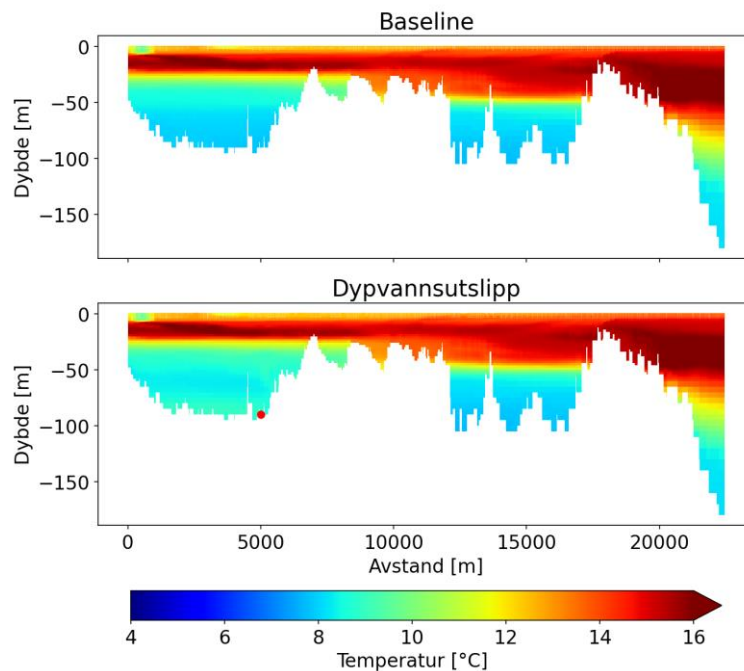
Figur E.17 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Temperatur ved tidspunkt 10.05.2016



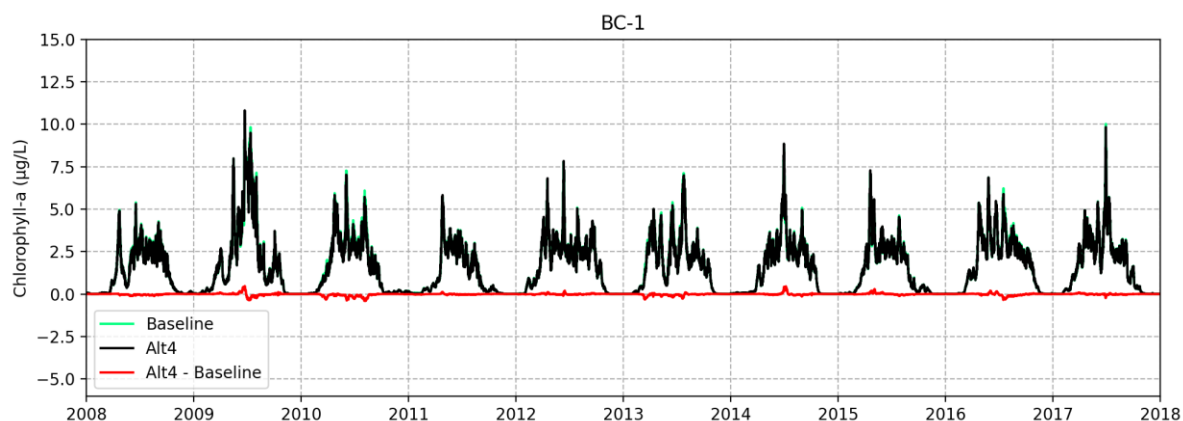
Figur E.18 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

Temperatur ved tidspunkt 26.09.2017

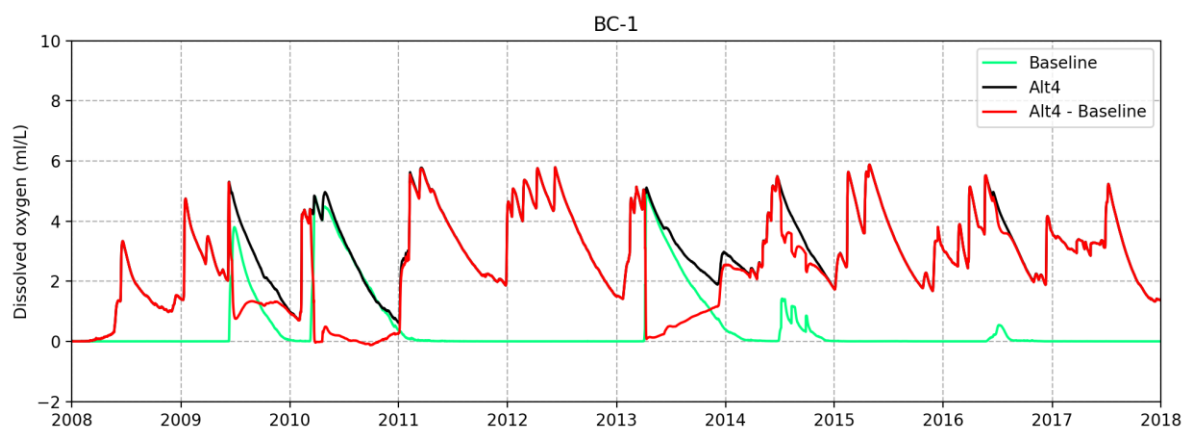


Figur E.19 Lengdesnitt for Temperatur etter transekt inntegnet i Figur E.1 for baseline (topp) og dypvannsutslippet (bunn). Utslippspunktets posisjon er indikert med en rød sirkel. Temperaturen er den umiddelbare verdien ved angitt tidspunkt i figuren.

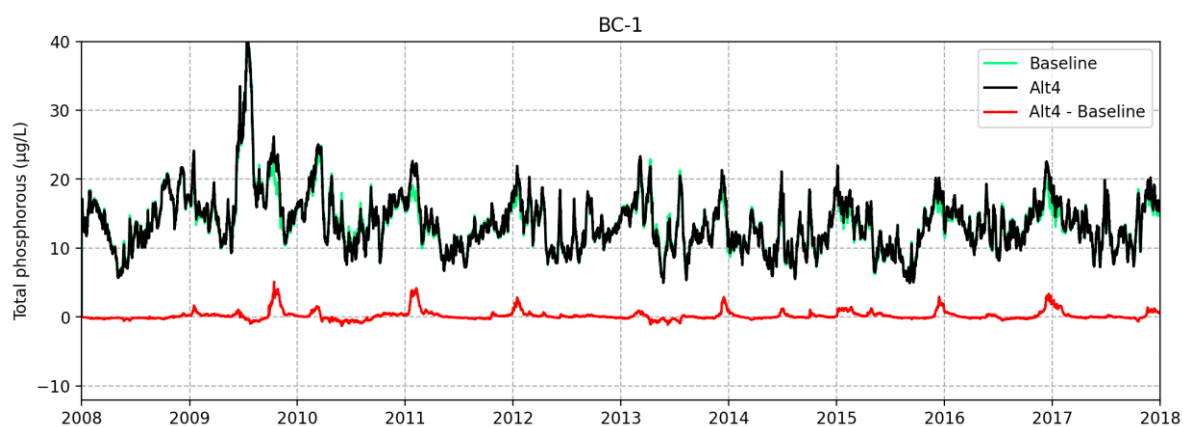
E.5 Tidsserieresultater Frierfjorden (BC-1)



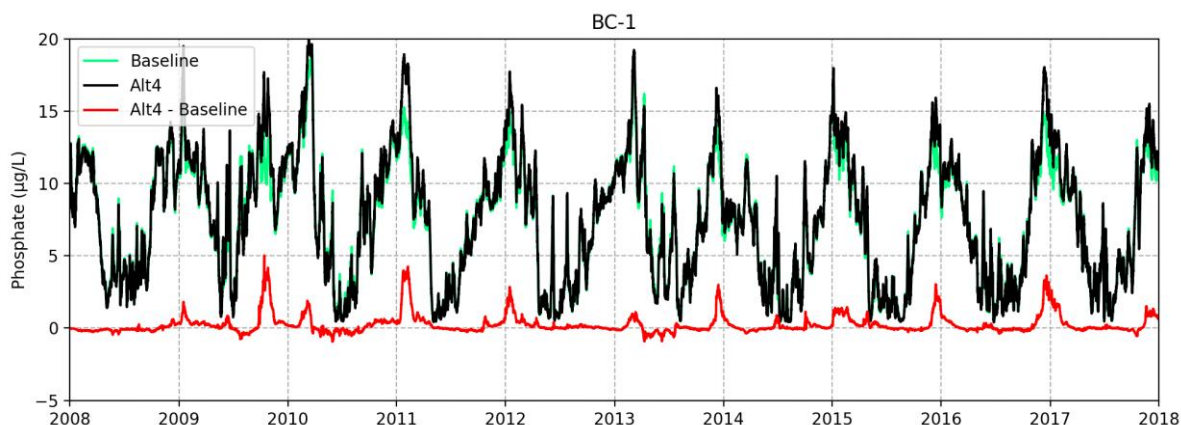
Figur E.20 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



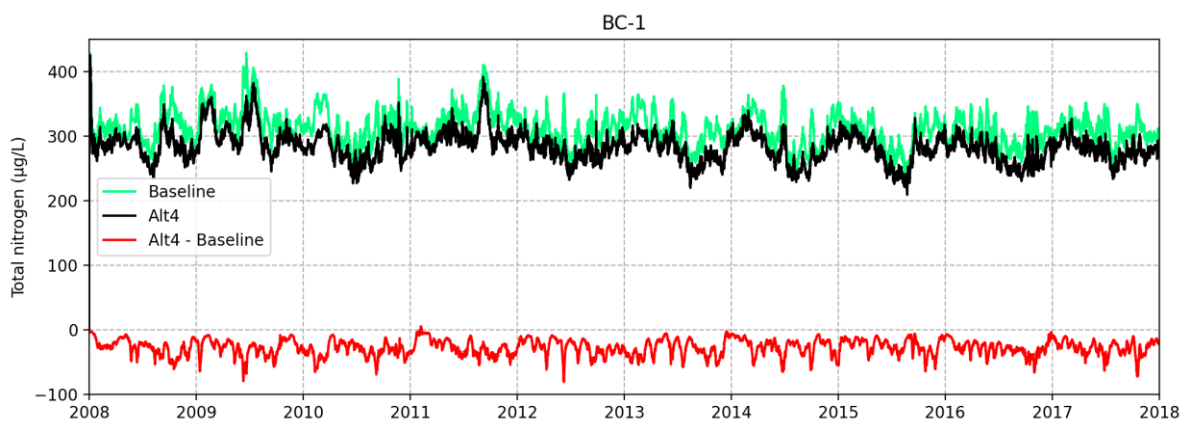
Figur E.21 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



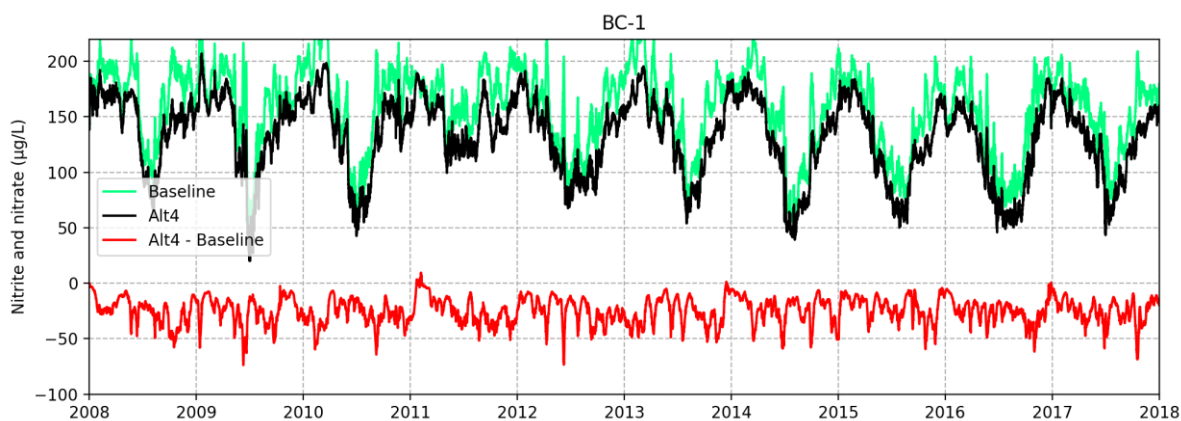
Figur E.22 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



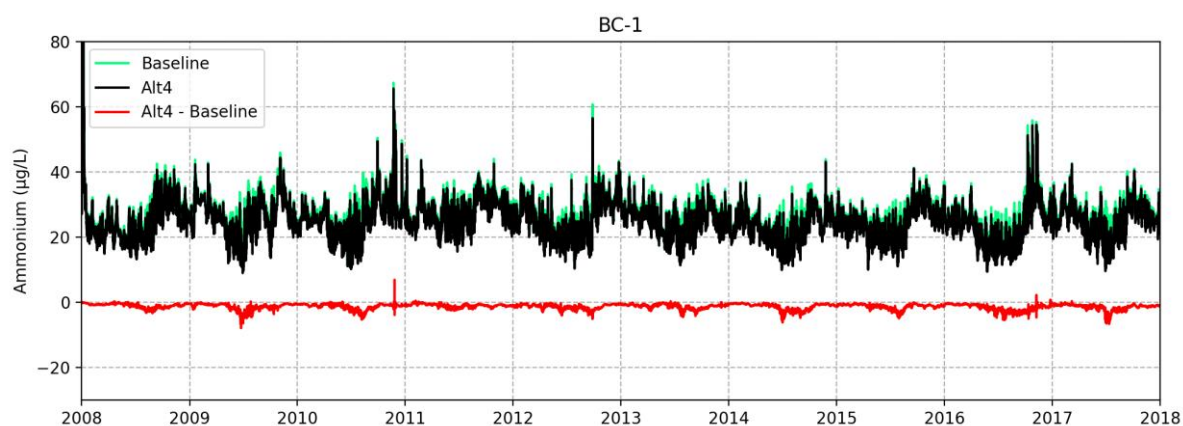
Figur E.23 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.24 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.25 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

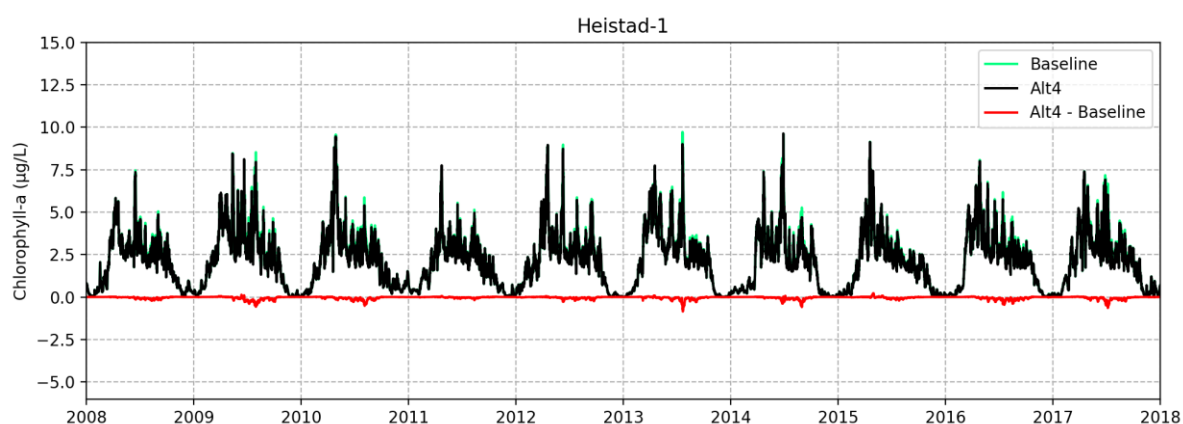


Figur E.26 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

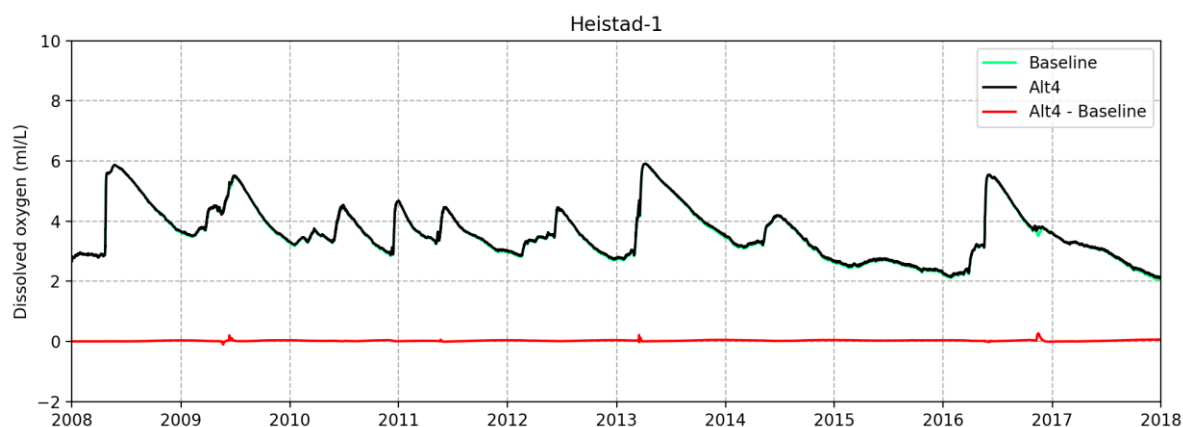


Figur E.27 Siktdybde i Frierfjorden (stasjon BC-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

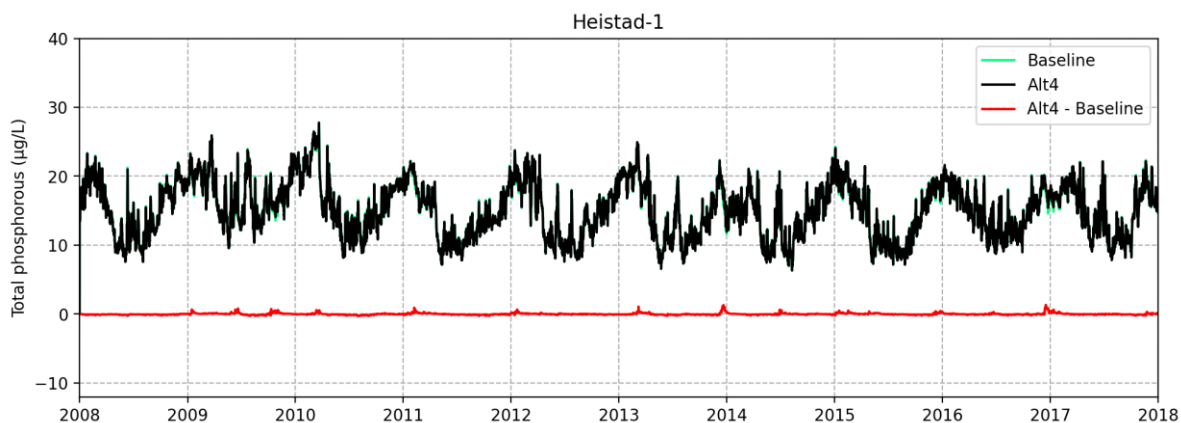
E.6 Tidsserieresultater Eidangerfjorden (Heistad-1)



