

Statsforvalteren Østfold, Buskerud, Oslo og Akershus

Postboks 325

1502 Moss

Dato 27. januar 2025

Vår Ref. 01/2025

Deres Ref. 2023/46807

MIRA IKS – Søknad om utslippstillatelse

Vedlagt er søknad om ny tillatelse til utslipp etter forurensningsloven for Midtre Romerike Avløpsselskap IKS (MIRA). Søknaden gjelder ny tillatelse til erstatning for tillatelse datert 03.2013.

Bakgrunn

Det vises til deres brev 31.01.2024

Søknaden

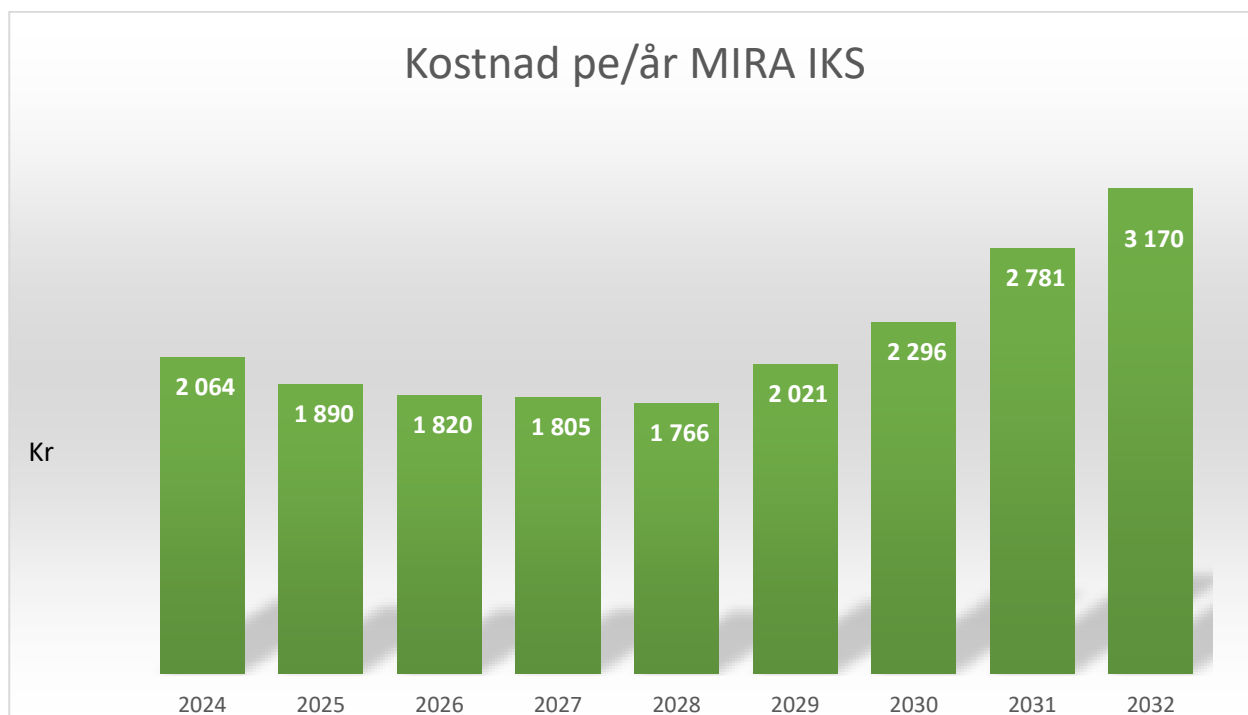
Arbeidet med søknaden har blitt ledet av daglig leder i MIRA. Norconsult har vært engasjert som rådgiver for arbeidet og for å gjennomføre nødvendige delutredninger. MIRA har også engasjert DHI for å oppdatere den hydrauliske modellen av resipienten slik at konsekvensen av utslippet kan kartlegges ved utslippspunktet og ut av Øyeren.

Et viktig grunnlag for søknaden har vært å kvalitetssikre kommunenes prognoser for videre utvikling av tilførselen av avløpsvann til MIRA slik at Tangen RA har et godt dimensjoneringsgrunnlag. Prognose for utvikling i tilførsel fra hver eierkommune er et viktig element i denne søknaden slik at kommunene skal ha vekstmuligheter iht til de kommunale planene uten at Tangen RA skal være en begrensende faktor.

Samlet mener vi at søknaden gir en bærekraftig utvikling av avløpstjenestene der nødvendige hensyn til resipienten er tatt, samtidig som det er lagt opp til en forsvarlig kostnadsutvikling for abonnentene i regionen.

Tangen renseanlegg, som ble bygget nytt i 2016, er topp moderne og overholder alle krav til dagens utslippstillatelse med god margin. Uten forventede nye krav pga utfordringer relatert til Oslofjorden, hadde ikke MIRA sett behov for en oppgradering av renseanlegget før det nye avløpsdirektivet til EU trer i kraft i Norge. Når vi nå likevel forventer nye krav, er det viktig at kostnaden for selskapet og dermed abonnentene, blir så lave som mulig slik at man ikke gir en urimelig ulempe til de som allerede har vært med å investere i ny infrastruktur som overholder alle dagens krav.

Et biologisk nitrogenrensetrinn vil øke fjerningen av nitrogen fra i dag ca 20 % til 75 % og dermed fjerne nye 57 tonn med nitrogen, og utbyggingen har en estimert kostnad på 650 mill. i 2023 kr (P50-nivå). Med dagens rente vil MIRA få tilleggskostnad på 50 mill. kr per år + økte driftskostnader, og gebyret vil øke med over 90 % sammenlignet med dagens nivå for de ca. 32000 pe som er tilknyttet anlegget. Kostnadene vil bli 100 % fordelt på eierne og dermed abonnentene i Lillestrøm og Gjerdrum kommuner. Under vises et estimat på utvikling av kostnader i kroner fordelt pr pe.



Med dette som bakteppe har selskapet landet på at vi søker om krav til 75 % nitrogenfjerning som årsgjennomsnitt i fra 2033 i tillegg til at man opprettholder dagens eksisterende krav. Vi mener dette ivaretar både utfordringene som er bakgrunn for søknaden og kost/nyttevurderingene vi har lagt til grunn for å bidra til en bærekraftig kostnadsøkning som eierne og dermed abonnentene må betale. Å pålegge selskapet å fjerne mer nitrogen og ev pålegge selskapet andre strengere krav til rensing og dokumentasjon mener vi ikke kan forsvares, da fordelene ikke

forsvarer kostnadene, jf forurensingsloven § 11 siste ledd. Klimaavtrykket vil også bli unødvendig stort ved ytterligere skjerping av krav.

MIRA har allerede starten en prosess for å gjennomføre en oppgradering og vi har lagt ved en realistisk plan for å oppgraderingen til 2033. Prosjektet er avhengig dette tidsperspektivet for å sikre gode prosesser som vil gi eierne et anlegg som også i fremtiden skal kunne levere iht til kravene som stilles, et godt arbeidsmiljø og en kostnadseffektiv avløpsbehandling. Det er samtidig en sektor som er presset på rådgivere og leverandørindustri, dette er elementer som vil utfordre alle, og derfor er det i tillegg viktig at fra myndighetssiden bidrar til at ikke for mange skal bygge samtidig. En høy samtidighet i utbygning av denne type anlegg øker risikoen for dyrere anlegg og dårligere kvalitet.

Rammen på søknaden er på 10 år etter at søknaden er godkjent, selv om beregningsgrunnlaget vårt er framskrevet frem til 2040.

Vi håper vedlagt søknad gir et tilfredsstillende underlag for å vurdere ny tillatelse, men ettersender ytterligere dokumentasjon ved behov. Dersom det er ønskelig, vil vi naturligvis også stille i møte for å svare ut eventuelle uklarheter eller mangler.

Med vennlig hilsen



Eirik Rismyhr
Daglig leder

Vedlegg

- Søknad om utslippstillatelse
- Notat om innføring av nitrogenrensing på Tangen RA
- Resipientmodellrapport DHI

Fra: Eirik Rismyhr[Eirik.Rismyhr@miraiks.no]
Sendt: 27.01.2025 12:40:40
Til: Postmottak SFOS[sfospost@statsforvalteren.no]
Kopi: Eirik Rismyhr[Eirik.Rismyhr@miraiks.no];MIRA arkiv[arkiv@miraiks.no];
Tittel: Deres ref 2023/46807

Viser til vedlagt brev med dokumentasjon.

Ta gjerne kontakt ved spørsmål.

Med vennlig hilsen
Eirik Rismyhr
Daglig leder

Sentralbord: 99332525
Mobil: 915 68 778
Midtre Romerike Avløpsselskap IKS



www.miraiks.no

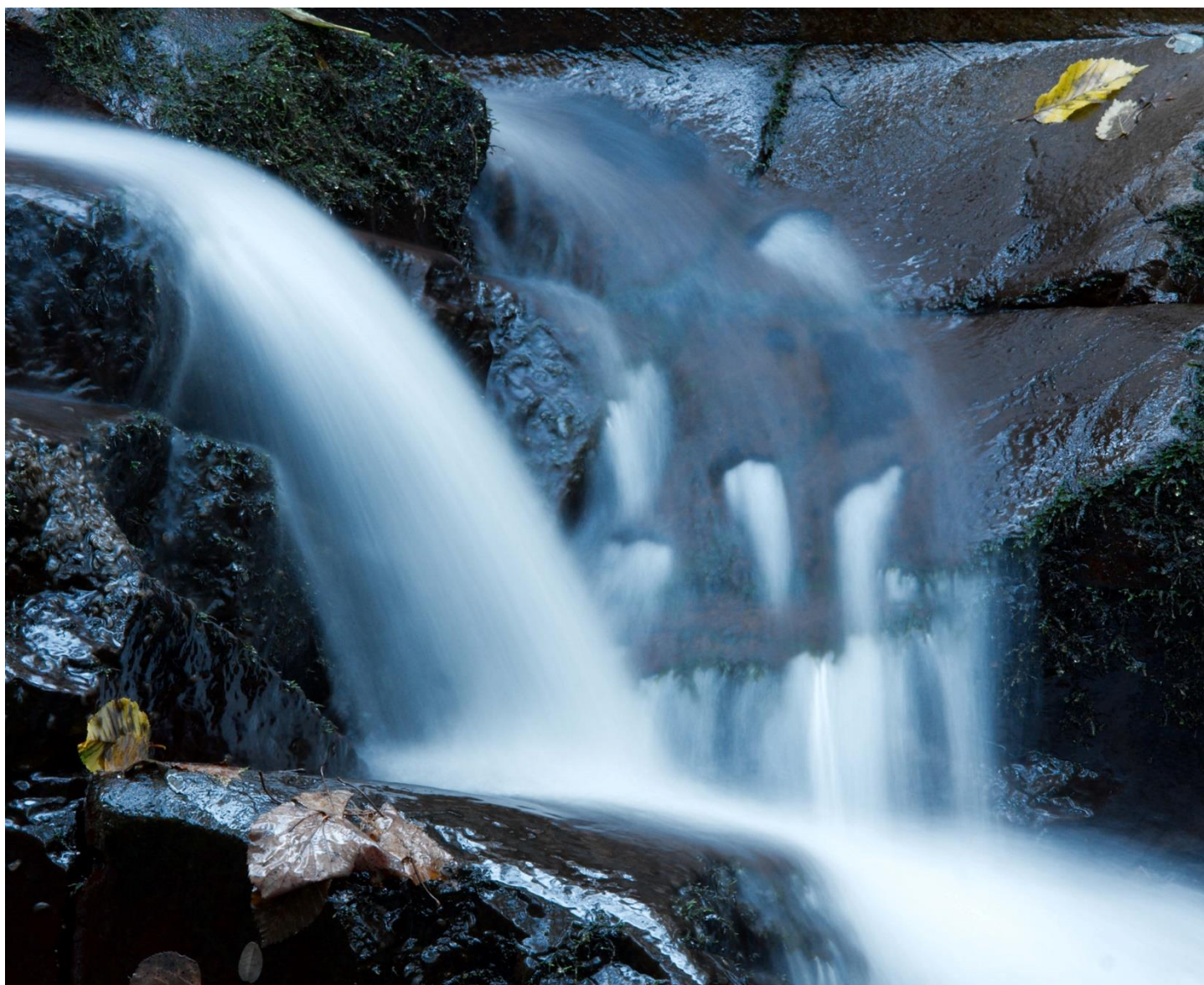
<https://ikkeettfettromerike.no/>

MIRA IKS

► Søknad om utslippstillatelse for Tangen renseanlegg og avløpssystem

Midtre Romerike Avløpsselskap IKS

Oppdragsnr.: 52402619 Dokumentnr.: 1 Versjon: C04 Dato: 24.01.25



Oppdragsgiver: MIRA IKS
Oppdragsgivers kontaktperson: Eirik Rismyhr
Rådgiver: Norconsult AS
Oppdragsleder: Ingrid Sjølander
Fagansvarlig: Bjarne Paulsrud
Andre nøkkelpersoner: Anette Fyhn

C04	24.01.25	Rettet opp etter kommentarer fra MIRA	InSjo	BjPau	InSjo
C03	08.11.24	Rettet opp etter kommentarer fra MIRA	InSjo	BjPau	InSjo
B02	30.09.24	For kommentarer fra MIRA	InSjo		
A01	25.09.24	Intern gjennomgang (VA + resipientvurdering)	InSjo/AnFy	AnnMe	InSjo
A01	26.08.24	Intern gjennomgang (VA)	InSjo	BjPau	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Midtre Romerike Avløpsselskap IKS (MIRA IKS) søker om fornyet utslippstillatelse for Tangen avløpsrenseanlegg og tilhørende avløpsnett, basert på krav fra Statsforvalteren i Oslo og Viken. Som vedlegg til søknaden legges det også ved en utredning om nitrogenfjerning på renseanlegget og DHI sin resipientmodell utarbeidet i samarbeid med Enebakk, Nes og Eidsvoll kommuner i 2023-2024.

Tangen renseanlegg mottar avløpsvann fra Gjerdrum kommune og deler av Lillestrøm kommune og utgjør en del av Oslo tettbebyggelse. Den delen av Oslo tettbebyggelse som sender avløpsvann til renseanlegget, har en samlet utslippsstørrelse på 37 000 pe BOF₅ i år 2040, beregnet etter metode 4.2 i NS 9426. Tilført belastning på Tangen renseanlegg i BOF₅ (pe) i maksuke er da beregnet å være ca. 57 000 pe.

Det pågår en diskusjon blant selskapets eiere (Gjerdrum og Lillestrøm kommuner) om en skal overføre et nytt område til Tangen RA. Antall pe som kan bli berørt, er på 6000-10 000 pe. Denne belastningen er ikke inkludert i våre beregninger, men om eierne ønsker å gjennomføre denne endringen, vil MIRA IKS søke om en revidering av tillatelsen i forkant av en eventuell beslutning.

Ved å se på resipientkapasiteten til Glomma og estimert utslipp av total fosfor og totalt nitrogen fra renseanlegget frem mot 2040, ser man at tilstanden i resipienten (*svært god*) ikke vil bli forringet på noe tidspunkt til tross for økte utslippsmengder. I beregningene er det tatt høyde for en rensegrad på 90% fosfor og 75% nitrogen i årsgjennomsnitt.

Beregningene viser også at en rensegrad på 80% fremfor 75% nitrogen ikke vil utgjøre en forskjell av betydning på tilstanden i Glomma på grunn av dens høye vannføring og gode resipientkapasitet.

Økt utslipp av organisk stoff frem mot 2040 vurderes også å påvirke vannforekomstene i liten grad grunnet den høye vannføringen i Glomma som vil gi rask fortykning i vannmassene.

I søknaden foreslås det derfor å videreføre dagens rensekrav på Tangen RA for BOF₅, KOF og Tot-P på hhv. 70, 75 og 90%, samt overvåking av tungmetaller i utløpsvannet. Det foreslås også å innføre et nitrogenrensekrav på 75% i årsgjennomsnitt når nitrogenrensetrinnet på anlegget er ferdig igangkjørt og leverer stabile renseresultater. Iht. nåværende fremdriftsplan, kan nitrogenrensetrinnet være ferdigstilt i 2033. Da man vurderer at det ikke er brukerinteresser direkte knyttet til utslippsstedet, er det ikke behov for overvåking og fjerning av *E. coli* bakterier utover det som naturlig fjernes i den biologiske renseprosessen som Tangen RA har i det eksisterende anlegget.

► Innhold

1	Informasjon om søker	6
2	Lokalisering	8
2.1	MIRA IKS	8
2.2	Ledningsnett	8
2.3	Renseanlegg	8
2.4	Tettbebyggelse	9
2.4.1	Tilknytningsgrad	10
2.4.2	Tettbebyggelsens størrelse i antall pe	10
3	Tangen renseanlegg	11
3.1	Prosessløsning	11
3.2	Dimensjonerende verdier	11
3.3	Stofftilførsler	11
3.3.2	Fremtidige tilførsler av BOF_5 pe per år	12
3.4	Utslipp til vann	12
3.4.1	Utslippspunkt fra renseanlegget	12
3.4.2	Historiske innløps- og utslippsverdier	12
3.4.3	Fremtidige innløps- og utslippsverdier	13
3.4.4	Omsøkte rensekrav og grenseverdier	14
4	Slam og avfall	15
4.1	Avløpslam	15
4.2	Septikslam	15
4.3	Slambehandlingskapasitet	15
4.4	Ristgods og sand	16
5	Informasjon om ledningsnettet	17
5.1	Fremmedvann	17
5.2	Utslipp fra avløpsnettet	17
5.2.1	Lekkasjer fra ledningsnettet	17
5.2.2	Driftsoverløp	17
5.2.3	Virkningsgrad	18
5.3	Tiltaksplan	18
5.4	Påvirkning på avløpsnettet som følge av klimaendringer	18
5.5	Overvåking av avløpsnettet	19
6	Resipientvurdering	20
6.1	Utslipp til vann	20
6.1.1	Generelt	20
6.1.2	Dagens tilstand	20

6.1.3	<i>Påvirkning av fosfor og nitrogen i vannmassene</i>	22
6.1.4	<i>Organisk stoff</i>	24
6.1.5	<i>Brukerinteresser</i>	25
6.1.6	<i>Naturvern</i>	25
6.2	Biologisk mangfold	27
6.2.1	<i>Elvemusling</i>	27
6.2.2	<i>Fisk</i>	28
6.3	Andre forurensningskilder og summen av disse	28
6.4	Konklusjon resipientvurdering	28
7	Utslipp til luft	29
8	Energiforbruk	30

1 Informasjon om søker

1.1 Opplysninger om søker

Navn på ansvarlig enhet	Midtre Romerike Avløpsselskap IKS
Organisasjonsnummer	911808005
Adresse	Lystadveien 140
Telefon	993 32 525
E-post	firmapost@miraiaks.no
Kontaktperson	Eirik Rismyhr
Telefon kontaktperson	915 68 778
E-post kontaktperson	Eirik.Rismyhr@miraiaks.no

1.2 Bakgrunn

Midtre Romerike Avløpsselskap IKS (heretter MIRA IKS) søker om ny utslippstillatelse for Tangen renseanlegg og tilhørende avløpssystem, da dagens utslippstillatelse er over 10 år gammel (datert 3. juni 2013). Søknaden inkluderer også en utredning av nitrogenfjerning på renseanlegget etter ønske fra Statsforvalteren i Oslo og Viken i oversendt brev av 31.01.2024.

1.3 Ramme for søknaden

Det søkes om fornyet tillatelse for utslipp av kommunalt avløpsvann fra Tangen avløpsrenseanlegg og tilhørende avløpssystem. Ifølge nåværende føringer vil tillatelsen gjelde i 10 år fra gyldig tillatelse er på plass. Beregninger om fremtidig størrelse på tettbebyggelse og utslippsmengder fra renseanlegget er derfor gjort frem til 2040 for å sikre at man har beregninger innenfor den omsøkte perioden.

Forventet antall pe i tettbebyggelsen som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg vil i 2040 være rundt 37 000 pe. Beregningene er gjort i henhold til NS 9426 *Bestemmelse av personekvivalenter (pe) i forbindelse med utslippstillatelse for avløpsvann*, metode b), avsnitt 4.2. Ifølge NS 9426 representerer dette tallet den maksimale mengden avløpsvann som potensielt kan produseres innenfor tettbebyggelsen.

Det pågår en diskusjon blant selskapets eiere om en skal overføre et nytt område til Tangen RA. Antall pe som kan bli berørt, er på 6000-10 000 pe. Denne belastningen er ikke inkludert i våre beregninger, men om eierne ønsker å gjennomføre denne endringen, vil MIRA IKS søke om en revidering av tillatelsen i forkant av en eventuell beslutning.

Ved å se på forholdet mellom den teoretiske pe-tellingen og antall pe basert på målte BOF-verdier i innløpsvannet til Tangen renseanlegg i 2023, estimeres det at størrelsen på Tangen renseanlegg i maksuka vil være ca. 57 000 pe BOF₅ i 2040.

Det søkes dermed om en samlet ramme på 57 000 pe BOF₅, som vil være dekkende frem til 2040.

År	Pe-telling, teoretisk beregnet (str. på tettbebyggelsen)	Pe, basert på målt og estimert BOF ₅ * f _{maks} 2 (str. på Tangen renseanlegg)
2023	30 280	46 437
2040	37 027	56 784

1.4 Særlige berørte naboer

Nabokommuner:

Kommune	Postadresse	Telefon	E-postadresse
Lillestrøm	Postboks 313, 2001 Lillestrøm	66 93 80 00	postmottak@lillestrom.kommune.no
Aurskog-Høland	Rådhusveien 3, 1940 Bjørkelangen	63 85 25 00	postmottak@ahk.no
Nes	Postboks 114, 2151 Årnes	66 10 40 00	postmottak@nes.kommune.no
Gjerdrum	Postboks 10, 2024 Gjerdrum	66 10 60 00	postmottak@gjerdrum.kommune.no
Rælingen	Postboks 100, 2025 Fjerdingby	63 83 50 00	postmottak@ralingen.kommune.no
Enebakk	Prestegårdsveien 4, 1912 Enebakk	64 99 20 00	postmottak@enebakk.kommune.no

Organisasjoner:

Organisasjoner	Postadresse	Telefon	E-postadresse
Vannområde Øyeren-Glomma	Postboks 114, 2151 Årnes	69 68 16 39	kristian.moseby@nes-ak.kommune.no
Vannområde Leira-Nitelva	Postboks 313 2001 Lillestrøm	66 93 83 06	line.gustavsen@lillestrom.kommune.no

2 Lokalisering

2.1 MIRA IKS

MIRA IKS er et interkommunalt selskap som renser avløpssvann for eierkommunene Gjerdrum og Lillestrøm. Selskapet eier og drifter et felles renseanlegg på Tangen, Tangen renseanlegg, ved Sørumsand i Lillestrøm kommune samt tilhørende avløpsnett i form av ledningsnett og pumpestasjoner.

MIRA IKS drifter også Dalen renseanlegg i og for Lillestrøm kommune og Rånåsfoss renseanlegg i og for Nes kommune. Begge anleggene planlegges lagt ned og bygget om til pumpestasjoner i 2025. Avløpssvann fra Dalen renseanlegg vil da overføres til Tangen renseanlegg, mens avløpssvannet fra Rånåsfoss renseanlegg overføres til Fjellfoten renseanlegg i Nes kommune.

2.2 Ledningsnett

Figur 1 viser lokasjonen til Tangen renseanlegg med utslippspunkt, samt avløpspumpestasjonene og avløpsnettet som er tilknyttet anlegget og driftes av MIRA IKS.



Figur 1. Ledningsnettet tilknyttet Tangen RA som driftes av MIRA IKS

2.3 Renseanlegg

Nøkkelopplysninger om renseanlegget er presentert i Tabell 2-1. Mer informasjon om renseprosess, kapasitet, samt tilførsler og utslippsmengder er presentert i kapittel 3.

Tabell 2-1 Nøkkelopplysninger om Tangen renseanlegg

Navn på anlegg	Tangen renseanlegg
Renseprosess	Biologisk rensing (MBBR) med kjemisk felling
Adresse	Lystadveien 140, 1920 Sørumsand
Gårds- og bruksnummer	Gnr; 242, Bnr; 99
Koordinater for renseanlegget (UTM 32)	N: 6651222.24, Ø: 623890.10
Koordinater for utslippspunktet (UTM 32)	N: 6651139.03, Ø: 623446.29

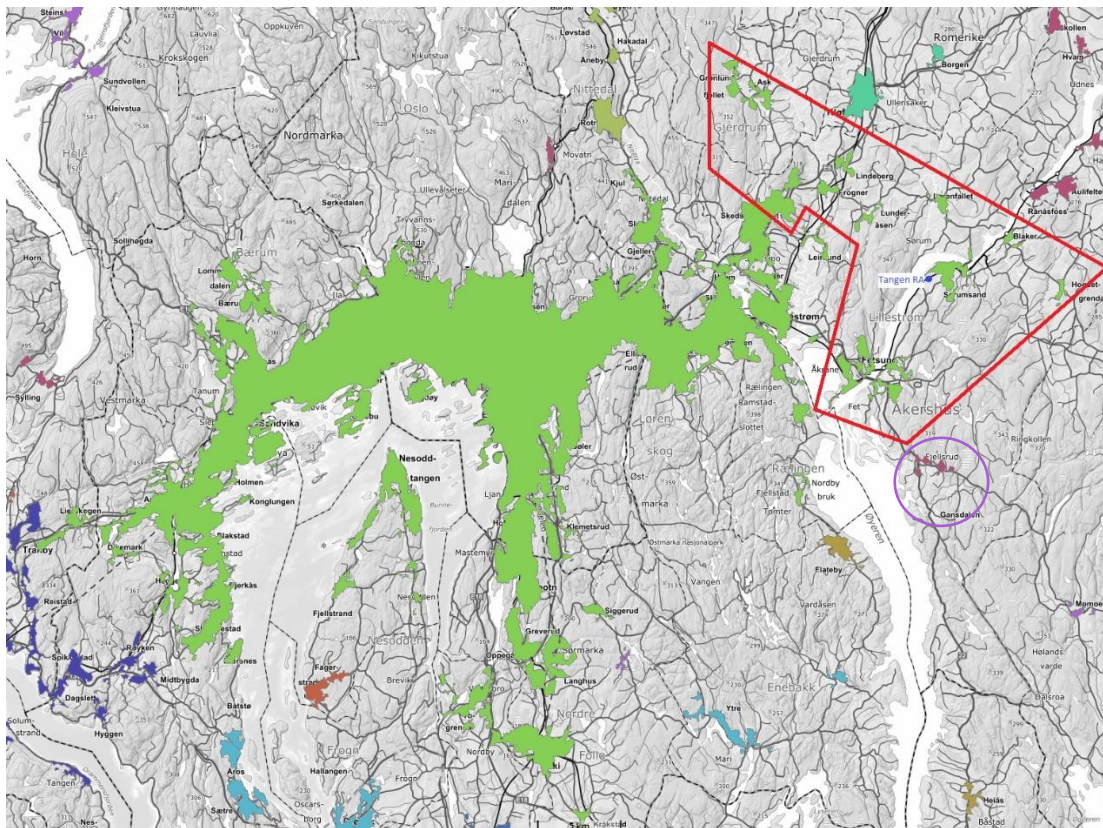
Avløpsrenseanlegget ligger på et område som er regulert for dette formålet, jfr. reguleringsplan for Tangen renseanlegg datert 17.10.12.

Nærmeste naboer til Tangen renseanlegg er private boliger som ligger rundt 300 m fra anlegget.

2.4 Tettbebyggelse

Gjerdrum kommune og den delen av Lillestrøm kommune som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg (markert i rød polygon i Figur 2), er en del av Oslo tettbebyggelse (grønt felt i Figur 2).

Når Dalen renseanlegg legges ned og overføres til Tangen renseanlegg i 2025, vil Fjellstrud tettbebyggelse (lilla sirkel i Figur 2 ved Fetsund) inngå i samme tettbebyggelse på grunn av overføringsledningen som knytter tettbebyggelsene sammen.



Figur 2. Kart over den delen av Oslo tettbebyggelse (rød polygon), som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg. Avløpsvann fra dagens Fjellstrud tettbebyggelse (lilla sirkel) vil føres over til Tangen renseanlegg når Dalen renseanlegg legges ned og dermed bli en del av den samme tettbebyggelse. Kilde Miljødirektoratets kartkatalog.

2.4.1 Tilknytningsgrad

Per 2023 er 70,1 % av innbyggerne i Gjerdrum kommune tilknyttet det kommunale avløpsnett (SSB tabell 13144). Tidligere Sørums og Fet kommuner (den delen av Lillestrøm som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg) hadde en tilknytningsgrad på hhv. 82,7 og 87 % i 2019. Det føres ikke lenger separat statistikk over disse områdene, men det antas at den er tilnærmet lik i dag.

2.4.2 Tettbebyggelsens størrelse i antall pe

I forbindelse med søknaden om utslippstillatelse er det utført kartlegging og beregning av tettbebyggelsen som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg i antall personekvivalenter (pe) i 2023 og 2040. Pe-beregningene er gjennomført etter metoden beskrevet i kapittel 4.2 i Norsk Standard 9426, hvor antall pe beregnes ut fra forventet mengde organisk stoff (angitt som BOF₅) per døgn fra befolkning og ulike virksomheter.

Ved bruk av denne metoden er det kommet frem til at den delen av tettbebyggelsen som er i Gjerdrum kommune, har en samlet størrelse på 4512 pe i 2023, og forventet tilført pe i 2040 er 5356.

I sin søknad om utslippstillatelse fra avløpssystemet (vedtatt 15.02.23), har Lillestrøm kommune beregnet BOF₅ (pe) i den delen av kommunen som fører avløpsvann til Tangen renseanlegg i 2021. Ved å oppjustere innbyggertallet tilsvarende dette et antall på 25 769 pe i 2023 og 31 671 pe i 2040. Beregningene for 2040 inkluderer overføring av avløpsvann fra Dalen renseanlegg.

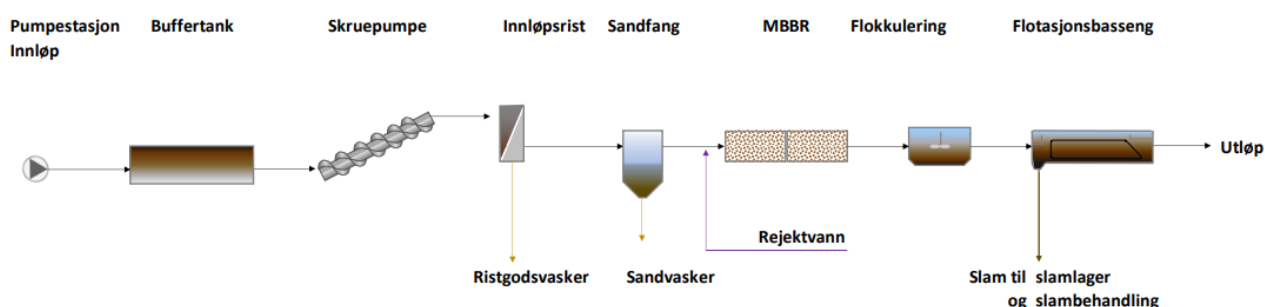
Totalt er da tettbebyggelsen som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg, **30 280 pe i 2023 og 37 027 pe i 2040**. Resultater fra kartleggingen er oppsummert i kapittel 3.3.

3 Tangen renseanlegg

3.1 Prosessløsning

Avløpsrensingen på Tangen renseanlegg (vist i Figur 3) består av forbehandling med innløpsrister, ristgodsvaskere/-presser, sandfang, sandvaskere, biologisk behandling i MBBR og kjemisk felling (med PAX-33) med etterfølgende flotasjon.

Slambehandlingen på anlegget er nærmere beskrevet i avsnitt 4.



Figur 3 Flytskjema av renseprosessen til Tangen renseanlegg

3.2 Dimensjonerende verdier

Dimensjoneringsgrunnlaget for Tangen renseanlegg er vist i Tabell 3-1. Tabellen viser også tilført belastning i maksuke i pe BOF₅ i 2023 og 2040. Beregningene er basert på 24 døgnblandprøver av innløpsvannet til renseanlegget i 2023 og forventet belastning i 2040 basert på pe-prognoser.

Tabell 3-1. Tilført belastning i maksuke og kapasitet i 2023 og 2040 ved Tangen renseanlegg

	2023	2040
Dimensjonerende kapasitet i BOF ₅ (pe)	63 000	63 000
Gjennomsnittlig belastning i BOF ₅ (pe)	23 218	28 392**
Tilført belastning i BOF ₅ (pe) i maksuke	46 437*	56 783**
Hydraulisk kapasitet, Q _{dim} (m ³ per time)	740	740
Hydraulisk kapasitet, Q _{maksdim} (m ³ per time)	1 260	1 260

* Gjennomsnittlig pe-belastning x f_{maks} = 2

** Antatt tilført belastning basert på tilført belastning i 2023 (metode 4.1 i NS 9426) oppjustert etter pe-prognoser for 2040 (metode 4.2).