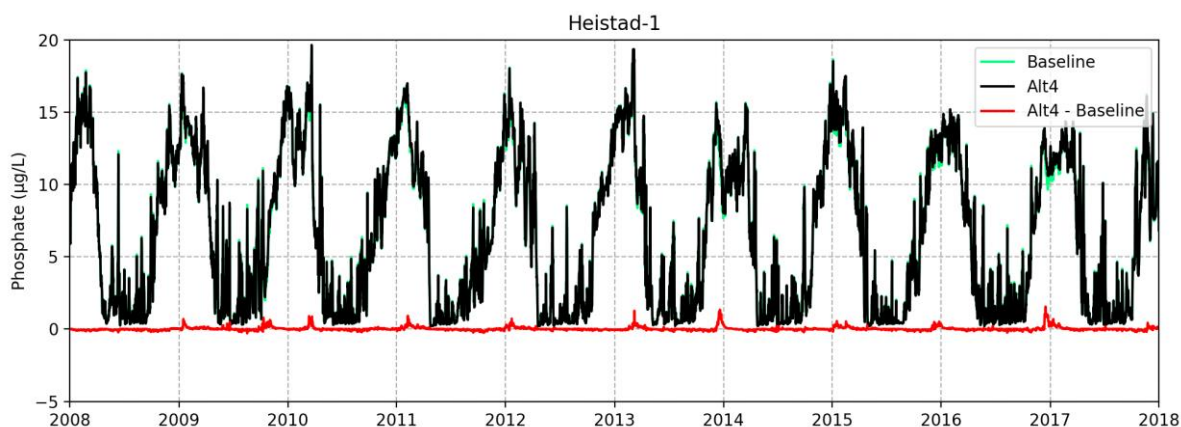
Figur E.28 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



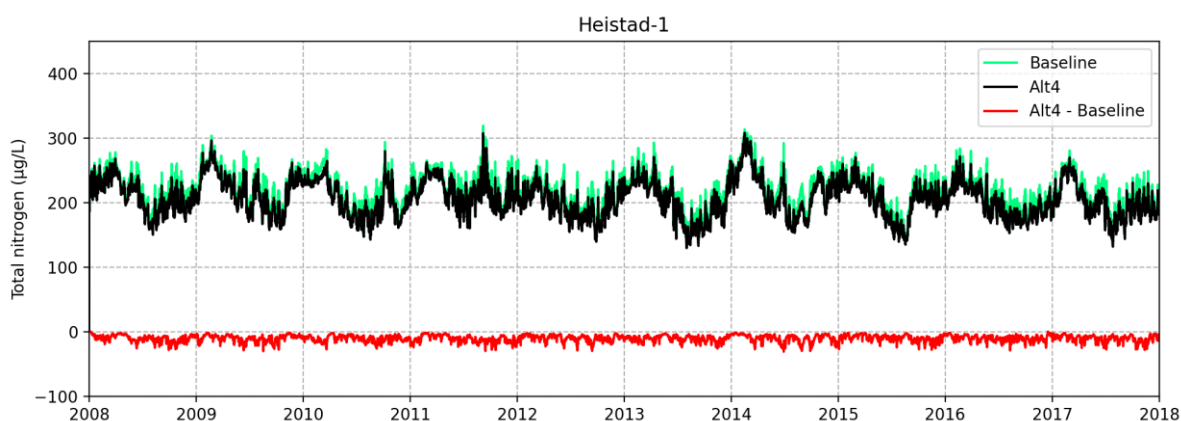
Figur E.29 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



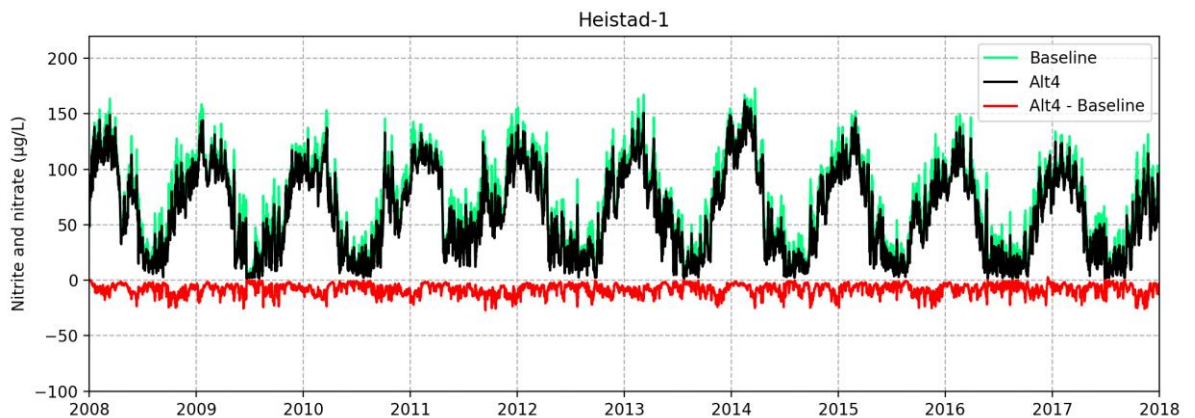
Figur E.30 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



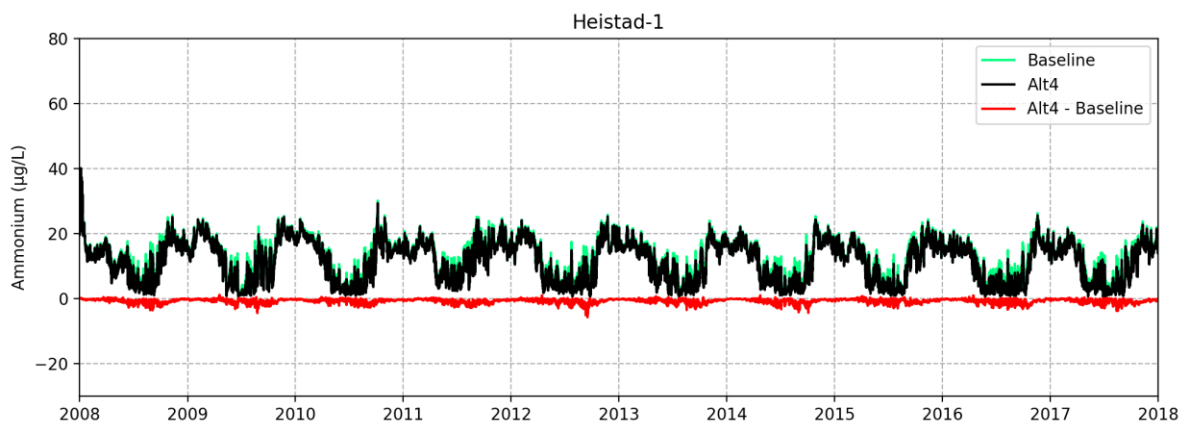
Figur E.31 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



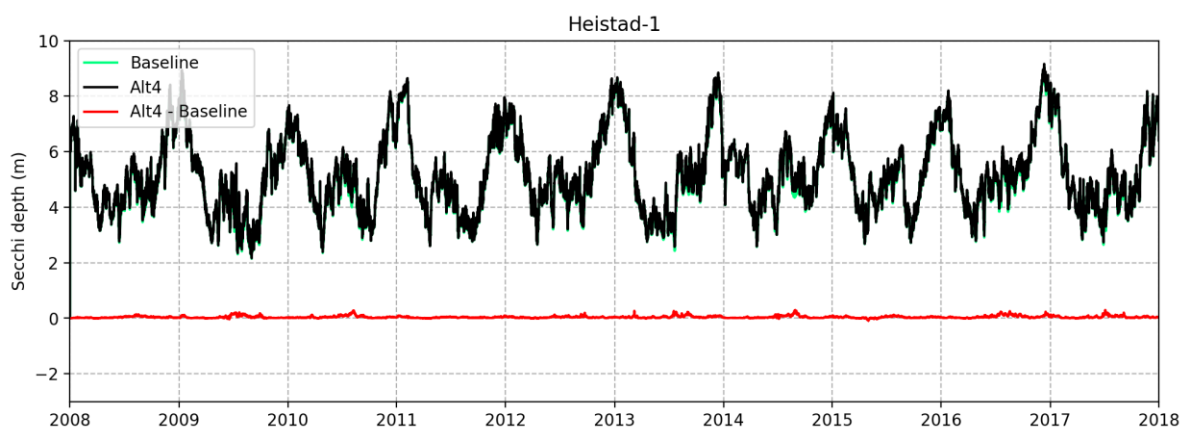
Figur E.32 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.33 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.34 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

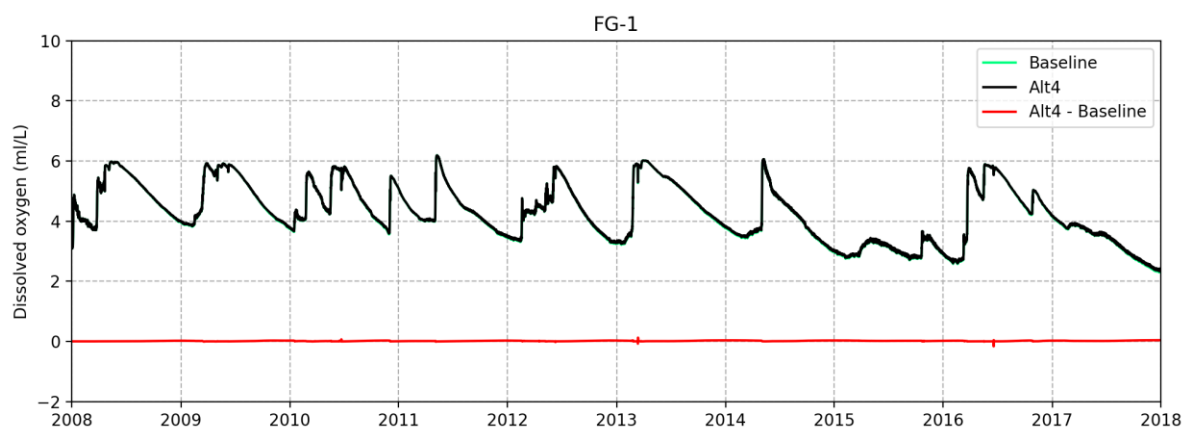


Figur E.35 Siktdybde i Eidangerfjorden (stasjon Heistad-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

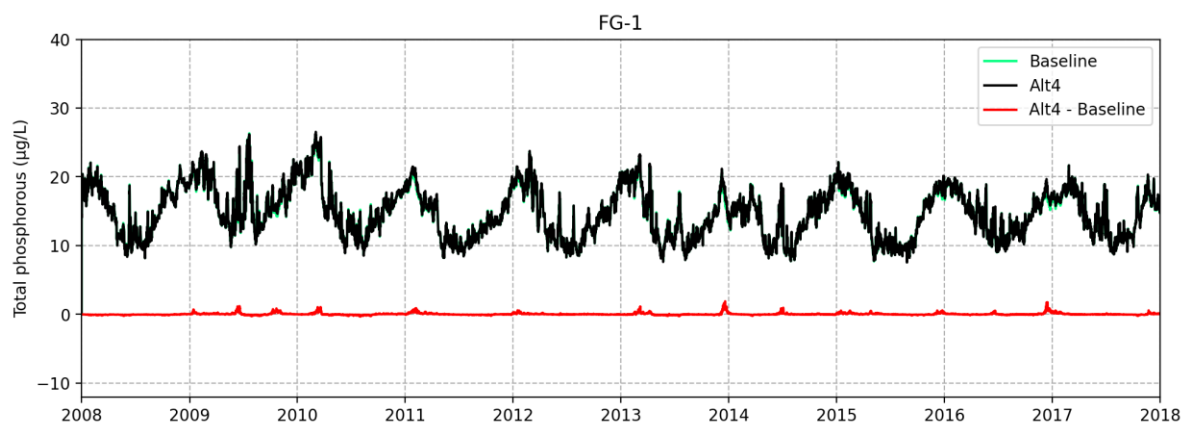
E.7 Tidsserieresultater Langesundsfjorden (FG-1)



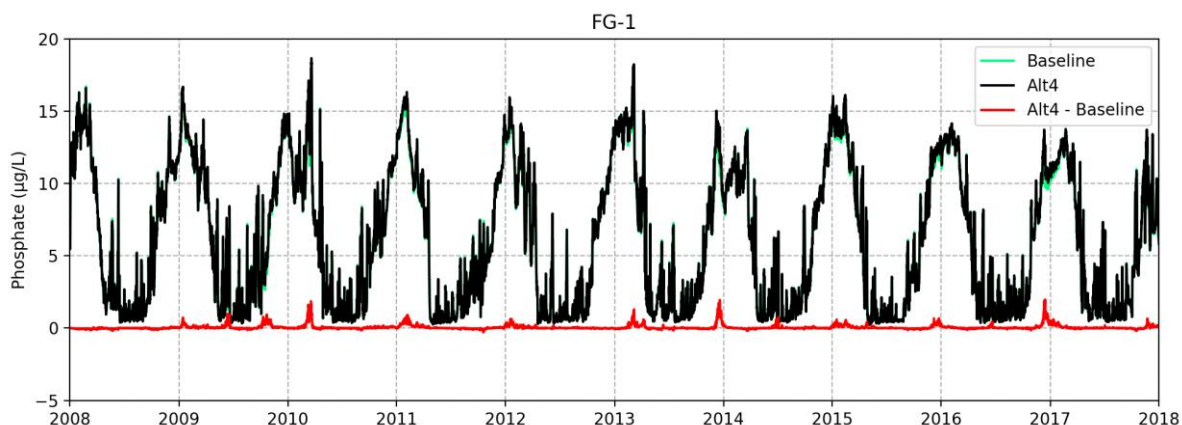
Figur E.36 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



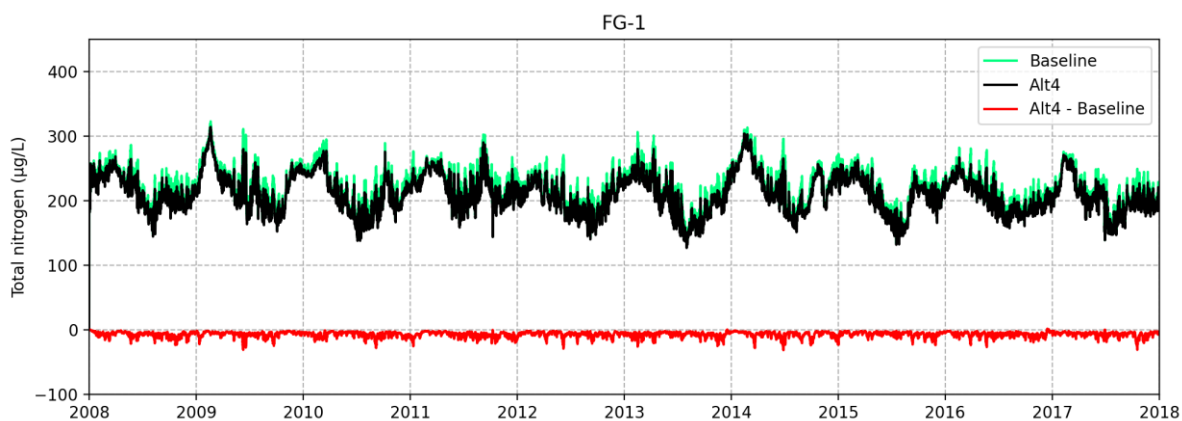
Figur E.37 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



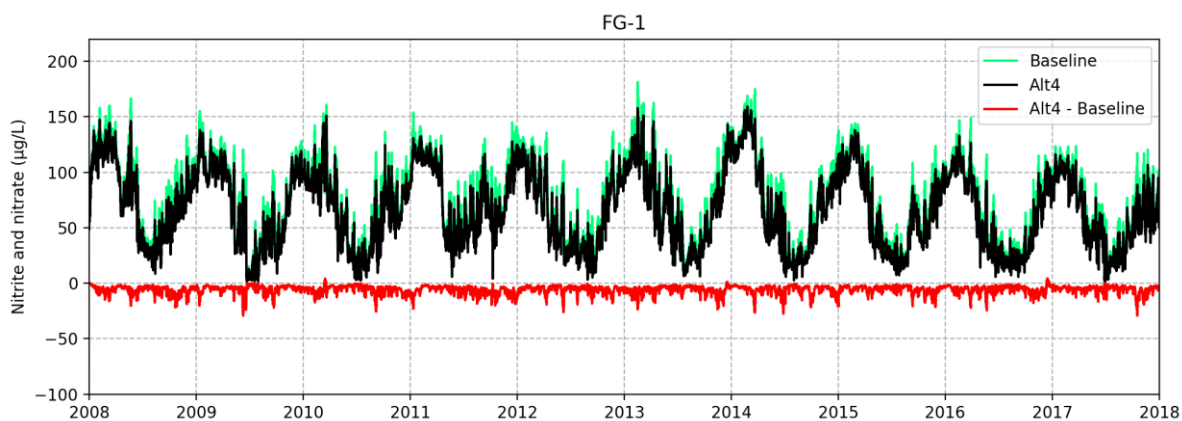
Figur E.38 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



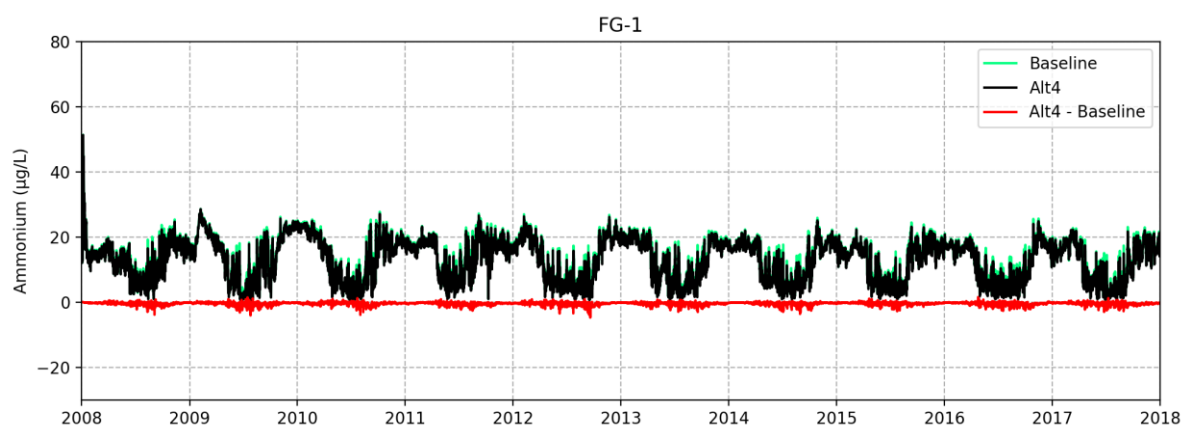
Figur E.39 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.40 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.41 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

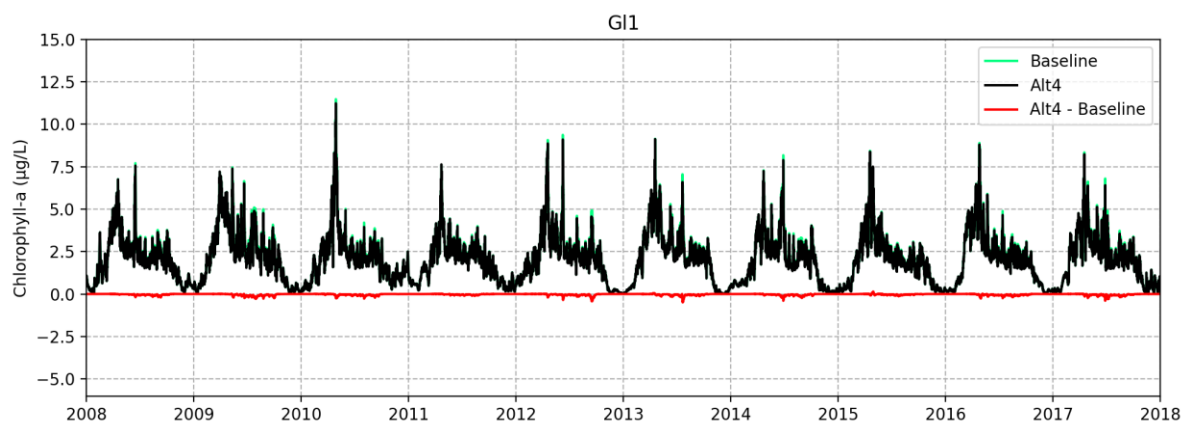


Figur E.42 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

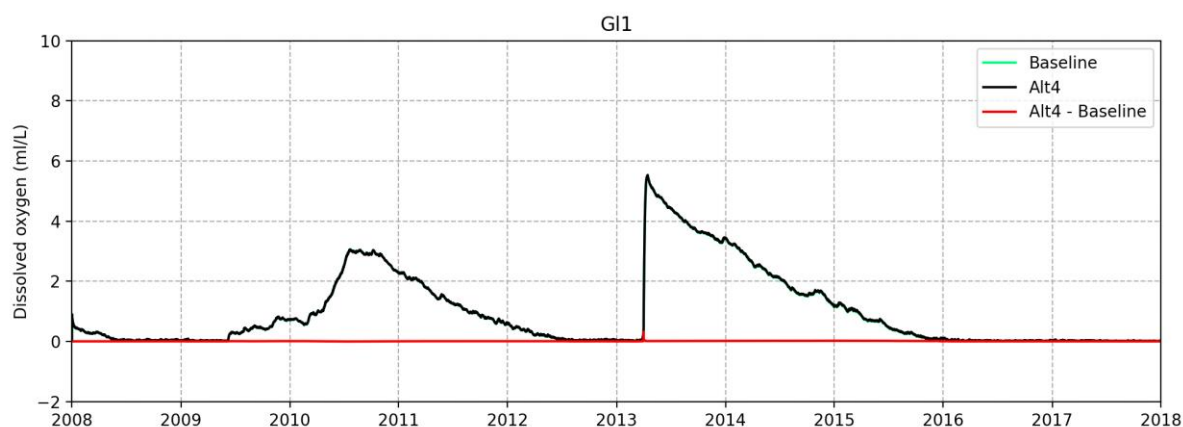


Figur E.43 Siktdybde i Langesundsfjorden (stasjon FG-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

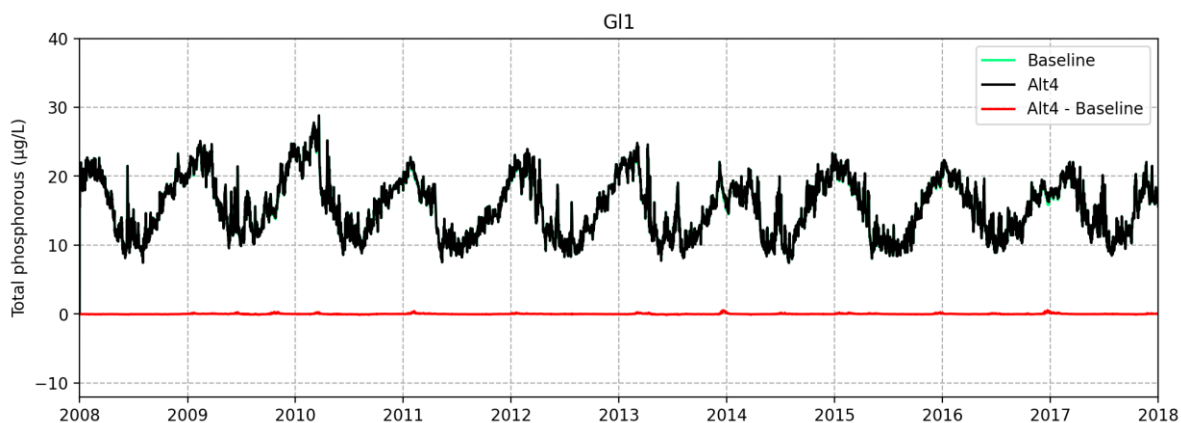
E.8 Tidsserieresultater Håøyafjorden (GI-1)



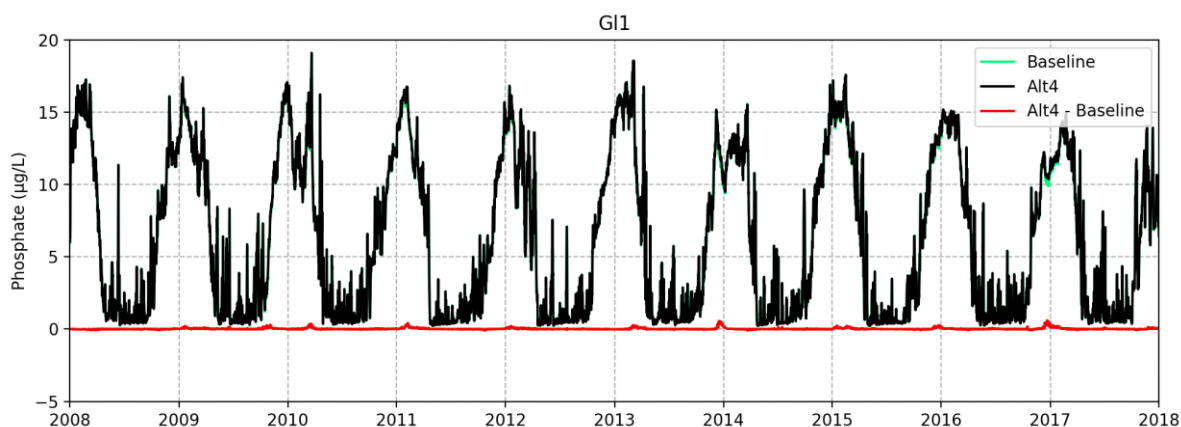
Figur E.44 Gjennomsnittlig 0-10 m klorofyll a-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



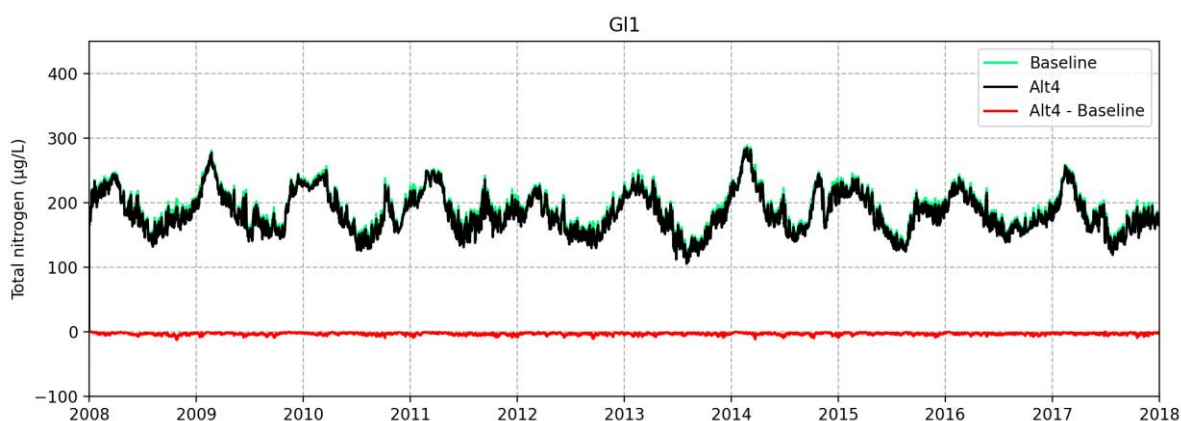
Figur E.45 Oppløst oksygen ved havbunnsnivå i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



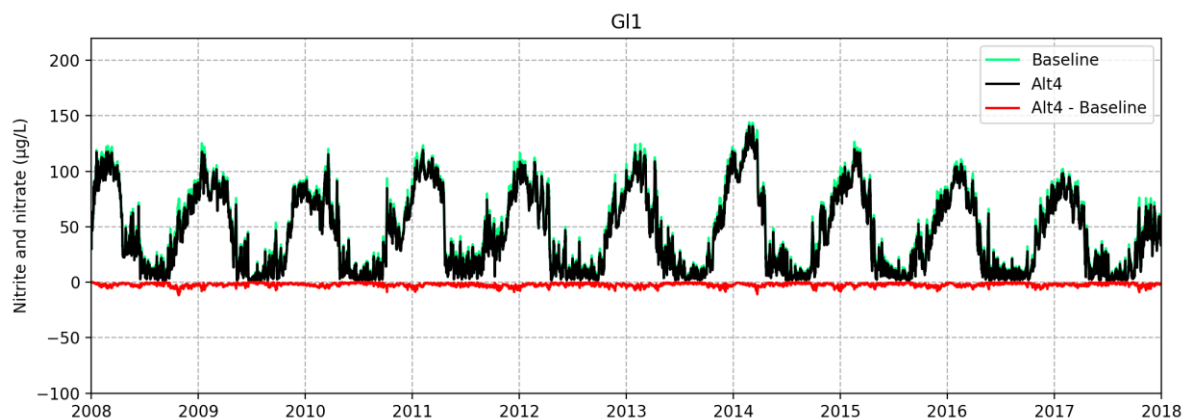
Figur E.46 Gjennomsnittlig 0-10 m total fosfor-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



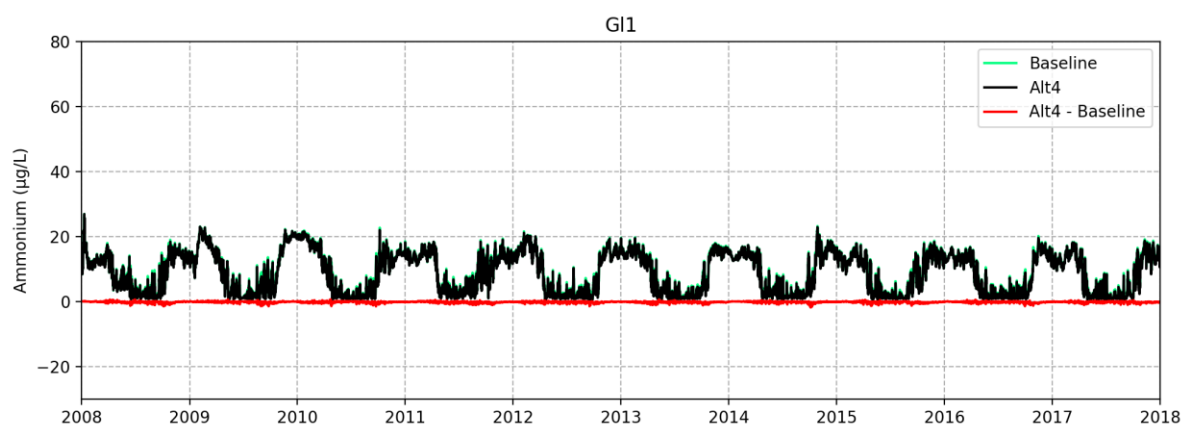
Figur E.47 Gjennomsnittlig 0-10 m fosfat-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.48 Gjennomsnittlig 0-10 m total nitrogen-konsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.49 Gjennomsnittlig 0-10 m nitrat-nitritt-konsentrasjon og i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



Figur E.50 Gjennomsnittlig 0-10 m ammoniumkonsentrasjon i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).



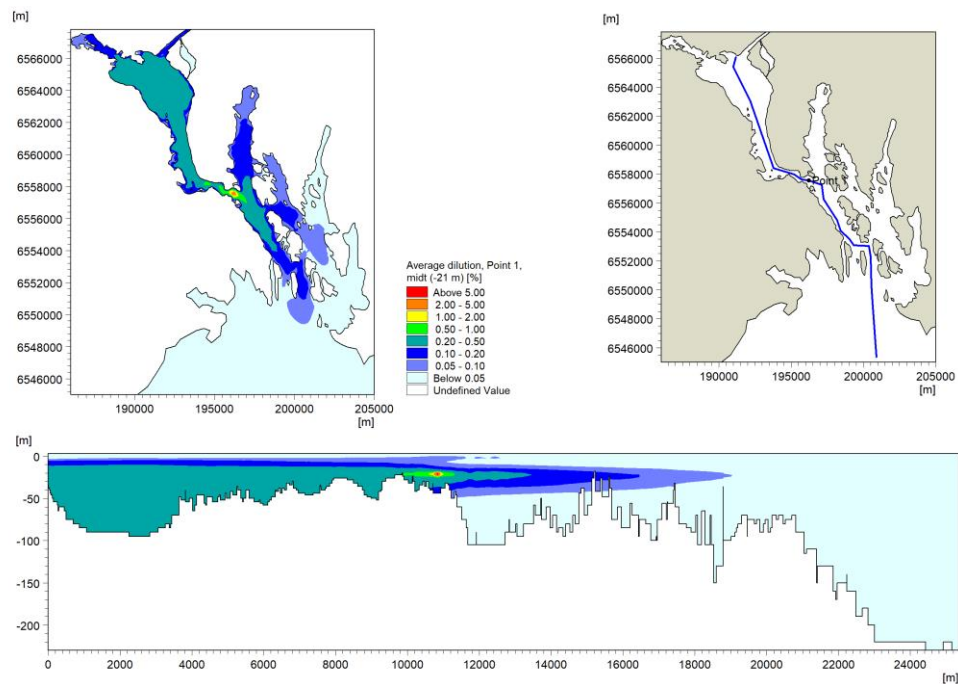
Figur E.51 Siktdybde i Håøyafjorden (stasjon GI-1) i Alternativ 4 (svart linje), Baseline (grønn linje) og forskjell mellom Alternativ 4 og Baseline (rød linje).

VEDLEGG F – Figurer fortynningsmodellering

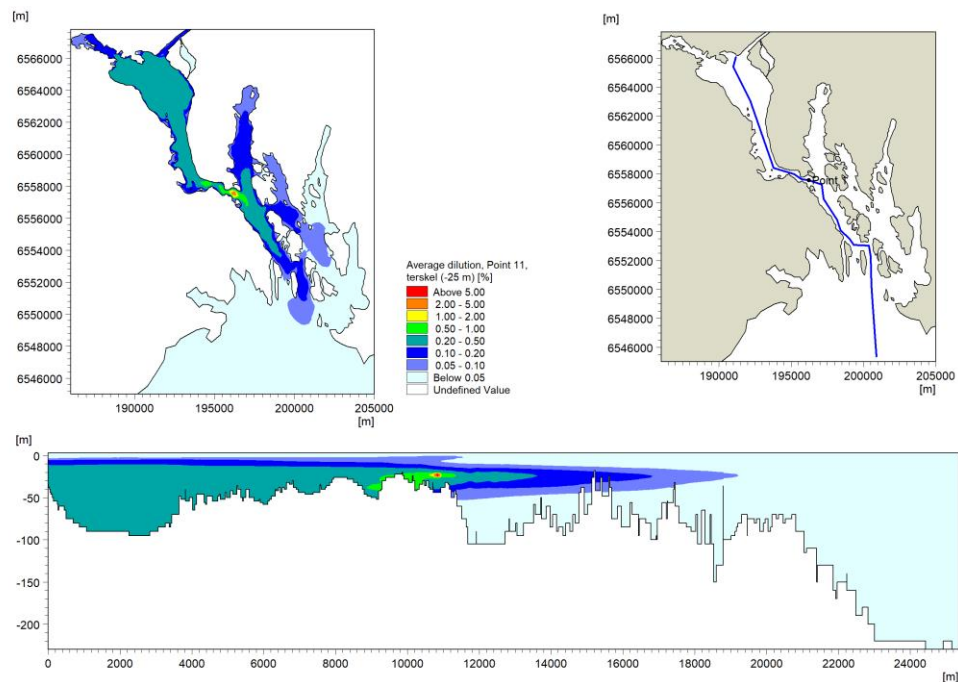
F **Figurer fortynningsmodellering**

I dette vedlegget blir figurene fra fortynningsmodelleringen presentert. Punktene er presentert i Tabell 3.8 , og for hvert punkt ble det undersøkt flere innlagingsdyp. I denne seksjonen blir de mest relevante presentert, midt i vannsøylen på de ulike posisjonene og ved 25 meters dyp. Sistnevnte er terskeldypet inn i Frierfjorden. For Alternativ 4 er det gjennomsnittlige innlagingsdypet 36 meter.