3.3 Stofftilførsler

3.3.1 Tilførsler fra ulike kilder

Fremgangsmåten og resultater fra pe-beregningen av tettbebyggelsen som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg er presentert i avsnitt 2.4.2. Funnene er oppsummert i Tabell 3-232.

Tabell 3-23. Beregnet tilført pe BOF₅ i maksuke (beregnet etter NS 9426, kapittel 4.2) i 2023 og 2040 i tettbebyggelsen som sender avløpsvann til Tangen renseanlegg

Kilde	Beregnet BOF ₅ (pe) i 2023	Beregnet BOF ₅ (pe) i 2040
Fast bosatte	32 229	39 333
Netto pendling sysselsatte	-3 068	-3 705
Netto pendling skoleelever	-259	-295
Bedrifter med prosesspåslipp	1 333	1 640
Sykehjem	45	54
Sum	30 280	37 027

3.3.2 Fremtidige tilførsler av BOF₅ pe per år

Forventet BOF₅ pe som kan produseres innenfor tettbebyggelsen tilknyttet Tangen renseanlegg er presentert i Tabell 3-3. Verdiene er beregnet i samsvar med NS 9426 (metode 4,2) og forurensningsforskriften § 11-3 m.

Tabell 3-3. Maksuke-verdier for forventet tilført BOF₅ pe til Tangen renseanlegg

Forventet tilført BOF ₅ pe			
2025	2030	2035	2040
31 089	33 122	35 117	37 027

3.4 Utslipp til vann

3.4.1 Utslippspunkt fra renseanlegget

Tangen renseanlegg har utslipp av rensed avløpsvann til Glomma. Utslippsledningen strekker seg 38 meter fra land hvor det slippes ut gjennom et åpent rør ca. 10 meter under vannstanden.

3.4.2 Historiske innløps- og utslippsverdier

Tangen renseanlegg ble ferdigstilt i slutten av 2016. Innløps- og utslippsmengder av fosfor, nitrogen og organisk stoff (BOF₅ og KOF) ved Tangen renseanlegg siden igangkjøringen er presentert i Tabell 3-4 (tonn/år) og

Tabell 3-5 (kg/d).

Tabell 3-4. Innløps- og utslippsmengder av fosfor, nitrogen og organisk stoff (tonn/år) de siste ti årene.

	Tot-P (tonn/år)		Tot-N (tonn/år)		BOF ₅ (tonn/år)		KOF (tonn/år)	
	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
2017	13,3	0,6	-	84,6	445,9	11,6	1144,3	77,2
2018	14,1	0,8	96,0	85,4	517,2	23,3	1182,6	93,3
2019	14,2	0,9	104,8	86,5	468,1	28,1	1094,4	104,6
2020	15,0	1,1	128,8	102,3	525,6	36,3	1198,0	113,0
2021	14,8	1,0	111,8	99,0	534,7	38,5	1234,7	117,9
2022	15,5	0,9	113,2	95,5	605,3	28,7	1396,0	110,9

2023	14,3	1,1	111,5	91,8	508,5	36,3	1239,7	126,6
-------------	------	-----	-------	------	-------	------	--------	-------

Tabell 3-5. Innløps- og utslippsmengder (årsmiddelverdier) av fosfor, nitrogen og organisk stoff (kg/d) de siste ti årene.

	Tot-P (kg/d)		Tot-N (kg/d)		BOF ₅ (kg/d)		KOF (kg/d)	
	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
2017	36,4	1,5	-	231,8	1221,6	31,7	3135,0	211,6
2018	38,7	2,1	263,0	233,9	1416,9	63,8	3239,9	255,5
2019	38,9	2,4	287,2	237,1	1282,4	77,1	2998,3	286,7
2020	41,0	2,9	352,8	280,3	1439,9	99,5	3282,2	309,7
2021	40,5	2,6	306,3	271,3	1464,9	105,4	3382,8	323,1
2022	42,4	2,6	310,2	261,7	1658,4	78,6	3824,6	303,9
2023	39,3	3,1	305,4	251,4	1393,1	99,4	3396,4	347,0

3.4.3 Fremtidige innløps- og utslippsverdier

Tabell 3-6 gir en oversikt over tilførte mengder og utslipp av organisk stoff, fosfor og nitrogen i maksuken (den uken eller døgnet med høyest registrert stoffmengden i innløpet) og gjennomsnittsuken i 2023 ved Tangen renseanlegg.

I Tabell 3-7 og Tabell 3-8 er tilførte stoffmengder og -utslipp estimert for 2040. De tilførte stoffmengdene i 2040 er beregnet ved å multiplisere gjennomsnittsverdier i innløpsvannet i år 2023 med prosentvis økning av pe frem til 2040. Maksuken er så beregnet ved å multiplisere den estimerte gjennomsnittsverdien i 2040 med en f_{maks} faktor = 2, iht. NS9426.

Utslippene er beregnet ved å se på alternative renseeffekter for nitrogen, og fremtidig omsøkt rensegrad per stoff for Tot-P, BOF₅ og KOF.

Tabell 3-6. Tilført mengde og utslipp i 2023 i maksuke og gjennomsnittsuke

År	BOF ₅ (kg/d)		KOF _{CR} (kg/d)		Tot-P (kg/d)		Tot-N (kg/d)	
	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
2023 (maksuke ved prøvetaking)	2480,4	459,7	4848,0	1358,1	52,6	9,0	361,4	310,1
2023 (gjennomsnittsuke)	1393,1	99,4	3396,4	347,0	39,3	3,1	305,4	251,4

Tabell 3-7. Estimerte mengder og utslipp av Tot-P og Tot-N i 2040 i maksuke og gjennomsnittsuke ved fremtidig omsøkt rensegrad.

År	Tot-P (kg/d)		Tot-N (kg/d)		
	Inn	Ut (90%)	Inn	Ut	
Renseeffekt				75%	80%
2040 (maksuke $f_{maks}=2$)	96,1	9,6	746,9	186,7	149,4
2040 (gjennomsnittsuke)	48,1	4,8	373,4	93,4	74,7

Tabell 3-8 Estimerte mengder og utslipp av BOF₅ og KOF i 2040 i maksuke og gjennomsnittsuke ved fremtidig omsøkt rensegrad.

År	BOF ₅ (kg/d)		KOF _{CR} (kg/d)	
	Inn	Ut (70%)	Inn	Ut (75%)
2040 (maksuke, $f_{maks} = 2$)	3407,0	1022,1	8306,3	2076,6
2040 (gjennomsnittsuke)	1703,5	511,0	4153,1	1038,3

3.4.4 Omsøkte rensekrav og grenseverdier

Basert på estimerte stofftilførsler og utslippsmengder i 2040, og vurdering av utslippets påvirkning på resipienten (oppsummert i kapittel 6), søkes det om følgende utslippskrav for Tangen renseanlegg (Tabell 3-9);

Tabell 3-9 Forslag til utslippskrav for Tangen renseanlegg, inkl. overløp ved renseanlegget

Parameter	Minimum renseeffekt	Maks utslipp (tonn/år)	Antall prøver
BOF ₅	70%	186,5	21 av 24 døgnblandprøver må overholde krav til minimum renseeffekt
KOF _{CR}	75%	379	21 av 24 døgnblandprøver må overholde krav til minimum renseeffekt
Tot-P	90%	1,8	24 ukeblandprøver
Tot-N (frem til år 2033*)	-	-	6 ukeblandprøver
Tot-N (fra og med år 2033*)	75%	34,1	24 ukeblandprøver
As,Cr,Cu,Ni,Zn,Pb,Cd og Hg	-	-	6 ukeblandprøver av utløpsvann

*når nitrogenrensetrinnet er ferdig igangkjørt

Det foreslås altså å videreføre dagens rensekrav til Tangen RA for BOF₅, KOF og Tot-P, samt overvåking av tungmetaller i utløpsvannet. Det foreslås også å innføre et nitrogenrensekrav på 75% på årsgjennomsnitt når nitrogen-rensetrinnet på anlegget er ferdig igangkjørt og leverer stabile renseresultater. Iht. nåværende fremdriftsplan skal rensetrinnet være ferdigstilt i 2033.

Tangen RA har et biologisk rensetrinn som vil fjerne mer enn 90 % *E. coli* fra utslippet av kommunalt avløpsvann fra renseanlegget (ref. Vitenskapskomiteen for mat og helse). Nedstrøms utslippspunktet er det ikke registrert offentlige badeplasser eller drikkevannsinntak i Glomma som vil kunne bli påvirket. Det vil derfor ikke være behov for særskilt krav for å overvåke eller fjerne bakterier fra avløpsvannet, da fordelene ikke forsvarer kostnaden, jf forurensingsloven § 11 siste ledd.

4 Slam og avfall

4.1 Avløpslam

Slambehandlingen på Tangen renseanlegg består av slamavvanning med sentrifuger og behandling av det avvannede slammet med brent kalk (Orsa-metoden) for å oppnå økning i pH og en temperaturstigning i slammet, slik at det kan tilfredsstille gjødselvereforskriftens krav til stabilisering og hygienisering av slam.

Anlegget behandler både internt slam og eksternt slam fra andre renseanlegg. I 2023 mottok renseanlegget 3 253 m³ råslam fra Dalen RA og 3863 tonn avvannet slam fra kommunene Nittedal, Enebakk og Aurskog-Høland til kalkbehandlingsanlegget.

Det ble bortkjørt 7900 tonn kalket slam fra renseanlegget direkte ut til jordbruket eller innom mellomagring på Krogstad Miljøpark før videre avsetning i jordbruket. Midlere TS-innhold i dette slammet lå på 39,5%, som tilsvarte 3 120 tonn TS (inkludert 878 tonn kalk) til sluttdisponering.

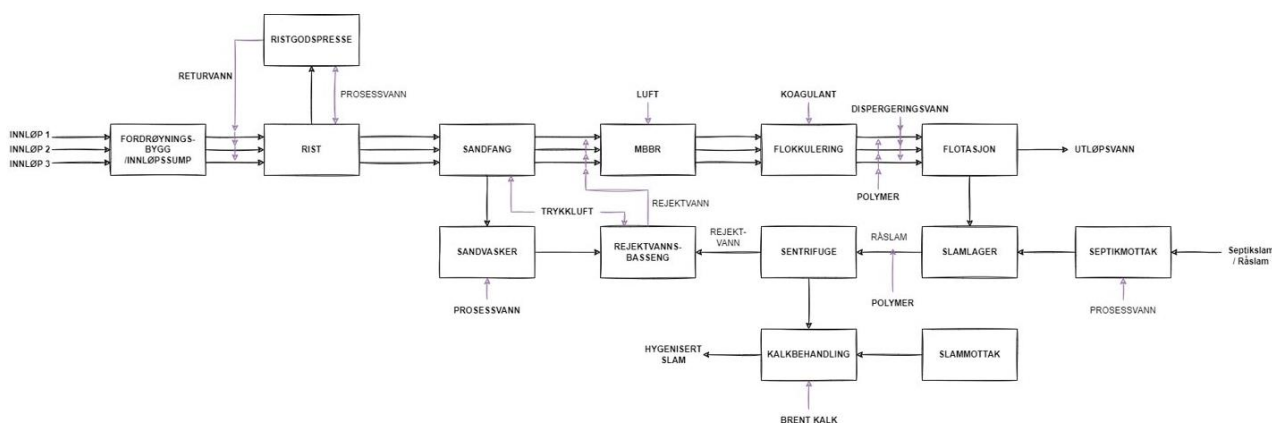
4.2 Septikslam

Tangen renseanlegg tar også imot slam fra slamavskillere/septiktanker, tette tanker og minirensesanlegg i Lillestrøm og Gjerdrum kommuner (totalt 3 352 m³ i 2022). Slammet behandles sammen med slam fra Tangen renseanlegg og andre eksterne renseanlegg i kalkbehandlingsanlegget.

4.3 Slambehandlingskapasitet

Tangen RA har ikke et biogassanlegg, og det innebærer at det ikke er noen rejektivannstrøm med vesentlig nitrogeninnhold som påvirker belastningen av renseanlegget. Dagens slambehandling etter avvanning er et ORSA-anlegg (tilsetter brent kalk til avvannet slam) som sikrer en hygienisering og stabilisering av slammet. Anlegget har en kapasitet på 8 000 tonn avvannet slam pr. år, tilsvarende 40 tonn/døgn. Anlegget fungerer godt, og alt slammet blir brukt som jordforbedring etter at man har kvalitetssikret ferdig produkt etter krav i gjødselvereforskriften. Fra og med 2026 vil dette anlegget bare ha en back-up funksjon, da selskapet har som intensjon å levere avvannet slam for hygienisering og stabilisering ved NRVA sitt nye biogassanlegg på Krogstad.

Prosessoversikt for Tangen RA inklusiv slambehandling:



4.4 Ristgods og sand

Ristgods og sand blir vasket på renseanlegget og levert som vanlig avfall til deponi. I 2023 ble det kjørt bort hhv. 21 og 4 tonn ristgods og sand fra anlegget.

5 Informasjon om ledningsnett

MIRA har i dag kun overføringsnett fra eierkommunene, og avløpsnett ble etablert nytt i 2016. Kart over avløpsnett tilknyttet Tangen renseanlegg er presentert i kapittel 2.2 Avløpsnett består av 100% separatsystem.

5.1 Fremmedvann

Det anslås at ca. 21 % av avløpsvannet i spillvannsnett til Tangen renseanlegg er fremmedvann, og alt fremmedvannet kommer fra kommunene som leverer avløpsvann til MIRA IKS. Dette er beregnet ved å se på antall pe tilkoblet anlegget, en antatt spesifikk spillvanns-produksjon på 150 l/d/pe og mengden avløpsvann anlegget har mottatt per år de siste 5 årene.

Tabell 5-1 Årlig anslag av andel fremmedvann på overføringsnett til Tangen renseanlegg

2019	2020	2021	2022	2023	Gjennomsnitt
28,7	28,6	15,2	14,7	21,4	20,9

5.2 Utslipp fra avløpsnett

5.2.1 Lekkasjer fra ledningsnett

MIRA IKS har ikke et anslag på prosentvis tap fra avløpsnett via lekkasjer, og det er et komplisert regnestykke å utføre teoretisk uten for mange feilkilder. Årsrapportene fra renseanlegget dokumenterer at konsentrasjonene av organisk stoff og fosfor i innløpsvannet tilsvarer spesifikke forurensningsverdier som angitt i Norsk Vann rapport 256/2020 (Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg) ved en avløpsmengde på 200 l/pe/d. Dette tilsier at det er minimalt eller ingen lekkasjer fra avløpsnett.

5.2.2 Driftsoverløp

Avløpsnett til Tangen renseanlegg har 8 installerte regnvannsoverløp. Tap gjennom driftsoverløpene (avlastningsoverløp) i 2019, 2021, 2022 beregnes i gjennomsnitt å ligge på 0,14% av den totale avløpsmengden som nådde renseanlegget. Andelen avløpsvann som har gått i driftsoverløp i 2022 og 2023 avviker fra normalen, da det ble kjørt overløpsdrift under skredet i Gjerdrum og da det var store mengder overvann på nettet grunnet uværet «Hans».

Informasjon om utslippspunktene og mengde avløpsvann som har gått i overløp de siste 5 årene, er vist i Tabell 5-2 **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Tabell 5-2 Utslippspunkt på avløpsnett til MIRA og mengde avløpsvann som har gått i overløp de siste 5 årene

Utslippspunkt	Type utslipp	Avløpsmengde (m ³ /år)				
		2019	2020	2021	2022	2023
PA118 Kulsrud	Regnvannsoverløp	691	3 332*	3 000*	0	39 079**
PA117 Nystulia	Regnvannsoverløp	0	0	4,67	0	0
PA114 Børke	Regnvannsoverløp	393	7 431	474	176	14 474**
PA131 Daleveien	Regnvannsoverløp	389	0	0	0	3 171**
PA130 Sundevja	Regnvannsoverløp	1 602	3 485*	0	244	1 082**
PA113 Myrer	Regnvannsoverløp	0	60	0	0	0
PA150 Vestby	Regnvannsoverløp	0	0,4	0	0	0

PA 110 Hammeren	Manuelt nødoverløp	627	0	0	0	0
Driftsoverløp (%)		0,18	0,70	0,19	0,02	2,89

*store utslippsmengder pga raset i Gjerdrum (fra Kulsrud) og planlagt utslipp pga kapping av pumpeledning for å etablere ny målekum (fra Sundevja) **store mengder overløpsvann under uværet «Hans».

5.2.3 Virkningsgrad

Virkningsgraden er forholdet mellom forurensningsmengden som tilføres avløpsnettets fra befolkning, industri, servicebedrifter, skoler, helseinstitusjoner etc. og forurensningsmengden som kommer fram til renseanlegget. Det er vanskelig å dokumentere virkningsgraden med god nøyaktighet.

Ser man på den teoretiske beregningen av forurensningsmengden som tilføres avløpsnettets i BOF₅ pe (iht. metode b i NS9426) (=30 280 pe) opp mot den faktiske forurensningsmengden som tilføres renseanlegget (iht. metode a i NS9426 – det vil si gjennomsnittlig BOF-verdi x f_{maks}) (=46 437 pe) i 2023, gir det en negativ virkningsgrad. Det er derfor sett bort i fra en slik metodikk i beregning av virkningsgraden.

5.3 Tiltaksplan

MIRA IKS bruker kvalitetssystemet TQM til å fortløpende registrere hendelser på avløpssystemet sitt, samt tiltak knyttet til disse og status på utføring av tiltakene.

5.3.1 Fornyelsestakt

MIRA IKS har et nytt ledningsnett fra 2016 og har ikke behov for å fornye sine anlegg de nærmeste årene.

Tabell 5-3 viser fornyelsestakten på avløpsnettets i eierkommunene Lillestrøm (hele kommunen) og Gjerdrum de siste 5 årene.

Tabell 5-3 Andel (i prosent) ledningsnett som er utskiftet/rehabiliteret fra 2019 til 2023 (kilde SSBs tabell 11789)

År	2019	2020	2021	2022	2023
Fornyelsestakt (%) Gjerdrum	0,42	6,26	3,54	4,35	2,39
Fornyelsestakt (%) Lillestrøm	0,1	1,46	0,72	0,57	0,48

5.4 Påvirkning på avløpsnettets som følge av klimaendringer

Klimaendringer og fortetning vil bidra til at ekstremværs-hendelser blir hyppigere og kraftigere, og at resulterende flomtopper vil bli større og skarpere. Om ledningsnettets ikke er dimensjonert for disse flomtoppene, vil dette føre til overløpsutslipp fra nettets.

Det forventes at allerede planlagte kommunale tiltak i Lillestrøm og Gjerdrum kommuner vil redusere mye av denne fremtidige risikoen. Tiltak som å separere fellessystemer og rehabilitere gamle og utette ledningstrekk, vil redusere fremmedvannsandelen på avløpsnettets, samt antall overløpshendelser. MIRA IKS jobber med kontinuerlig forbedring av sine anlegg, og har også iverksatt egne tiltak på pumpestasjonene som følge av erfaringer etter «Hans». Selskapet samarbeider tett med eierkommunene om risiko- og sårbarhetsvurderinger knyttet til klimaendringer og ekstremvær.

5.5 Overvåking av avløpsnett

Spillvannsnett og avløpsspumpestasjonene som eies og/eller driftes av MIRA IKS, er tilknyttet MIRAs eller kommunens driftskontrollsystem. Avløpsspumpestasjonene overvåkes ved jevnlig inspeksjon, og teknisk vakt blir varslet via SMS ved unormale driftshendelser, også utover normal arbeidstid.

6 Resipientvurdering

6.1 Utslipp til vann

6.1.1 Generelt

Glomma er Norges lengste elv og strekker seg fra Rien i nord til Oslofjorden i sør. Utslippet fra Tangen renseanlegg kan forvente å påvirke strekningen fra utslippspunktet i Sørumsand og ned til Øyeren. Utslippet vil gå direkte ut i vannforekomstene *Glomma Bingsfossen – Øyeren* (002-3649-R), mens *Øyeren Nord* (002-113-1L) også kan bli noe påvirket.

Vannforskriftens miljømål er at alle vannforekomster skal ha minst *god* økologisk tilstand. Videre er det ikke tillatt å forverre tilstanden. Det betyr at dersom tilstanden er *svært god*, så kan man i utgangspunktet ikke gjøre tiltak som endrer tilstanden til *god*. Vannforskriftens § 12 gir imidlertid unntaksmuligheter for ny aktivitet eller nye inngrep under visse forutsetninger. Dersom forutsetningene er tilfredsstillt, kan det tillates at miljøtilstanden endres fra *svært god* til *god*. Hvorvidt rette myndigheter vil tillate at miljøtilstanden senkes fra *svært god* til *god* vil bl.a. avhenge av om årsaken til forringelsen kan karakteriseres som ny bærekraftig bruk og om samfunnsnyttene av denne bruken er større enn tapet av miljøkvalitet (<https://lovdata.no/forskrift/2006-12-15-1446/§12>).

6.1.2 Dagens tilstand

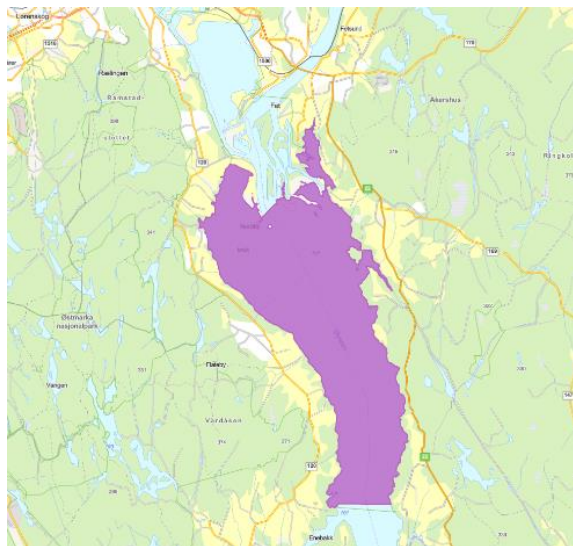
6.1.2.1 Glomma Bingsfossen -Øyeren (002-3649-R)



Ifølge Vann-nett per september 2024 er vannforekomstene Glomma Bingsfossen en sterkt modifisert vannforekomst (SMFV) på grunn av vassdragsregulering. Vannforekomsten er satt til vanntype R108. Den økologiske tilstanden er satt til *dårlig* med høy presisjon der det er fisk som er den styrende faktoren. Bunndyr ble tatt i 2021 og kom ut med tilstand *moderat*, mens PIT indeksen for påvekstlanger viste *god* tilstand. For den fysisk-kjemiske tilstanden finnes det resultater fra 2016-2022 hvor både total fosfor og totalt nitrogen ligger innenfor *svært god* tilstand. Total fosfor har en konsentrasjon på 13,31 µg/l i vannmassene, mens totalt nitrogen ligger på 504 µg/l. Kjemisk tilstand er satt til *god* med middels presisjon per september 2024.

Hovedpåvirkningen til vannforekomsten er krepsepest som påvirker i stor grad. I tillegg utgjør avrenning fra fulldyrket mark, punktutslipp fra regnoverløp, punktutslipp fra renseanlegg, fysiske endringer og hydrologiske endringer middels grad av påvirkning.

6.1.2.2 Øyeren Nord (002-113-1L)



Vannforekomsten Øyeren Nord er ifølge Vann-Nett, per september 2024, satt til vanntype L107 med økologisk tilstand *god* med høy presisjon. Det er vannplanter som er styrende for tilstanden, mens tidligere prøvetaking av planteplankton i fra 2012 til 2014 viser *god* tilstand. Det er generelt gjort lite prøvetaking som er registrert i Vannmiljø på Øyeren nord de siste årene. Vannplanter ble sist tatt i 2021, mens øvrige parametere ble tatt mellom 2006-2015. Total fosfor ble, ved fire målinger i 2015, satt til 17,8 µg/l som utgjør *moderat* tilstand. Nitrogen lå på 930 µg/l, men det er usikkert hvor mange målinger det ble gjort i 2012. Grunnet manglende data fra Øyeren nord er det sett på total fosfor og nitrogen i Øyeren sør (002-113-2-L). Her er det gjort årlige målinger fra 2012 til 2022. Tilstanden for Øyeren Sør viser god tilstand for både total fosfor og totalt nitrogen. Total fosfor ligger på 11,09 g/l og totalt nitrogen på 439 µg/l. Verdiene i sør forventes å være noe lavere enn

verdiene på total fosfor og totalt nitrogen i nord da Glomma og de andre elvene som renner ut i nordenden vil ha noe høyere partikkelnivå. Denne tilførselen vil ha mest innflytelse i nordenden, men det vil for fosfor være lite biotilgjengelig og alt som sitter i partiklene vil etter hvert sedimenteres i innsjøen og vil ikke nå ned til sørenden. Øyeren Sør gir derfor et bedre bilde av hvilke nivåer som vil være tilgjengelig for vekst i innsjøen.

Hovedpåvirkningen til vannforekomsten er diffus avrenning fra beite og eng, avrenning fra fulldyrket mark, avrenning fra spredt bebyggelse og punktutslipp fra renseanlegg. Alle disse påvirkningene utgjør middels grad av påvirkning.

6.1.2.3 Grenseverdier

Grenseverdiene for de ulike vanntypene er vist i tabell 6-1.

Tabell 6-1. Klassegrenser og grenseverdier for totalt fosfor og totalt nitrogen for vanntype R108 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018) .

Elvetype	Beskrivelse	Parameter	Ref. verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
R108, R110	Humøs, moderat kalkrik og kalkrik, lavland	Total Fosfor (Tot-P) i elver (µg/l)	11	1-20	20-29	29-58	58-98	>98
		Total Nitrogen(Tot-N) i elver (µg/l)	325	1-550	550-775	775-1325	1325-2025	>2025
L107, L109	Klar, moderat kalkrik og kalkrik, lavland	Total Fosfor (Tot-P) i innsjø (µg/l)	6	1-10	10-17	17-26	26-42	>42
		Total Nitrogen(Tot-N) i innsjø (µg/l)	275	1-475	475-650	650-1075	1075-1775	>1775

6.1.3 Påvirkning av fosfor og nitrogen i vannmassene

6.1.3.1 Resipientkapasitet

For å vurdere påvirkningen en økning av totalt fosfor og totalt nitrogen fra Tangen renseanlegg vil ha på vannforekomstene, er det gjort beregninger av resipientkapasiteten i vannforekomstene. Med det menes den beregningstekniske restkapasiteten et punkt i vassdraget har før tilstanden, med tanke på totalt fosfor eller totalt nitrogen, overskrider en angitt grenseverdi. Dersom en vannforekomst har en gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon på 5 µg/l og grenseverdien til nærmeste klassegrense er 8 µg/l, er restkapasitet 3 µg/l.

Tabellen under viser dagens resipientkapasitet for de to vannforekomstene. For Glomma Bingsfossen er det tatt utgangspunkt i fosfor og nitrogenverdier fra prøvetakingsstasjonen Glomma ved Fetsund – G3 (002-64432) som ligger nedstrøms renseanlegget. Her er det benyttet verdier for år 2017 til 2022, med unntak av fire ekstremverdier for total fosfor og to ekstremverdier for totalt nitrogen.

Dagens tilstand viser at fosfor i Glomma Bingsfossen har en restkapasitet på 6,7 µg/l før den endrer tilstand fra *svært god* til *god* og 15,7 µg/l før den får tilstand *moderat*. Øyeren ligger allerede i tilstand *god* og fosforkonsentrasjonen må økes med 5,1 µg/l før den endrer tilstand til *moderat*. For nitrogen har Glomma 44 µg/l å gå på før den reduseres til *god* og 269 µg/l før den er *moderat*. Øyeren har en restkapasitet på nitrogen på 36 µg/l før den blir *god* og 211 g/l før tilstanden endres til *moderat*.

Tabell 6-2. Dagens resipientkapasitet mellom tilstand *svært god/god* (SG/G) og *god/moderat* (G/M) tilstand.

Vannforekomst	Dagens tilstand	Grenseverdi		Resipientkapasitet	
	µg/l	SG/G µg/l	G/M µg/l	SG/G µg/l	G/M µg/l
Fosfor					
Glomma Bingsfossen -Øyeren	13,3	20	29	6,7	15,7
Øyeren Nord/sør	11,9	10	17	0	5,1
Nitrogen					
Glomma Bingsfossen -Øyeren	506	550	775	44	269
Øyeren Nord/sør	439	475	650	36	211

6.1.3.2 Vannføring

Vannføringen som er benyttet i beregning av fremtidig fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner i vannforekomstene, er 50 persentilen av sommervannføringen ved Blaker målestasjon (hentet ut fra Sildre.nve.no). 50 persentil, også kalt medianen, angir at det er like mange observasjoner som er større enn 50 -persentil som det er observasjoner mindre enn 50-persentil. For Blaker målestasjon ligger denne på 661 m³/s.

Sommervannføring (etter vårflommen fra 1. juli til 31 oktober) er valgt da biologiske parametere påvirkes i større grad i denne perioden, i tillegg til at det er større grad av vekst av planteplankton i innsjøer og algevekst i elver. Vintervannføringen vil være noe lavere, men da vil ikke utslippet påvirke biologisk vekst i like stor grad.

I beregningene av fremtidig fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner er det tatt utgangspunkt i at utslippet vil spre seg i vannmassene som en dråpeform, altså mer konsentrert ved utslippsrøret for så å spre seg utover i en vifteform i vannmassene. Glomma er ca. 453 meter bred ved utslippspunktet til Tangen renseanlegg.

Beregningene i Tabell 6-3 viser hvor stor del av vannmassene i Glomma som blir berørt av vannmassene til

utslippet. Ved utslippsrøret vil vannmassene som blir berørt utgjøre ca. 1 % (6610 l/s) av den totale vannføringen (661 000/s). Deretter vil utslippet spre seg mer og berøre større deler av vannmassene.

Tabell 6-3. Vannføring for spredning av utslipp i vannmassene.

Prosent av vannføring	Vannmasse i Glomma som blir berørt av utslippet (l/s)
1 % av vannføringen	6610
10% av vannføringen	66100
30% av vannføringen	198300
50% av vannføringen	330500

6.1.3.3 Tilleggsbelastning av fosfor og nitrogen

Tabell 6-4 viser utslippsmengdene av total fosfor og totalt nitrogen i 2023, samt forventet utslipp i 2040. Ved å trekke dagens utslipp fra fremtidig utslipp kommer man frem til forventet fremtidig tilleggsbelastning for fosfor og forventet reduksjon av nitrogen-belastning ved utslippspunktet.

Tabell 6-5 viser tilstanden i vannforekomsten i 2040 for fosfor med 90% rensing og nitrogen ved 70 og 80% rensing ved ulik spredningsandel av vannføringen.

I begge tabellene, er det beregnet forventet utslipp av nitrogen både ved 70% renseeffekt og ved 80% for å se i hvilken grad en evt. lavere og høyere rensegrad enn den omsøkte rensegraden (på 75%) vil påvirke resipienten.

Tabell 6-4. Estimert tilleggsbelastning fra Tangen renseanlegg i 2040 i forhold til dagens utslipp (2023).

	Fosfor 90 % rensing i 2040 Kg/år	Nitrogen 70% rensing i 2040 Kg/år	Nitrogen – 80 % rensing i 2040 Kg/år
Gjennomsnittsuks			
Fremtidig utslipp fra Tangen renseanlegg	1752	40880	27266
÷ dagens utslipp Tangen renseanlegg i 2023	1132	91761	91761
= Estimert tilleggsbelastning i forhold til 2023	620	-50881	-64495

Tabell 6-5. Forventet tilstand i vannforekomsten Glomma-Bingsfossen Øyeren i 2040 basert på beregnede utslippsmengder ved utslippspunktet (1% spredning) og videre ned i Glomma. Blå bakgrunnsfarge representerer svært god tilstand.

% spredningsgrad i Glomma	Fosfor 90% rensing (µg/l)	Nitrogen 70% rensing (µg/l)	Nitrogen 80% rensing (µg/l)
	Gjennomsnittsuks	Gjennomsnittsuks	Gjennomsnittsuks
1% (utslippspunkt)	16,3	262	197
10%	13,6	482	475
30%	13,4	498	496
50%	13,4	501	500

Ved å se på estimert tilførsel av total fosfor og totalt nitrogen ved ulike spredningsgrad i Glomma i tabell 6-5, samt resipientkapasiteten i tabell 6-2, ser man at næringsstoffene fra 2023 til 2040 ikke vil overstige grenseverdiene for *svært god* tilstand på noe tidspunkt og at tilstanden vil ikke bli forringet. For nitrogen gjelder dette både ved 70 og 80% rensing.