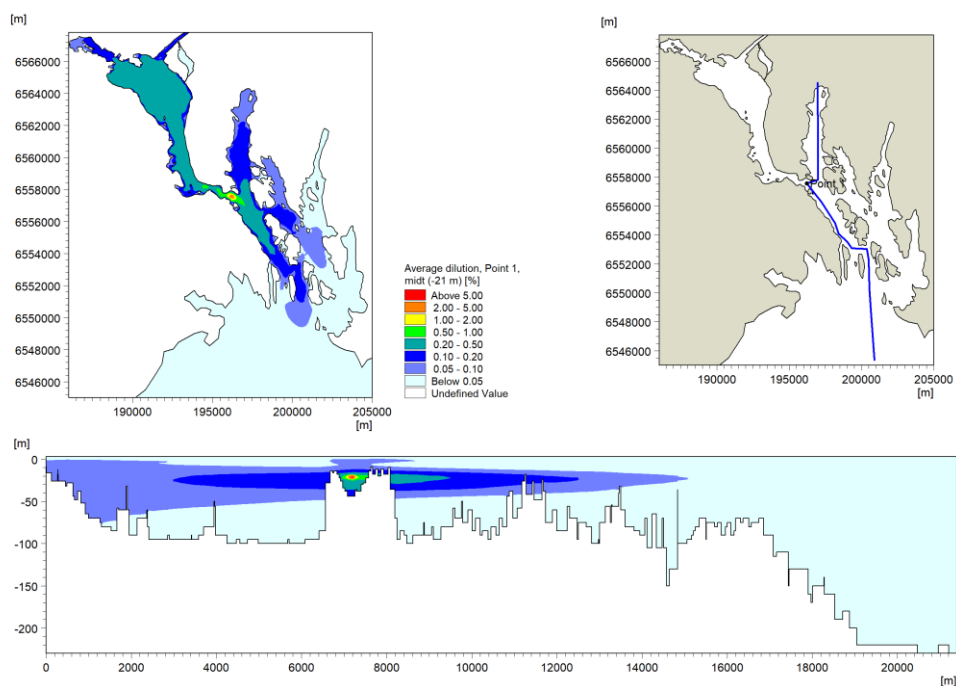
F.1 Utslippspunkt 1



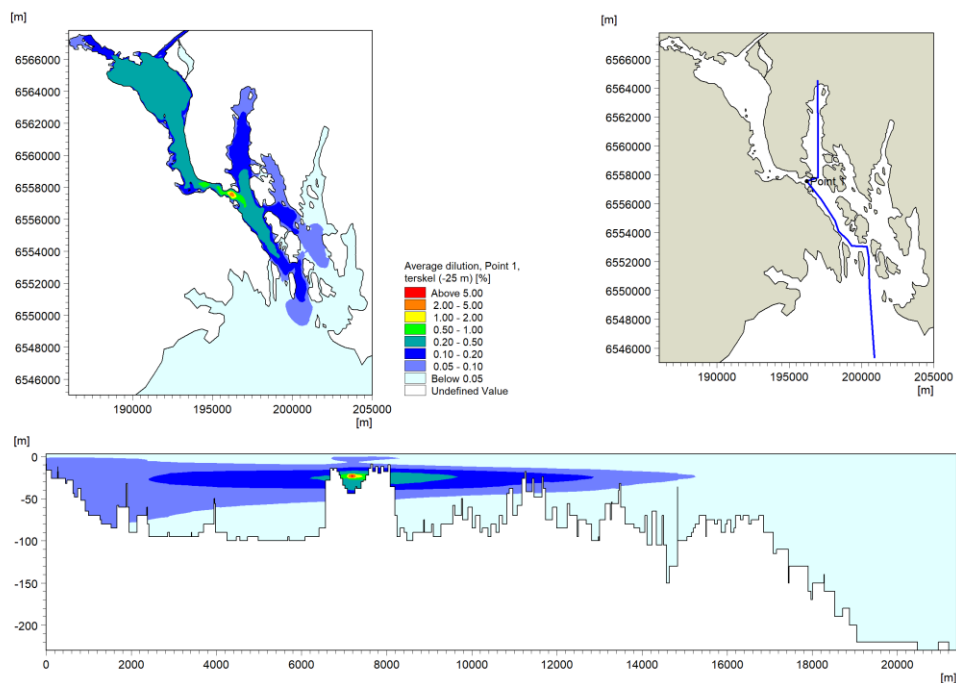
Figur F.1 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.2 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

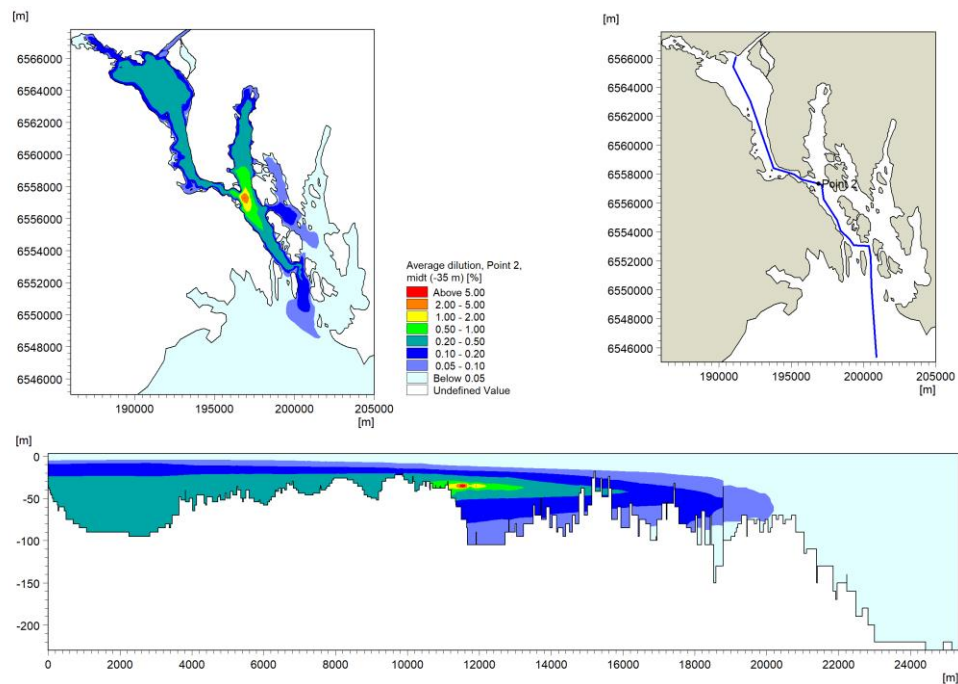


Figur F.3 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

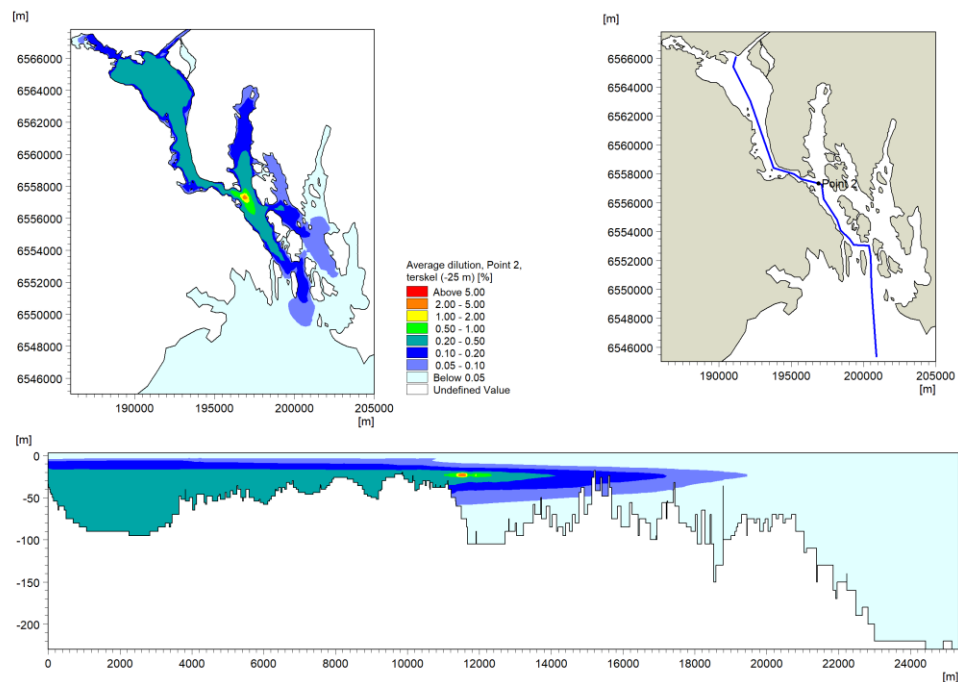


Figur F.4 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 1 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

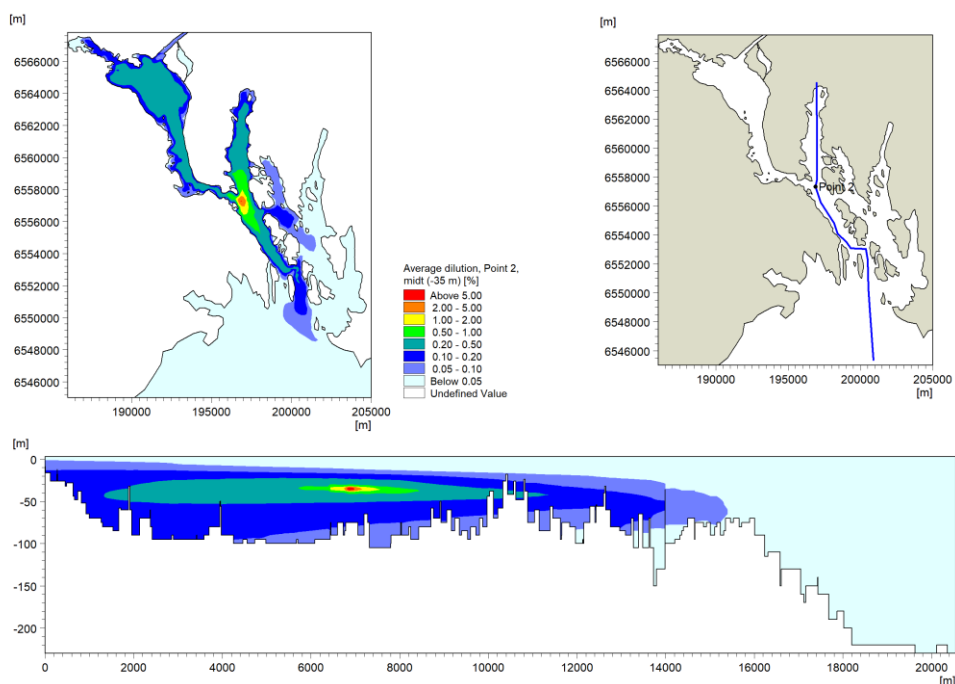
F.2 Utslippspunkt 2



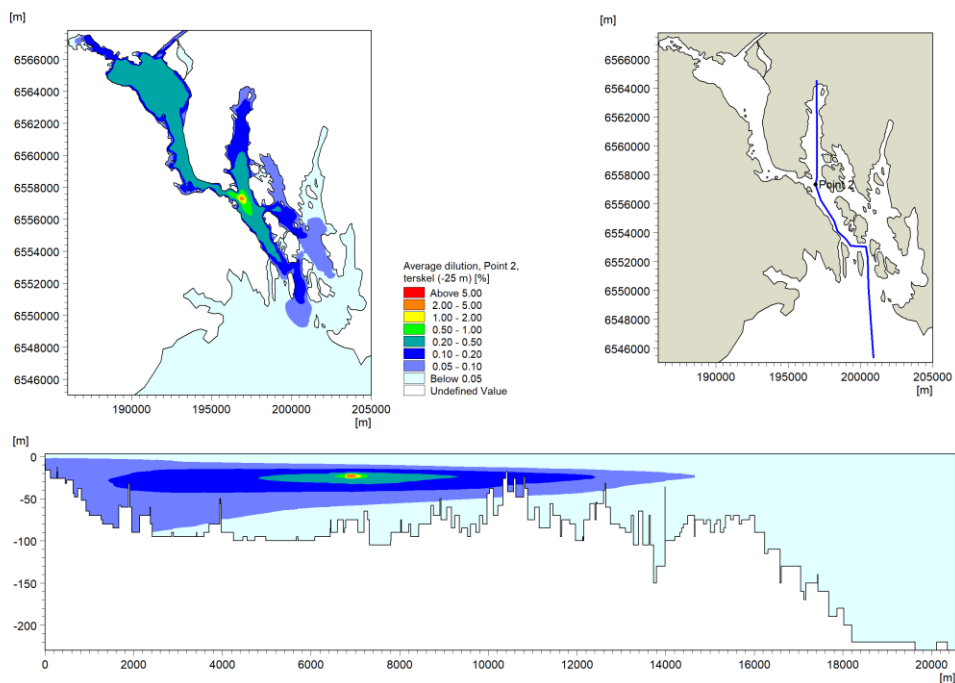
Figur F.5 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.6 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

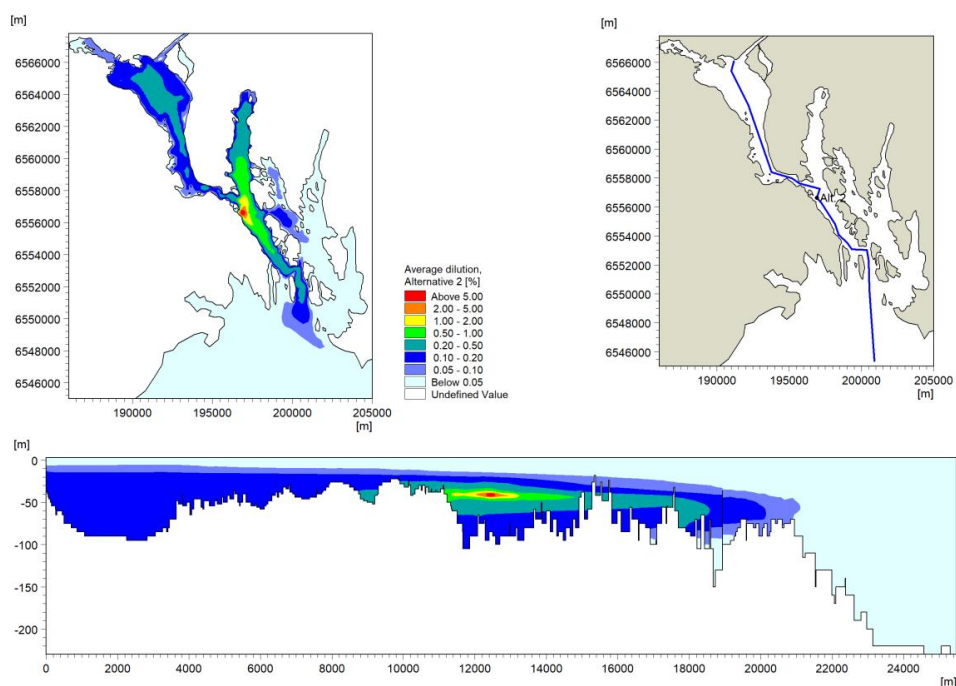


Figur F.7 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

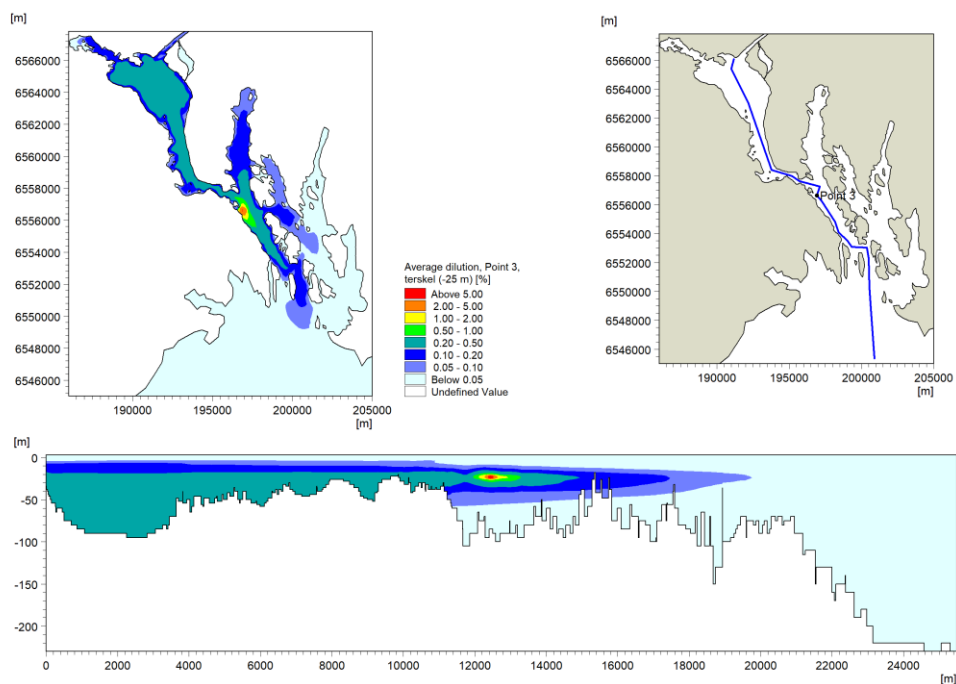


Figur F.8 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 2 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

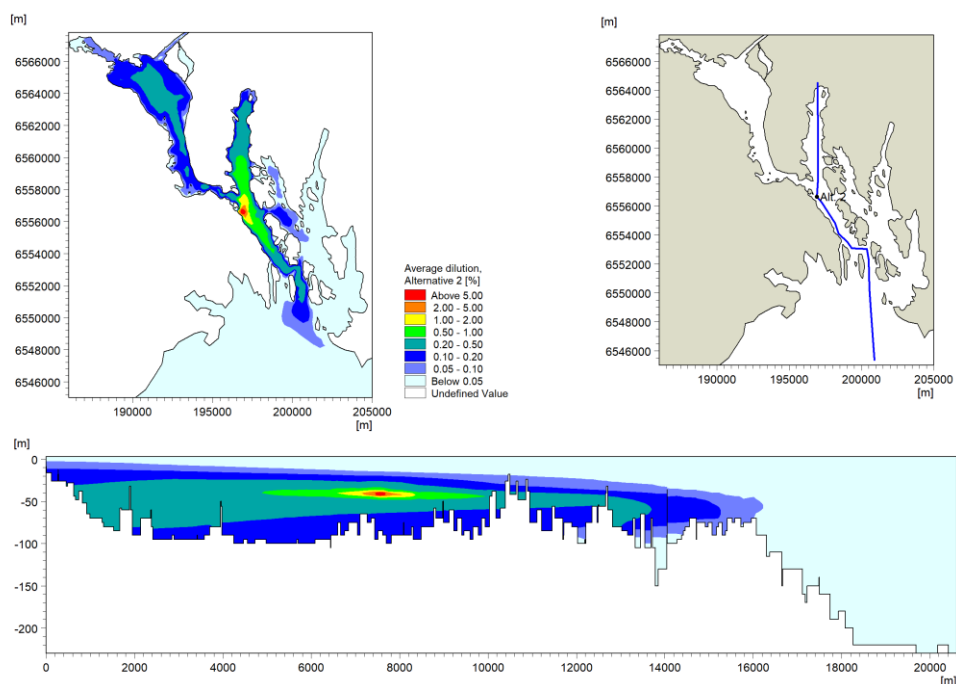
F.3 Utslippspunkt 3 (Alternativ 2)



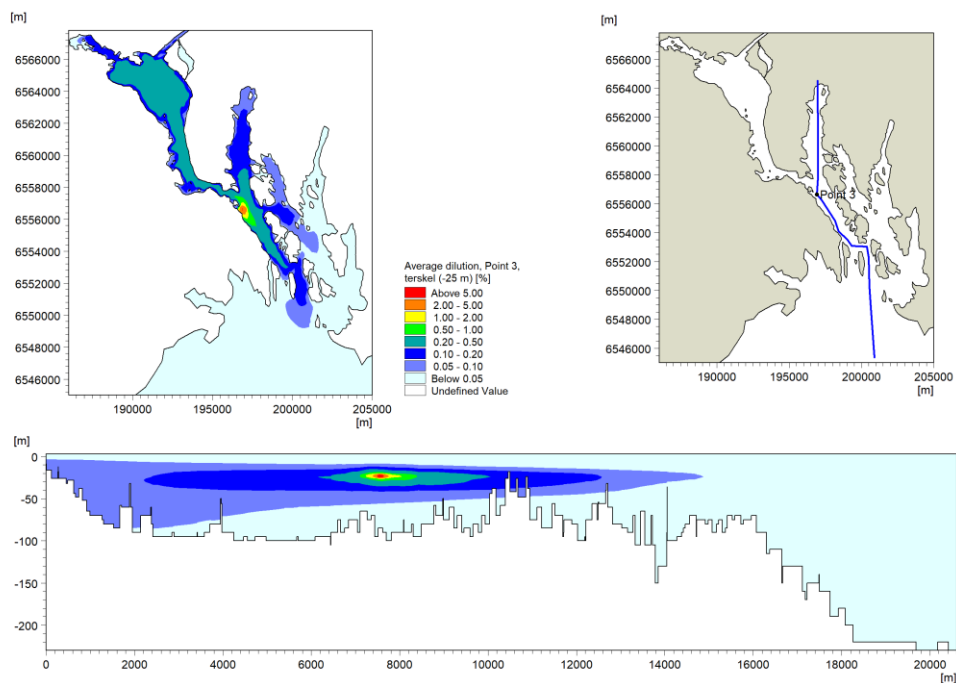
Figur F.9 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.10 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

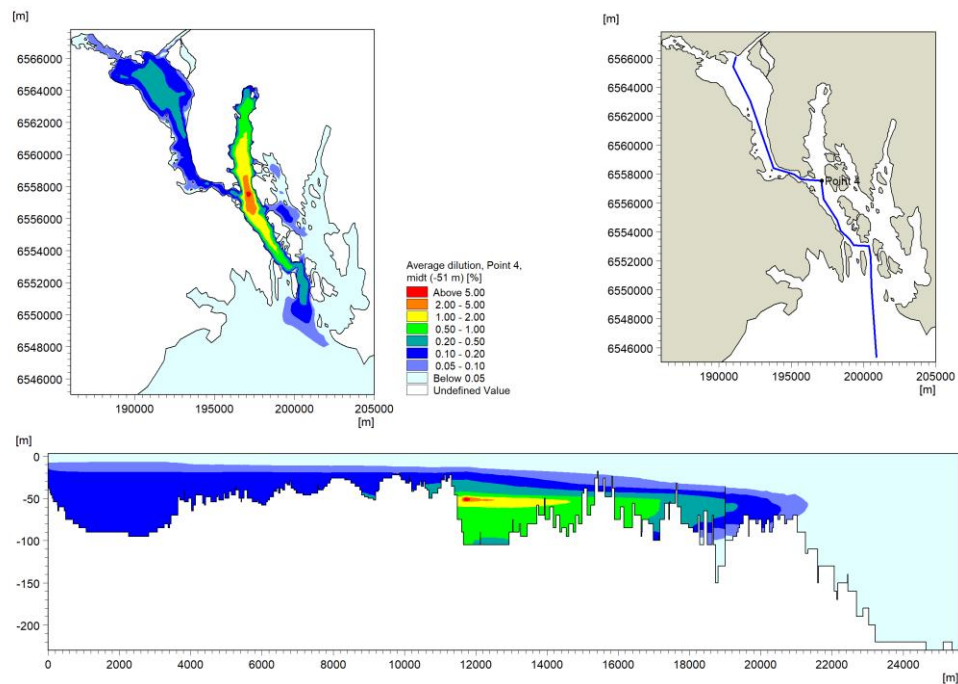


Figur F.11 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

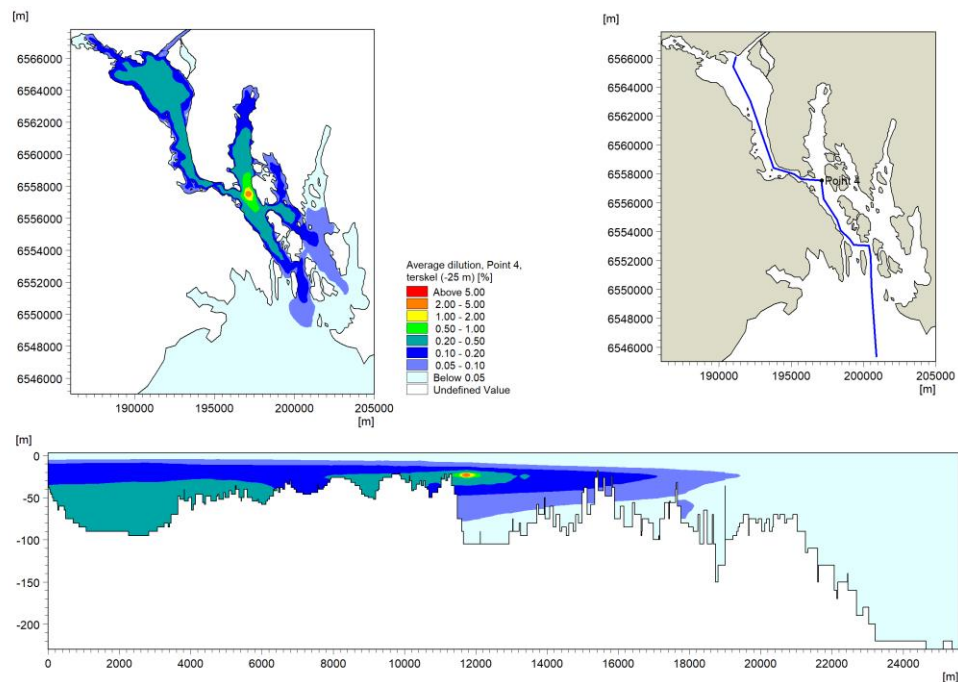


Figur F.12 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 3 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

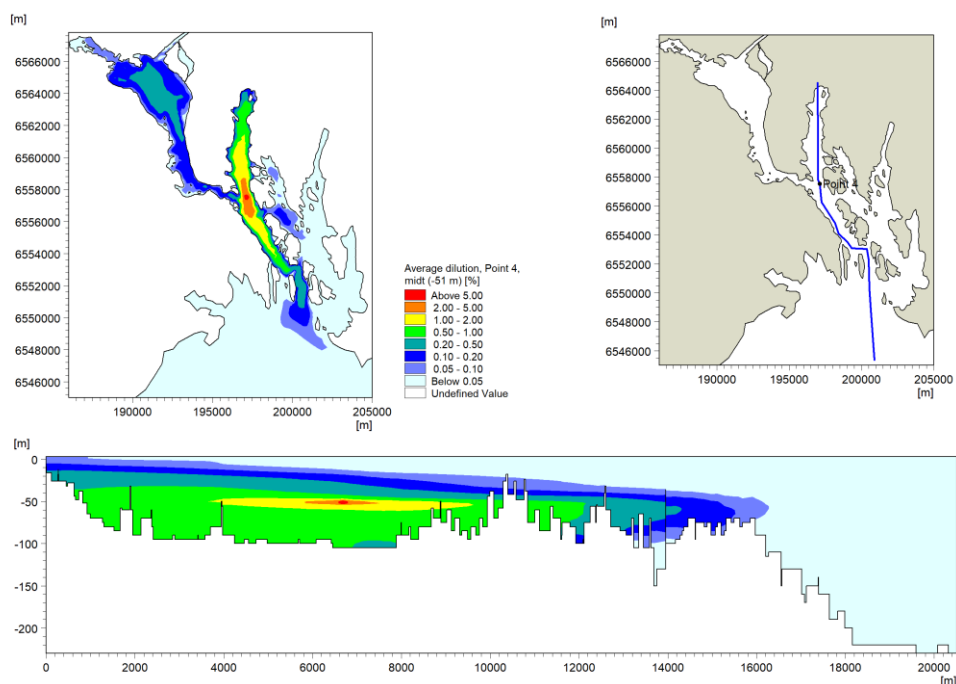
F.4 Utslippspunkt 4



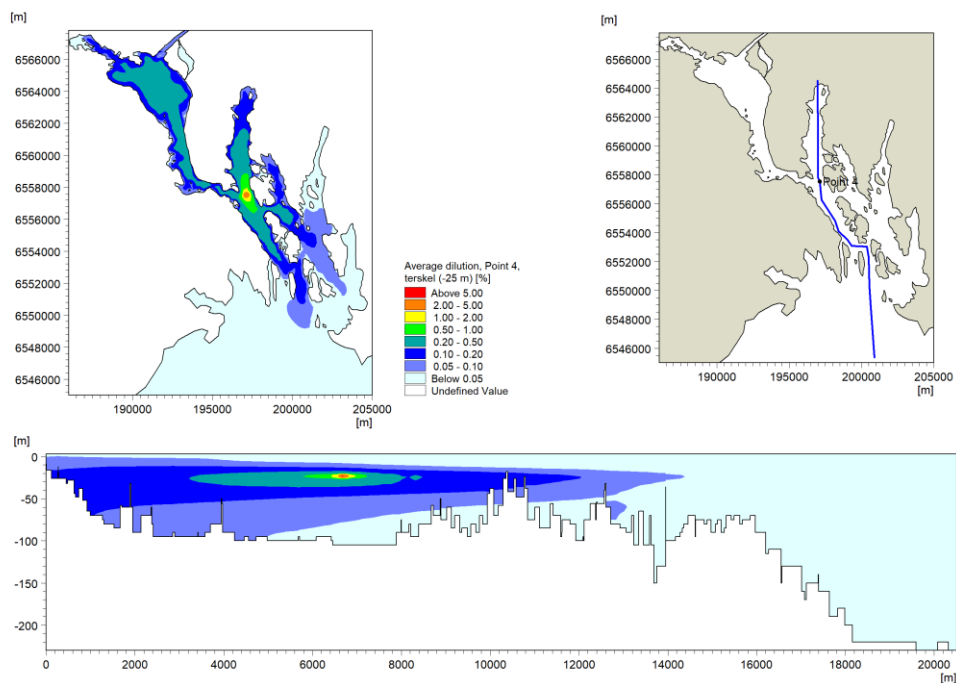
Figur F.13 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.14 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

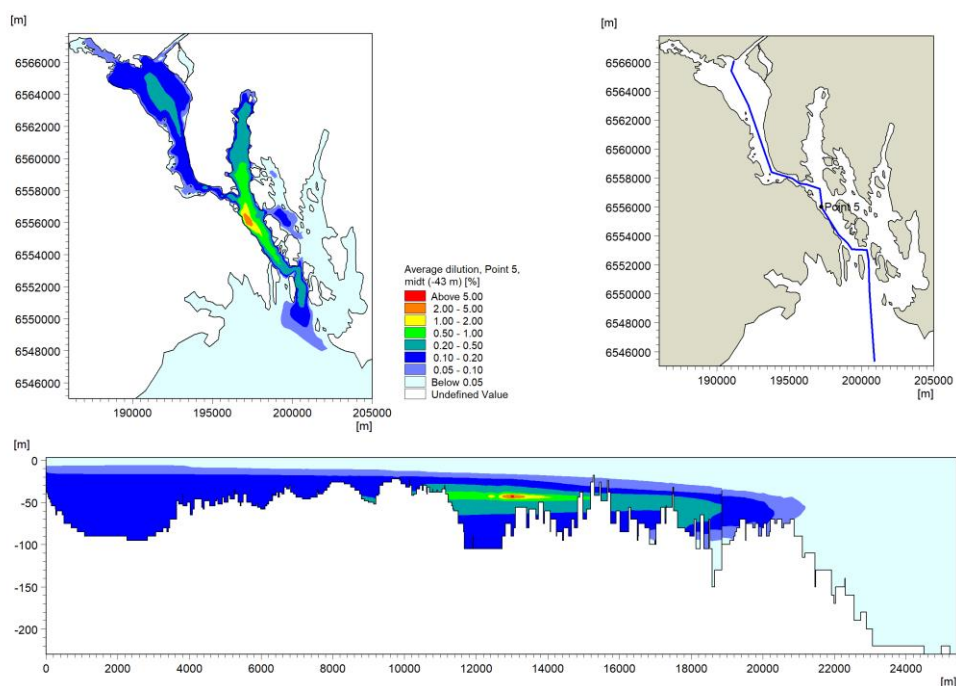


Figur F.15 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

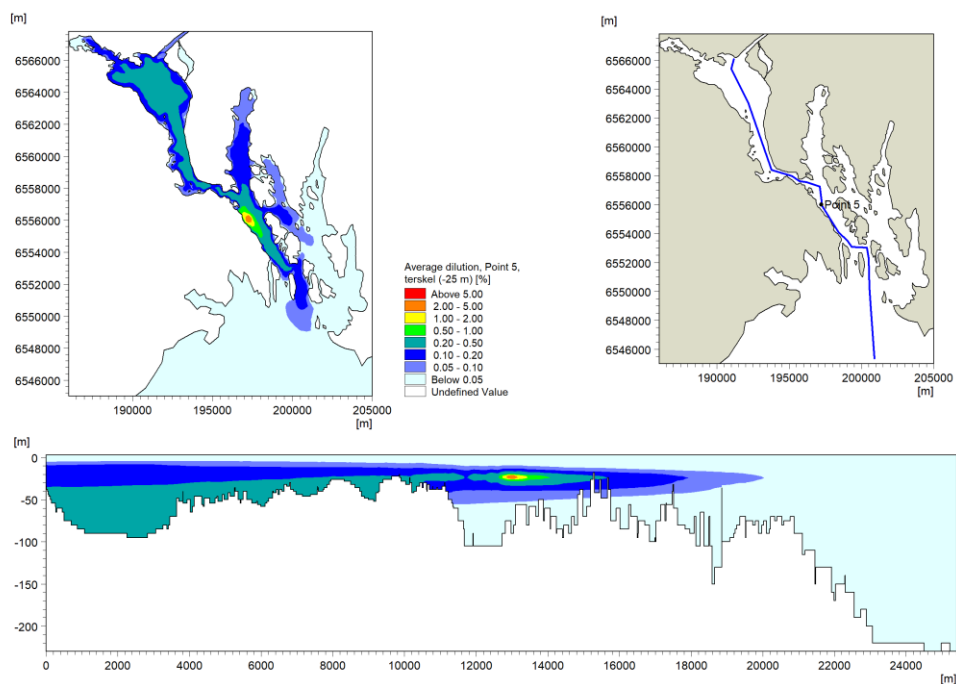


Figur F.16 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 4 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

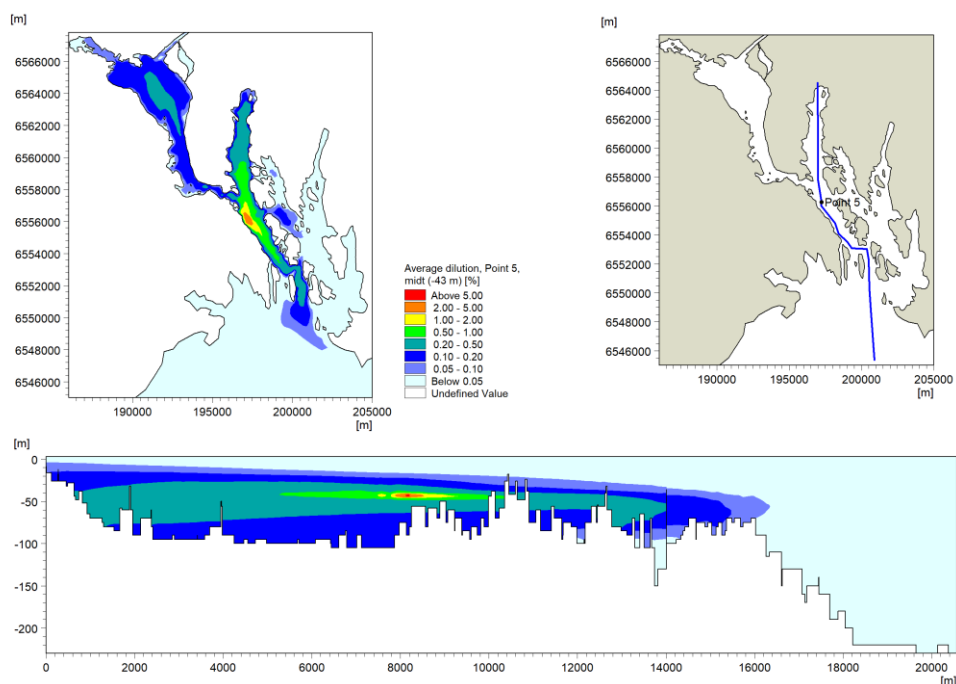
F.5 Utslippspunkt 5



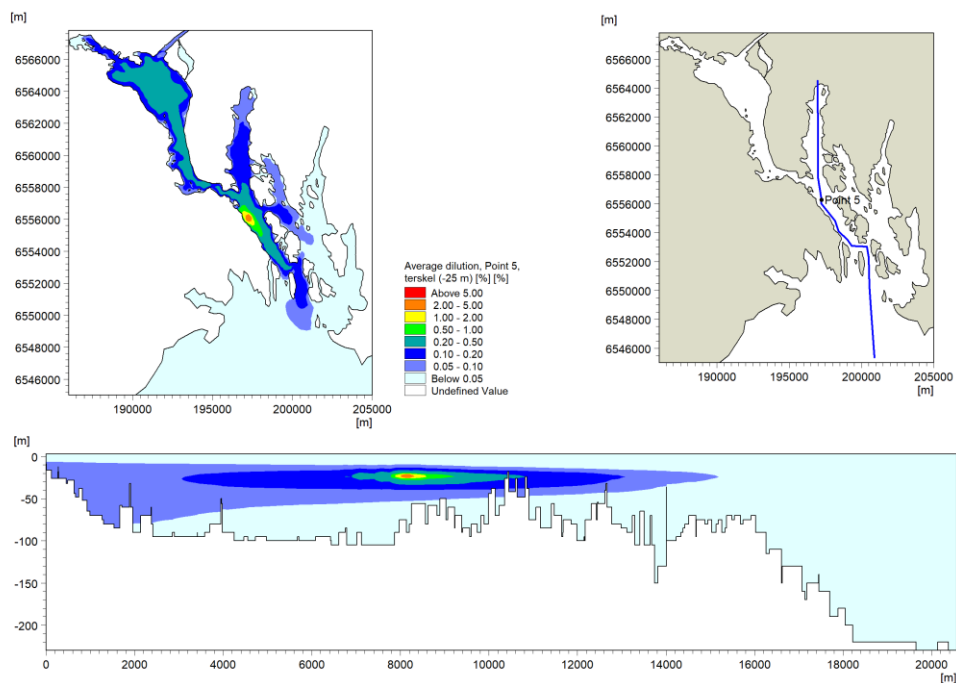
Figur F.17 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 5 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.18 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 5 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