Utslipp av fosfor vil gi noe økt tilførsel til resipienten ved selve utslippspunktet, men vil allerede ved 10 % fortynningsgrad i vannmassene tilsvare omtrent dagens nivå av fosfor i vannforekomsten (se Tabell 6-2 for å se dagens nivåer av total fosfor ved utslippspunktet (Glomma Bingsfossen)).

Selv med økt belastning i 2040, vil fremtidig utslipp av totalt nitrogen føre til en forbedring av tilstanden ved alle fortynningsgrader på grunn av den store økningen i rensegraden. Dette gjelder spesielt direkte ved utslippspunktet, ettersom konsentrasjonen av nitrogen i utslippsvannet fra renseanlegget vil ha en lavere konsentrasjon enn bakgrunnsverdien (dagens tilstand) i vannforekomsten (se Tabell 6-2 for å se dagens nivåer av nitrogen ved utslippspunktet (Glomma Bingsfossen)). Etter hvert som utslippsvannet blander seg inn i vannmassene i Glomma, vil konsentrasjonen i spredningsområdet øke og nærme seg bakgrunnsverdien. Man ser også at det ikke er en merkbar forskjell på hvilken effekt utslippet vil ha på tilstanden i Glomma ved en nitrogenrensing på 70% og 80%. Ved en spredningsgrad på 50% i Glomma er forskjellen mellom de ulike rensegradene neglisjerbar.

Tilførselen av total fosfor og totalt nitrogen til Øyeren nord vil være minimal da utslippet allerede er fortynnet i så stor grad i Glomma at det ikke vil påvirke tilstanden i Øyeren.

6.1.3.4 Nitrogenutslipp til Ytre Oslofjord

Nitrogen som slippes ut i Glomma, kommer fram til Ytre Oslofjord via Øyeren. I henhold til rapporten til NIVA fra 2024 om kildefordelt tilførsel av nitrogen og fosfor til norske kystområder, ble det tilført totalt 4 664 tonn nitrogen fra avløpssektoren i 2022 (Sample, 2024). Iht. NIVAs rapport «*Utredning av behovet for å redusere tilførselen av nitrogen til Ytre Oslofjord*» fra 2022, er avløpsvann fra spredt bebyggelse og renseanlegg kilde til totalt 23% av nitrogenutslippene til Oslofjorden. Landbruk står for 39% av utslippene, mens 38% stammer fra naturlig avrenning.

Tangen renseanlegg hadde et utslipp på 91,8 tonn nitrogen til Glomma i 2023. Ved å sette rensegraden av nitrogen til 75 % fra 2033 vil utslippet, til tross for økt pe-tilknytning, reduseres til 34,1 tonn nitrogen i året (se tabell 6-4). I henhold til DHIs rapport fra 2024 «*Vurderinger av resipientens tilstand og avløpsrenseanleggenes påvirkning i Vormå, Glomma og Øyeren*» (Frøseth, Hew, & Wong, 2024) omsetter Øyeren ca. 30 - 40 % av nitrogenet fra avløpsanlegg. Dette innebærer at ved 75 % fjerning av nitrogen vil kun 24 – 29 tonn bli videreført til Ytre Oslofjord per år. Selskapet vil derfor bidra til en nedgang i tilførselen av nitrogen til Ytre Oslofjord, noe som er viktig for resipienten.

6.1.4 **Organisk stoff**

Vannforskriften har ikke grenseverdier for mengde organisk stoff målt som BOF_5 , og det er derfor ikke gjort noen beregning på resipientkapasiteten for BOF_5 i vannforekomstene. Med utgangspunkt i en renseeffekt på 70%, er det estimert en økning av BOF_5 -utslipp på 150 tonn/år fra 2023 til 2040. I 2023 var gjennomsnittlig renseeffekt på Tangen renseanlegg 93%. Dersom tilsvarende renseeffekt skulle oppnås i 2040 vil tilførselen av BOF_5 ligge på 187 tonn ila året. Begge scenarioene vil i liten grad påvirke vannforekomstene grunnet den høye vannføringen i Glomma som vil gi raskt fortynning i vannmassene. I det verste tilfellet vil det kunne skape noe nedsatt oksygenkonsentrasjon rett ved utløpsrøret.

6.1.5 Brukerinteresser

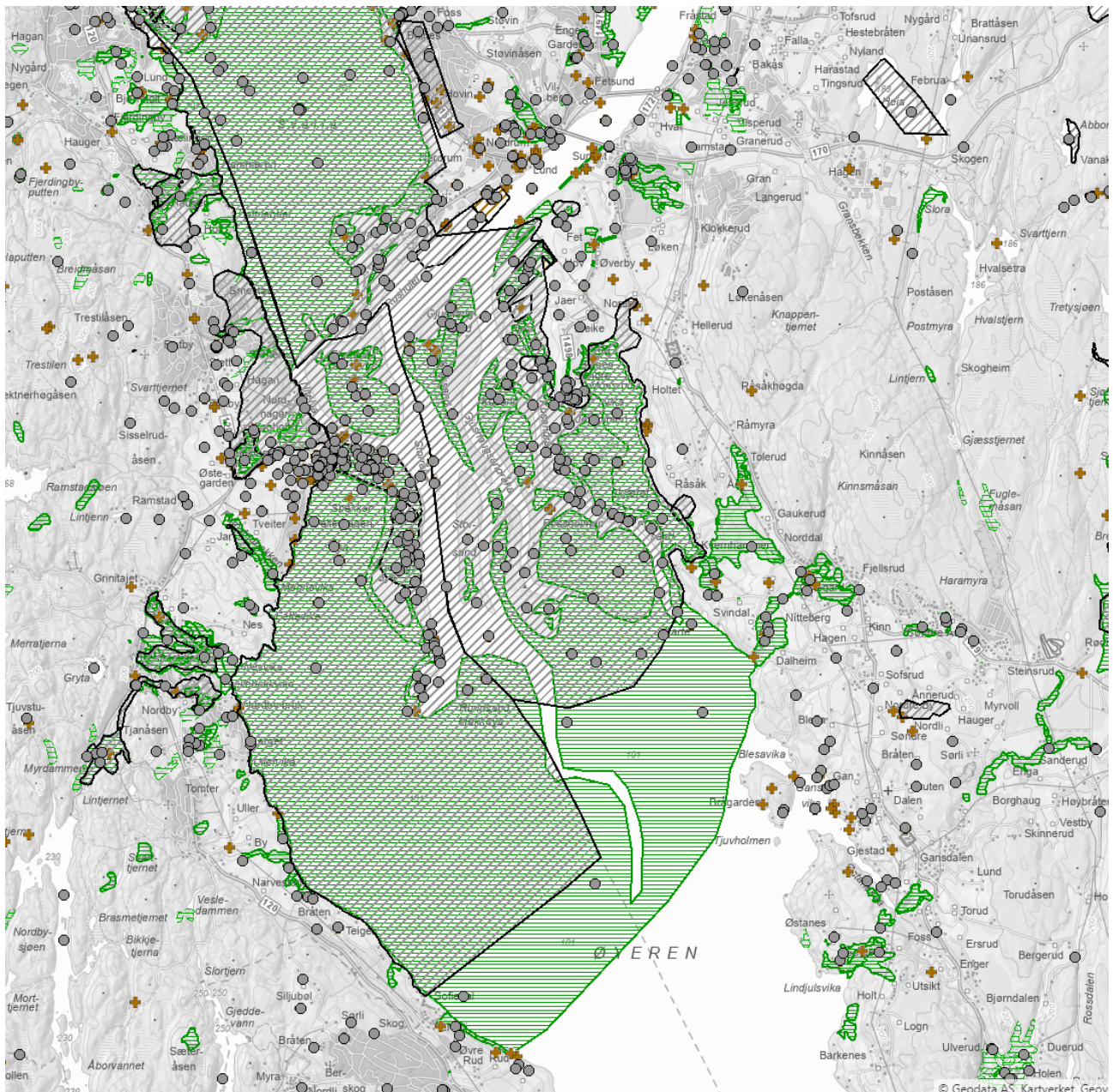
Glomma har flere brukerinteresser; den benyttes til drikkevann, fiske, rekreasjon og bading. Det estimerte forventede utslippet fra Tangen renseanlegg vurderes å ikke påvirke noen av brukerinteressene. Glomma er heller ikke særlig sårbar for uforutsette hendelser med markante utslipp, da Glomma er en svært stor resipient som raskt fortynner det meste til lave konsentrasjoner. Det er ingen badeplasser nedstrøms utslippet som vurderes å kunne bli berørt av utslipp fra renseanlegget. MIRA IKS har aldri mottatt klager på utslipp av rensert eller urensert avløpsvann. Ved markante utslipp følger selskapet sine egne varslingsrutiner ved behov.

Hauglifjell VBA, Vannbehandlingsanlegget til Nedre Romerike Vann- og Avløpsselskap (NRVA IKS), henter råvannet fra Glomma. Inntakspunktet er ved Sørumsand, oppstrøms utslippspunktet til Tangen renseanlegg. Utslipet fra renseanlegget påvirker derfor ikke vannkvaliteten ved råvannsinntaket.

6.1.6 Naturvern

Kunnskap om verneområder er hentet fra Miljødirektoratets karttjeneste *Naturbase* (Miljødirektoratet, 2024). Figur 6-1 Figur 6-1 og figur 6-2 viser data hentet ut per september 2024.

På den aktuelle strekningen ned mot Øyeren finnes NiN-hovedtypene som naturtypene bukter, evjer og viker, samt mudderbanker og gråor-heggeskog som alle er verdsatt som svært viktig etter DN-13. Det er også en del åpen flommark, gammel boreal lauvskog og flommarkskog langs elvebredden som er verdsatt som viktig. I tillegg er det forekomster/observasjoner av en lang rekke rødlistede fuglearter som f.eks. vipe (CR-kritisk trua), Hettemåke (CR), storskarv (NT-nær truet), Sanglerke (NT), Havelle (NT), sandsvale (VU-sårbar), fiskemåke (VU), dverglo (VU), brushane (VU), svartand (VU), skjeand (VU), vaktel (VU), makrellterne (EN-sterkt truet), storspov (EN) og med flere.



Figur 6-2. Oversiktskart over tiltaksområdet fra Naturbase til Tangen renseanlegg. Kartet viser verneområder naturtyper etter NiN og DN-13 (grønn skravur) og arter av forvaltningsinteresse (grå punkter, brune kryss, flater med grå skravur). Hentet fra Naturbase september 2024.

6.2 Biologisk mangfold

6.2.1 Elvemusling

Elvemusling er rødlistet som VU – sårbar, og ansvarsart. Når man går inn i Elvemuslingbasen (<https://kart.gislink.no/elvemusling/>) viser informasjonen at bestanden er antatt utdødd, med siste rapporterte forekomst fra perlefiske i 1940. Det skal være undersøkt mange steder i elva i senere tid uten at det er

funnet elvemusling. Det er imidlertid funnet flat dammusling i Glomma (ikke rødlistet), men dette er ifølge Artskart (<https://www.artsdatabanken.no/>) tre lokaliteter lenger syd fra Svellet/Øyeren.

6.2.2 Fisk

En gjennomgang av Artsobservasjoner per september 2024 (<https://www.artsobservasjoner.no/>) viser at det i perioden 2008 til 2022 er registrert både brasme, lake, sandkryper, harr, laue, lake ved Bingsfoss i Glomma.

Ned mot deltaet og i Øyeren er det blitt gjort observasjoner av sandsmett, gjedde, brasme, gjørs og abbor.

NIVA har skrevet en rapport der bruk av båtelfiske testes ut som metode for å oppfylle kravene etter vannforskriften (Museth, Dokk, & Johansen, 2014). Her ble det fisket ved Kongsvinger kraftverk som ligger ca. 60 km oppstrøms Tangen renseanlegg. Rapporten viser at det ble fanget ti fiskearter ved Kongsvinger hvor lauve dominerte. I tillegg ble det fanget brasme, abbor, gjedde, gullbust, harr, mort, stam, steinsmett og ørret. Like nedenfor Rånåsfoss ble det fanget mye harr og en del ørret - antagelig pga. strykpartiene, som favoriserer disse artene. Andre arter som nevnes er abbor, brasme, gjedde, gullbust, hork, sik, stam og ørret.

6.3 Andre forurensningskilder og summen av disse

Glomma renner gjennom jordbrukslandskap og tett bebyggelse. Avrenning fra jordbruk og lekkasje fra avløpsnett kan være med på å gi økt tilførsel av næringssalter til vassdraget. I tillegg ligger det andre avløpsanlegg oppstrøms Tangen renseanlegg som vil kunne bidra som forurensningskilder.

6.4 Konklusjon resipientvurdering

Den økte mengden rensed avløpsvann som planlegges tilført Glomma fra Tangen renseanlegg i 2040, vil ha liten påvirkning på vannforekomsten. Glomma er en stor elv med høy resipientkapasitet grunnet dens vannføring og vanntype. De estimerte mengdene av tilført nitrogen og fosfor vil raskt fortynnes og ikke påvirke dagens økologiske potensial. Verdien for fosfor vil kunne øke noe akkurat ved utslippspunktet, men vil fort bli fortynnet og ligge på dagens nivå. Nitrogen vil bli noe forbedret dersom rensegraden endrer seg fra rundt 25% til 75 % i 2033. Dette gjør at tilstanden blir noe forbedret akkurat ved utslippspunktet og etter hvert som det fortynnes i vannmassene, vil nitrogennivået blir mer og mer tilnærmet lik dagens nitrogennivå. Ved økt rensegrad vil den årlige nitrogentilførselen fra Tangen renseanlegg reduseres, noe som vil bidra til en noe lavere nitrogentilførsel ut i Ytre Oslofjord. Forskjellene er likevel neglisjerbare, og den totale mengden som er beregnet med basis i rapporten fra DHI, er 24 – 29 tonn nitrogen per år.

Økt tilførsel av fosfor til vassdraget vil kunne gi noe høyere konsentrasjon av fosfor i Øyeren. Fosforet vil ikke øke konsentrasjonen i selve elven, men det vil kunne bli fraktet ned mot innsjøen. Noe av fosforet vil bli brukt opp på veien, i tillegg til at det partikulære fosforet vil sedimentere og ikke være tilgjengelig. Økte fosforverdier kan gi større algevekst i vekstsesongen. Bidraget regnes imidlertid som ubetydelig sammenlignet med andre kilder til fosfor. Det økologiske potensiale i vannforekomsten er styrt av fisk ifølge Vann-nett, og det er i hovedsak stor tilførsel av BOF_5 som kan gi dårligere forhold for fisk. I dag har Tangen renseanlegg krav om 70% fjerning av BOF_5 , og anlegget fjerner som regel godt over rensekravet. Grunnet den høye vannføringen i Glomma er det svært lite sannsynlig at tilførsel av BOF_5 vil bli så høyt at det vil gi oksygenmangel som kan være skadelig for fisk, med mindre det skulle forekomme store ulykkeshendelser med urensed avløpsvann ut i Glomma over en lengre periode.

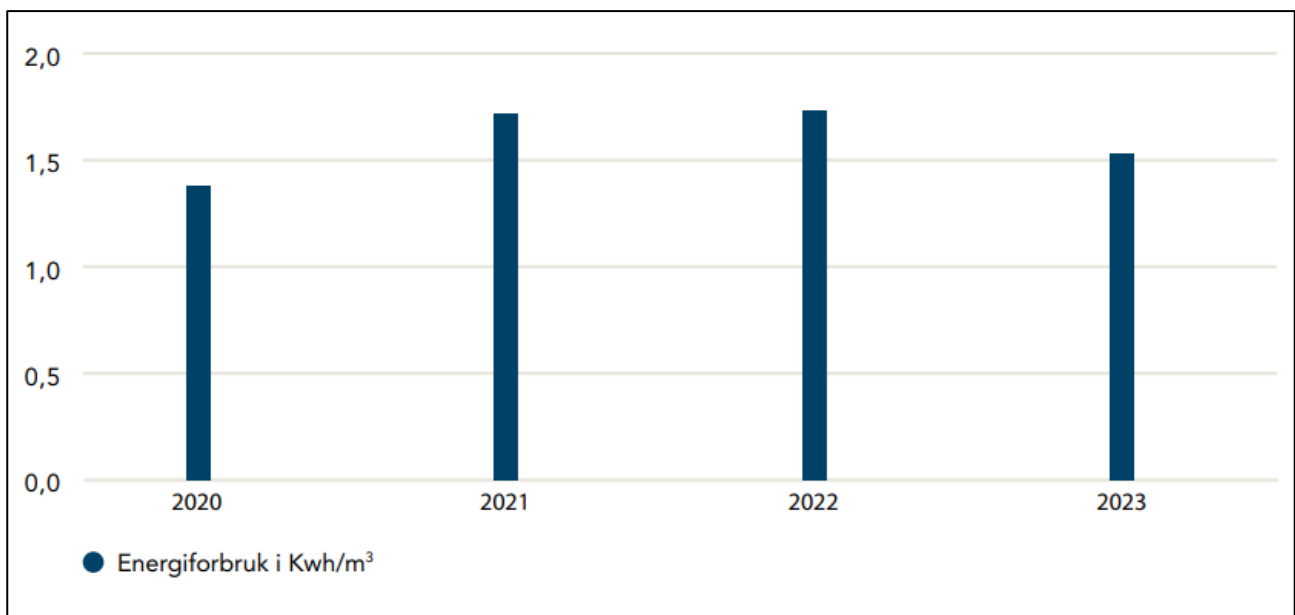
7 Utslipp til luft

Tangen renseanlegg og pumpestasjonene tilknyttet avløpsnettet har luktfjerningsanlegg og skal dermed under normale driftsforhold ikke forårsake luktulemper hos naboer. Diffuse luktutslipp til luft ved mottak av septikslam ved Tangen renseanlegg kan imidlertid forekomme unntaksvis. Det har siden oppstart vært få klager på lukt og man vurderer at anlegget ikke belaster miljøet med luktutslipp

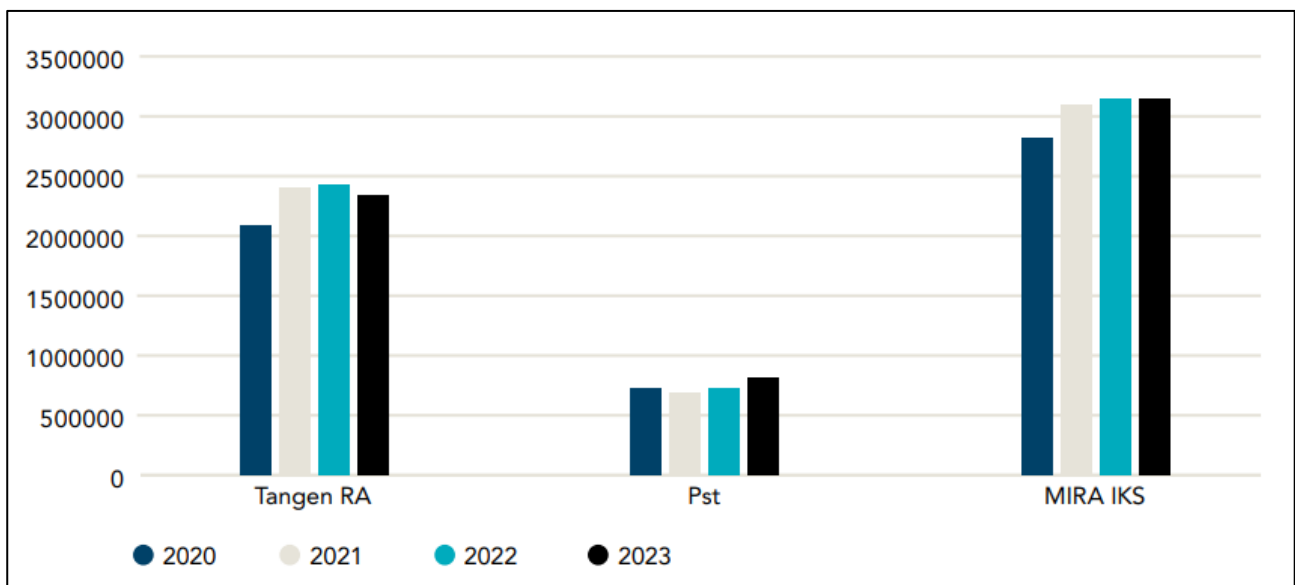
Det er ikke utført noen målinger av klimagassutslipp fra Tangen renseanlegg.

8 Energiforbruk

Figur 8-1 og 8-2 gir en oversikt over energiforbruket til MIRA de siste 4 årene i hhv. kWh/m³ og kWh/år. Blåsemaskinene i det biologiske rensetrinnet på Tangen RA, samt oppvarming av bygningsmassen står for det største energiforbruket til MIRA. I 2023 har selskapet gjennomført tiltak på renseanlegget som har gjort at det er brukt vesentlig mindre energi enn i 2022. Det er også installert solcelleanlegg på taket til Tangen RA, noe som har gitt en positiv effekt i 2024. Selskapet har gjennom systematisk jobbing redusert energiforbruket pr. m³ rensset avløpsvann med ca. 20 % de to siste årene.



Figur 8-1. Energiforbruk per m³ rensset avløpsvann de siste fire årene



Figur 8-2. Energiforbruk (kwh/år) de siste fire årene

► Nitrogenrensing ved Tangen renseanlegg - En utredning for Statsforvalteren i Østfold, Buskerud, Oslo og Akershus

Sammendrag

Denne utredningen gir svar på de spørsmål som Statsforvalteren har stilt i brev av 31.01.2024 til MIRA IKS.

MIRA IKS fikk i 2023 gjennomført to uavhengige mulighetsstudier for utbygging av Tangen renseanlegg fram mot 2060, basert på mulige framtidige krav om tertærrensing (nitrogenrensekraft) og kvartærrensing. Mulighetsstudiene presenterte to alternative løsninger, hvor man i begge løsningene forutsetter utstrakt bruk av eksisterende renseanlegg, i tillegg til nødvendige nybygg på eksisterende lokasjon for å få plass til framtidige renseløsninger. Bakgrunnen for at MIRA har sett helt fram mot 2060, er at selskapet ønsker å ha et best mulig beslutningsgrunnlag når man skal starte en videre utvikling av Tangen RA. Mulighetsstudiene ble basert på foreløpige versjoner av et revidert avløpsdirektiv, men med den endelige versjonen av EUs avløpsdirektiv er det kanskje mindre sannsynlig at Tangen RA (63 000 pe) vil måtte etablere kvartærrensing.

I tilknytning til det ene mulighetsstudiet ble det også gjort en vurdering av muligheter og kostnader for ulike grader av nitrogenfjerning (70, 80 og 85 % N-fjerning). Det ble konkludert med at en økning av rensekraften fra 70 % til 80 % og 85 % er fullt mulig, men vil medføre en økning i investeringene på hhv. 1,8 % og 2,2% og en økning i driftskostnader (forbruk av ekstern karbonkilde) på hhv. 14 % og 24 %. Kostnader for håndtering av økte slammengder er ikke inkludert.

MIRA IKS ser begrensede muligheter for samarbeid med andre kommuner enn Lillestrøm og Gjerdrum, som er deres eierkommuner. Det vurderes imidlertid om det kan være en økonomisk og miljømessig fordel at Lillestrøm kommune overfører noe av avløpsvannet som i dag går til NRVA, til Tangen RA for på den måten å utnytte ledig kapasitet i renseanlegget, og få et større utslipp til Glomma og et redusert utslipp til Nitelva i Lillestrøm sentrum.

Mulighetsstudiene har kommet opp med kostnadsoverslag (P50-nivå) på 650 mill. i investeringer for nytt nitrogenfjerningsstrinn + trinn for kvartærrensing. Dette vil medføre en fordobling av avløpsgebyrene i forhold til dagens gebyrer for abonnentene i Lillestrøm og Gjerdrum kommuner.

Det er gjort en vurdering av mulighet for energinøytralitet for Tangen RA etter etablering av både nitrogenrensetrinn og kvartærrensing, og den viser at dette er mulig så lenge alt slam fra renseanlegget blir behandlet i biogassanlegget på Krogstad.

Det er laget en foreløpig framdriftsplan for bygging av nytt nitrogenrensetrinn, og den konkluderer med at det er realistisk å ha et slikt rensetrinn i normal drift pr 01.01.2033.

J01	2025-01-24	For bruk som vedlegg til utslippssøknad for Tangen RA	BjaPau	MIRA IKS	MIRA IKS
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Bakgrunn

I et brev av 31.01.2024 har Statsforvalteren i Oslo og Viken stilt krav om at MIRA skal utrede nitrogenfjerning ved Tangen renseanlegg. Utredningen skal omfatte:

- Vurdering og valg av teknologisk renseløsning, herunder om mulighetene for tilpasninger og endringer i dagens renseanlegg, eller hvis aktuelt, en omtale av behovet for nyetablering. Planforhold og aktuelle lokasjoner bør omtales der det er relevant.
- En vurdering av muligheten for hhv. 70, 80 og 85 % renseeffekt for nitrogen som årlig middelerverdi (inkl. renseanleggets overløp).
- Eventuelle muligheter for samarbeid med andre kommuner eller tettbebyggelser, der dette kan være aktuelt.
- En angivelse av kostnader for mest aktuell(e) løsning(er), herunder hvordan disse vil fordeles på innbyggerne med tanke på selvkost-prinsippet.
- En analyse av i hvilken grad renseanlegg, inkludert slambehandling, kan oppnå energinøytralitet.

2 Vurdering og valg av renseløsning for nitrogenfjerning

MIRA gjennomførte i 2023 to uavhengige mulighetsstudier for utbygging av Tangen renseanlegg fram mot 2060. Bakgrunnen var et varsel fra Statsforvalteren i Oslo og Viken om nitrogenfjerningskrav for alle avløpsrenseanlegg over 10 000 pe med utslipp som ender opp i Oslofjorden, samt revideringen av EUs avløpsdirektiv med bl.a. mulige krav til fjerning av mikroforurensninger (kvartærrensing). Mulighetsstudiene ble utført av to rådgiverfirmaer med spesiell kompetanse på denne type utredninger:

- Rambøll/SET (professor emeritus Hallvard Ødegaard, NTNU)
- Envidan

Følgende forutsetninger ble lagt til grunn for mulighetsstudien:

- Tertiærrensing
 - 93 % fjerning av fosfor eller maks. utløpskonsentrasjon 0,3 mg P/l
 - 85 % fjerning av nitrogen eller maks. utløpskonsentrasjon 6 mg N/l
- Kvartærrensing
 - Mikroforurensninger: 80 % fjerning av spesifikke stoffer angitt i avløpsdirektivet.
- I tillegg ble det lagt inn en forutsetning om at tilknytningen til renseanlegget fra eierkommunene vil øke til 80 000 pe i 2060.

Begge rådgiverfirmaer skulle presentere to alternative løsninger, og det viste seg at begge firmaer kom opp med i hovedtrekk de samme alternative løsningene:

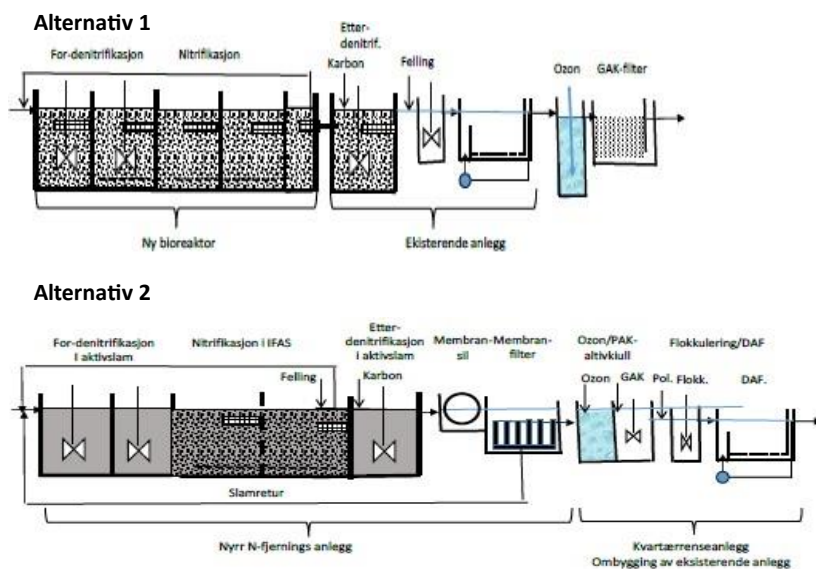
- **Alternativ 1:** Det godt utprøvde («sikre») alternativet – basert på utbygging med samme teknologi som eksisterende biotrinn (MBBR-teknologien*) og bruk av flotasjon for sluttseparasjon (MBBR-alternativet). Eksisterende prosesstrinn vil bli gjenbrukt som etterdenitrifiseringstrinn. * MBBR = Moving Bed Biofilm Reactor

- **Alternativ 2:** Det mer progressive alternativet (foreløpig lite fullskala erfaringer) – basert på kombinasjon av MBBR- og aktivslam-teknologier og bruk av membraner for sluttseparasjon (IFAS-MBR alternativet**). I dette alternativet foreslås det eksisterende biotrinnet enten ombygd til MBR-reaktor eller til kvartærrensetrinn, dersom det blir et krav om dette ** IFAS-MBR = Integrated Fixed film and Activated Sludge + Membrane Bio Reactor

For begge alternativer ble det forutsatt å gjenbruke innløpsarrangementet med innløpspumpestasjon samt hele forbehandlingen (rister og sandfang med tilhørende utstyr for vasking og komprimering av avfallet som fjernes fra avløpsvannet), da disse enhetene har kapasitet til framtidige avløpsmengder.

Figur 1 viser flytskjemaer for de to alternative løsningene for nitrogenfjerning og kvartærrensing ved Tangen renseanlegg. MIRA har foreløpig ikke gjort endelig valg av løsning for nitrogenfjerning.

Tekniske løsninger Rambøll/SET



Figur 1. Flytskjemaer for to alternative løsninger for nitrogenfjerning og kvartærrensing ved Tangen renseanlegg.

Figur 2 viser Rambøll/SETs forslag til plassering av det nye nitrogenrensetrinn rett vest for eksisterende renseanlegg og på nedsiden av kjøreveien som går rundt anlegget. Ved denne plasseringen vil det være mulig å få plass til både nytt nitrogenrensetrinn og evt. kvartærrensing innenfor det arealet som er avsatt for denne type virksomhet i kommuneplanens arealdel.

Figur 3 viser Envidans forslag til plassering av nye rensetrinn for Tangen renseanlegg rett sør for eksisterende anlegg og i tillegg legge noen enheter inntil eksisterende bygningskropp på vestsiden av anlegget. Denne plasseringen vil innebære at man må bygge på dyrket mark, og dermed er avhengig av å få dispensasjon fra kommuneplanens arealdel. Det vil derfor i første omgang bli arbeidet videre med å plassere nye rensetrinn slik som vist i figur 2.



Figur 2. Rambøll/SETs forslag til plassering av nye rensetrinn



Figur 3. Envidans forslag til plassering av nye rensetrinn

3 Vurdering av muligheter for ulike renseeffekter for nitrogen

I en forlengelse av mulighetsstudien for nitrogenrensing og kvartærrensing ble Rambøll/SET engasjert for å gjøre en vurdering av mulighetene for å øke renseeffekten for nitrogen fra 70 % til 80 og 85 %, og samtidig gjøre beregninger for hvilke kostnadskonsekvenser dette vil ha for investeringer og drift av et nitrogenrensetrinn. Vurderinger og beregninger ble gjort for Alternativ 1 (MBBR-alternativet, kfr. kap. 2), og det ble sett på 4 hovedfaktorer som vil medføre kostnadskonsekvenser:

- Totalt MBBR reaktorvolum
- Arealbehov
- Mengde bærermateriale (plastbitene som biofilmen vokser på)
- Forbruk av ekstern karbonkilde for denitrifisering (her antatt metanol)

De tre første faktorene vil ha innvirkning på investeringskostnadene, mens forbruk av karbonkilde vil påvirke driftskostnadene for et nitrogenrensetrinn og i tillegg også gi et økt klimafotavtrykk.

Hovedkonklusjonen er at det er fullt mulig å bygge og drifte et nitrogenrensetrinn for opptil 85 % renseeffekt for nitrogen, men det vil ha økonomiske og klimamessige konsekvenser å øke renseeffekten fra 70 % til 85 %. Det forutsettes videre at nitrogenrensetrinnet baseres på en prosessløsning med både for- og etterdenitrifisering.

Ved Tangen renseanlegg med relativt konsentrert avløpsvann inn til anlegget (høyt innhold av både nitrogen og lett nedbrytbart organisk stoff, BOF₅) vil man kunne klare 70 % N-fjerning på årsbasis bare ved å bruke fordenitrifisering og ingen ekstern karbonkilde utover det organiske stoffet som er i innløpsvannet. Dersom nitrogenrensekravet økes til 80 eller 85 %, må det i tillegg til fordenitrifisering også benyttes etterdenitrifisering hvor det må tilsettes en ekstern karbonkilde i økende mengder ved økende krav til renseeffekt.