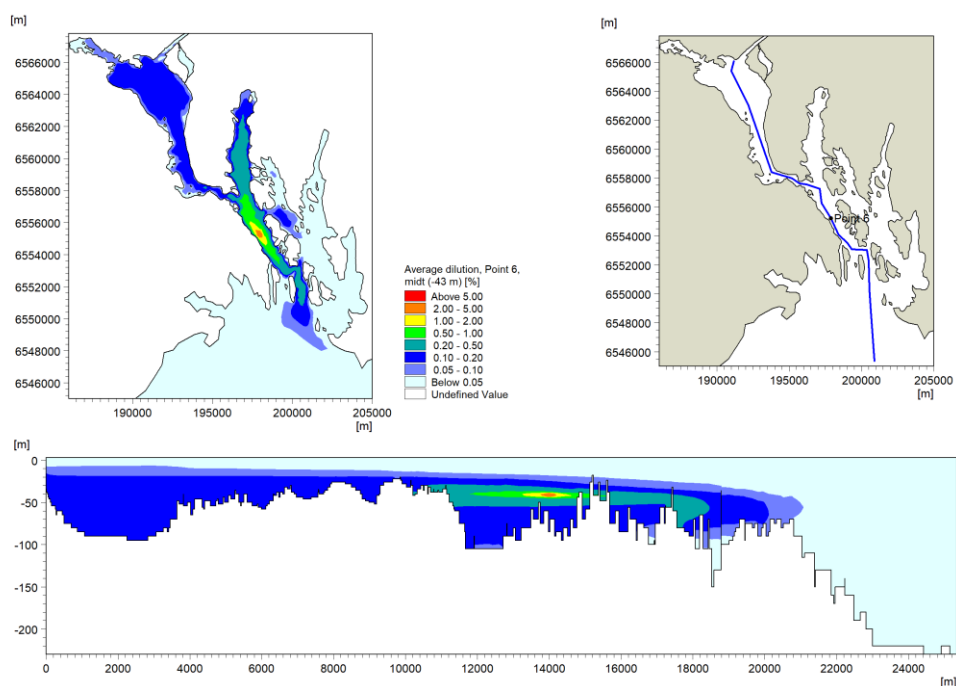


Figur F.19 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 5 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

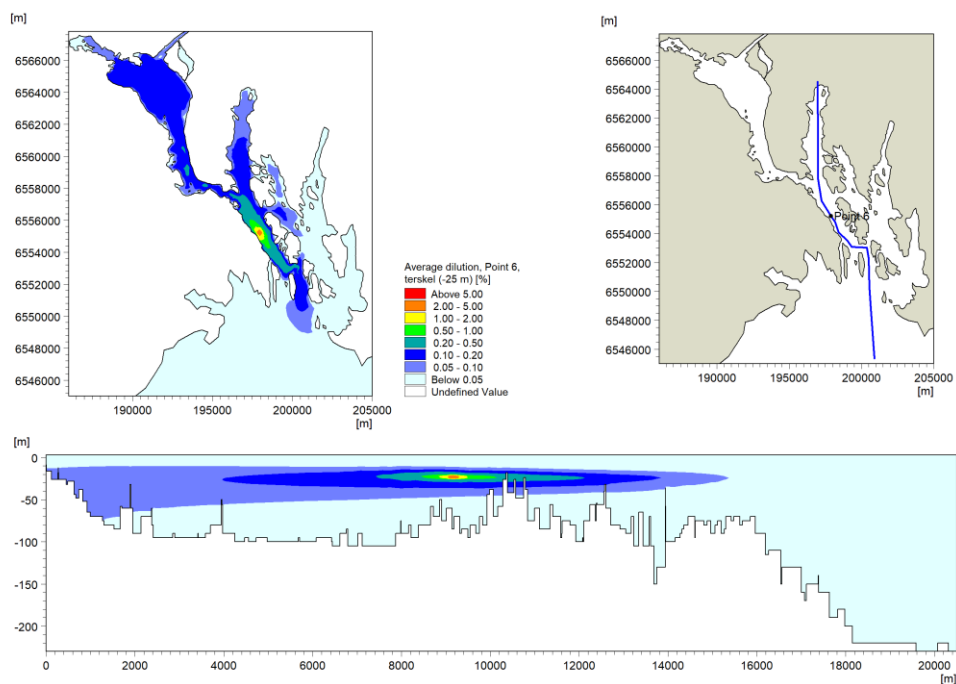


Figur F.20 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 5 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

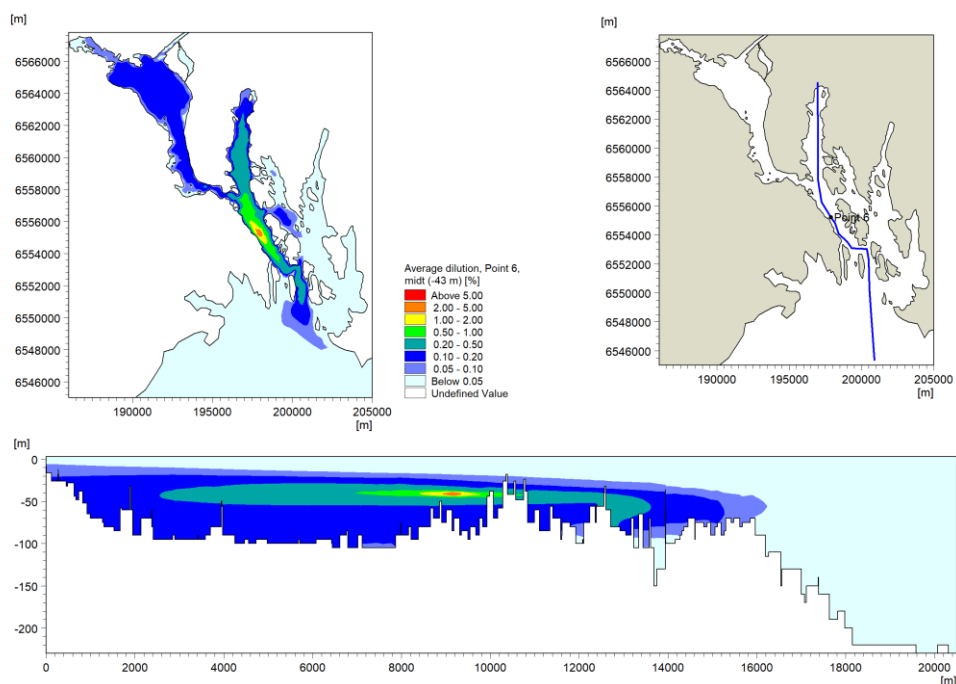
F.6 Utslippspunkt 6



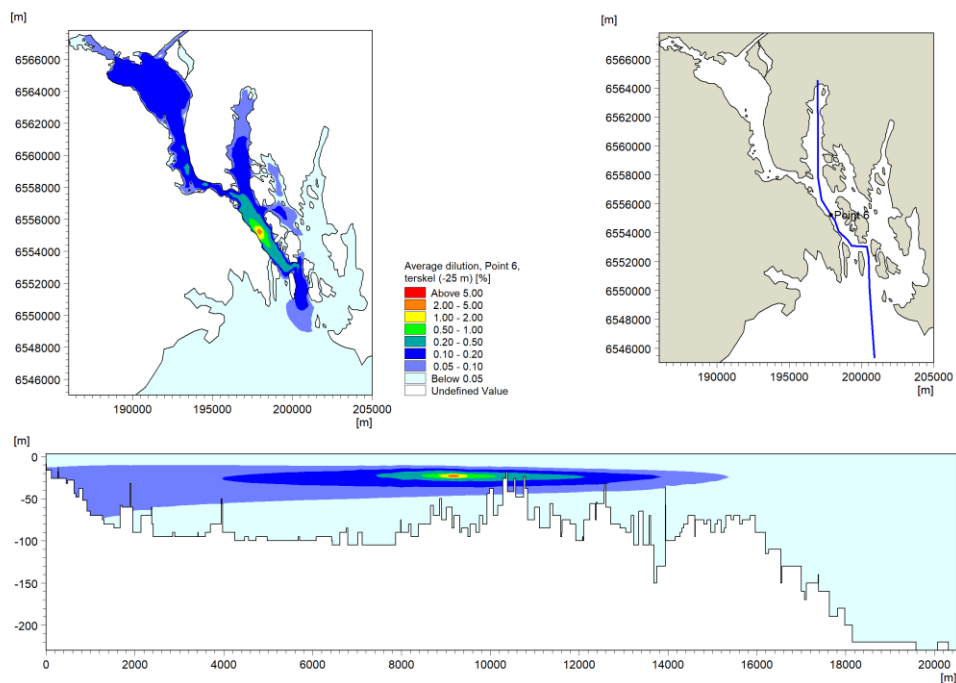
Figur F.21 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 6 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.22 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 6 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

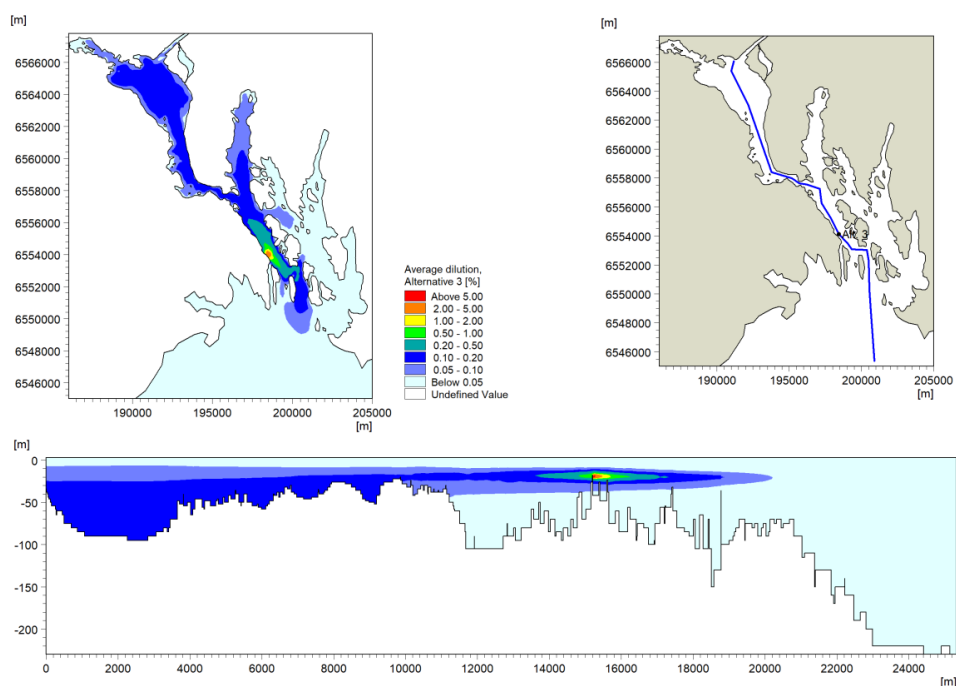


Figur F.23 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 6 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

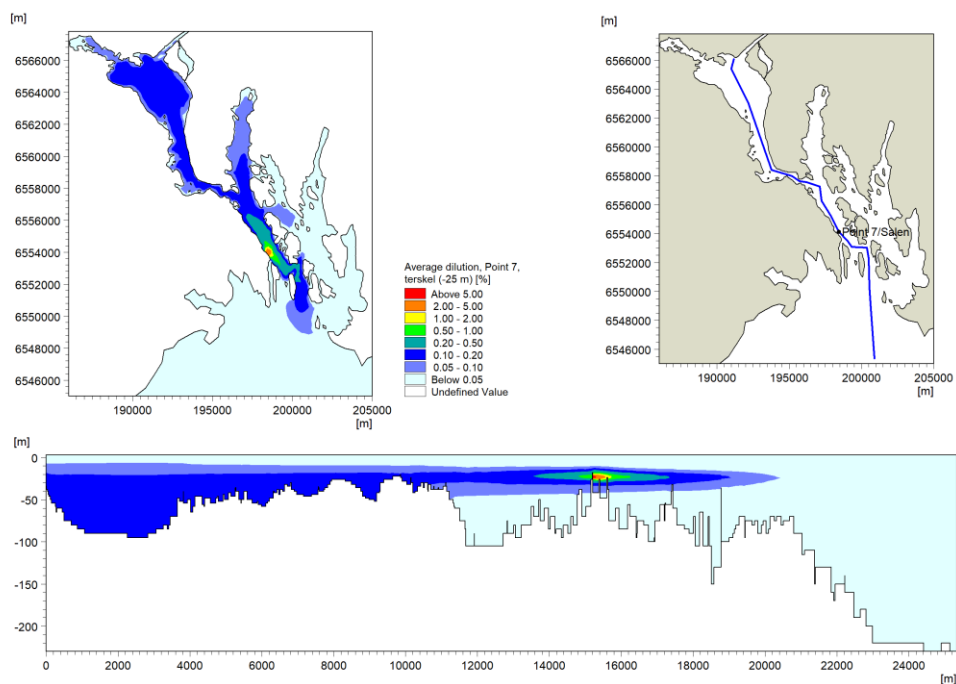


Figur F.24 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 6 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

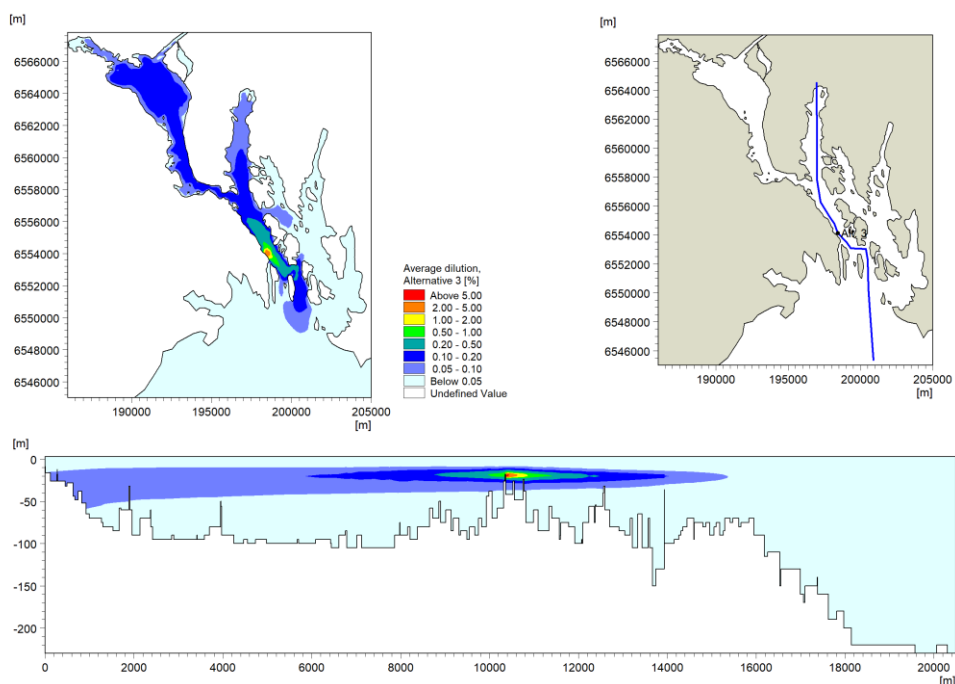
F.7 Utslippspunkt 7 (Alternativ 3)



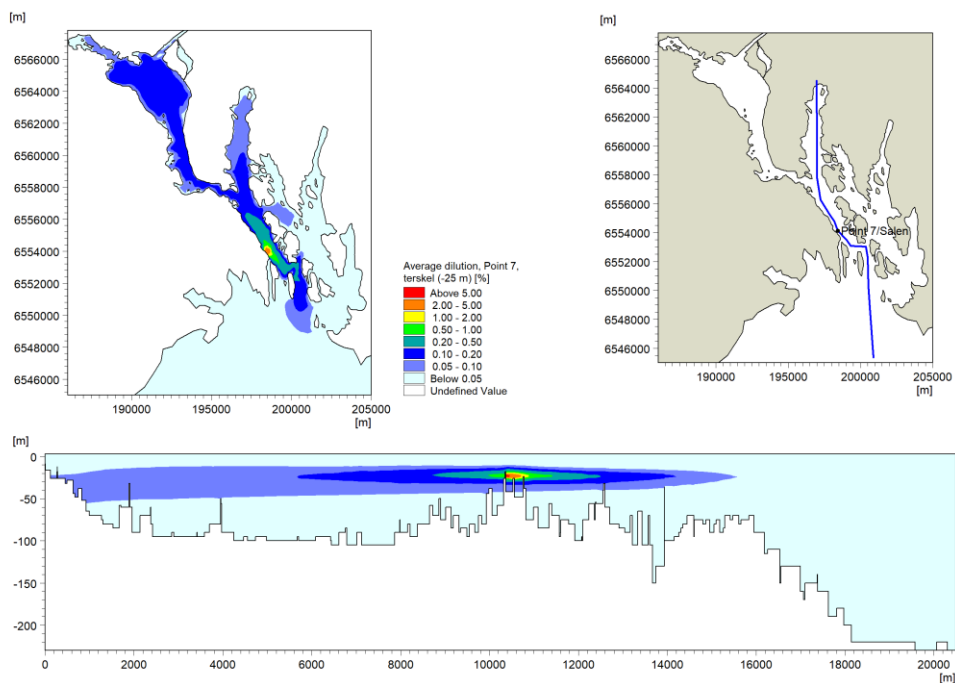
Figur F.25 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 7 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.26 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 7 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

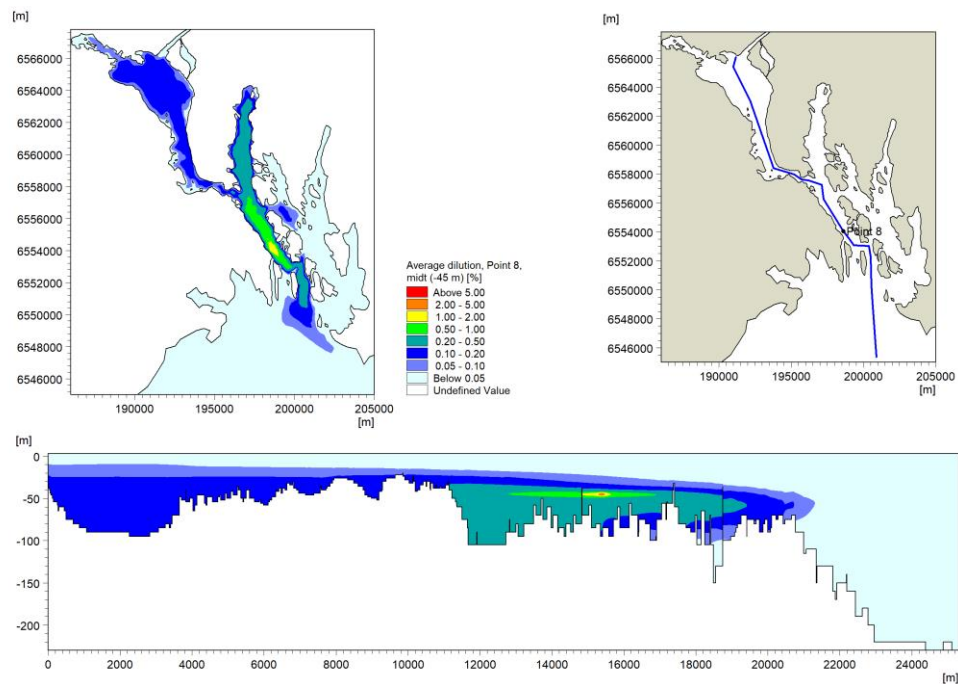


Figur F.27 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 7 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