Tabell 1 gir en oppsummering av de økonomiske konsekvensene som Rambøll/SET har beregnet for økende grad av nitrogenfjerning ved Tangen renseanlegg. I tillegg kommer kostnader for økte slammengder ved økt bruk av ekstern karbonkilde. Disse kostnadene er ikke tatt med i tabell 1.

Tabell 1. Konsekvenser av økende krav til N-fjerning utover et basis-krav på 70 %.

	Prosentuell økning i forhold til 70 % N-fjerning*	
	80 % N-fjerning	85 % N-fjerning
Kostnader for eksternt karbon (metanol)	14 %	24 %
Investeringskostnader	1,8 %	2,2 %

* Det er her forutsatt at 70 % av denitrifiseringen tas i for-denitrifiseringen (ingen tilførsel av eksternt karbon) og 30 % i etterdenitrifiseringen med tilførsel av eksternt karbon.

Klimagassberegninger gjort av Envidan viser at nødvendig dosering av karbonkilde (metanol) ved 85 % N-fjerning medfører et CO₂-utslipp på i størrelsesorden 100 000 kg CO₂-ekv. per år, i motsetning til 70 % N-fjerning som sannsynligvis ikke vil kreve bruk av ekstern karbonkilde i det hele tatt ved Tangen renseanlegg.

4 Muligheter for samarbeid med andre kommuner eller tettbebyggelser

MIRA IKS er et interkommunalt selskap som ble opprettet i 2012 for å løse avløpsutfordringene i Gjerdrum, Sørums og Fet kommuner (i dag Lillestrøm). Dette samarbeidet fungerer godt, og man har begrenset interesse av å utvide dagens samarbeid. Likevel har MIRA i dag en kapasitet på Tangen RA, som ble ferdigstilt i 2016, som er ca det dobbelte av dagens belastning. Dette gjør at vi jobber kontinuerlig med å få utnyttet eksisterende kapasitet bedre enn det vi gjør i dag. MIRA IKS har en gjeld på ca. 510 mill. kroner, og det å ha uutnyttet kapasitet belaster abonnentene ekstra hardt i en dyrtid med høy rente. Hovedansvaret for

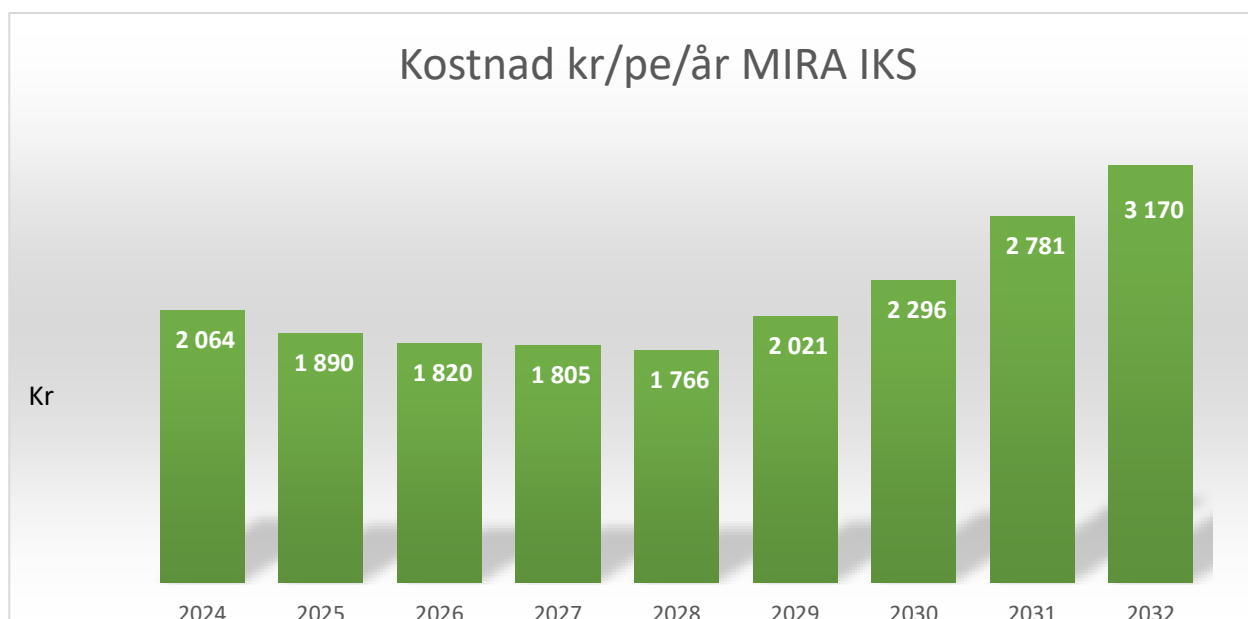
å bidra til økt belastning ligger hos eierne, både gjennom påkobling av spredt bebyggelse, nedlegging av mindre eksisterende renseanlegg og/eller at man flytter på avløpssonene som gjør at Tangen RA får en bedre utnyttelse av dagens kapasitet.

Lillestrøm kommune har besluttet å overføre Dalen RA til Tangen RA (inkludert i utslippssøknaden, ca 1000 pe) som vil bidra til en bedre utnyttelse av Tangen RA. I tillegg vurderer Lillestrøm å overføre mer avløpsvann fra Skedsmokorset og Leirsund til Tangen RA. Bakgrunnen for dette er at kommunen har sett at ledningsanleggene nedstrøms Skedsmokorset er overbelastet og har overløpsutslipp ved nedbør og at de likevel må gjennomføre større rehabiliteringer i området Leirsund mot Lillestrøm by. Da MIRA har et ledningsnett som har kapasitet i nærheten, vurderer de at overføring til Tangen RA kan være et godt alternativ. Om dette blir et reelt alternativ, vil MIRA søke om en revidering av den utslippstillatelsen som vil bli gitt. Et slikt tiltak vil både gi selskapet bedre utnyttelse av dagens anlegg og vil overføre avløpsvann fra en dårligere resipient, Nitelva (med utslipp sentralt i Lillestrøm by), til Glomma som er en god og robust resipient.

Det er mest realistisk å utnytte kapasiteten ved Tangen RA bedre ved at eierkommunene øker sin belastning, men det er også mindre områder fra en nabokommune det er teknisk sett gjennomførbart å overføre. Selskapet har ikke hatt offisiell dialog med denne kommune, men vil ta et initiativ for å overordne se om vi kan samarbeide på noen områder.

5 Kostnader for de mest aktuelle renseløsninger, inkl. behov for gebyrøkninger

Et biologisk nitrogenrensetrinn ved Tangen RA vil øke fjerningen av nitrogen fra i dag 20 % til 75 % og dermed fjerne nye 57 tonn med nitrogen per år, og har en estimert kostnad på 650 mill i 2023 kr (P50-nivå). Med dagens rente vil MIRA få tilleggskostnad på 50 mill kr per år, og gebyret vil øke med over 90 % sammenlignet med dagens nivå. Kostnadene vil bli 100 % fordelt på eierne og dermed abonnentene i Lillestrøm og Gjerdrum kommuner. Figur 4 viser et estimat på utvikling av kostnader i kroner pr år fordelt på antall pe tilknyttet renseanlegget.



Figur 4. Utviklingen i årskostnader pr pe. tilknyttet Tangen RA pga. investeringer fram mot 2023.

6 Vurdering av mulighet for energinøytralitet

Energinøytralitet ved Tangen renseanlegg innebærer at energiforbruket ved eksisterende og nye prosessstrinn kan balansere med den energien som produseres når slammet tilføres det nye biogassanlegget på Krogstad.

Rambøll/SET har beregnet energiforbruk for N-rensetrinn og kvartærrensetrinn for Alternativ 1 (MBBR-alternativet) i 2040, og energiforbruket i eksisterende anlegg som skal inngå i det framtidige renseanlegget, er stipulert ut fra energiforbruket i 2023. De har også beregnet slamproduksjonen (tørrstoffproduksjonen) i 2040, og denne danner grunnlaget for å estimere energiproduksjonen som kan oppnås når slammet behandles i biogassanlegget på Krogstad. Tabell 2 viser en sammenstilling av energiforbruk og energiproduksjon for Tangen renseanlegg i 2040. Denne sammenstillingen indikerer at så lenge slammet fra Tangen renseanlegg blir prosessert i biogassanlegget på Krogstad, vil Tangen renseanlegg være tilnærmet energinøytralt også etter at det er bygd ut med nitrogenrensetrinn og evt. et kvartærrensetrinn.

Tabell 2. Energiforbruk og energiproduksjon ved Tangen RA/Krogstad biogassanlegg i 2040

	Energiforbruk/Energi- produksjon (kWh/d)	Forutsetninger
Energiforbruk, eks. anlegg	8 000	Fremskrevet fra data for 2022
Energiforbruk, N-rensetrinn	2 800	Fra Rambøll/SET rapport
Energiforbruk, kvartærrensing	1 400	Fra Rambøll/SET rapport
Energiforbruk, varme, vent., luktfjern. i nytt prosessbygg	1 900	Estimert ut fra erfaringsverdier på 1 kWh/m ² byggningsareal
Sum energiforbruk, inkl. N- rensing + kvartærrensing	14 100	
Energiproduksjon, biogass fra Krogstad biogassanlegg	15 000	5 775 kg TS/d; 77 % FTS av TS; 60 % FTS-red; 0,9 Nm ³ biogass/kg FTS redusert
Netto resultat (tilnærmet energinøytralt)	900	

7 Framdriftsplan

Nedenfor er det vist en framdriftsplan for oppgradering av Tangen RA med et nitrogenfjerningstrinn. MIRA IKS mener at dette er en realistisk framdriftsplan som ivaretar alle de rammebetingelser man står overfor ved utvidelser av avløpsrenseanlegg i dag.

Hovedaktivitet	Periode	Milepel
Geotekniske undersøkelser av aktuelt nybyggingsområde	Gjennomført	31.12.2024
Reguleringsplan-arbeid	2.halvår 2024 - 2025	31.12.2025
Skisseprosjekt for endelig valg av N-fjerningsløsning	2025	31.12.2025
Forprosjekt for valgt løsning. Utbyggingsetapper. Utslippstillatelse gitt. Kostnadsoverslag som underlag for styrebeslutning om gjennomføring.	2026 – 1. halvår 2027	01.07 2027
Vurdering og valg av entrepriseform	2. halvår 2027	31.12.2027
Utarbeide konkurransegrunnlag for valgt entrepriseform	1. halvår 2028	01.07 2028
Gjennomføring av konkurranse og valg av entreprenør(er)	2. halvår 2028	31.12.2028
Anleggs-/bygge periode	2029 - 2031	31.12.2031
Igangkjøring/prøvedrift/funksjonstesting – feilretting/suppleringer	2032	31.12.2032

Klart for normal drift		01.01.2033
------------------------	--	------------

Resipientmodellering Vormå, Glomma og Øyeren

Vurdering av avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipienten



Foto: Glomma / DHI

Denne rapport er utarbeidet under DHIs ledelsessystem, som er sertifisert av Bureau Veritas
for overensstemmelse med ISO 9001 (kvalitetsstyring)

Godkjent av

27.01.2025

X *Christian Almestad*

Approved by

Signed by: Christian Almestad

Resipientmodellering Vorma, Glomma og Øyeren

Vurdering av avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipienten

Utarbeidet for MIRA IKS
Representert ved Eirik Rismyr, daglig leder



Prosjektleder	Christina Pokriefke Ekeheien
Utførende	Mathias S. Frøseth, Pui Yoong Hew og Rachel Wong
Kvalitetsansvarlig	Christian Almestad

Prosjektnummer	13801541
Godkjennelsesdato	03.01.2025
Revisjon	Final 2.0
Klassifikasjon	Åpen

INNHOUDSFORTEGNELSE

1	Innledning	4
2	Om avløpsrenseanleggene og resipienten.....	5
3	Metode og modelloppsett	6
3.1	Modellverktøy	6
3.2	Grunnlagsdata	7
3.3	1D-modell Vorma og Glomma	11
3.3.1	Hydrodynamisk modell	11
3.3.2	Vannkvalitetsmodell	13
3.4	3D-modell Øyeren	17
3.4.1	Hydrodynamisk modell	17
3.4.2	Vannkvalitetsmodell	22
4	Avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipientene	26
4.1	Vurderingskriterier for tilstand	26
4.2	Utslipp fra avløpsrenseanleggene	28
4.3	Tilstand og påvirkning i Vorma og Glomma	36
4.4	Tilstand og påvirkning i Øyeren	39
4.5	Oppsummering og diskusjon	53
5	Videre bruk av modellene	54
6	Referanser	56

VEDLEGG

VEDLEGG A – Oppsett og validering av den hydrodynamiske modellen av Øyeren

VEDLEGG B – beskrivelse av prosesser knyttet til fosfor og nitrogen i vannkvalitetsmodellene

VEDLEGG C – kalibreringsresultater vannkvalitetsmodeller

VEDLEGG D – resultater vannkvalitetsmodeller

Sammendrag

DHI har på oppdrag for MIRA IKS, Eidsvoll kommune, Nes kommune og Enebakk kommune utviklet resipientmodeller for Vormå, Glomma mellom Funnefoss og Fetsund, og Øyeren. Modellene er benyttet til å analysere tilstanden til resipientene og påvirkning fra utslipp fra avløpsrenseanleggene Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRVA, OREA, Flateby og Kirkebygda. Hensikten med studiet er å fremskaffe et helhetlig kunnskapsgrunnlag for vurdering av fremtidige tiltak i resipienten og rensesanleggene sett i lys av nye krav i revidert avløpsdirektiv.

Resipientmodellene er satt opp i programvaren MIKE Powered by DHI. De inkluderer dynamisk beskrivelse av strømningsforhold, transport av næringssalter, suspendert stoff og sedimenter, samt kjemiske og biologiske prosesser i vassdragene. Strømningsforholdene i elver og dype innsjøer er vidt forskjellige og vannkvalitetsprosesser styres av ulike parametere. Derfor er det for Vormå og Glomma utviklet en 1D-modell, og Øyeren en 3D-modell som også inkluderer en komplett eutrofieringsmodell. Modellene er utviklet basert på data fra en rekke ulike kilder som blant annet batymetriske og hydrologiske data fra NVE, atmosfæriske data fra NORA3, utslippsdata fra rensesanleggene og miljøovervåkningsdata. Kalibrering er utført for perioden 2017-2022 mot både hydrodynamiske data og miljøovervåkningsdata, og resultatene viser godt samsvar mellom simuleringer og observerte data.

De ferdig kalibrerte modellene er sammen med miljøovervåkningsdata benyttet til å vurdere resipientenes tilstand basert på en sammenhengende dynamisk simulering av perioden 2017-2022. Resipientenes tilstand er vurdert etter et utvalg fysisk-kjemiske parametere og klassegrenser iht. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vannforskriftens veileder 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. For å vurdere rensesanleggenes påvirkning på resipientene er det utført massebalanseberegninger basert på resultater fra simuleringer både med og uten utslipp fra rensesanleggene. Basert på simuleringene er det også laget en rekke statistiske tall, tidsserieplott, 2D-kart, vertikal- og lengdeprofiler for ulike fysisk-kjemiske parametere.

Resultatene fra 1D-modellen i Vormå ligger innenfor klassegrensene til svært god for totalt fosfor og god til moderat for totalt nitrogen. Det er gode oksygenforhold i elven, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. Resultatene sammenfaller med informasjonen i Vann-Nett Portal. Utslippene fra Minnesund og Bårlidalen rensesanlegg står for ca. 1.5 % av mengdene totalt fosfor og totalt nitrogen i resipienten. Rensesanleggene har liten påvirkning på resipienten, og utslippene er ikke store nok til å endre tilstanden.

Videre ligger resultatene fra 1D-modellen av Glomma mellom Funnefoss og Fetsund innenfor klassegrensen til svært god for totalt fosfor og svært god til god for totalt nitrogen. Det er gode oksygenforhold i elven, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. Resultatene sammenfaller med informasjonen i Vann-Nett Portal. Utslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen rensesanlegg står for ca. 1-2 % av mengdene totalt fosfor og ca. 3-4 % av totalt nitrogen. Avløpsrenseanleggene gir noe økte konsentrasjoner, spesielt ved overløpshendelser. Rensesanleggene har likevel liten påvirkning på resipienten, og utslippene er ikke store nok til å endre tilstanden.

Resultatene fra 3D-modellen av Øyeren viser et tydelig skille i tilstanden mellom de grunne områdene i Svellet og resten av Øyeren. I Svellet ligger resultatene innenfor klassegrensen for svært dårlig til dårlig for totalt fosfor og totalt nitrogen og moderat til dårlig for klorofyll a. Det er på den andre siden gode oksygenforhold i innsjøen, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. Nedstrøms samløpet med Glomma forbedres forholdene i Øyeren betydelig, og konsentrasjonene ligger innenfor klassegrensen for moderat for totalt fosfor og totalt nitrogen, samt god til svært god for klorofyll a. Rensesanleggene samlet står for ca. 1-2 % av totalt fosfor og ca. 3-4 % av totalt nitrogen i Øyeren. Utslippene fører til mindre økninger i konsentrasjoner i innsjøen, mest fremtredende fra Flateby RA og videre nedstrøms. Rensesanleggene har liten påvirkning på resipienten, og utslippene er ikke store nok til å endre tilstanden.

Modellresultatene viser at sirkulasjonen i Øyeren er typisk fullsirkulasjon. Fullsirkulasjon i en innsjø oppstår når temperaturen blir jevn gjennom hele vannsøylen, noe som fører til at vannet blander seg fra overflaten til bunnen. Dette fenomenet skjer typisk om våren og høsten, og det hjelper til med å fordele oksygen og næringsstoffer gjennom hele innsjøen. Massebalanseberegningene for perioden viser at fysisk-kjemiske og biologiske prosesser i resipientene omsetter en betydelig andel av utslippene fra renseanleggene. Basert på modellresultatene er det grovt estimert at ca. 30-65% av utslippene av totalt fosfor og ca. 60-70% av totalt nitrogen fra renseanleggene transporteres videre nedstrøms i Glomma. Midlere årlige utslipp totalt nitrogen fra renseanleggene som transporteres videre nedstrøms i Glomma er estimert til ca. 248 tonn. NIVA estimerer midlere årlige nitrogentilførsler i Glomma fra avløp på ca. 2240 tonn [1]. Antar man konservativt at deler av utslippene fra renseanleggene (Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRVA, OREA, Flateby og Kirkebygda) ikke omsettes ytterligere mellom utløpet av Øyeren og Oslofjorden, utgjør renseanleggene ca. 11% av de totale nitrogentilførselene fra avløp i hele Glomma.

Andelen fosfor og nitrogen fra avløpsutslipp som estimeres omsatt i resipienten tilsvare ca. 0.5-1.0% av de totale utslippene. NIVAs beregninger med TEOTIL-modellen estimerer liknende verdier med 2% nitrogentap i Øyeren [1]. Resultatene fra DHIs modeller antyder også omsetning av fosfor og nitrogen i elvene, men de største mengdene omsettes i Øyeren. Merk at modellene estimerer omsetningen av en potensiell stoffmengde fra avløp i resipienten uavhengig av kilde. I virkeligheten vil avløpsutslippene som omsettes ikke nødvendigvis bare stamme fra renseanleggene, men også spredt avløp og overløp fra avløpsnett mellom Minnesund og Mørkfoss. Derfor er andelen av utslippene fra renseanleggene som omsettes er trolig noe mindre.

En modell og resultatene vil aldri bli bedre enn dataene benyttet til å utvikle modellen og drive simuleringene. Det er alltid usikkerheter knyttet til modellresultater, men modellen er kalibrert og viser godt samsvar mot måledata. Kvaliteten til modellen er vurdert som høy og den er godt egnet til å anvendes til problemstillingene utredet i rapporten. Usikkerhetene er primært knyttet til varierende tilgang på utslippsdata ved renseanleggene, mangel på sedimentdata i vassdragene og få målepunkter og data fra Miljøovervåkingen til å benytte til kalibrering. Modellene utgjør et fleksibelt rammeverk som er enkelt å bygge videre på, utvide og tilpasse med beskrivelse av f.eks. flere biologiske prosesser, bakterier, tungmetaller og mikroforurensninger. Modellene er svært godt egnet til en rekke ulike analyser som blant annet klimaendringer, fortetting, befolkningsvekst og endring av utslippsmengder, flytting av utslippspunkt og endring av renseprosesser m.m.

1 Innledning

DHI har på oppdrag for MIRA IKS, Eidsvoll kommune, Nes kommune og Enebakk kommune utviklet resipientmodeller for Vormå, Glomma fra Funnefoss til Fetsund, og Øyeren. Modellene er benyttet til å analysere tilstanden til resipientene og påvirkningen fra utslipp fra avløpsrenseanleggene Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRVA, OREA, Flateby og Kirkebygda. Hensikten med studiet er å fremskaffe et helhetlig kunnskapsgrunnlag ved vurdering av fremtidige tiltak i resipienten og renseanleggene sett i lys av nye krav i revidert avløpsdirektiv.



Figur 1-1: Oversiktskart avløpsrenseanlegg og resipient

Modellen er satt opp og kalibrert basert på utslippsdata fra kommunene, en rekke hydrologiske data fra NVEs målestasjoner og data fra miljøovervåkingen av Vormå, Glomma og Øyeren. Resultater er presentert for en rekke punkter i Vormå, Glomma og Øyeren.

2 Om avløpsrenseanleggene og resipienten

Avløpsrenseanleggene i studien inkluderer Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRA (inkludert OREA), Flateby og Kirkebygda. Tabell 2-1 viser en oversikt over renseprosesser, kapasitet og resipientene til anleggene. Plasseringen av utslippspunktene til anleggene er vist på Figur 1-1.

Tabell 2-1: Oversikt avløpsrenseanlegg, renseprosesser, kapasiteter og resipient

Anlegg	Eier	Renseprosesser	Kapasitet	Resipient
Minnesund	Eidsvoll kommune	Mekanisk/kjemisk	1 300 PE	Vorma
Bårlidalen	Eidsvoll kommune	Mekanisk/biologisk/kjemisk	35 000 PE	Vorma
Fjellfoten	Nes kommune	Biologisk/kjemisk	30 000 PE	Glomma
Rånåsfoss	Nes kommune	Biologisk/kjemisk	800 PE	Glomma
Tangen	MIRA IKS	Biologisk/kjemisk	63 000 PE	Glomma
NRA hovedanlegg	NRVA IKS	Mekanisk/biologisk/kjemisk	135 000 PE	Nitelva
NRA OREA	NRVA IKS	Mekanisk/biologisk/kjemisk	-	Nitelva
Flateby	Enebakk kommune	Mekanisk/kjemisk	4 000 PE	Øyeren
Kirkebygda/ Enebakk sentralrenseanlegg	Enebakk kommune	Biologisk/kjemisk	12 500 PE	Øyeren

Utslippene fra anleggene går ut i resipientene Vorma, Glomma, Nitelva og Øyeren. Vorma er et kalkpåvirket vassdrag og er i henhold til VannNett-Portal klassifisert som vanntype R109 kalkrik, klar. Den økologiske tilstanden er klassifisert med moderat tilstand mellom Mjøsa og Svanfoss, og god tilstand mellom Svanfoss og utløp i Glomma. Begge strekninger har god tilstand for totalt nitrogen og svært god tilstand for totalt fosfor. Glomma mellom Funnefoss og Øyeren er klassifisert som vanntype R108, moderat kalkrik, humøs. Den økologiske tilstanden er oppgitt som svært god, samt svært god tilstand for både totalt fosfor og totalt nitrogen.

Øyeren er i henhold til VannNett-Portal klassifisert som vanntype L107, moderat kalkrik, klar. Den økologiske tilstanden er definert som god både i den nordre og søndre delen. Den kjemiske tilstanden er vurdert som dårlig grunnet konsentrasjoner av kvikksølv og perfluorerte stoffer, men tilstand for totalt fosfor og totalt nitrogen er vurdert som god.

Klassegrensene for tilstand for totalt fosfor og totalt nitrogen som benyttes til å presentere og vurdere resultatene av modelleringen er samme som i Veileder 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann*.

3 Metode og modelloppsett

For å vurdere avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipientene Vorma, Glomma og Øyeren er det satt opp og kalibrert to separate resipientmodeller av vassdragene i MIKE-programvare. Hver resipientmodell består av to hovedkomponenter:

1. En **hydrodynamisk modell** som simulerer strømmingen (vannføring, nivåer og hastigheter, strømningsretning m.m.).
2. En **vannkvalitetsmodell (biogeokjemisk)** som benytter resultatene fra den hydrodynamiske modellen som inndata og simulerer transport av næringsstoffer, suspendert stoff og biologiske prosesser.

Strømningsforholdene i elver og dype innsjøer er vidt forskjellige og vannkvalitetsprosesser styres av ulike parametere. I elver er det den horisontale transporten av vannmassene som er styrende, og vannkvalitet kan beskrives med fokus på transport av næringsemner og nedbrytning av organisk materiale (BOF). For Vorma og Glomma er det derfor satt opp en 1-dimensjonal modell. I innsjøer er strømmingen i overflaten og bunnlagene ulik. Temperaturlagdelingen, den vertikale blandingen, oppholdstider og oksygenforhold mellom vannmassene i overflaten og bunnen er viktige parametere for vannkvaliteten. Vannkvaliteten i Øyeren vil påvirkes av både eutrofiering nær overflaten og oksygenmangel på bunnen, og krever et mer komplekst modelleringsoppsett for å kunne beskrive fullt ut. Det er derfor nødvendig med en 3-dimensjonal modell av Øyeren.

3.1 Modellverktøy

Resipientmodellene er satt opp i DHIs programvare MIKE Powered by DHI. MIKE er en portefølje av en rekke ulike modeller som kan simulere alle hydrologiske prosesser og strømming i elver, innsjøer, kyststrøk, hav, porøse medier (grunnvann) og hydraulisk infrastruktur (f.eks. VA-nett). I tillegg inneholder MIKE en rekke moduler for simulering vannkvalitetsparametere deriblant.



Figur 3-1: Oversikt MIKE Powered by DHI programvareportefølje

Den hydrodynamiske modellen av Vorma og Glomma er satt opp med modulen *1D Rivers* i MIKE+. Øyeren er satt opp med MIKE 3 Flow Model Flexible Mesh. Vannkvalitetsmodellene består av *MIKE Advection-Dispersion* som beskriver transportmekanismene for oppløste stoffer og suspenderte sedimenter basert på resultater fra de hydrodynamiske modellene, og *MIKE Eco Lab* som beskriver økologiske prosesser som f.eks. nedbrytning og omsetning av næringssalter, eutrofiering m.m. MIKE Eco Lab er et åpent og generisk verktøy som kan tilpasses ulike akvatiske økosystemer for å simulere for eksempel vannkvalitet, eutrofiering, tungmetaller og økologi. For Vorma og Glomma er det benyttet standardmalen i MIKE Eco Lab for 1D-modeller av elver. Øyeren benytter en noe mer omfattende Eco Lab beskrivelse som inkluderer en komplett eutrofieringsmodell.

Mer informasjon om de ulike MIKE-programvarene kan leses i den vitenskapelige dokumentasjonen:

MIKE+:

- [htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/Water_Resources/MIKE_1D_reference.pdf](Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/Water_Resources/MIKE_1D_reference.pdf)
- htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/Cities/MIKE_Plus_River.pdf

MIKE 3 FM:

- [htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_321_FM_Scientific_Doc.pdf](Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_321_FM_Scientific_Doc.pdf)
- [htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/M3M21AD_SCD.pdf](Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/M3M21AD_SCD.pdf)

MIKE Eco Lab:

- [htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/General/MIKE_ECO_Lab_ShortScientific.pdf](Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/General/MIKE_ECO_Lab_ShortScientific.pdf)
- [htTot-Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/General/DHI_MIKE1D_BiologicalProcesses.pdf](Ps://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/General/DHI_MIKE1D_BiologicalProcesses.pdf)

3.2 Grunnlagsdata

Modellene er utviklet og kalibrert på et grunnlag som består av utslippsdata fra avløpsrensaneanleggene, data fra overvåkingen av vassdragene og ulike data fra en rekke andre kilder. En oversikt over parametere målt ved anleggene utover mengde er vist i Tabell 3-3. Hvilke næringsstoffer som måles og målefrekvensen varierer mellom anleggene. Enkelte av anleggene måler ikke totalt nitrogen (Tot-N) og her er konsentrasjonen estimert som $Tot-N = 7 * Tot-P$ basert på innspill fra kommunene. Noen av anleggene måler heller ikke næringsstoffer i overløpene. Det antas konservativt at konsentrasjoner i overløpet er lik konsentrasjonen i innløpet til anleggene. For å skape kontinuerlige tidsserier for perioden 2017-2022 er dataene lineært interpolert mellom prøvetakingstidspunktene.

Vannkvalitetsdata for vassdragene er lastet ned fra Miljødirektoratets web-applikasjon *Vannmiljø*. En oversikt over målestasjoner, parametere og dataperioder benyttet i studiet er vist i Tabell 3-2. Plassering av målepunktene er vist i Figur 3-2. Parametere lastet ned inkluderer totalt fosfor (Tot-P), totalt nitrogen (Tot-N), totalt organisk karbon (TOC), fosfat

(PO₄), ortofosfat (PO₄-P), nitrogendioksid (NO₂), nitrat (NO₃-), ammoniakk (NH₃), ammonium (NH₄), oksygen (DO), klorofyll a (CH) og siktedyp. Oversikt over øvrige data benyttet i modelleringen er vist i Tabell 3-3. Lokasjonen til NVEs hydrologiske målestasjoner benyttet i modelleringen er vist i Figur 3-2.

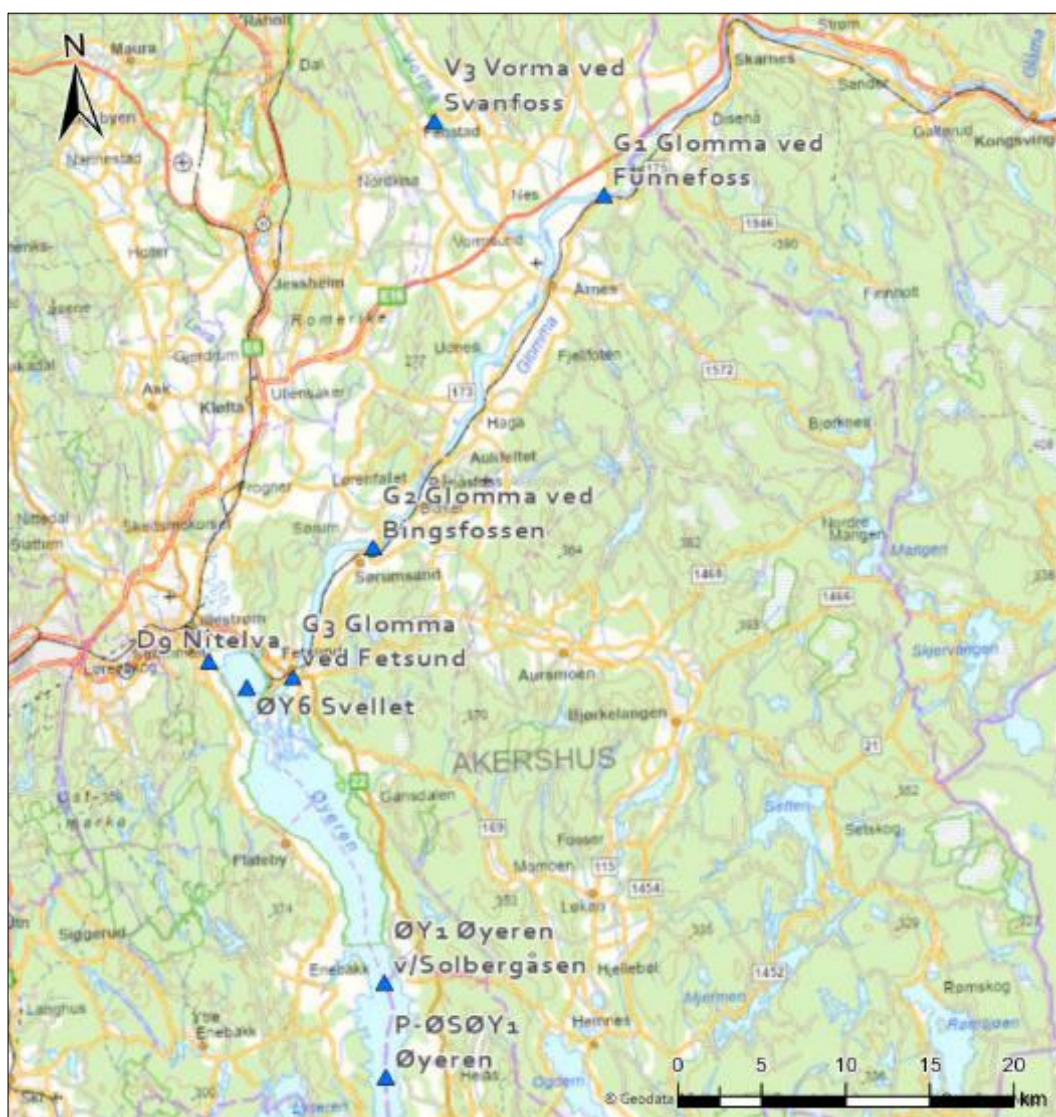
Tabell 3-1: Oversikt målte næringsstoffer ved utløpet avløpsrenseanleggene

Anlegg	Dataperiode	Målte parametere	Målefrekvens	Kommentar
Minnesund	Mar 2017 – des 2022	Tot-P og BOF	2 pr. mnd	Estimert Tot-N = 7*Tot-P
Bårlidalen	Jan 2017- des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	1 pr. mnd	-
Fjellfoten	Jan 2017- des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	-
Rånåfoss	Jan 2017- nov 2022	Tot-P og BOF	2 pr. mnd	Estimert Tot-N = 7*Tot-P
Tangen	Mai 2017 – des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	-
NRVA Hovedanlegg	Jan 2017 – des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	-
NRVA OREA	Jan 2017 – des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	-
Flateby	Jan 2017 – des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	Oppgitt Tot-N = 7*Tot-P
Kirkebygda	Jan 2017 – des 2022	Tot-P, Tot-N og BOF	Annenhver uke	Oppgitt Tot-N = 7*Tot-P

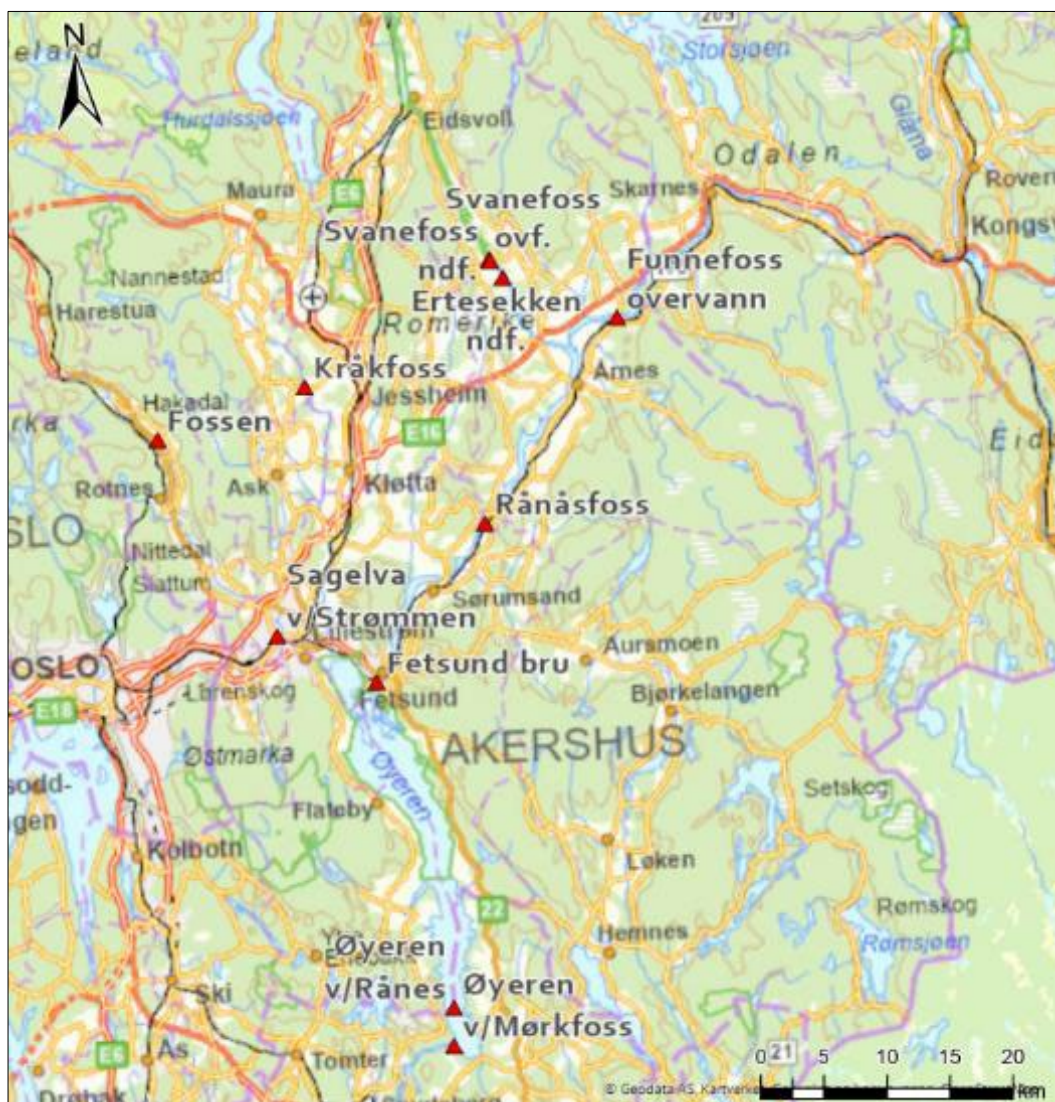
Tabell 3-2: Oversikt over målestasjoner, dataperioder og vannkvalitetsparametere lastet ned fra Vannmiljø

ID	Navn	Vassdrag	Parametere	Periode
1	Vorma, Minnesund	Vorma	Tot-P og Tot-N	2017-2022
G1	Glomma ved Funnefoss	Glomma	Tot-P, Tot-N, TOC og NO ₃	1987-2010
G2	Glomma Bingfossen	Glomma	Tot-P, Tot-N, TOC, PO ₄ og PO ₄ -P	1980-2022
G3	Glomma ved Fetsund	Glomma	Tot-P, Tot-N, TOC, PO ₄ og PO ₄ -P	2017-2022
D9	Nitelva	Nitelva	Tot-P, Tot-N og DO	2017-2021
ØY6	Svellet	Øyeren	Tot-P, Tot-N, TOC og PO ₄ -	2017-2022

			P	
			NO ₃ +NO ₂	2022 (6 prøver)
ØY1	Øyeren Solbergåsen	Øyeren	Tot-P, Tot-N, PO ₄ -P, CH, NO ₃ og PO ₄	2018 (1 prøve)
			Temperatur og oksygenmetning	2018
P-ØSØY1	Øyeren	Øyeren	Tot-P, Tot-N, TOC, PO ₄ -P, CH, NO ₃ , PO ₄ , NH ₄ , temperatur, DO, siktedyp, oksygenmetning	2017-2022 og 2018-2022 Data ved flere dybder



Figur 3-2: Målepunkter fra miljøovervåkingen benyttet i modellene



Figur 3-3: Oversikt NVEs hydrologiske målestasjoner benyttet i modellen

Tabell 3-3: Oversikt over øvrige data benyttet i modellene

Data	Format	Kilde
Nasjonal detaljert høydemodell (NDH) 1x1 m	Raster	www.hoydedata.no
Oppmålte tverrprofiler Vormo og Glomma, punkter	Shape	NVE
Bunnkartlegging Øyeren, punktsky	Shape	NVE
Hydrologiske data (vannstand, vannføring, vanntemperatur) for NVEs målestasjoner: 2.113 Minnesund (vannstand) 2.51 Svanefoss ovf. (vannstand) 2.52 Svanefoss ndf. (vannstand, vanntemperatur) 2.197 Ertesekken ndf. (vannføring) 2.410 Funnefoss overvann (vannføring) 2.429 Rånåsfoss (vannføring) 2.587 Fetsund bru (vannstand, vanntemperatur) 2.461 Fossen (vannføring)	CSV	Hydra II

• 2.279 Kråkfoss (vannføring) • 2.1185 Sagelva v/Strømmen (vannføring, vanntemperatur) • 2.821 Øyeren v/Rånes (vanntemperatur) • 2.125 Øyeren v/Mørkfoss (vannstand)		
NORA3 meteorologiske data • Vind 10 m over overflaten • Lufttrykk ved overflaten • Nedbør • Lufttemperatur 2 m over overflaten • Relativ fuktighet • Skydekke		

3.3 1D-modell Vorma og Glomma

1D-modellen i MIKE+ dekker hele Vorma fra Minnesund til samløpet med Glomma, og Glomma fra Funnefoss til Fetsund bru.

3.3.1 Hydrodynamisk modell

Modellen er satt opp med utgangspunkt i tverrprofiler i elvene målt opp av NVE. Utenfor elveløpet er tverrprofilene forlenget ved hjelp av Kartverkets nasjonale detaljerte høydemodell (NDH).

I modellområdet er det flere reguleringer. I Vorma påvirkes vannføringer og vannstander av dam Svanfoss. Dammen er utstyrt med flere luker som regulerer vannstanden i Mjøsa, og har reguleringshøyde mellom 119.33 – 122.94 moh. I Glomma er det tre elvekraftverk innenfor modellområdet. Funnefoss kraftverk ligger ved oppstrøms grense mens Rånåsfoss og Bingfoss kraftverk er plassert mellom oppstrøms og nedstrøms modellgrense. Elvekraftverkene i Glomma utøver ingen aktiv regulering og kan neglisjeres i modellen. Dam Svanfoss må derimot inkluderes i modellen for å oppnå korrekt vannføring og vannstander i Vorma. I modellen er dammen modellert som et «direct discharge»-objekt som benytter en tidsserie for vannstand og vannføring til å bestemme strømning i vassdraget. Det er benyttet observert vannstand i Minnesund for å beskrive vannstanden oppstrøm dammen og vannføring ved Ertesekken som inndata for å beregne vannstander nedstrøms.

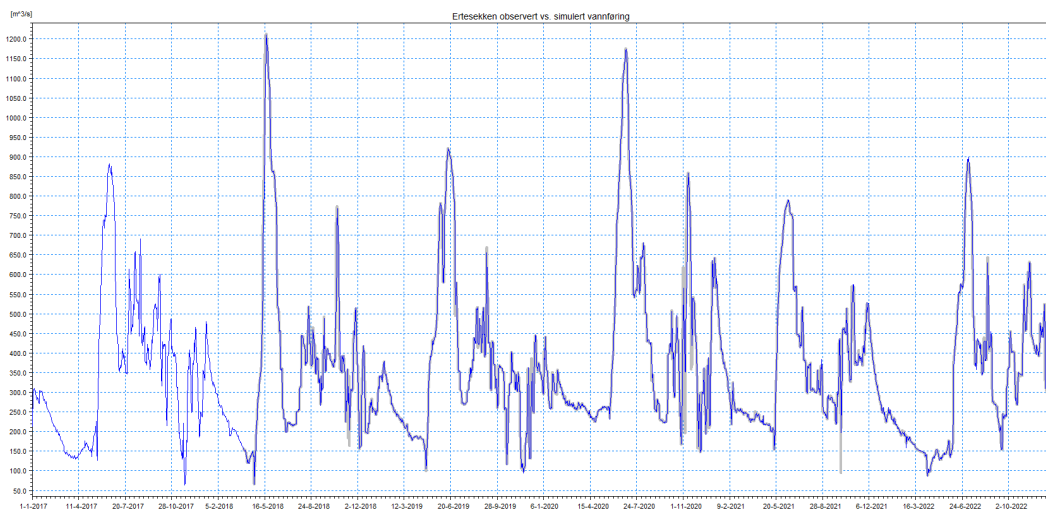
Modellens drives av følgende data (grensebetingelser):

1. Vorma
 - Oppstrøms grense: Observert vannstand Minnesund
 - Intern grense: Hydraulisk konstruksjon dam Svanfoss
2. Glomma
 - Oppstrøms grense: observert vannføring ved Funnefoss kraftverk
 - Nedstrøms grense: observert vannstand ved Fetsund bru

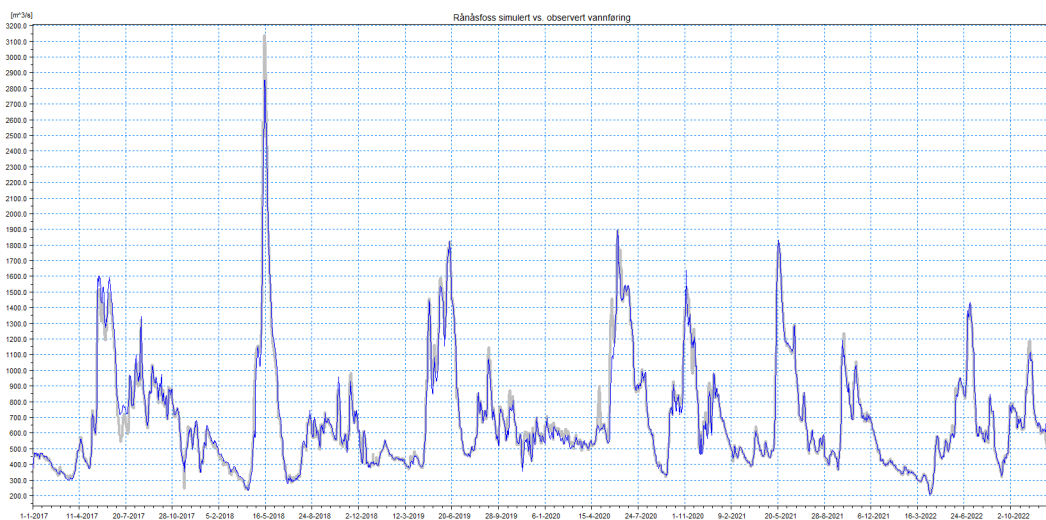
Siden modellen er drevet hovedsakelig av vannstandsdata kalibreres modellen mot observert vannføring Vorma ved Ertesekken og Glomma ved Rånåsfoss. Kalibreringen er gjennomført ved å justere den hydrauliske ruheten i tverrprofilene frem til man oppnår god overenstemmelse mellom simulert og observert vannføring. I en 1D-modell representerer hydraulisk ruhet energitap både for friksjon mellom elvebunn og vannmassene, samt singulærtap pga. retningsendringer, kontraksjoner, ekspansjoner

m.m. Ruheten i modellen beskrives ved hjelp av Manningstall. I tillegg er modellen validert mot observert vannstand opp- og nedstrøms dam Svanfoss for kontrollere at reguleringen er korrekt modellert.

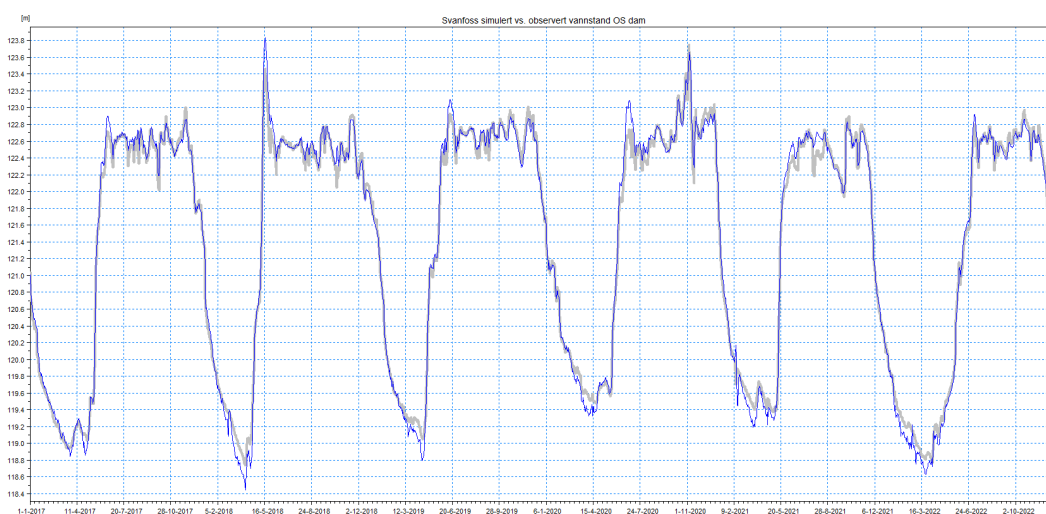
Resultatene av kalibreringen gir ett Manningstall på $43 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ i Vorma og $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ i Glomma. En sammenlikning av simulert og observert vannføring ved Ertesekken og Rånåsfoss for perioden 2017-2022 er vist i Figur 3-4 og Figur 3-5. Figur 3-6 og Figur 3-7 viser simulert og observert vannstand oppstrøms og nedstrøms dam Svanfoss for samme periode. Resultatene viser godt samsvar mellom simulerte og observerte data.



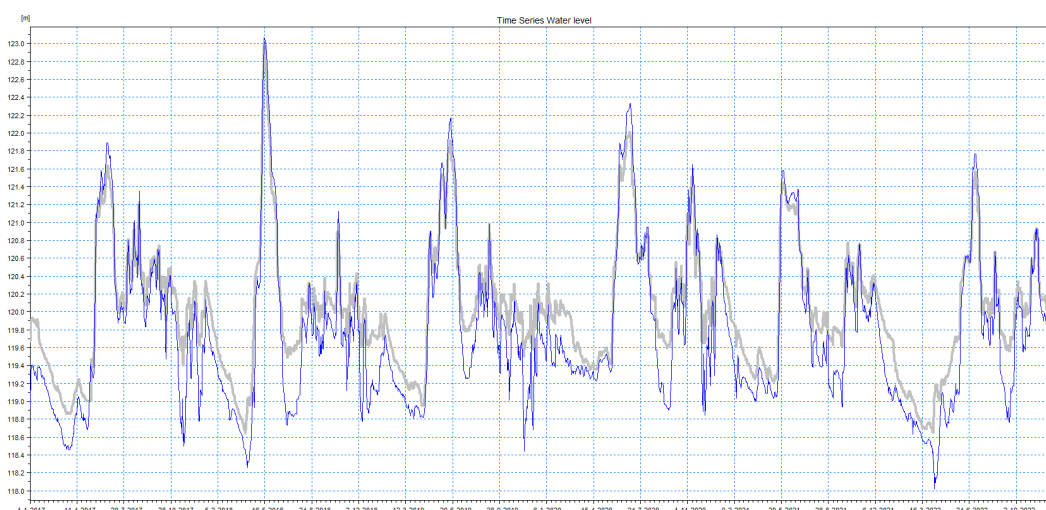
Figur 3-4: Ertesekken, simulert vannføring (blå kurve) vs. observert (grå kurve)



Figur 3-5: Rånåsfoss simulert vannføring (blå kurve) vs. observert (grå kurve)



Figur 3-6: Svanfoss simulert vannstand oppstrøms dam (blå kurve) vs. observert (grå kurve)



Figur 3-7: Svanfoss simulert vannstand nedstrøms dam (blå kurve) vs. observert (grå kurve)

3.3.2 Vannkvalitetsmodell

For å vurdere vannkvaliteten i Vorma og Glomma har vi benyttet DHIs standardmal for «nivå 4» i MIKE ECO Lab sammen med modulen MIKE Advection Dispersion (AD). Modellen har fokus på samspillet mellom sediment og vann, og inkluderer prosesser for biokjemisk oksygenforbruk (BOF), oksygen (O_2), vanntemperatur, nitrogen og fosfor. Modellen er svært anvendelig for generelle studier av effekten av utslipp avløpsvann og avrenning fra land. Sammen med resultater fra den hydrodynamiske modellen simulerer MIKE AD transporten av sedimenter og suspenderte næringsstoffer mens MIKE ECO Lab simulerer omdannelsesprosessene. Vannkvalitetsmodellen løser ett system av differensialligninger som beskriver de fysiske, kjemiske og biologiske interaksjonene i elvene.

Modellen inkluderer følgende tilstandsvariabler for å modellere vannkvaliteten i elvene:

- Biokjemisk oksygenforbruk (BOF) for elv
- Biokjemisk oksygenforbruk (BOF) for avløpsvann
- Totalt organisk karbon (TOC)
- Oksygen (O_2)

- Totalt nitrogen (Tot-N)
- Totalt fosfor (Tot-P)
- Ammonium (NH₄-N)
- Nitrat (NO₃-N)
- Fosfat (PO₄-P)

Analyse av det organiske materialet i Vorma og Glomma viser at det organiske innholdet består av gammelt humusmateriale med relativt lav nedbrytbarhet. Følgelig er det biokjemiske oksygenforbruket (BOF) delt inn i to; BOF fra elvene som representerer gammelt humusmateriale med lav nedbrytbarhet, og BOF fra avløpsvann som kjennetegnes av høyere nedbrytbarhet. I tillegg inkluderer modellen parametere for totalt organisk karbon (TOC) for å sikre en sømløs overgang og kontinuitet til 3D-modellen av Øyeren. TOC er benyttet for å estimere BOF i elvene.

For organisk materiale som stammer fra avløpsvann, antas det at det skjer en primær sedimentering. TOC for avløpsvann er estimert ved å anta $TOC = 1.2 \times BOF$, og BOF for elver estimeres basert på målt TOC med likningen $BOF = 0.58 \times TOC + 0.066$ [3]. Denne beregningen gjør det mulig å bestemme TOC-konsentrasjoner knyttet til BOF i elvene, hvilket gir en omfattende representasjon av dynamikken i organisk materiale.

Grensebetingelsene for ulike vannkvalitetsparametere i elvene ble beregnet basert på overvåkningsdata fra målestasjonene i Vorma, G1 Funnefoss og G2 Bingsfossen. Vannkvalitetsmodellen består av følgende grenser:

1. Vorma
 - Oppstrøms grense ved Minnesund, benytter måledata ved Vorma direkte
2. Glomma
 - Oppstrøms grense ved Funnefoss, estimerer månedlige medianverdier basert på måledata for perioden 1987-1998 ved Funnefoss stasjon
 - Distribuert grense langs strekningen Årnes-Fetsund, estimerer månedlige medianverdier basert på måledata for perioden 1987-1998 ved Funnefoss stasjon
 - Nedstrøms grense Fetsund bru, åpen
3. Utslippsdata fra avløpsrenseanleggene (Tot-P, Tot-N og BOF)

Funnefoss har kun overvåkningsdata for perioden 1987-2010, hvilket er utenfor simuleringsperioden 2017-2022. Det ble foretatt en sammenligning av data ved Funnefoss og Bingsfossen for å vurdere om trendene ved de to stasjonene er like. Analysen viser en konsistent trend mellom stasjonene, hvilket indikerer at dataene ved Funnefoss for perioden 1987-2010 kan benyttes til å estimere 2017-2022.

Vannkvalitetsparameterne som benyttes til å drive modellen er langt flere enn hva som måles i overvåkningsprogrammet. Derfor er flere parametere utledet basert på empiriske forhold. Tabell 3-4 viser en oversikt over målte og utledede parametere, samt likningene benyttet.

Tabell 3-4: Grensebetingelser vannkvalitetsmodell. Oversikt over målte og utledede vannkvalitetsparametere

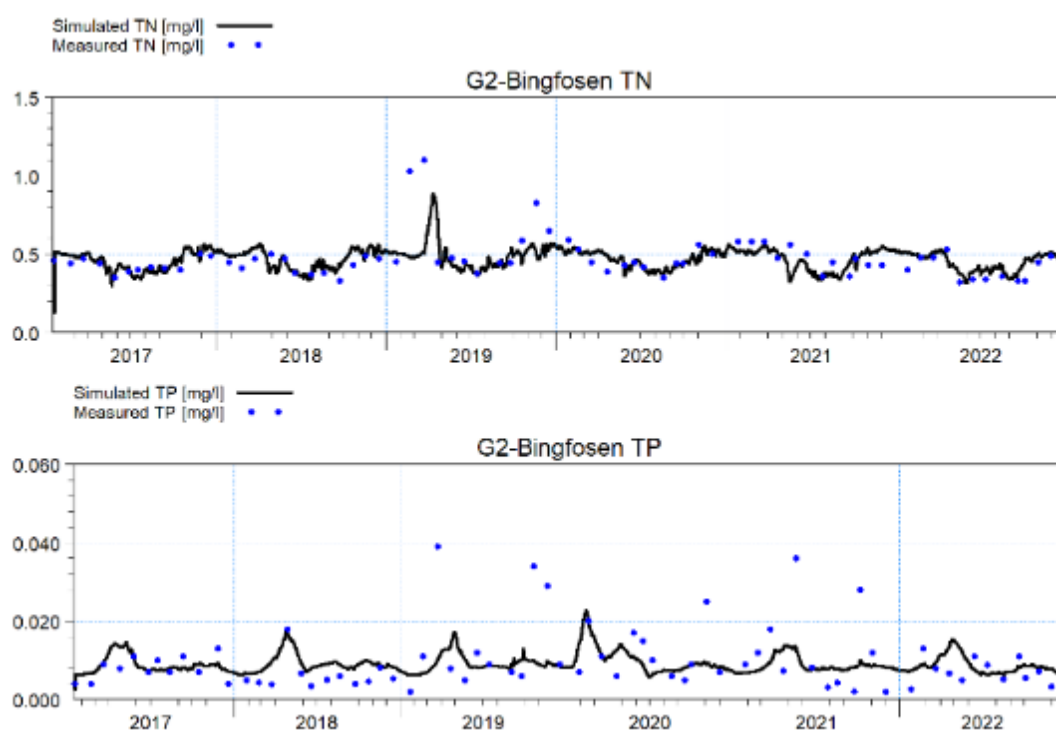
Parameter	Utleddningsmetode og forutsetninger
BOF for elv	Utleddet basert på målte TOC-data $BOF = 0.58 \times TOC + 0.066$ [2]

BOF for avløpsvann	Måledata
Totalt organisk karbon (TOC)	Måledata
Oksygen (O ₂)	Beregnet basert på temperaturdata fra Glomma ved Fetsund (forutsatt at oksygenet er mettet).
Totalt nitrogen (Tot-N)	Måledata
Totalt fosfor (Tot-P)	Måledata
Ammonium (NH ₄)	Utleddet basert på målte Tot-N data, antar 2% av Tot-N [2]
Nitrat (NO ₃)	Utleddet basert på målte Tot-N data, antar 66% av Tot-N [2]
Fosfat (PO ₄)	Utleddet basert på målte Tot-P data, antar 68% av Tot-P [2]

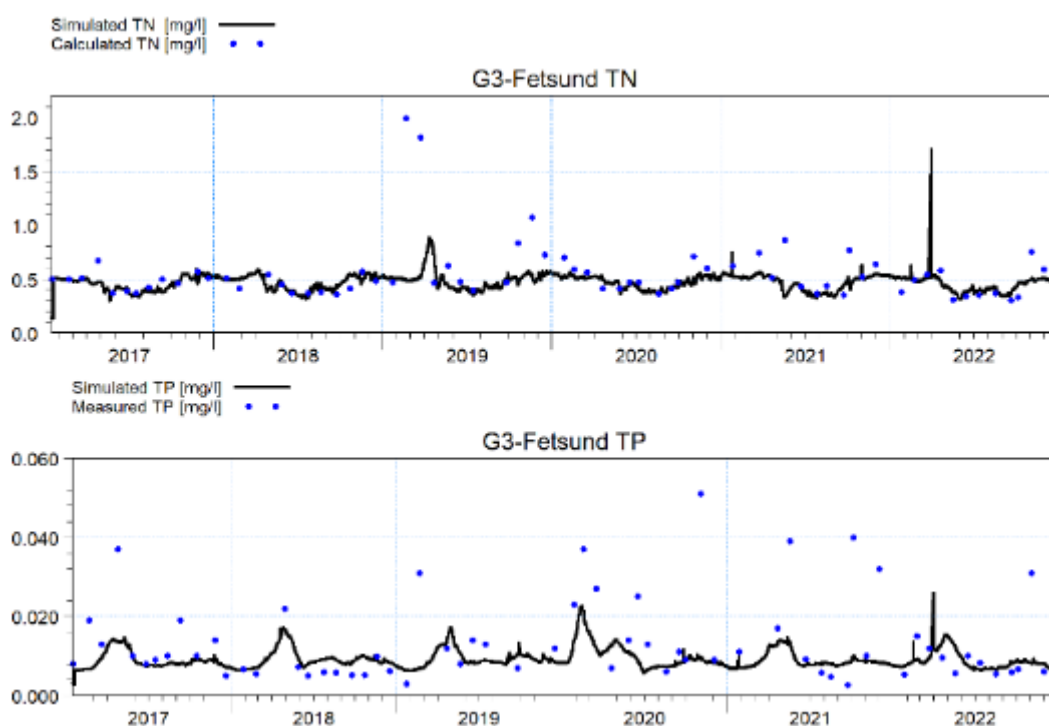
Modellen er kalibrert mot overvåkningsdata ved målestasjon G2 Glomma ved Bingsfoss og G3 Glomma ved Fetsund bru. Figur 3-8 og Figur 3-9 viser kalibreringsresultater for totalt fosfor og totalt nitrogen ved målestasjonene. Resultatene viser godt samsvar mellom simulerte og observerte data, og at vannkvalitetsmodellen klarer generelt å gjenspeile forholdene i vassdraget for 2017-2022. Det er flere tilfeller der måledataene viser høyere verdier enn modellen, hvilket antas å skyldes lokale hendelser mellom Funnefoss og Fetsund som ikke er tilstrekkelig fanget opp i modellen.

Motsatt er det én hendelse ved Fetsund bru i begynnelsen av 2022 som skiller seg spesielt ut. Modellen viser konsentrasjoner av totalt fosfor og totalt nitrogen som er omtrent 300% høyere enn de observerte dataene. Gjennomgang av hendelsen viser at dette skyldes avvik i mengdemålingene ved Tangen avløpsrenseanlegg som gir feilaktig store utslipp.

Kalibreringsresultater for samtlige modellparametere er vist i vedlegg B.



Figur 3-8: Kalibreringsresultat. Simulert vs. observert Tot-P og Tot-N ved G2 Glomma v/Bingsfossen



Figur 3-9: Kalibreringsresultat. Simulert vs. observert Tot-P og Tot-N ved G3 Glomma v/Fetsund bru

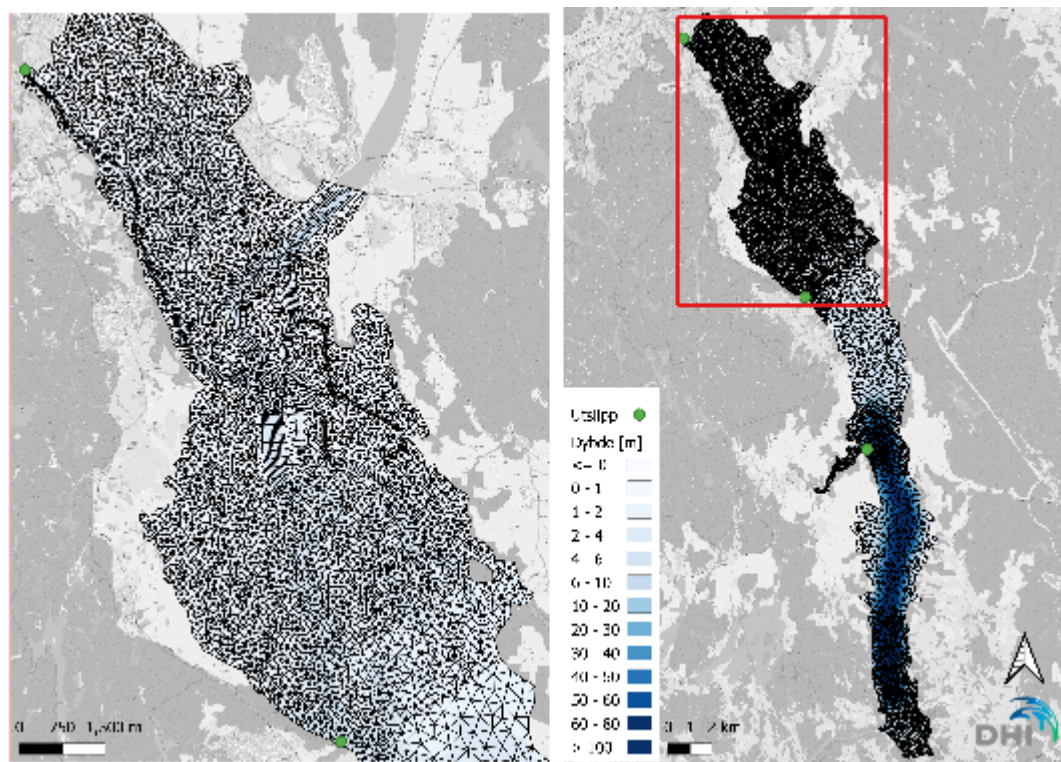
3.4 3D-modell Øyeren

Modellen dekker hele Øyeren med Svellet og inkluderer vannføring fra Glomma, Nitelva, Leira og Sagelva.