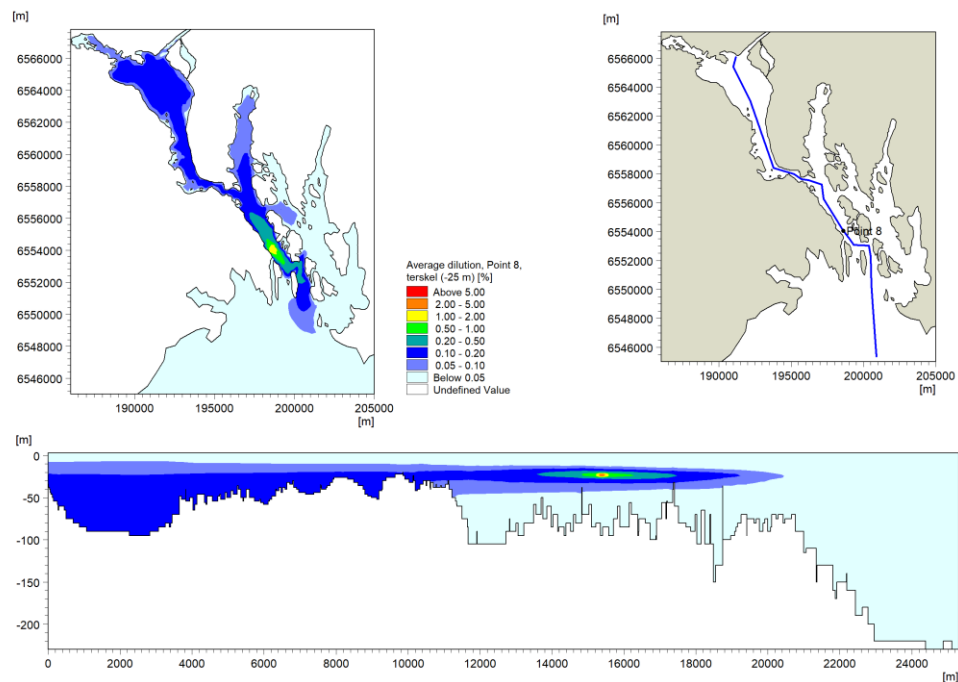


Figur F.28 Gjennomsnitt for fortynning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 7 for nivået i vannsøylen med minimal fortynning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

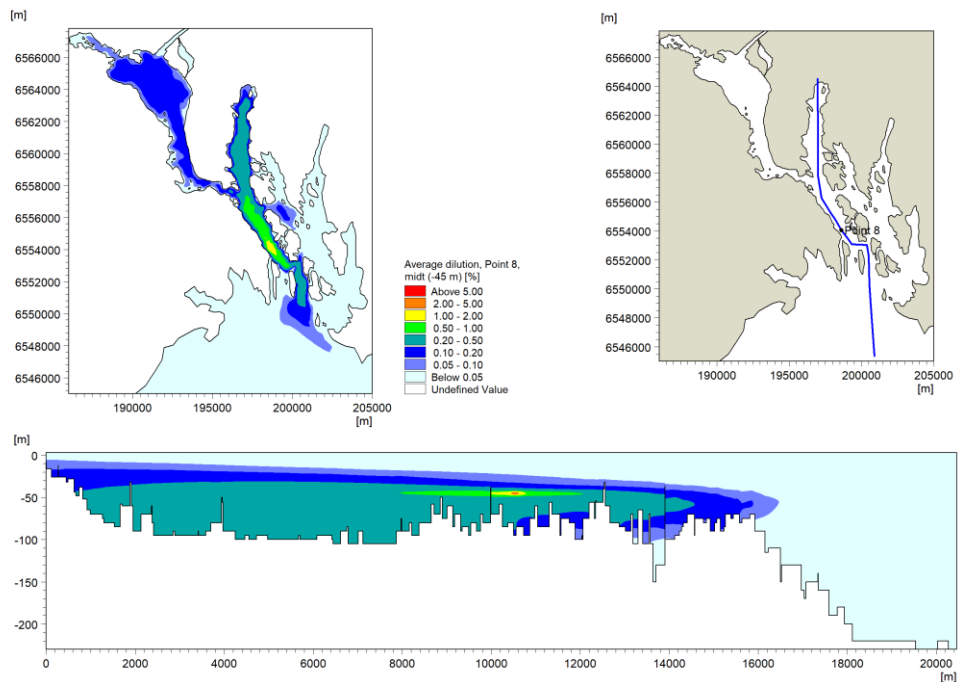
F.8 Utslippspunkt 8



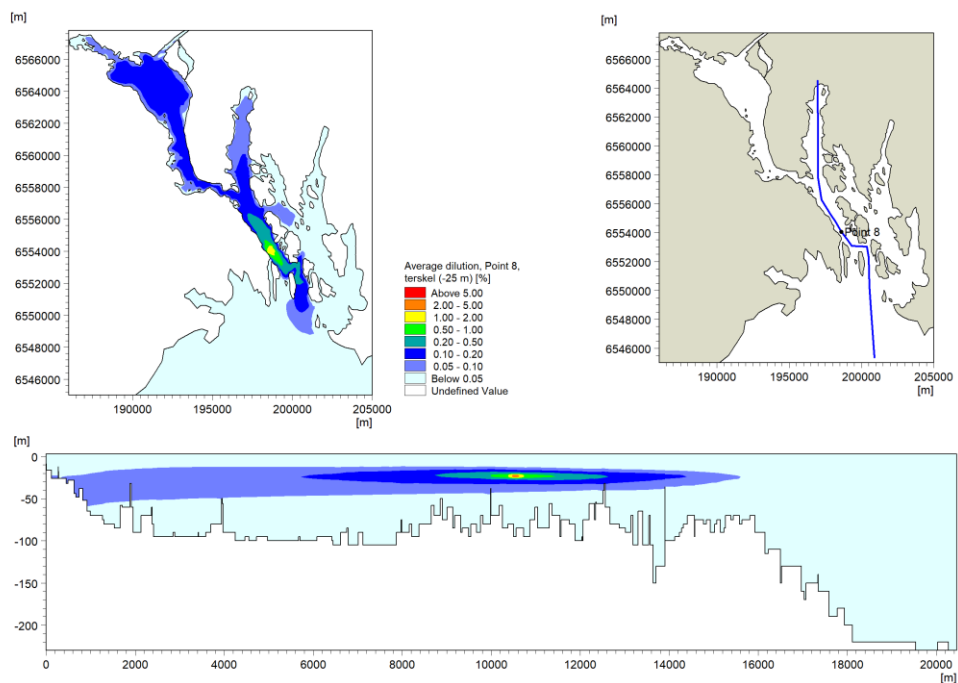
Figur F.29 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 8 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.30 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 8 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

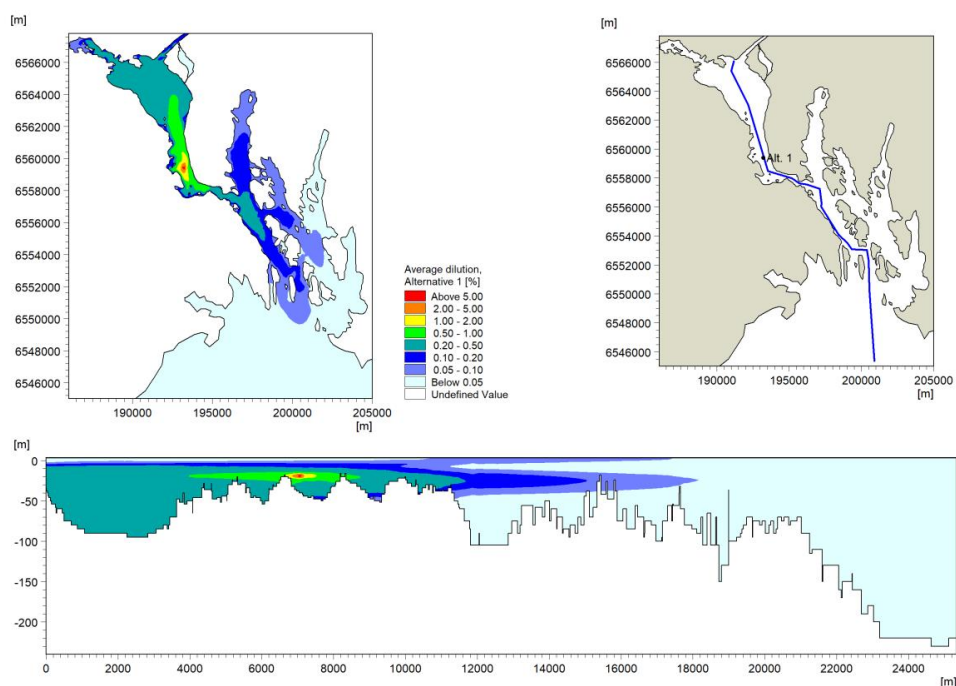


Figur F.31 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 8 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

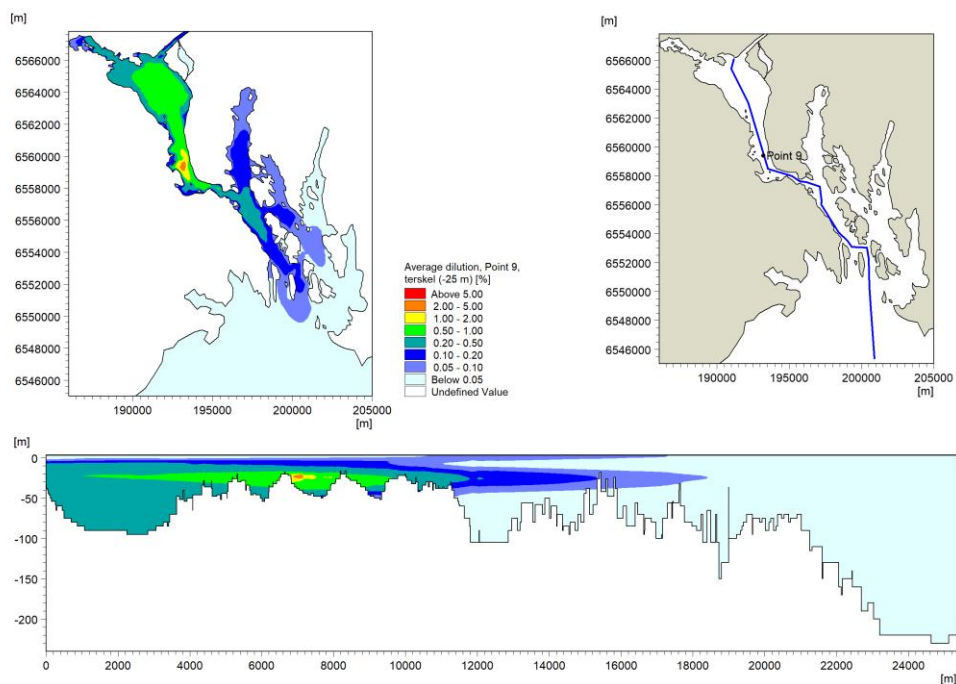


Figur F.32 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 8 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

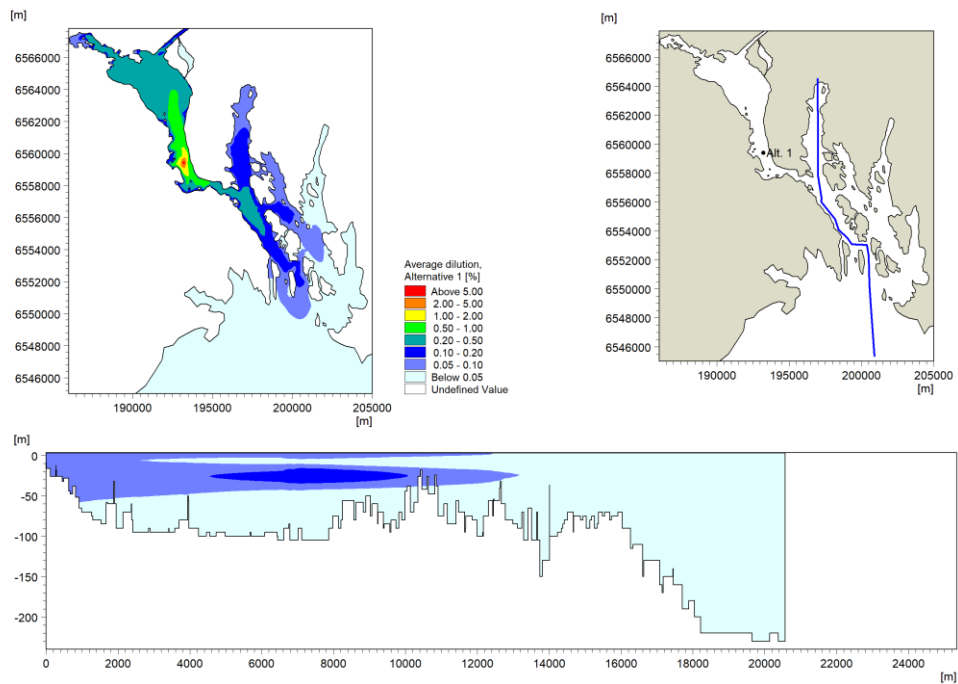
F.9 Utslippspunkt 9 (Alternativ 1)



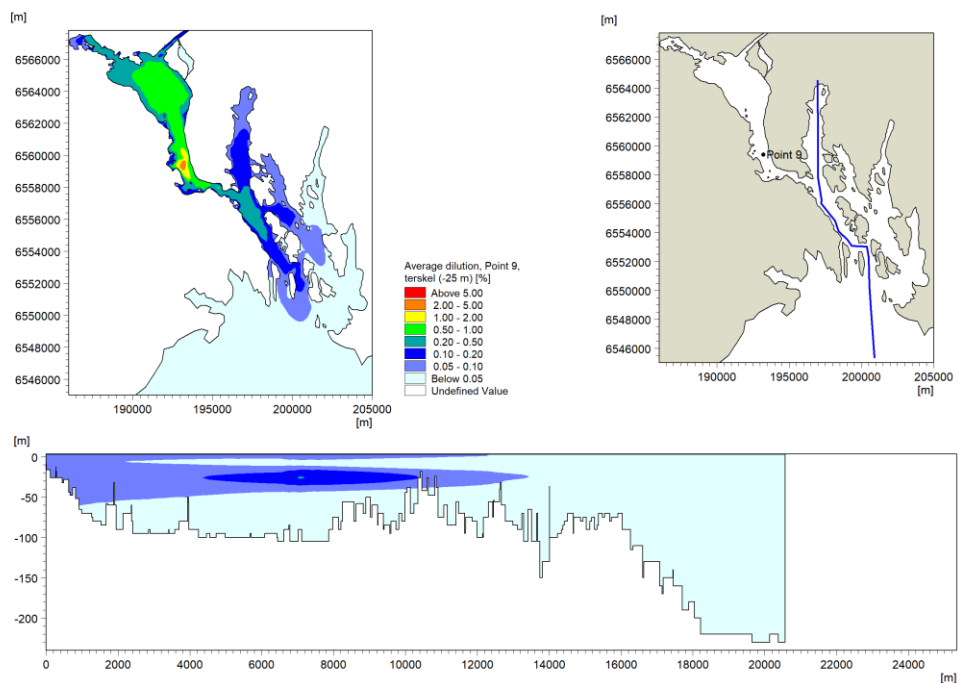
Figur F.33 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 9 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.34 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 9 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnitt fra Frierfjorden ut gjennom Langesundfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

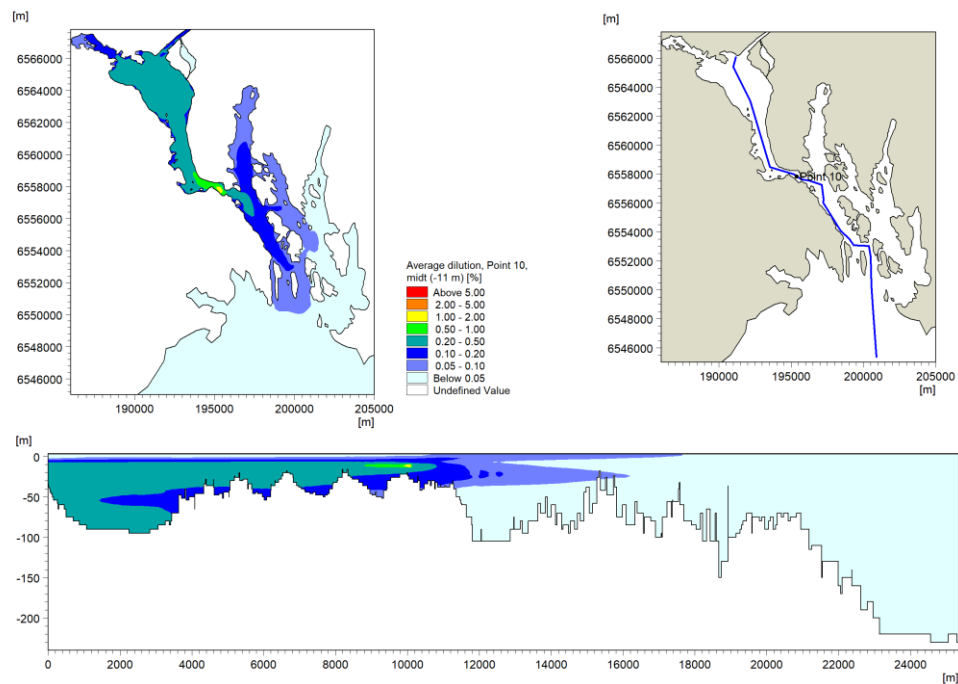


Figur F.35 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 9 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

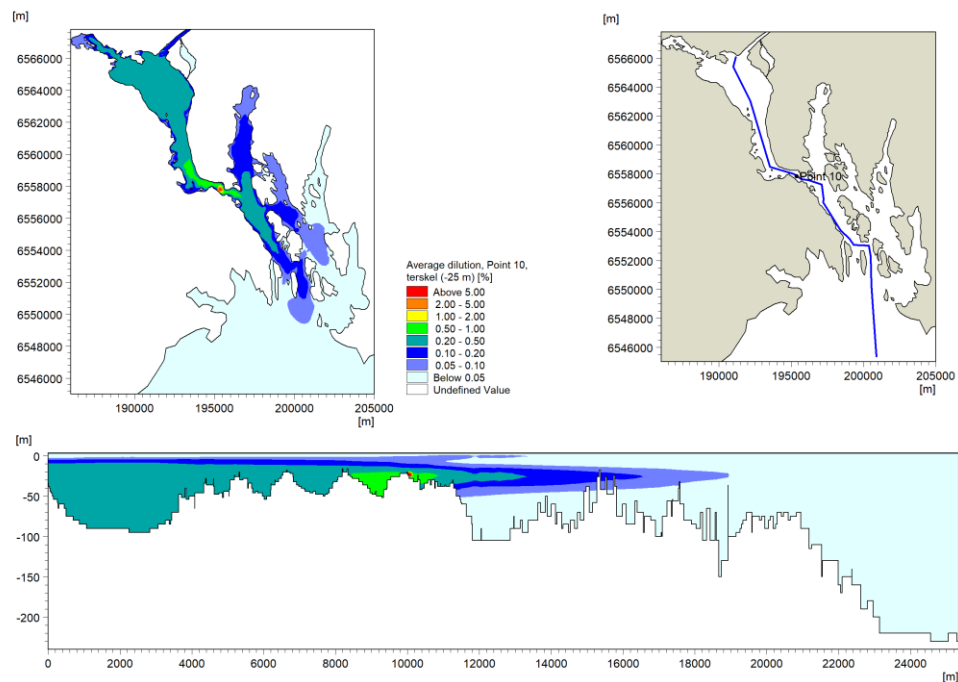


Figur F.36 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 9 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