3.4.1 Hydrodynamisk modell

Modellen er satt opp med fleksibelt beregningsnett (mesh) med varierende oppløsning i både horisontal- og vertikalplanet. Oppløsningen til meshet varierer mellom 80-300 meter i horisontalplanet og 1-10 meter i vertikalplanet. Meshet er satt opp basert på data fra NVEs bunnkartlegging av Øyeren og nasjonal detaljert høydemodell for landområdene. Modellen er delt inn soner med ulik ruhet basert FKB arealressursflate (AR5). For Øyeren og arealer som er normalt dekket av vann er det benyttet et Manningstall på $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Landarealer som er normalt tørre og oversvømmes ved flom (gjelder spesielt deltaet) er det benyttet et Manningstall på $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Modellen inkluderer utslipp fra NRA, Flateby og Kirkebygda sentralrenseanlegg. Utslippene er modellert som punktkilder med DHIs Jet-modul som beregner innlagringsdybden for hvert tidsskritt. Det er benyttet en saltholdighet på 0 PSU (ferskvann) og temperatur som det omkringliggende vannet.



Figur 3-10: Modellavgrensing og horisontalt mesh 3D hydrodynamisk modell av Øyeren

Modellen drives av en rekke grensebetingelser (måledata):

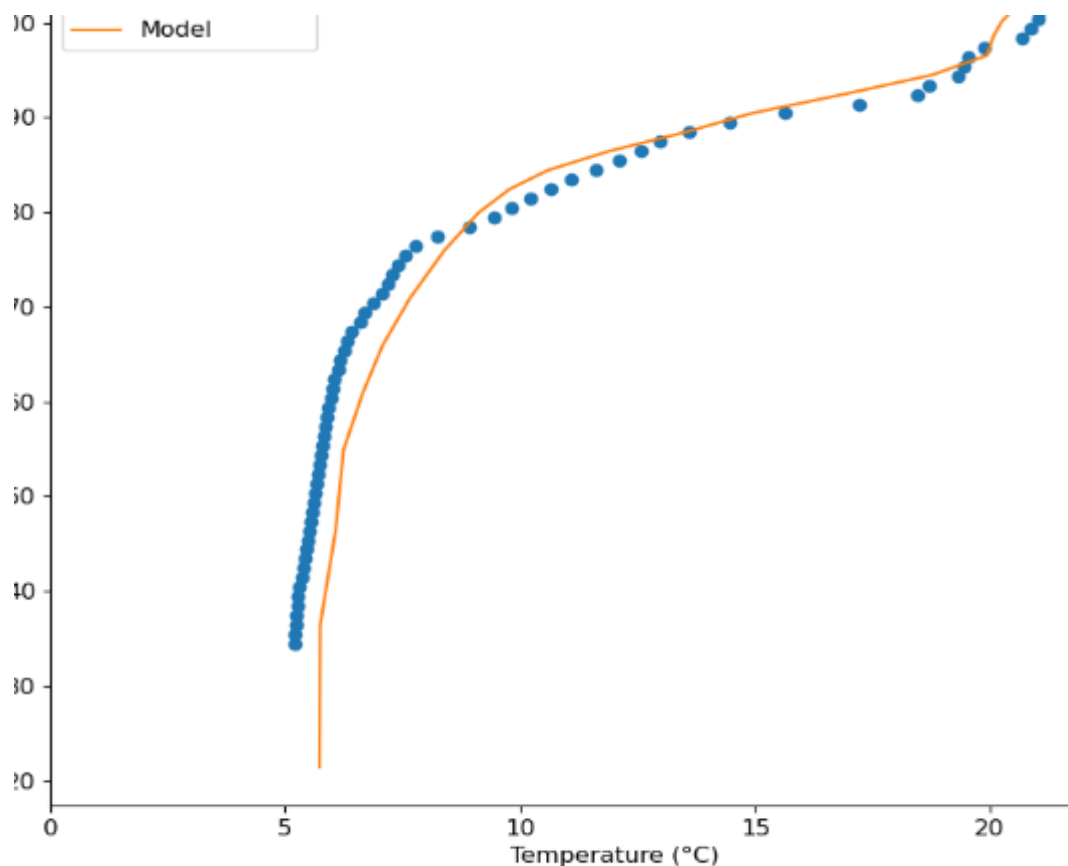
1. Hydrologiske data fra NVEs målestasjoner:
 - Vannføring i Sagelva, Nitelva og Leira i nordvestre grense
 - Vannføring i Glomma ved nordøstre grense
 - Vannstand i Mørkfoss ved nedstrøms grense
 - Vanntemperatur i Glomma ved Fetsund og Sagelva

2. Atmosfæriske data fra NORA3:

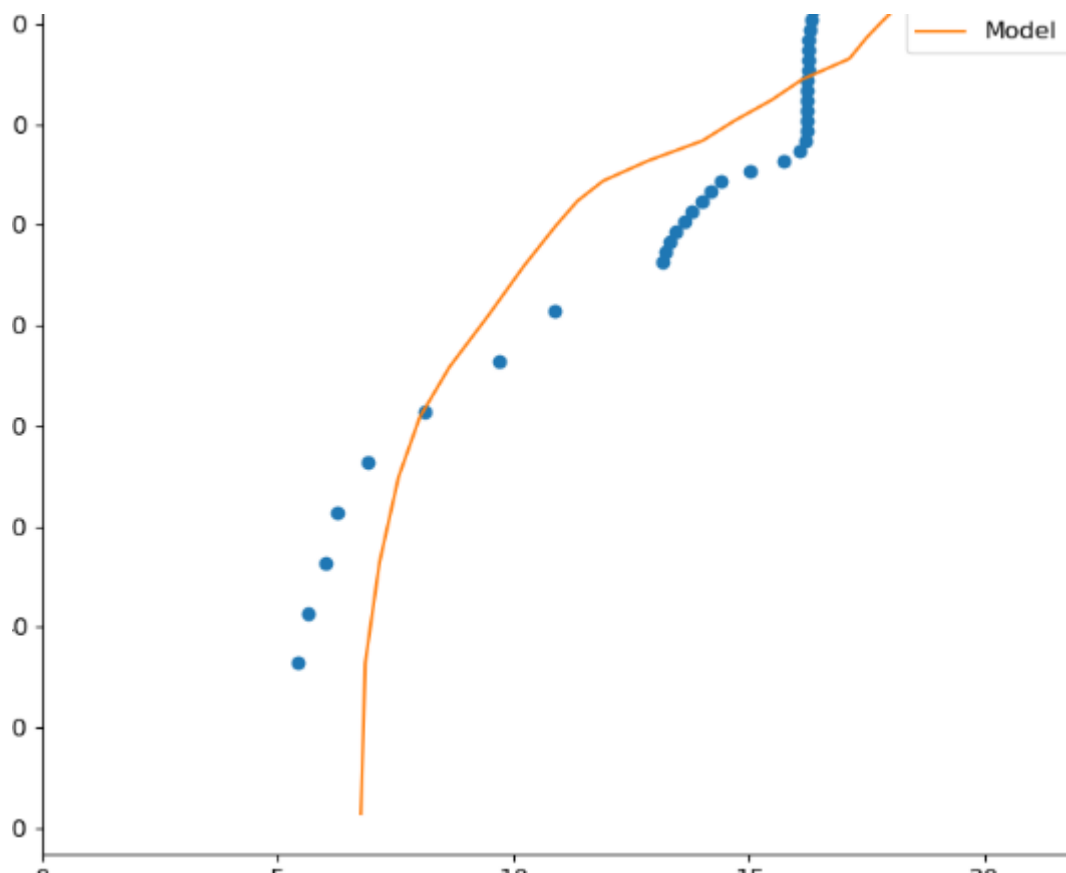
- Vind 10 m over havoverflaten
- Lufttrykk ved havoverflaten
- Nedbør
- Lufttemperatur 2 m over havoverflaten
- Relativ fuktighet
- Skydekke

Fordampningen fra overflaten til Øyeren beregnes internt i modellen basert på de atmosfæriske grensebetingelsene.

Modellen er validert mot observerte temperaturprofiler ved målestasjon P-ØSØY1. Dataene består av seks temperaturprofiler hvert år for perioden 2017-2022. Valideringen viser at modellen klarer generelt å gjenskepe lagdelingen i Øyeren ved alle årstider. Det er godt samsvar mellom måledata og simuleringer generelt, eksempelvis som i Figur 3-8. For noen av målingene er modellen både litt for varm og litt for kald gjennom lagdelingen, som i Figur 3-12. Mer detaljer om modelloppsett og valideringsresultater er vist i vedlegg A.



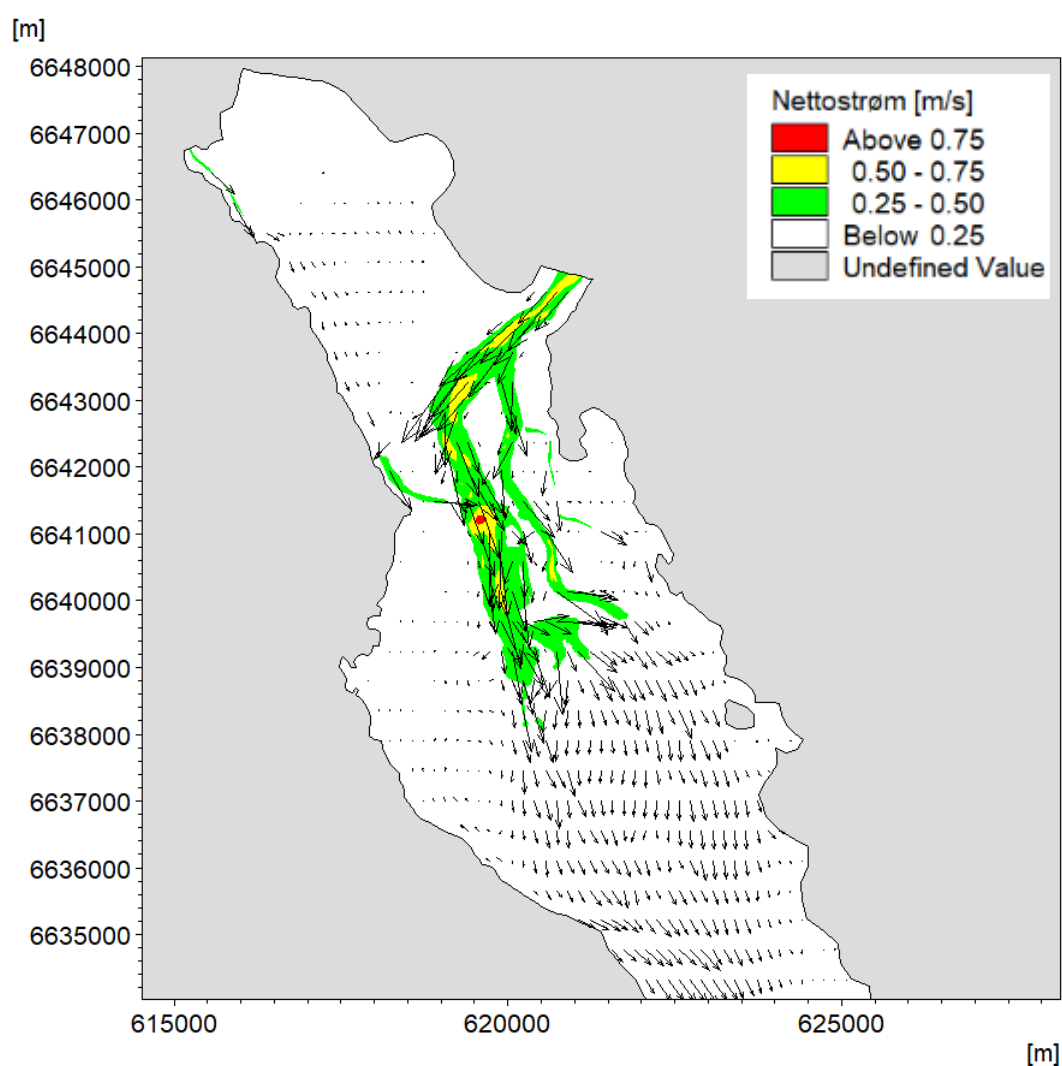
Figur 3-11: Temperaturprofil 19.07.21 ved P-ØSØY1, blå punkter er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101.5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



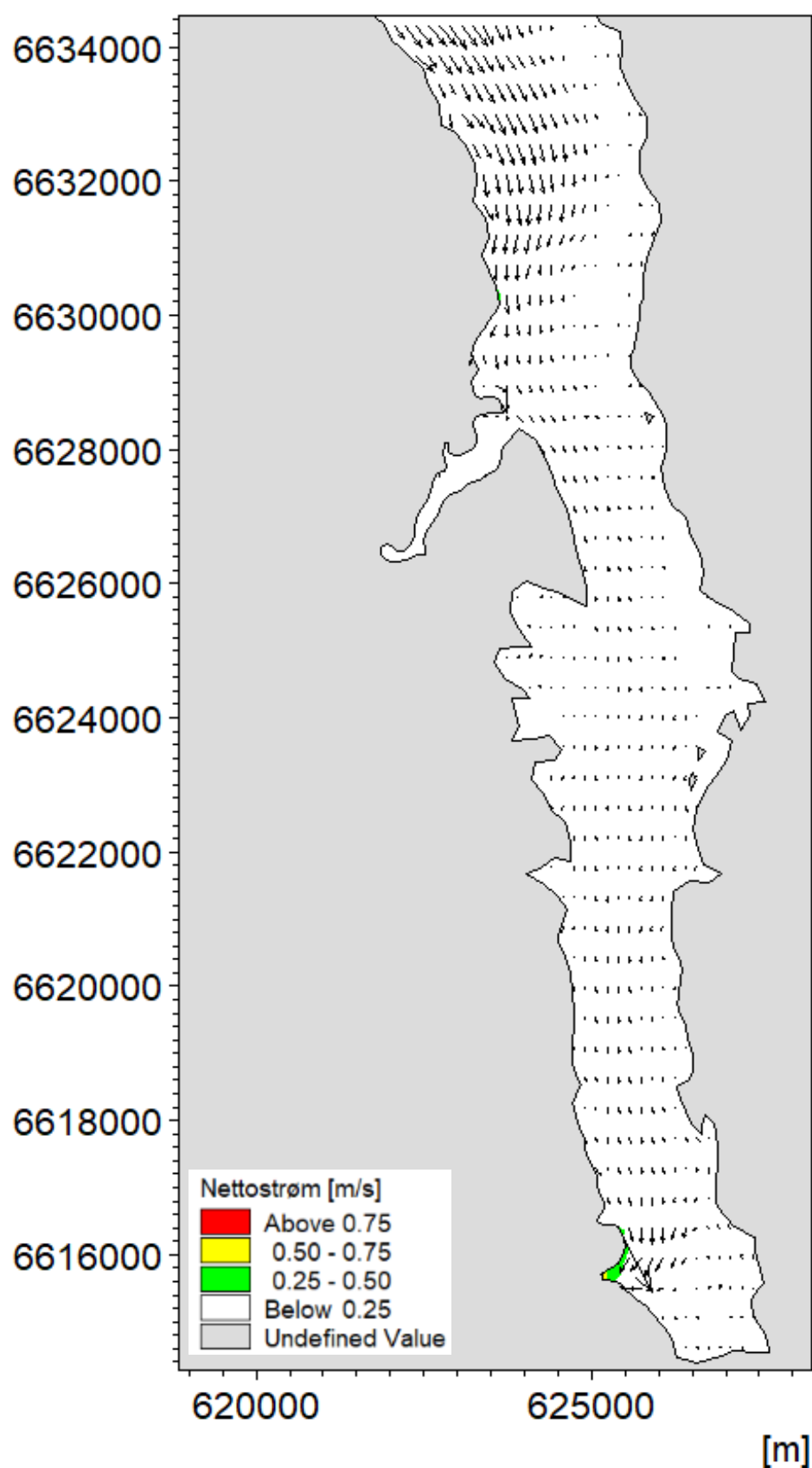
Figur 3-12: Temperaturprofil 21.08.19 ved P-ØSØY1, blå punkter viser målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.

Etter at modellen er satt opp og validert er den benyttet til å analysere strømningsbildet i Øyeren, og senere modellere spredning av næringssalter. Simuleringen av perioden 2017-2022 viser at sirkulasjonen i Øyeren er typisk fullsirkulasjon. Fullsirkulasjon i en innsjø oppstår når temperaturen blir jevn gjennom hele vannsøylen, noe som fører til at vannet blander seg fra overflaten til bunnen. Dette fenomenet skjer typisk om våren og høsten, og det hjelper til med å fordele oksygen og næringsstoffer gjennom hele innsjøen.

I Figur 3-13 og Figur 3-14 kan en se nettostørmingen for henholdsvis nordre og søndre del av Øyeren for et gjennomsnitt av de øverste 10 meterne for de modellerte årene (2017-2022). En kan se at strømmen er rettet sørover, og de høyeste hastighetene er ved utløpet av Glomma i den nordre delen av Øyeren.



Figur 3-13: Nettostrøm nordre del av Øyeren i de 10 øverste meterne av overflaten for perioden 2017-2022.



Figur 3-14 Nettostrøm søndre del av Øyeren i de 10 øverste meterne i av overflaten for perioden 2017-2022

3.4.2 Vannkvalitetsmodell

For å simulere vannkvaliteten i Øyeren har DHI utviklet en omfattende 3D-vannkvalitetsmodell ved hjelp av MIKE ECO Lab og modulen MIKE Advection Dispersion (AD). Det er tatt utgangspunkt i en ECO Lab mal utviklet for Grenlandsfjordene som også inneholder en komplett biogeokjemisk modell som inkluderer alger, næringsstoffer, oksygen og sedimentvolum av karbon, nitrogen og fosfor, samt en rekke tilstandsvariabler for sedimenter. Modellen beskrives tilførsler av alle nitrogen- og fosforholdige stoffer, både organiske og uorganiske. I tillegg beskrives oksygenforbrukene stoffer, nitrogenfiksering i fytoplankton og flora, koblinger til zooplankton, oksygenmetning i sedimentene mm.

Malen består av 57 tilstandsvariabler, og de viktigste parameterne som er av interesse for denne studien er følgende:

- Klorofyll a (CH)
- Ammonium (NH₄)
- Nitrat (NO₃)
- Fosfat (PO₄)
- Oppløst oksygen (DO)
- Totalt organisk karbon (TOC)
 - Refraktær oppløst organisk karbon (CDOC)
 - Labilt oppløst organisk karbon (LDOC)
- Totalt nitrogen (TOT-N)
- Totalt fosfor (TOT-P)
- Siktedyp

Refraktær DOC representerer TOC i innsjøen (tilsvarende som BOF i elvemodellen), mens labilt DOC representerer TOC fra renseanleggene (tilsvarende BOF fra renseanleggene i elvemodellen). Summen av CDOC og LDOC utgjør TOC i modellen.

Grensebetingelsene for vannkvalitetsmodellen til Øyeren består av simuleringsresultater fra elvemodellen, og verdier beregnet ut ifra overvåkningsdata ved målestasjonene D9 Nitelva og ØY6 Svellet. Modellen inkluderer følgende grenser:

- Sagelva, Nitelva og Leira, måledata fra D9 Nitelva
- Glomma ved Fetsund bru – simuleringsresultat fra elvemodellen
- Utløp ved Mørkfoss – åpen grense (ingen gradient)
- Utslippsdata fra avløpsrenseanleggene (Tot-P, Tot-N og BOF)

Vannkvalitetsparameterne som benyttes til å drive modellen er langt flere enn hva som måles i overvåkningsprogrammet. Derfor er flere parametere utledet basert på empiriske forhold. Tabell 3-4 viser en oversikt over målte og utledede parametere, samt likningene benyttet.

Tabell 3-5: Oversikt modellparametere

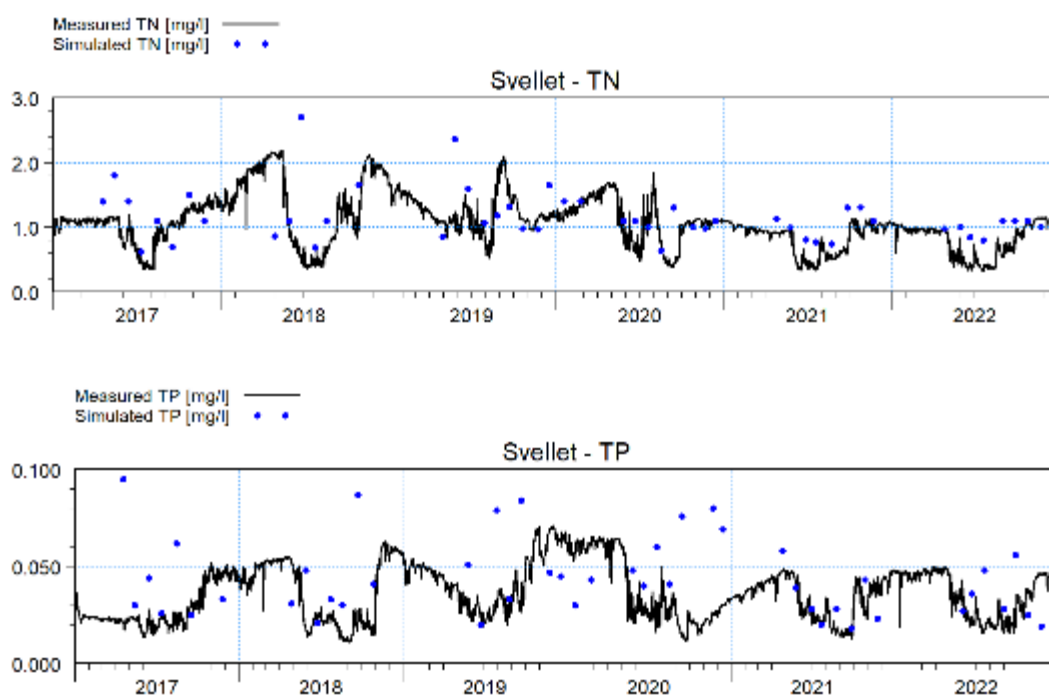
Tilstandsvariabel	Utledningsmetode og forutsetninger
Klorofyll-a (CH)	Måledata
Fytoplankton karbon (PC)	35xCH
Fytoplankton nitrogen (PN)	0.14xPC
Fytoplankton fosfor (PP)	0.002xPC
Zooplankton C (ZC)	0.1xPC

Detritus C (DC)	0.09x TOC
Detritus N (DN)	0.09x0.036x TOC
Detritus P (DP)	0.09x0.0016x TOC
Ammonium (NH ₄)	2 % av målt Tot-N [2]
Nitrat (NO ₃)	66 % av målt Tot-N [2]
Hydrogensulfid (H ₂ S)	0
Fosfat (PO ₄)	68 % av målt Tot-P [2]
Oppløst oksygen (DO)	Målt DO
DOC-refraktær, CDOC	0.91xTOC
DON refraktær, CDON	0.036xCDOC
DOP-refraktær, CDOP	0.0016xCDOC
Labilt DOC, LDOC	0
Labilt DON, LDON	0
Labilt DOP, LDOP	0
Uorganisk fast stoff, SSin	0
PO ₄ adsorbert til SSin, lpss	0

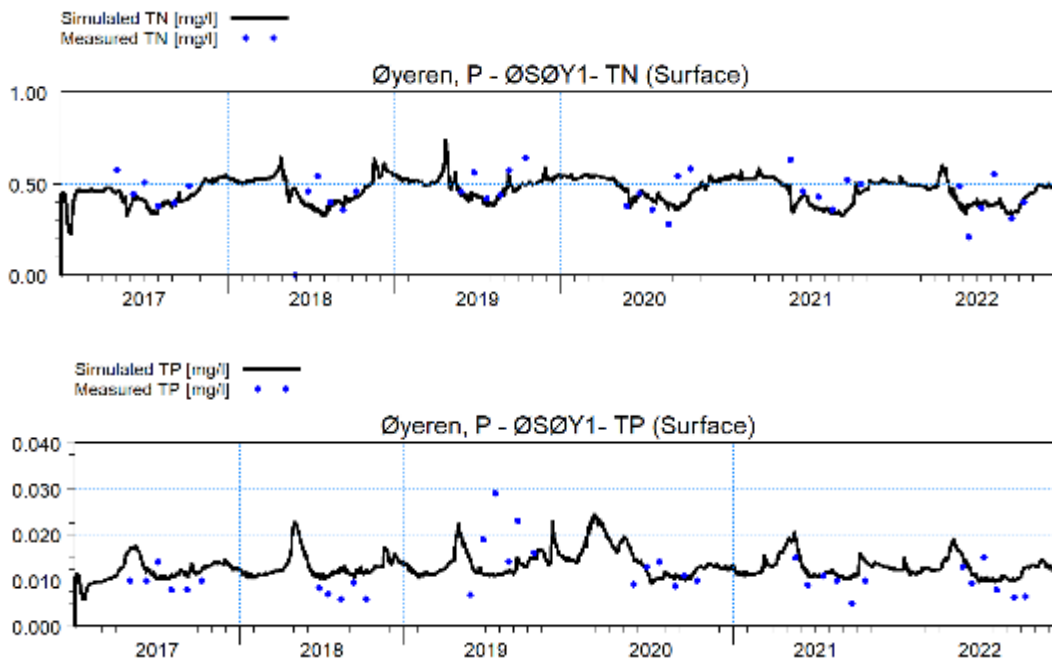
Modellen er kalibrert mot overvåkningsdata ved målestasjon ØY6 Svellet og P-ØSØY1 Øyeren. Figur 3-15 viser kalibreringsresultater for totalt fosfor og totalt nitrogen ved Svellet. Resultatene viser godt samsvar mellom simulerte og observerte data, og at vannkvalitetsmodellen klarer generelt å gjenskape forholdene i vassdraget for perioden 2017-2022. Modellen viser noe bedre kalibreringsresultater for totalnitrogen enn totalt fosfor. Det er flere tilfeller der måledataene viser høyere verdier enn modellen, hvilket antas å skyldes lokale hendelser som ikke er tilstrekkelig fanget opp i modellens grensebetingelser.

Figur 3-16 og Figur 3-17 viser kalibreringsresultater for totalt fosfor og totalt nitrogen i Øyeren for både overflaten og bunnlaget. Tilsvarende som ved Svellet viser modellen godt samsvar mellom simulerte og observerte data i Øyeren.

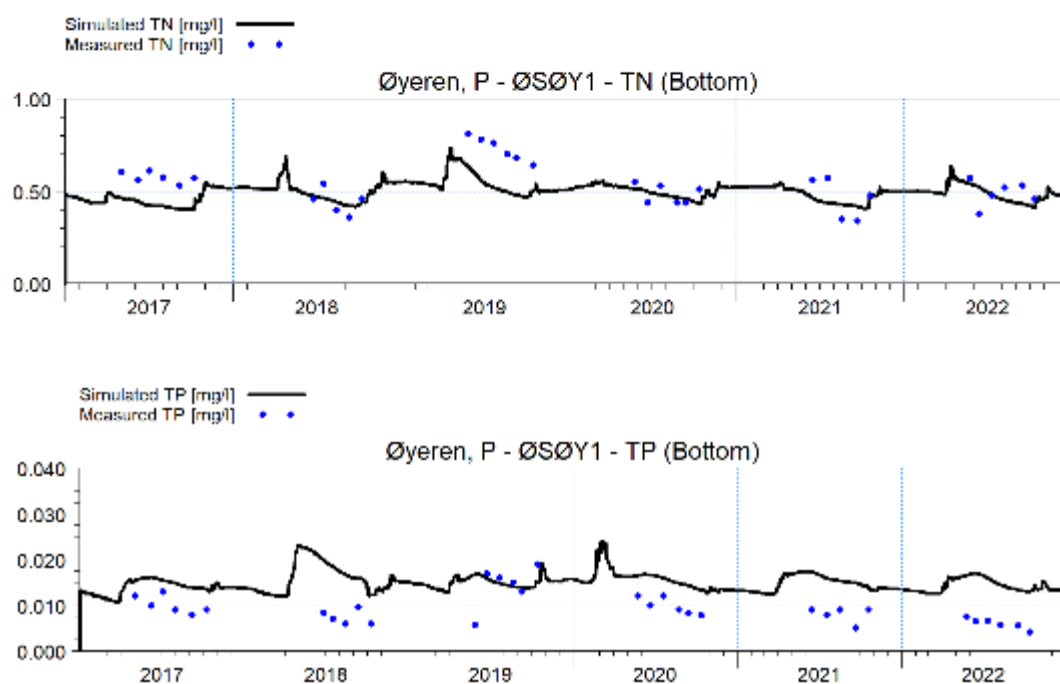
Kalibreringsresultater for samtlige modellparametere er vist i vedlegg C.



Figur 3-15: Kalibreringsresultat vannkvalitetsmodell Øyeren. Simulert vs. observert totalt fosfor og totalt nitrogen i overflaten ved målestasjon ØY6 Svellet



Figur 3-16: Kalibreringsresultat vannkvalitetsmodell Øyeren. Simulert vs. observert totalt fosfor og totalt nitrogen i overflaten ved målestasjon P-ØSØY1 Øyeren



Figur 3-17: Kalibreringsresultat vannkvalitetsmodell Øyeren. Simulert vs. observert totalt fosfor og totalt nitrogen i bunnlaget ved målestasjon P-ØSØY1 Øyeren

4 Avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipientene

Modellene av Vorma, Glomma og Øyeren er benyttet til utføre dynamiske kontinuerlige simuleringer av perioden 2017-2022. For å vurdere avløpsrenseanleggenes påvirkning på resipientene er det gjennomført to parallelle simuleringer: én med utslippene fra anleggene inkludert og én uten. På dette viset vil man kunne sammenlikne avløpsrenseanleggenes utslipp og utslipp fra øvrige kilder i resipientene, hvilket gir grunnlag for å vurdere påvirkningen på resipientene.

4.1 Vurderingskriterier for tilstand

Resipientenes tilstand er vurdert ut ifra Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriftens veileder 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Merk at det ikke er utført en komplett klassifisering iht. alle kriteriene veilederen, men kun sett på ett utvalg fysisk-kjemiske parametere relevant for dette studiet. Klassegrensene for ulike parametere varierer med vanntypen. For elver og innsjøer er det også fokus på ulike parametere ved klassifisering av tilstanden. Følgende fysisk-kjemiske parametere er benyttet til å vurdere tilstanden i resipientene og avløpsrenseanleggenes påvirkning:

1. **Vorma og Glomma**
 - Totalt fosfor (Tot-P)
 - Totalt nitrogen (Tot-N)
 - Oksygen bunnvann (O₂)
 - Ammoniakk og ammonium (NH₃+NH₄)
2. **Øyeren**
 - Totalt fosfor (Tot-P)
 - Totalt nitrogen (Tot-N)
 - Oksygen bunnvann (O₂)
 - Ammoniakk og ammonium (NH₃+NH₄)
 - Klorofyll a
 - Totalt organisk karbon (TOC)

Klassegrensene for totalt fosfor, totalt nitrogen, oksygen, ammoniakk, ammonium og klorofyll a for Vorma, Glomma og Øyeren iht. veileder 02:2018 er vist i Tabell 4-1-Tabell 4-5. Klassifiseringen av hver parameter bør helst baseres minimumsperiode på tre år for å midle forskjeller som skyldes naturlige årsvariasjoner [2]. Merk at ulike statistiske tall benyttes i klassifiseringen av ulike parametere. Tabell 4-6 viser en oversikt over hvilke statistiske tall som benyttes for ulike parametere.

Tabell 4-1: Klassegrenser for totalt fosfor for Vorma, Glomma og Øyeren [2]

Vanntype	Totalt fosfor (µg/L)				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Vorma (R109)	1 - 15	15 - 25	25 - 38	38 - 65	>65
Glomma (R108)	1 - 20	20 - 29	29 - 58	58 - 98	>98
Øyeren (L107)	1 - 10	10 - 17	17 - 26	26 - 42	>42

Tabell 4-2: Klassegrenser for totalt nitrogen for Vormaa, Glomma og Øyeren [2]

Vanntype	Totalt nitrogen (µg/L)				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Vorma (R109)	1-425	425-675	675-950	950-1425	>1425
Glomma (R108)	1-550	550-775	775-1325	1325- 2025	>2025
Øyeren (L107)	1-425	425-675	675-950	950-1425	>1425

Tabell 4-3: Klassegrenser for ammoniakk og ammonium i elver og innsjøer (alle typer) [2]

Vanntype	Ammoniakk/ammonium (µg/L)				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NH ₃ 90-persentil (µg/L)	<5	5-10	10-15	15-25	>25
NH ₃ +NH ₄ 90th percentile (µg/L)*	<30	30-60	60-100	100-160	>160

*kun relevant ved pH>8 og temperatur >25

Tabell 4-4: Klassegrenser for oksygen for Vormaa, Glomma og Øyeren [2]

Vanntype	Oksygen (µg/L)				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
50-persentil	>9	5-9	2-5	1-2	<1
5-persentil	>5	2-5	1-2	0.5-1	>0.5

Tabell 4-5: Klassegrenser for klorofyll a for Øyeren [2]

Vanntype	Klorofyll a (µg/L)				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øyeren (L107)	<6	6-9	9-18	18-36	>36

Tabell 4-6: Statistisk tall som benyttes for klassifisering av ulike parametere

Parametere	Statistisk lag	Statistisk tall
Totalt nitrogen (Tot-N)	Overflate- og bunnlag	Middelverdi
Totalt fosfor (Tot-P)	Overflate- og bunnlag	Middelverdi
Oksygen (O ₂)	Bunnlag	5- og 50-persentilen
Ammonium (NH ₄)	Overflate- og bunnlag	90-persentil

Klorofyll-a (CH)	Overflate	Middelverdi vekstsesongen (mai-oktober)
Totalt organisk karbon (TOC)	Overflate- og bunnlag	Middelverdi

I VannNett-Portal finner man følgende informasjon om vassdragene:

- Vorma er et kalkpåvirket vassdrag og er klassifisert som vanntype R109 kalkrik, klar.** Den økologiske tilstanden er klassifisert med moderat tilstand mellom Mjøsa og Svanfoss, og god tilstand mellom Svanfoss og samløpet med Glomma. Begge strekninger har god tilstand for totalt nitrogen og svært god tilstand for totalt fosfor.
- Glomma mellom Funnefoss og Øyeren er klassifisert som vanntype R108, moderat kalkrik, humøs.** Den økologiske tilstanden er oppgitt som god, og det er svært god tilstand for både totalt fosfor og totalt nitrogen.
- Øyeren er klassifisert som vanntype L107, moderat kalkrik, klar.** Den økologiske tilstanden er definert som god, hvor den nordlige delen har moderat tilstand for totalt nitrogen og totalt fosfor, mens tilstanden for den sørlige delen er god.

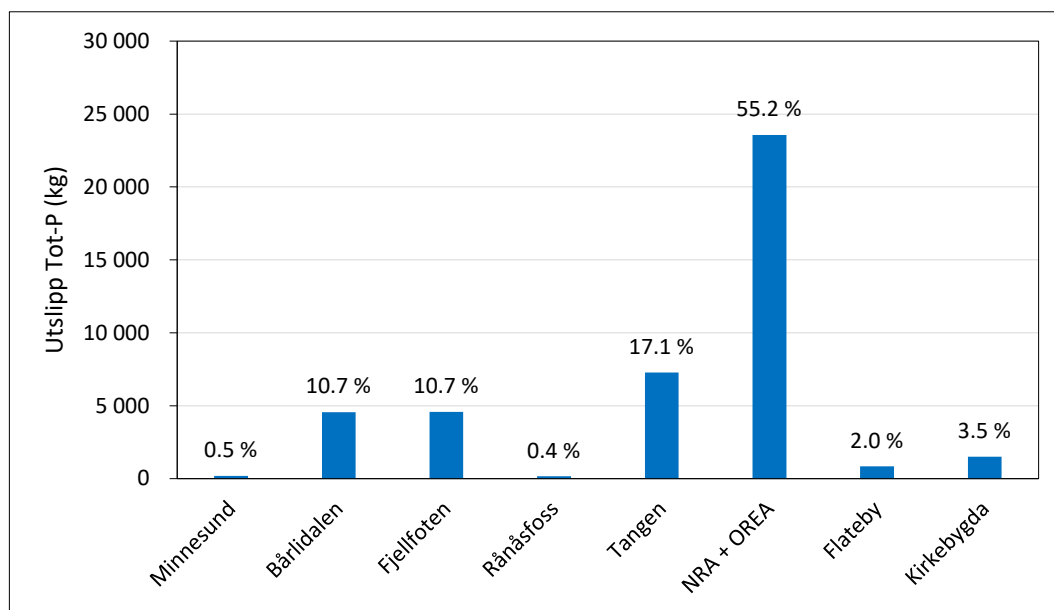
4.2 Utslipp fra avløpsrenseanleggene

Årlige utslipp fra avløpsrenseanleggene er beregnet basert på data fra kommunene. Målefrekvens og hvilke parametere som logges ved de ulike anleggene varierer. Enkelte av anleggene har ikke prøvetaking av overløp. Her er det antatt at konsentrasjoner Tot-P, Tot-N og BOF til utslipp fra overløp er det samme målt ved innløpet til anleggene. Tabell 4-7 viser midlere årlige utslipp (inkludert overløp) ved hvert renseanlegg for perioden 2017-2022. Samlet bidrar renseanleggene med utslipp av ca. 7.1 tonn totalt fosfor og ca. 478.9 tonn totalt nitrogen.

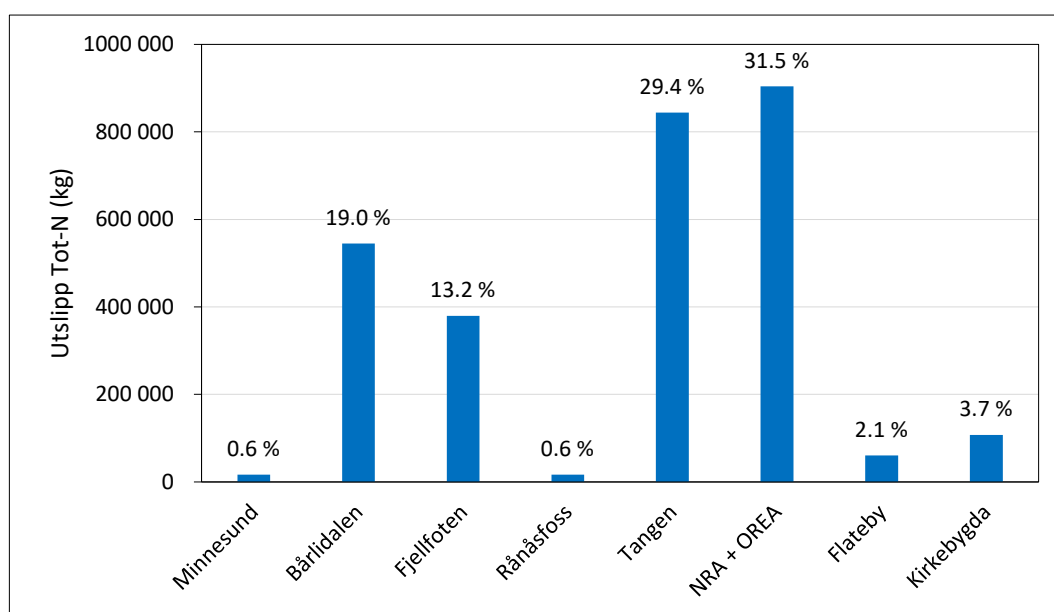
Tabell 4-7: Midlere årlige utslipp totalt fosfor og totalt nitrogen fra renseanleggene for 2017-2022

	Minne-sund	Bårli-dalen	Fjell-foten	Rånås-foss	Tangen	NRA + OREA	Flateby	Kirke-bygda
Tot-P (kg/år)	32	761	764	29	1214	3927	140	249
Tot-N (kg/år)	2 728	90 845	63 251	2 749	140 719	150 684	10 052	17 916

Figur 4-1 og Figur 4-2 viser akkumulerte utslipp totalt fosfor og totalt nitrogen, samt den prosentvise fordelingen mellom hvert anlegg for 2017-2022. NRA (inkludert OREA) er klart det anlegget med størst utslipp. Anlegget har høyere krav til nitrogenfjerning og derfor langt mindre utslipp totalt nitrogen per PE.



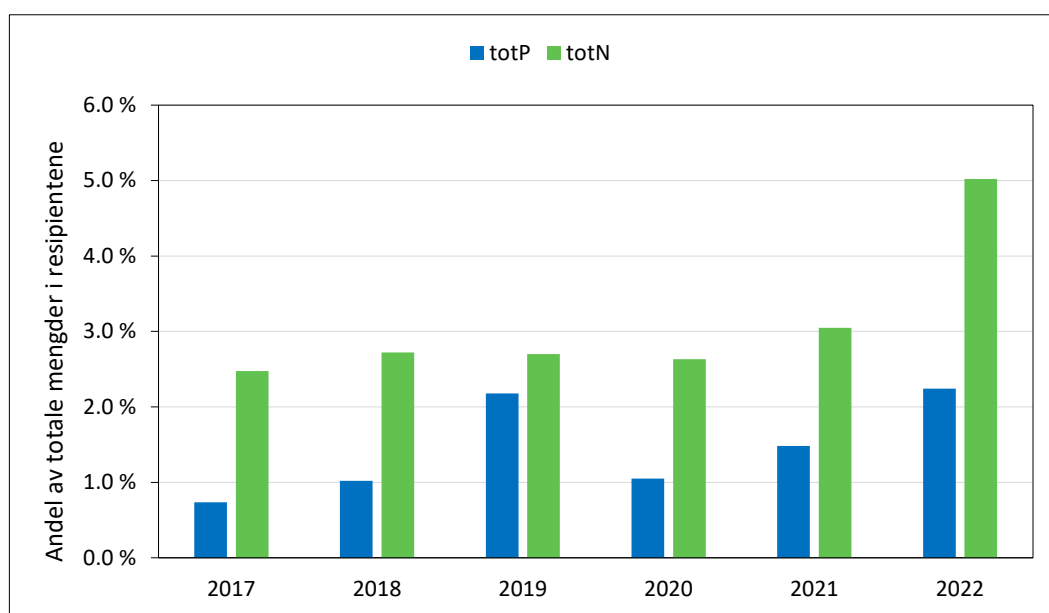
Figur 4-1: Akkumulerte utslipp totalt fosfor og prosentvis fordeling per anlegg for 2017-2022



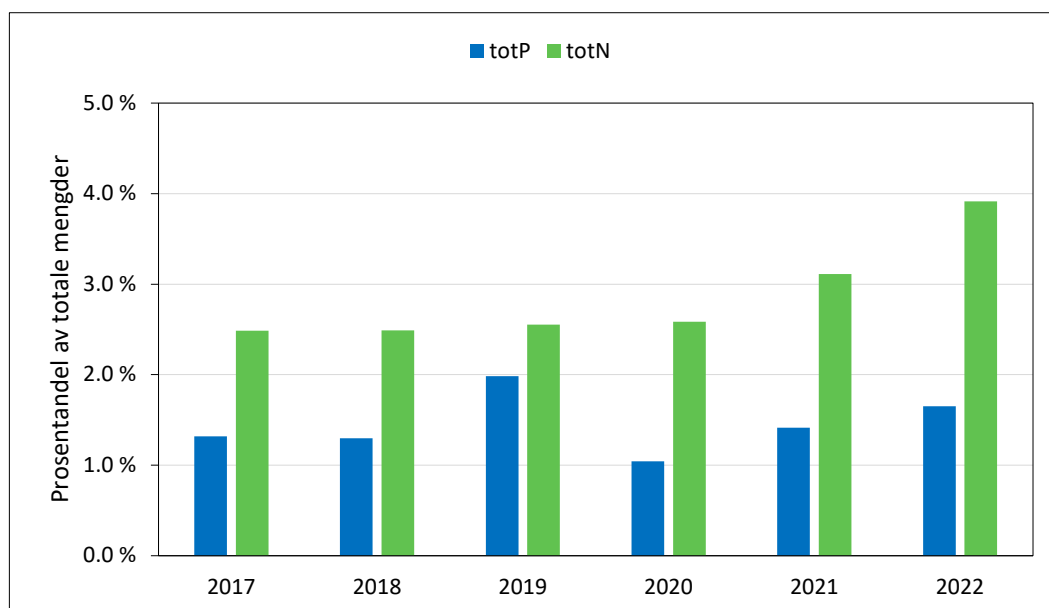
Figur 4-2: Akkumulerte utslipp totalt nitrogen og prosentvis fordeling per anlegg for 2017-2022

Utslippene til renseanleggene er sammenliknet med simulerte mengder totalt fosfor og totalt nitrogen ved utvalgte punkter i resipientene. Figur 4-3 viser renseanleggenes prosentandel av totalt fosfor og totalt nitrogen i Glomma ved Fetsund bru for 2017-2022. Utslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen utgjør ca. 1-2% totalt fosfor og ca. 3-5% av totalt nitrogen i Vorma og Glomma.

Figur 4-4 viser renseanleggenes prosentandel av totalt fosfor og totalt nitrogen ved utløpet av Øyeren for 2017-2022. Utslippene fra anleggene samlet utgjør ca. 1-2% av totalt fosfor og ca. 3-4% av totalt nitrogen i Øyeren.

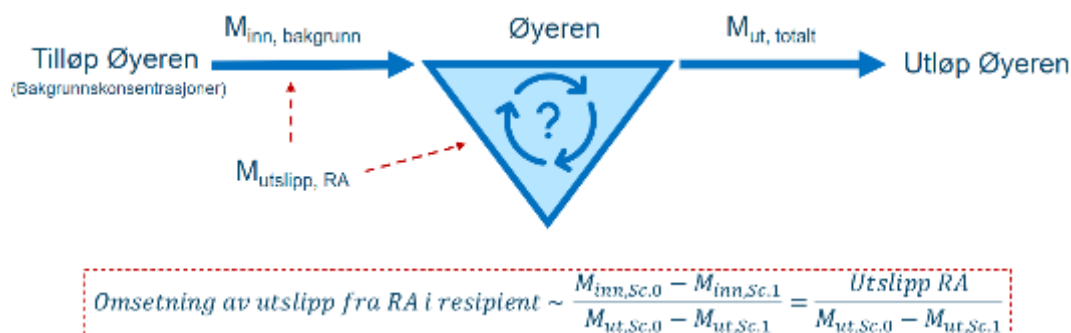


Figur 4-3: Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen andel av totale mengder totalt fosfor og totalt nitrogen i Vorma og Glomma



Figur 4-4: Avløpsrensanleggenes samlede prosentandel totalt fosfor og totalt nitrogen i Øyeren ved Mørkfoss

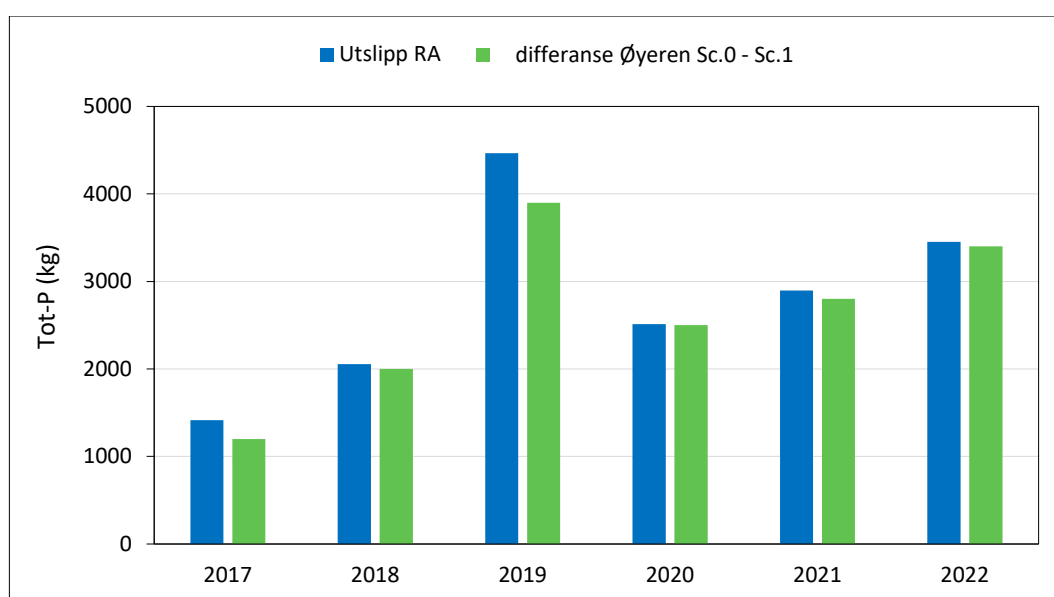
Merk at de beregnede prosentandelene i Figur 4-3 og Figur 4-4 ikke tar hensyn til fysisk-kjemiske og biologiske prosesser i resipientene som bryter ned og omdanner deler av næringsstoffene fra utslippene. For å estimere omsetningen av næringsstoffene i resipientene er det utført massebalanseberegninger. Først er mengdene totalt fosfor og totalt nitrogen i elvene og Øyeren beregnet basert på simuleringene med utslipp fra renseanleggene (Scenario 0). Deretter er det utført en simulering uten utslippene (Scenario 1). Sammenlikner en utslippene fra renseanleggene med differansen i totale stoffmengder mellom scenariene får man et grovt estimat på andelen av utslippene som omsettes i resipienten. Prinsippet er vist i Figur 4-5. Merk resultatene gjelder kun i Øyeren og at nedstrøms utløpet (og modellområdet) vil næringsstoffene omsettes videre.



Figur 4-5: Skjematisk fremstilling for estimering av utslipp fra RA som omsettes i Øyeren

Tabell 4-8: Glomma ved Fetsund bru. Resultater akkumulert totalt fosfor simuleringer med og uten utslipp fra RA

	Utslipp RA	Totalt i resipient Sc.0	Totalt i resipient Sc.1	Diff Sc.0 – Sc.1	Omsetning		
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	% av RA	% av tot
2017	1 415	192 400	191 200	1 200	215	15.2	0.1
2018	2 055	201 100	199 100	2 000	55	2.7	0.0
2019	4 465	204 900	201 000	3 900	565	12.7	0.3
2020	2 511	239 000	236 500	2 500	11	15.2	0.0
2021	2 897	195 600	192 800	2 800	97	2.7	0.0
2022	3 452	154 000	150 600	3 400	52	12.7	0.0



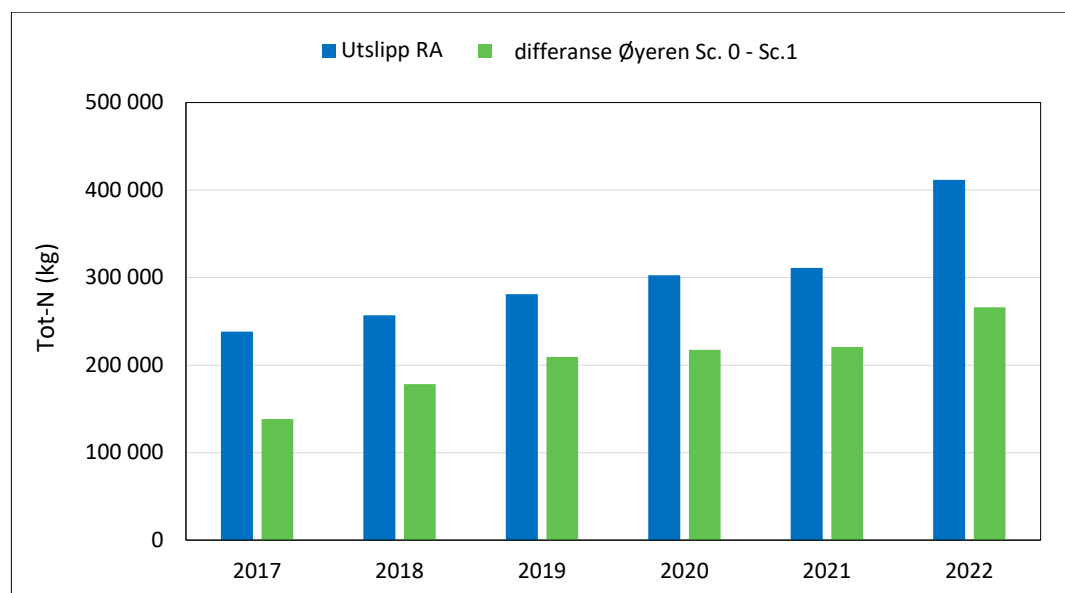
Figur 4-6: Glomma ved Fetsund bru. Akkumulerte utslipp totalt fosfor fra avløpsrenseanleggene sammenliknet med differansen i Øyeren mellom scenariene

Tabell 4-8 viser resultatene fra scenariosimuleringene for totalt fosfor i Glomma ved Fetsund bru. Resultatene viser at ca. 3-15% av fosforutslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen renseanlegg omsettes, hvilket tilsvarer ca. 0.3% av de totale tilførselene til resipienten. Figur 4-6 viser en sammenlikning av de akkumulerte utslippene totalt fosfor fra anleggene i Vorma og Glomma, og differansen i totale stoffmengder mellom simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene.

Tabell 4-9 viser resultatene fra scenariosimuleringene for totalt nitrogen i Glomma ved Fetsund bru. Resultatene viser at ca. 25-42% av fosforutslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen renseanlegg omsettes, hvilket tilsvarer ca. 0.7-1.8 % av de totale tilførselene til resipienten. Figur 4-7 viser en sammenlikning av de akkumulerte utslippene totalt nitrogen fra anleggene i Vorma og Glomma, og differansen i totale stoffmengder mellom simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene.

Tabell 4-9: Glomma ved Fetsund bru. Resultater akkumulert totalt nitrogen simuleringer med og uten utslipp fra RA

	Utslipp RA	Totalt i resipient Sc.0	Totalt i resipient Sc.1	Diff Sc.0 – Sc.1	Omsetning		
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	% av RA	% av tot
2017	238 102	9 621 500	9 483 000	138 500	99 602	41.8	1.0
2018	256 984	9 440 200	9 262 000	178 200	78 784	30.7	0.8
2019	281 049	10 406 300	10 196 900	209 400	71 649	25.5	0.7
2020	302 684	11 498 300	11 280 900	217 400	85 284	28.2	0.7
2021	311 159	10 206 400	9 985 800	220 600	90 559	29.1	0.9
2022	411 770	8 198 600	7 932 600	266 000	145 770	35.4	1.8

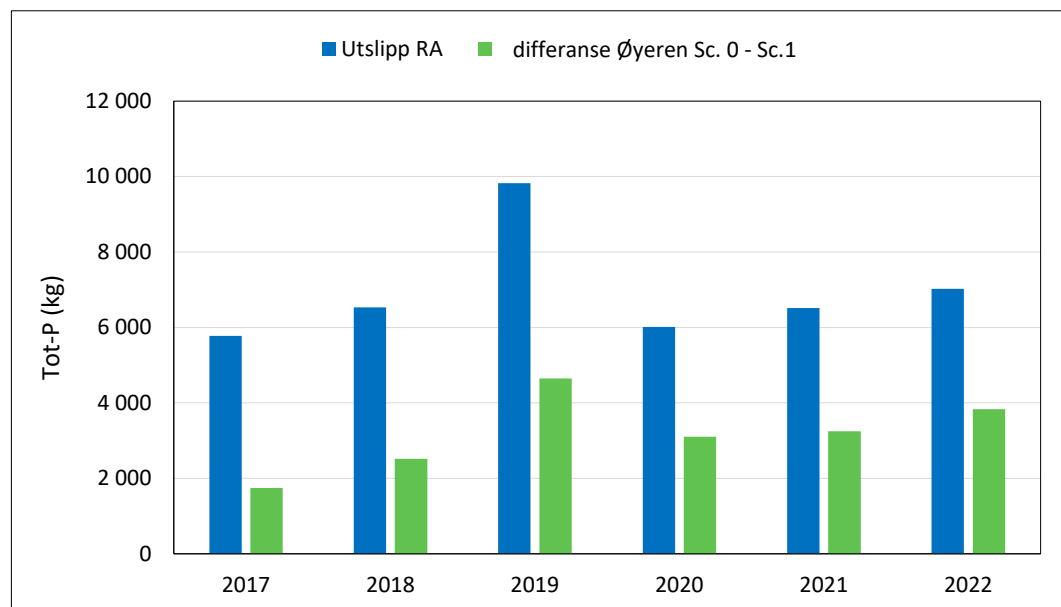


Figur 4-7: Glomma ved Fetsund bru. Akkumulerte utslipp totalt nitrogen fra avløpsrenseanleggene sammenliknet med differansen i Øyeren mellom scenariene

Videre nedstrøms i resipienten ser man liknende resultater som i Vormå og Glomma. Tabell 4-10 viser resultatene fra scenariosimuleringene for totalt fosfor i Øyeren ved Mørkfoss. Resultatene viser at ca. 45-70 % av fosforutslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRA, Flateby og Kirkebygda renseanlegg omsettes, hvilket tilsvarer ca. 0.5-1.0 % av de totale tilførslene til resipienten. Figur 4-8 viser en sammenlikning av de akkumulerte utslippene totalt fosfor fra renseanleggene, og differansen i totale stoffmengder mellom simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene.

Tabell 4-10: Øyeren ved Mørkfoss. Resultater akkumulert totalt fosfor simuleringer med og uten utslipp fra RA

	Utslipp RA (kg)	Totalt i resipient Sc.0 (kg)	Totalt i resipient Sc.1 (kg)	Diff Sc.0 – Sc.1 (kg)	Omsetning		
					(kg)	% av RA	% av tot
2017	5 781	455 140	453 391	1 750	4031	69.7	0.9
2018	6 536	507 589	505 072	2 517	4019	61.5	0.8
2019	9 825	524 153	519 505	4 648	5177	52.7	1.0
2020	6 012	577 122	574 019	3 103	2909	48.4	0.5
2021	6 513	467 092	463 846	3 245	3268	50.2	0.7
2022	7 027	428 716	424 882	3 834	3194	45.4	0.7

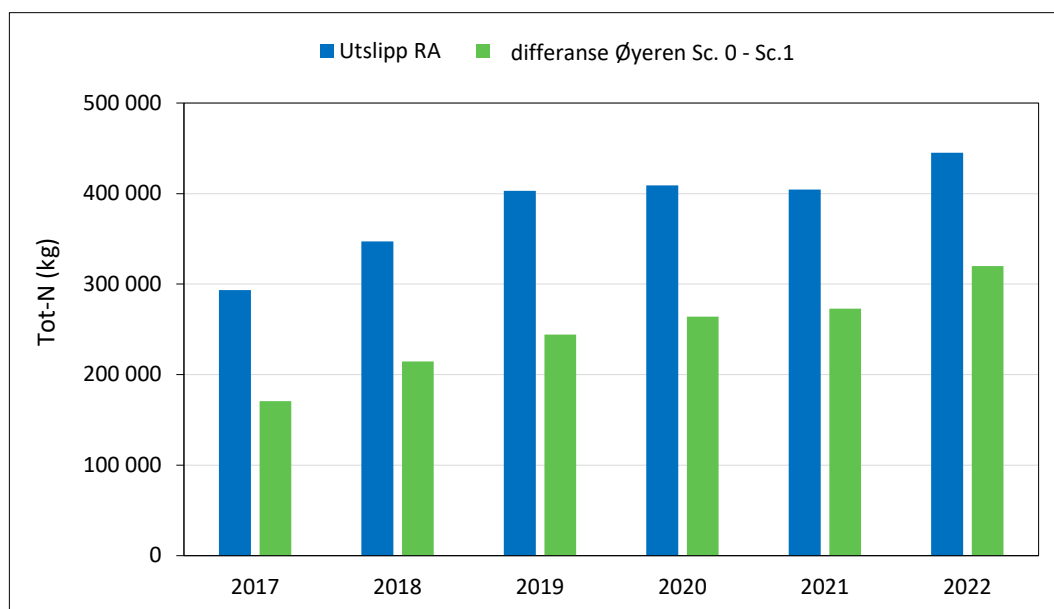


Figur 4-8: Øyeren ved Mørkfoss. Akkumulerte utslipp totalt fosfor fra avløpsrenseanleggene sammenliknet med differansen i Øyeren mellom scenariene

Tabell 4-11 viser resultatene fra scenariosimuleringene for totalt nitrogen i Øyeren ved Mørkfoss. Resultatene viser at ca. 28-42 % av nitrogenutslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRA, Flateby og Kirkebygda renseanlegg omsettes, hvilket tilsvarer ca. 1.0 % av de totale tilførslene til resipienten. Figur 4-9 viser en sammenlikning av de akkumulerte utslippene totalt nitrogen fra renseanleggene, og differansen i totale stoffmengder mellom simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene.

Tabell 4-11: Øyeren ved Mørkfoss. Resultater akkumulert totalt nitrogen simuleringer med og uten utslipp fra RA

	Utslipp RA	Totalt i resipient Sc.0	Totalt i resipient Sc.1	Diff Sc.0 – Sc.1	Omsetning		
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	% av RA	% av tot
2017	293 430	15 820 550	15 649 692	170 858	122 572	41.8	0.8
2018	347 171	17 116 153	16 901 486	214 666	132 504	38.2	0.8
2019	403 041	18 594 394	18 350 061	244 333	158 708	39.4	0.9
2020	409 140	19 131 016	18 866 912	264 104	145 036	35.4	0.8
2021	404 285	15 908 513	15 635 651	272 862	131 423	32.5	0.8
2022	444 950	15 096 959	14 777 216	319 743	125 207	28.1	0.8



Figur 4-9: Øyeren ved Mørkfoss. Akkumulerte utslipp totalt nitrogen fra avløpsrenseanleggene sammenliknet med differansen i Øyeren mellom scenariene

Basert på resultatene fra simuleringene med vannkvalitetsmodellene og utslippsdataene fra renseanleggene for 2017-2022, **estimeres det grovt at ca. 30-65 % av fosforutslippene og 60-70% av nitrogenutslippene transporteres videre nedstrøms i Glomma.**

NIVA estimerer at den årlige tilførselen av totalt nitrogen fra Glomma til ytre Oslofjord er ca. 13 000 – 14 000 tonn, hvorav utslipp fra renseanlegg, overløp og spredt avløp utgjør ca. 16 % [4]. Dette tilsvarer et årlig utslipp av totalt nitrogen som ikke omsettes i vassdraget fra avløpsutslipp på ca. 2240 tonn. Utslippene totalt nitrogen som transporteres videre nedstrøms i Glomma fra renseanleggene modellert i Vormå, Glomma og Øyeren er estimert til ca. 248 tonn i året. Antar man konservativt at nitrogenutslippene ikke omsettes videre mellom Øyeren og Oslofjorden, utgjør utslippene fra de modellerte renseanleggene ca. 11% av nitrogentilførselen fra avløp i Glomma og 2 % av de totale.

Tabell 4-12: Midlere årlige utslipp totalt nitrogen fra renseanleggene og samlet for avløp i Glomma

Lokasjon	Renseanlegg	Brutto utslipp renseanlegg	Utslipp fra RA som når Oslofjorden	Andel av totale avløpsutslipp i Glomma
Vorma	Minnesund, Bårlidalen	94 tonn	70 tonn	3 %
Glomma v/Fetsund	Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen	300 tonn	205 tonn	9 %
Utløp Øyeren	Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRVA, Flateby, Kirkebygda	479 tonn	248 tonn	11 %
Utløp Glomma Oslofjorden	Samtlige	-	2240 tonn*	-

*16% av årlige utslipp totalt nitrogen på 14 000 tonn [4]

Prosessene som omsetter fosfor og nitrogen i Vorma, Glomma og Øyeren er redegjort for i detalj i vedlegg B. Under følger en kort oppsummering av de primære prosessene for fosfor og nitrogen i resipientene.

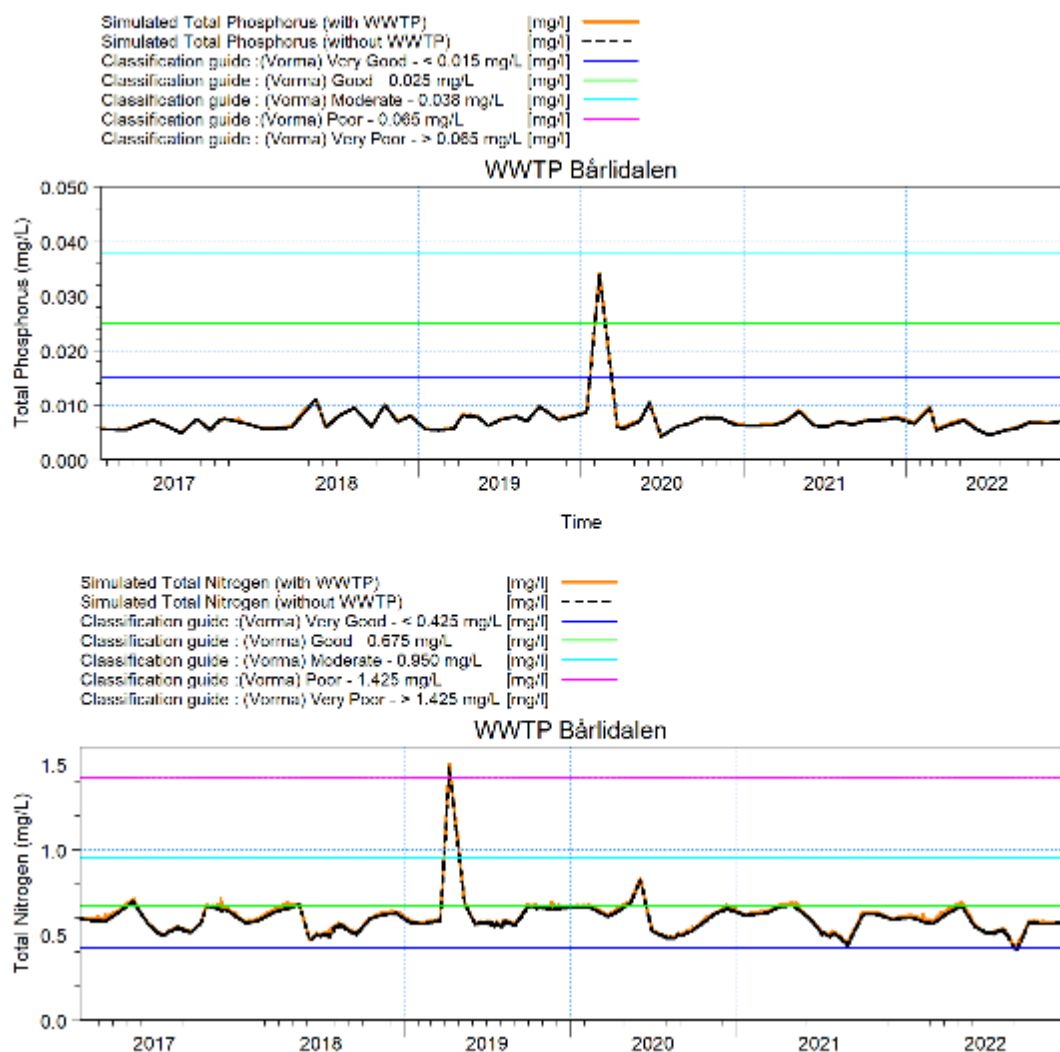
Fosforutslippene fra avløpsrenseanleggene inkluderer blant annet oppløst fosfor, partikulært fosfor og BOF. Utslipp av oppløst ortofosfat, frigjort ortofosfat fra nedbrytning av BOF og frigjort ortofosfat fra partikulært fosfor vil adsorberes til partikler og tas opp i vegetasjonen som en del av fotosyntesen og respirasjonen, og tas opp av sedimenter. Sedimentering og resuspensjon påvirker også det partikulære fosforet i elvene.