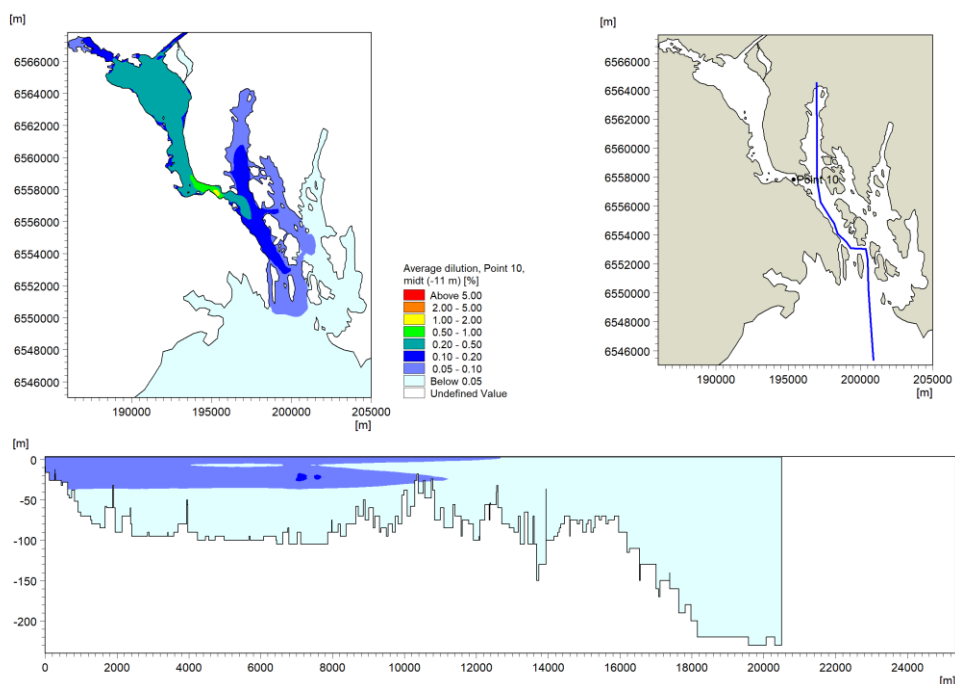
F.10 Utslippspunkt 10



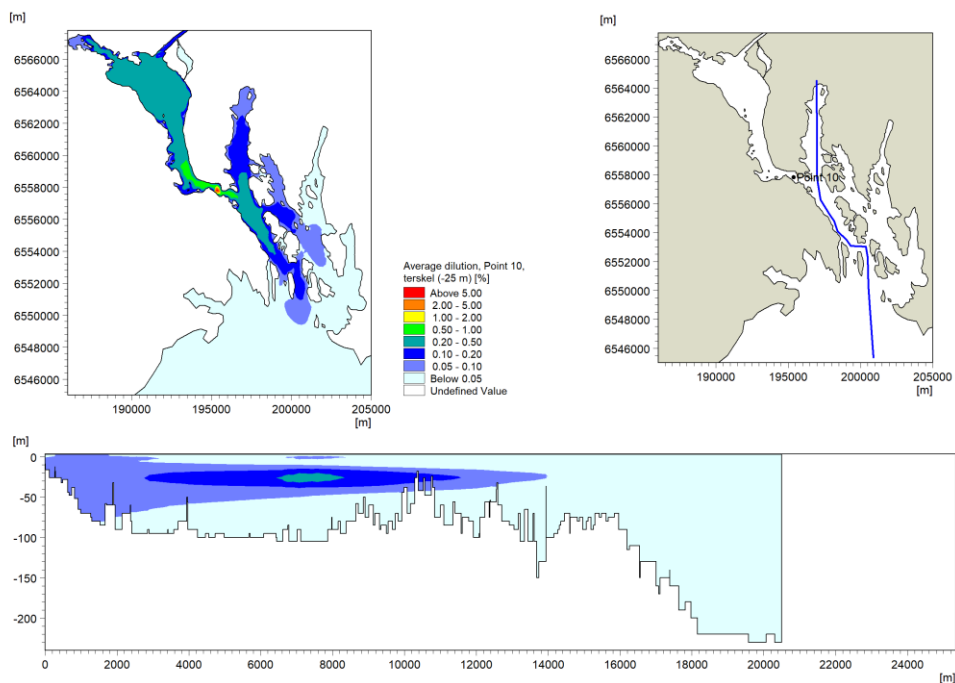
Figur F.37 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 10 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.38 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 10 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

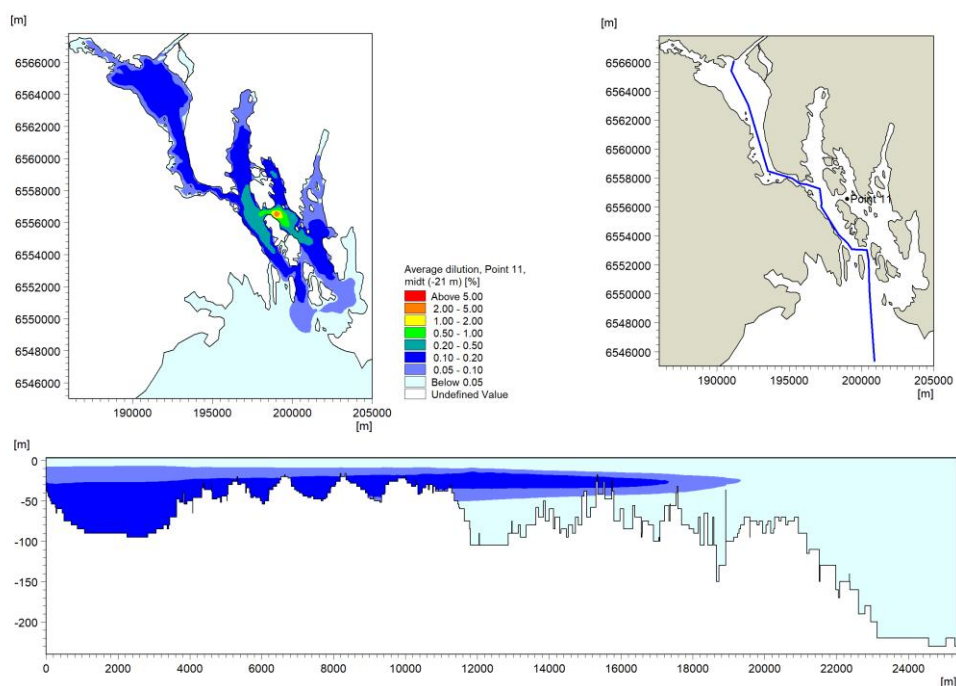


Figur F.39 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 10 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

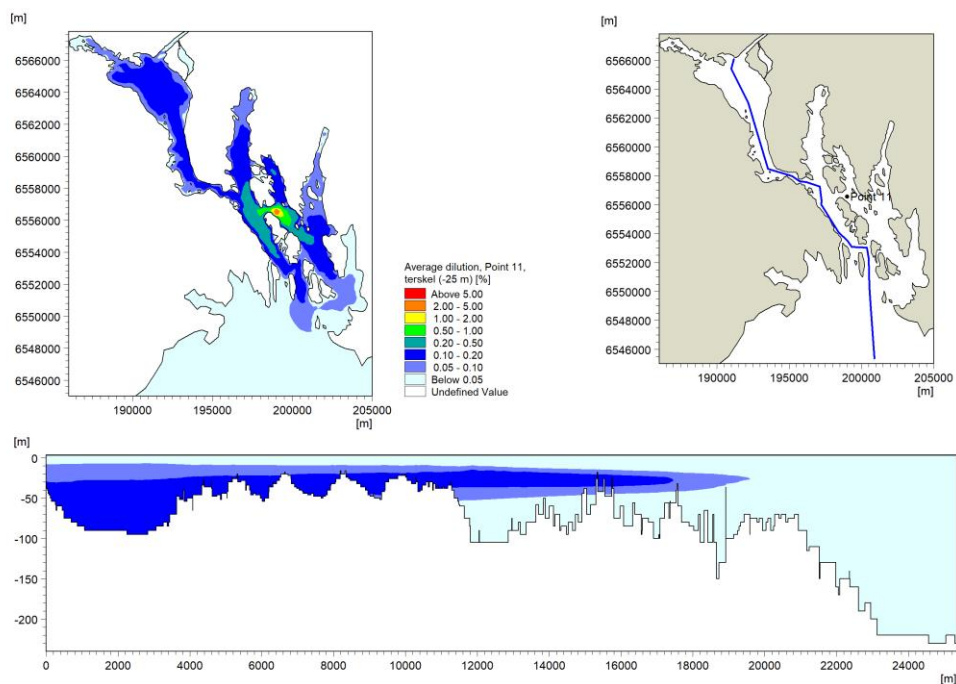


Figur F.40 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 10 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

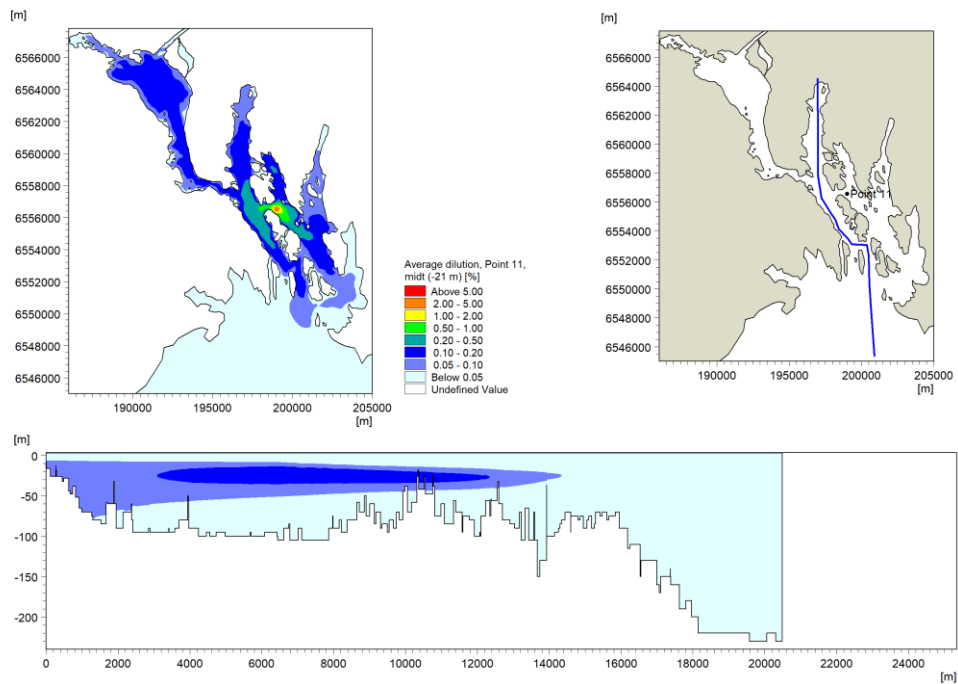
F.11 Utslippspunkt 11



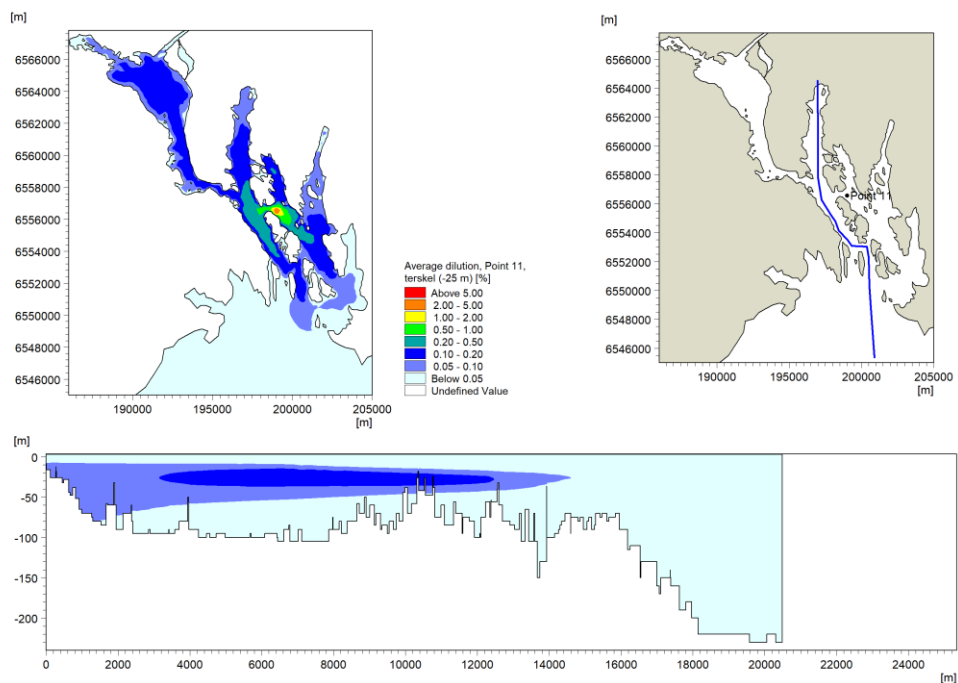
Figur F.41 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.



Figur F.42 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

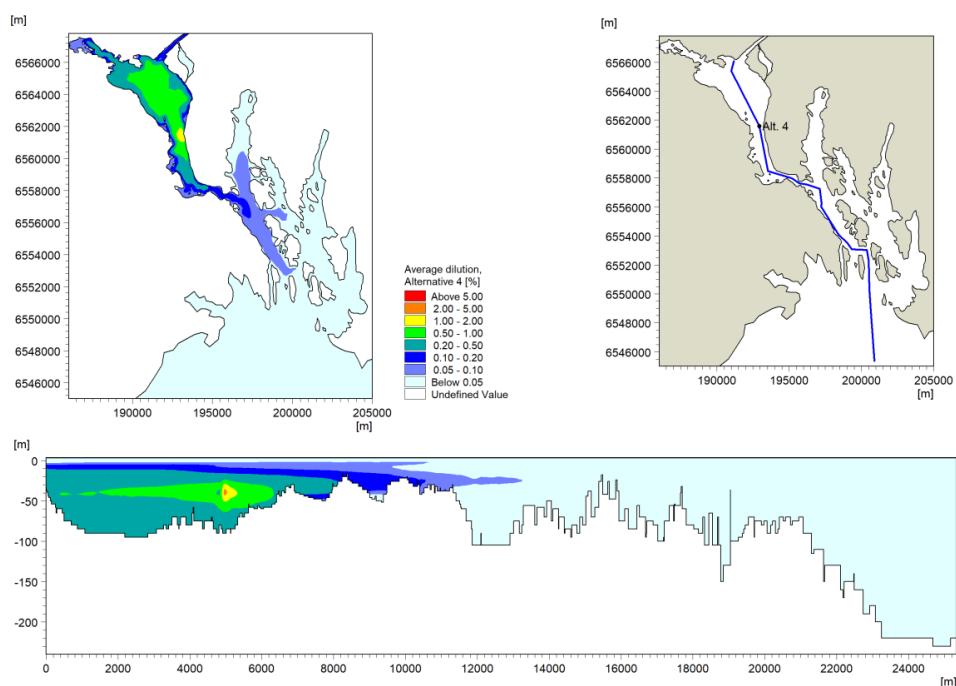


Figur F.43 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring midt i vannsøylen.

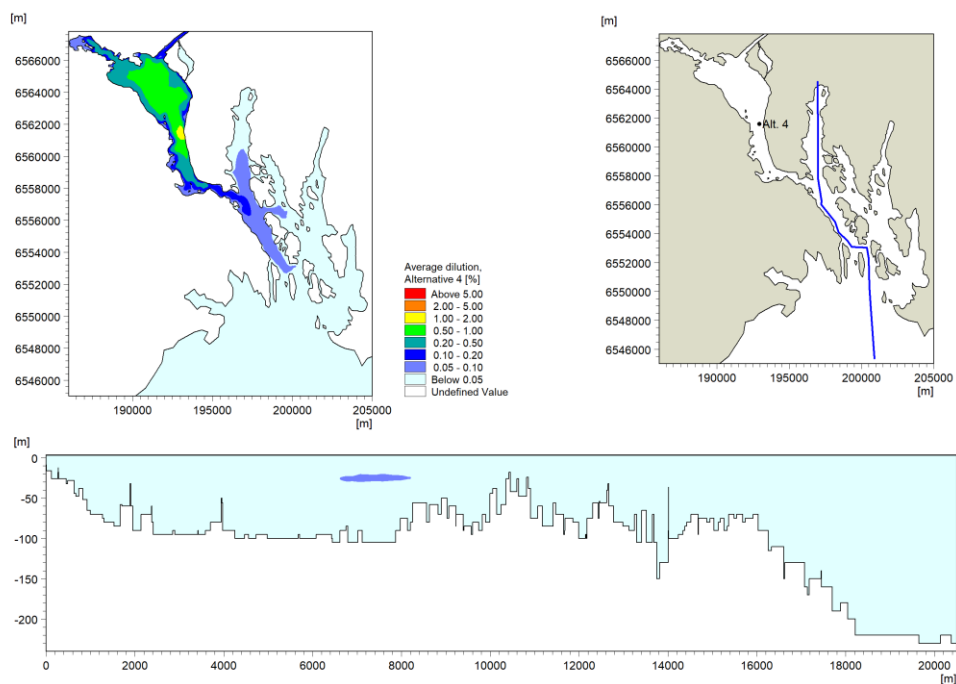


Figur F.44 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på 25 meters dyp (terskeldyp).

F.12 Utslippspunkt 12 (Alternativ 4)



Figur F.45 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Frierfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på gjennomsnittlig 36 meters dyp..



Figur F.46 Gjennomsnitt for fortyning av avløpsvannet fra det samlede utløp ved punkt 11 for nivået i vannsøylen med minimal fortyning (venstre topp), lengdesnittet fra Eidangerfjorden ut gjennom Langesundsfjorden og mot Skagerrak (bunn og oversikt høyre topp). Basert på en utslippskonsentrasjon satt til 100, og innlagring på gjennomsnittlig 36 meters dyp.