Nitrogenutslippene fra renseanleggene består blant annet av ammoniakk, nitrat og BOF. Nedbrytning av organisk materiale og BOF frigjør organisk bundet nitrogen til ammoniakk (ammonifisering). De nedbrytende bakteriene bruker imidlertid noe av nitrogenet til egen vekst. Ammoniakken som frigjøres ved ammonifisering kan tas opp av planter eller nitrifiseres til nitrat. Nitrattet omdannes til slutt til fritt nitrogen som tas opp i atmosfæren gjennom denitrifikasjon. Ammonifisering og nitrifikasjon foregår i de oksygenholdige sonene i vannet. Denitrifikasjon krever imidlertid anoksiske forhold.

4.3 Tilstand og påvirkning i Vorma og Glomma

Basert på resultatene fra simuleringene er det laget tidsserieplott som viser konsentrasjoner totalt fosfor, totalt nitrogen, oksygen og ammoniakk for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra renseanleggene. Samtlige tidsserier er vist i vedlegg D. I dette kapitlet vises kun et utdrag fra resultatene.

Figur 4-9 viser simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen i Vorma rett nedstrøms Bårlidalen renseanlegg for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene.

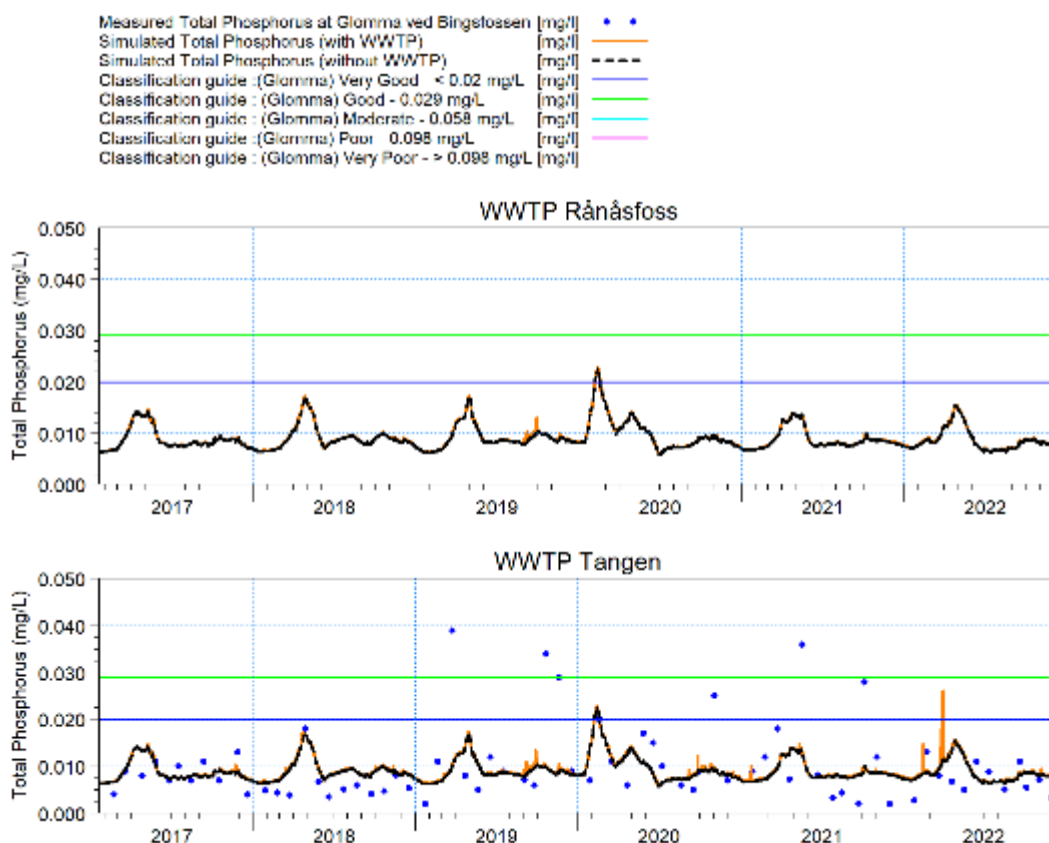


Figur 4-10: Simulerte konsentrasjoner Tot-P og Tot-N i Vorma rett nedstrøms Bårlidalen RA for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

Simulerte verdier for Vorma ligger innenfor klassifiseringen god til svært god tilstand for totalt fosfor, det er en periode i begynnelsen av 2020 der konsentrasjonene øker og ligger innenfor grensene til moderat. Endringen skyldes ikke utslipp fra Minnesund eller Bårlidalen renseanlegg. Utslippene fra renseanleggene øker konsentrasjonene minimalt og bidrar ikke til å endre klassifiseringen.

For totalt nitrogen ser vi liknende resultater som for totalt fosfor. Simulerte konsentrasjoner ligger stort sett innenfor klassegrensen for god tilstand, men i den øvre

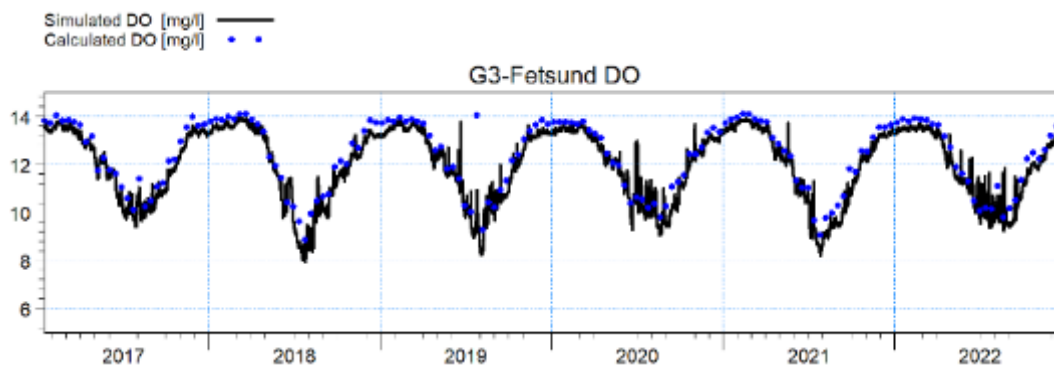
enden av intervallet og er i noen perioder over. I en periode i 2019 øker konsentrasjonene betydelig og ligger innenfor grensene til svært dårlig tilstand. Økningen av konsentrasjonene skyldes ikke utslipp fra renseanleggene. Utslippene fra renseanleggene fører til noe økning i konsentrasjoner totalt nitrogen i Vorma, men ikke nok til å endre klassifisering.



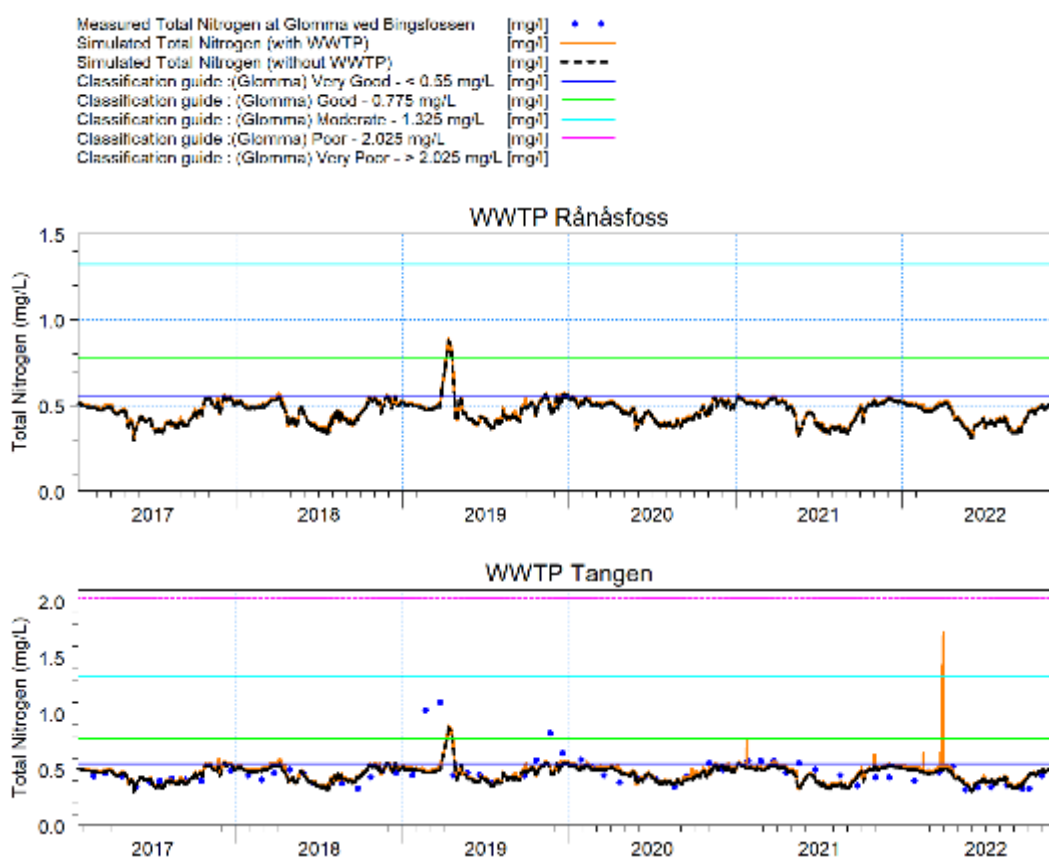
Figur 4-11: Måledata vs. simulerte konsentrasjoner Tot-P i Glomma ved Rånåsfoss og Bingsfoss for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

Figur 4-10 viser observerte og simulerte konsentrasjoner totalt fosfor i Glomma ved Rånåsfoss og Tangen for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene. Resultatene for Glomma mellom Funnefoss og Fetsund ligger innenfor klassegrensen svært god tilstand for totalt fosfor. Man ser en tydelig med trend der konsentrasjonene øker om våren, hvilket skyldes avrenning fra snøsmelting og økt vannføring i Glomma. Konsentrasjonene ligger stort sett innenfor klassegrensen for svært god, men det er en periode i begynnelsen av 2020 der konsentrasjonene øker og ligger innenfor god tilstand. Endringen skyldes ikke utslipp fra avløpsrenseanleggene. Sammenliknet med Vorma bidrar utslippene fra avløpsrenseanleggene til en mer synlig økning i konsentrasjoner i Glomma, men er ikke nok til å endre klassifiseringen. Det er spesielt to hendelser i 2022 som peker seg ut der avløpsrenseanleggenes utslipp øker konsentrasjonene ved Bingsfossen betydelig. Økningen i konsentrasjoner er ikke funnet oppstrøms Tangen. Nærmere gjennomgang av utslippsdataene ved Tangen avdekket målefeil som førte til urealistisk store utslipp. Hendelsene er derfor ikke reelle og kan sees bort i fra i vurderingen av renseanleggenes påvirkning.

Figur 4-11 viser simulerte konsentrasjoner oksygen i Vorma ved Bårlidalen. Modellresultatene viser gode oksygenforhold med minimumsverdier høyere enn klassegrensen for svært god tilstand.



Figur 4-12: Simulert konsentrasjon oksygen i Vorma ved Bårlidalen for perioden 2017-2022

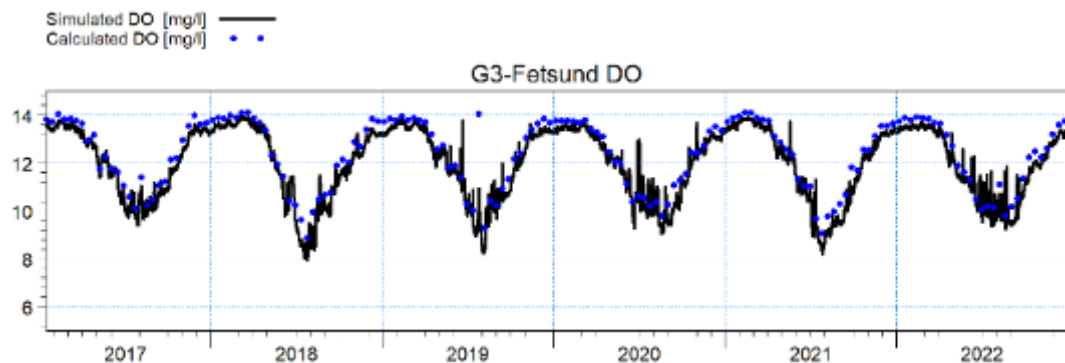


Figur 4-13: Måledata vs. simulerte konsentrasjoner Tot-N i Glomma ved Rånåsfoss og Bingsfoss for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

I Glomma ser man liknende resultater for totalt nitrogen som for totalt fosfor. Simulerte konsentrasjoner ligger stort sett mellom klassegrensen for svært god og god tilstand. I en periode i 2019 øker konsentrasjonene **betydelig og ligger innenfor moderat tilstand**. Økningen av konsentrasjonene skyldes ikke utslipp fra renseanleggene. Utslippene fra renseanleggene fører til noe økning i konsentrasjoner totalt nitrogen i Vorma, men ikke nok til å endre tilstanden. Sammenliknet med Vorma bidrar utslippene fra

avløpsrenseanleggene til en mer synlig økning i konsentrasjoner totalt nitrogen i Glomma. Tilsvarende som for fosfor skyldes hendelsen i 2022 feil i utslippsdataene ved Tangen renseanlegg, og sees bort ifra ved vurdering av renseanleggenes påvirkning.

Figur 4-13 viser simulerte konsentrasjoner oksygen i Glomma ved Fetsund bru. Modellresultatene viser gode oksygenforhold med minimumsverdier høyere enn klassegrensen for svært god tilstand. Modellen viser gode oksygenforhold i Glomma med minimumsverdier som er langt høyere enn klassegrensen for svært god tilstand.



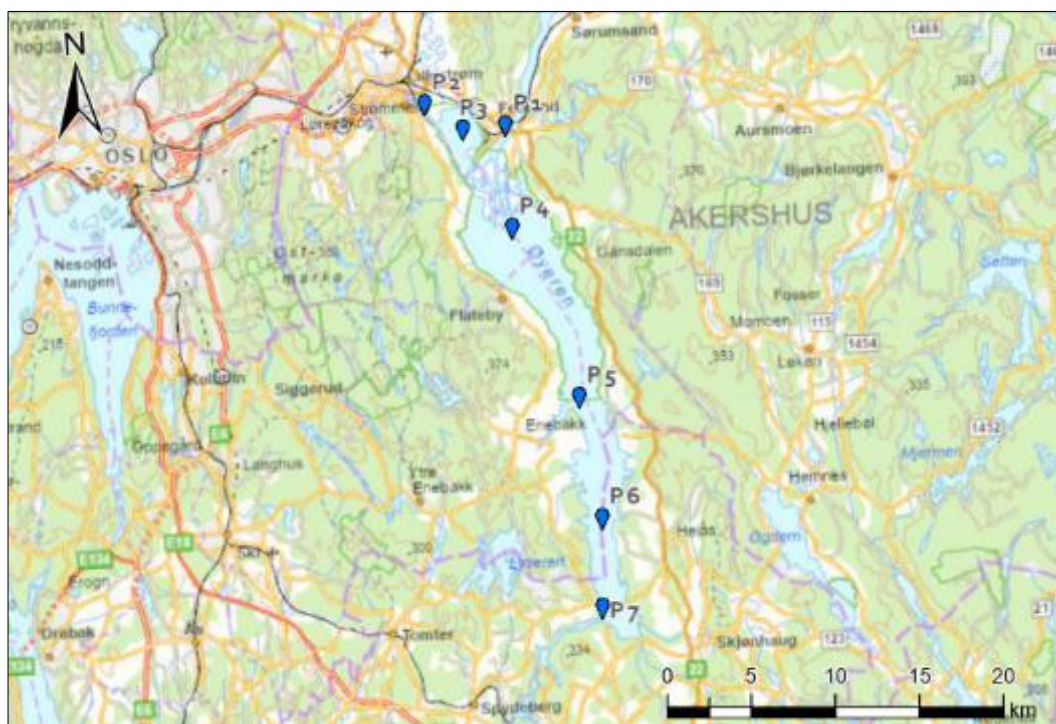
Figur 4-14: Simulert konsentrasjon oksygen i Glomma ved Fetsund for perioden 2017-2022

4.4 Tilstand og påvirkning i Øyeren

Basert på resultatene fra modellen er det laget tidsserieplott, 2D statistiske kart og vertikale profiler som viser konsentrasjonen av totalt fosfor, totalt nitrogen, ammoniakk, oksygen, klorofyll a og total organisk karbon for perioden 2017-2022 med og uten utslippene fra avløpsrenseanleggene. Dybden varierer i Øyeren og det er derfor produsert tidsserier og kart for både overflaten og bunnlaget. I dette kapitlet vises kun utdrag fra resultatene. Samtlige resultater er vist i vedlegg D.

Tidsseriene er laget for følgende punkter:

1. Glomma ved Fetsund bru (G3), modellens nordøstre grense
2. Nitelva og Leira oppstrøms Svellet, modellens nordvestre grense
3. Svellet (ØY6)
4. Rett nedstrøms deltaet der Svellet og Glomma møtes
5. Øyeren ved Kirkebygda sentralrenseanlegg
6. Øyeren (P-ØSØY1)
7. Utløpet av Øyeren ved Mørkfoss, modellens nedstrøms grense

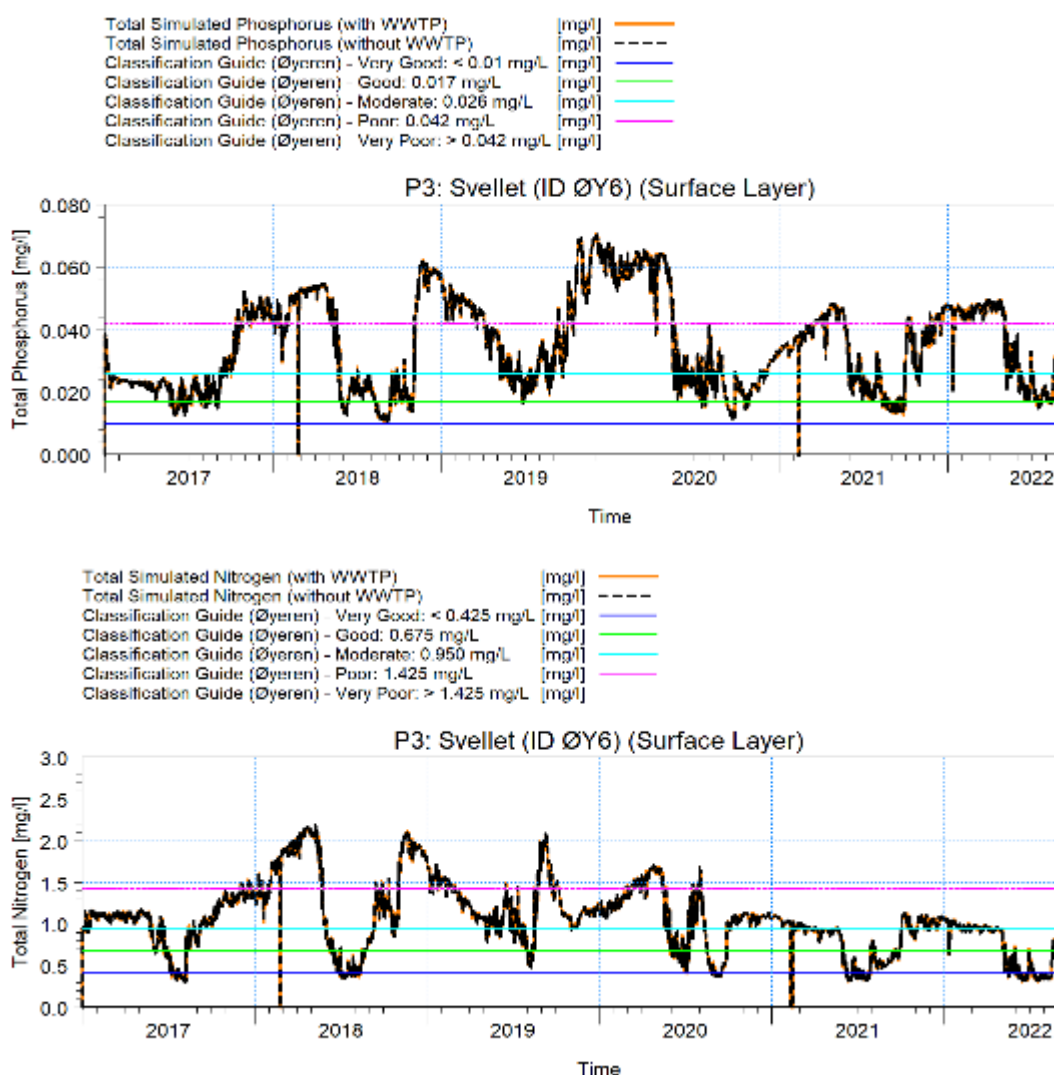


Figur 4-15: Plassering av punkter for tidsserieplott

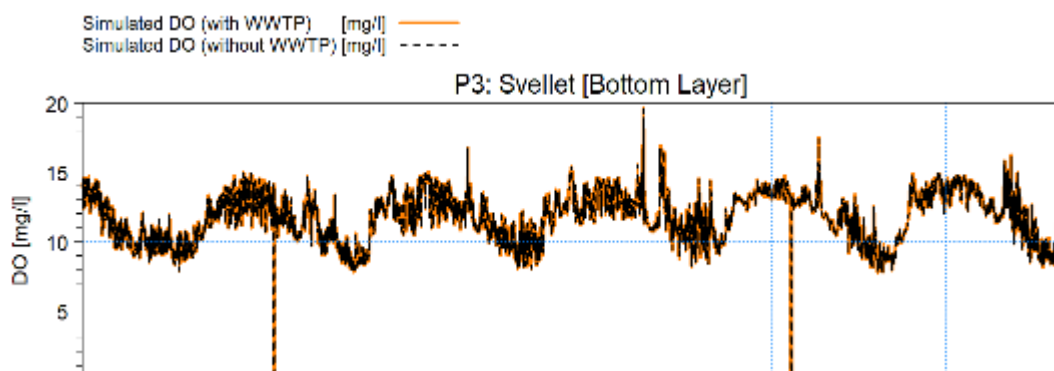
De 2-dimensjonale kartene viser ulike statistiske tall for ulike vannkvalitetsparametere (se Tabell 4-6). Det er laget kart med og uten utslipp fra avløpsrensaneanleggene, samt differansekart som illustrerer påvirkningen til anleggene.

Variasjonene i morfologiske og hydrologiske forhold bidrar til et variert spekter av vannkvalitetsforhold Øyeren. Den nordre delen av Øyeren har elveliknende egenskaper med korte oppholdstider, beskjedne dybder og den deltaliknende plattformen Svellet som går i samløp med Glomma. Den søndre delen er langt dypere med tydelig lagdeling i vekstsesongen. Øyerens økosystem i nord er mesotroft og produktivt mens den søndre delen er oligotroft.

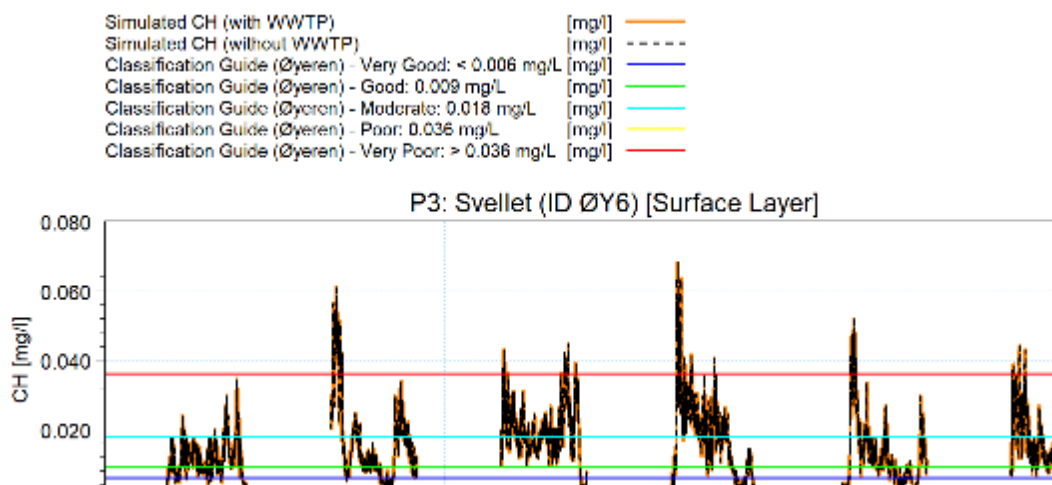
Modellresultatene viser at næringsstoffene er konsentrert i det grunne deltaområdet i nordlige delen av Øyeren (Svellet). Figur 4-15 viser simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen i overflatelaget i Svellet perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrensaneanleggene. Figur 4-16 og Figur 4-17 viser henholdsvis simulerte konsentrasjoner oksygen og klorofyll a. Konsentrasjoner i Svellet før samløpet med Glomma klassifiseres som dårlig til svært dårlig for totalt fosfor, totalt nitrogen og klorofyll a. Oksygenforholdene kan klassifiseres som svært gode.



Figur 4-16: Simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen overflaten i punkt 3 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.

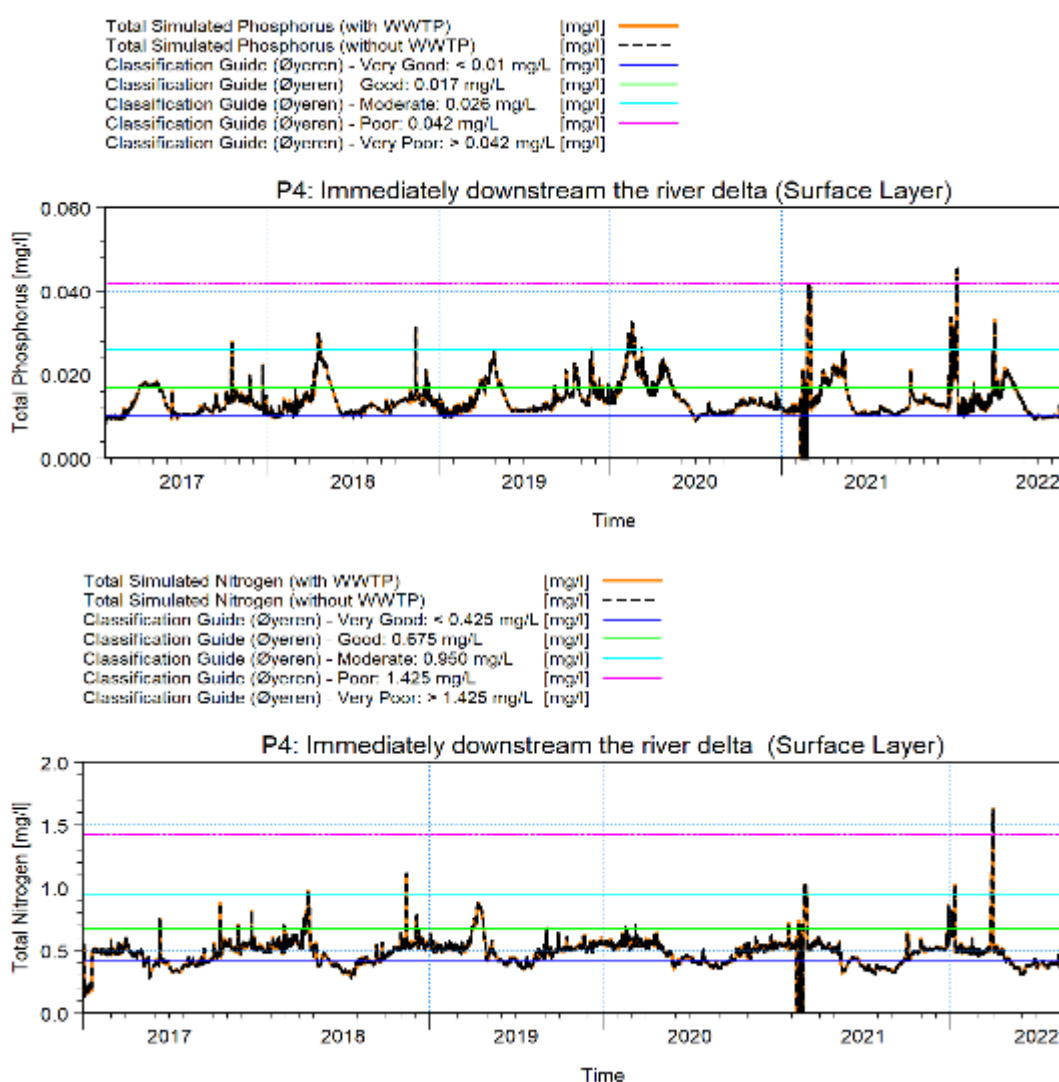


Figur 4-17: Simulerte konsentrasjoner oksygen i punkt 3 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

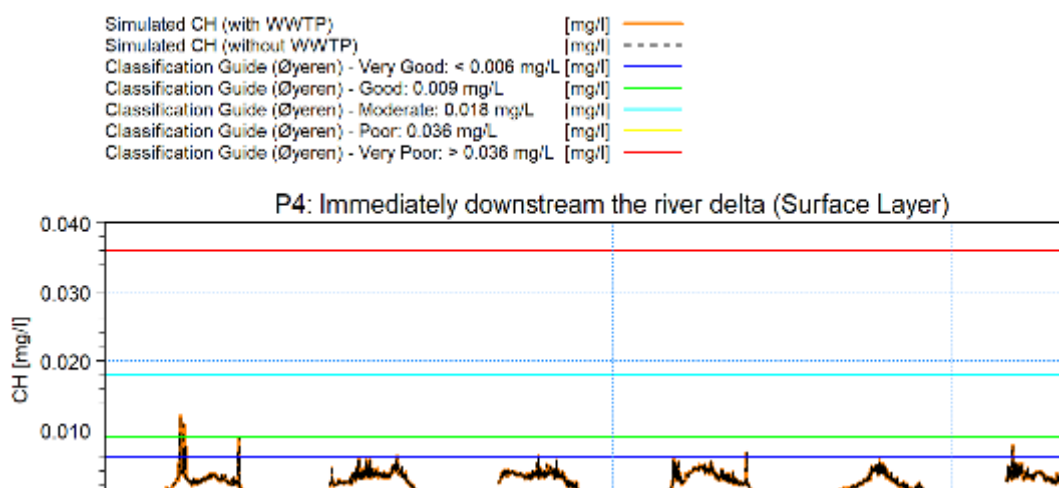


Figur 4-18: Simulerte konsentrasjoner klorofyll a i punkt 3 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

Nedstrøms samløpet med Glomma ser vi en tydelig forbedring i vannkvaliteten. Figur 4-18 viser simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen i et punkt rett nedstrøms samløpet med Svellet og Glomma for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene. Figur 4-19 og Figur 4-20 viser henholdsvis simulerte konsentrasjoner oksygen og klorofyll a. Sammenliknet med Svellet er tilstanden klart bedre og ligger innenfor grensene for god til moderat for totalt fosfor og totalt nitrogen. Oksygenforholdene er svært gode og konsentrasjonen klorofyll a kan klassifiseres som god til svært god.



Figur 4-19: Simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen i punkt 4 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.

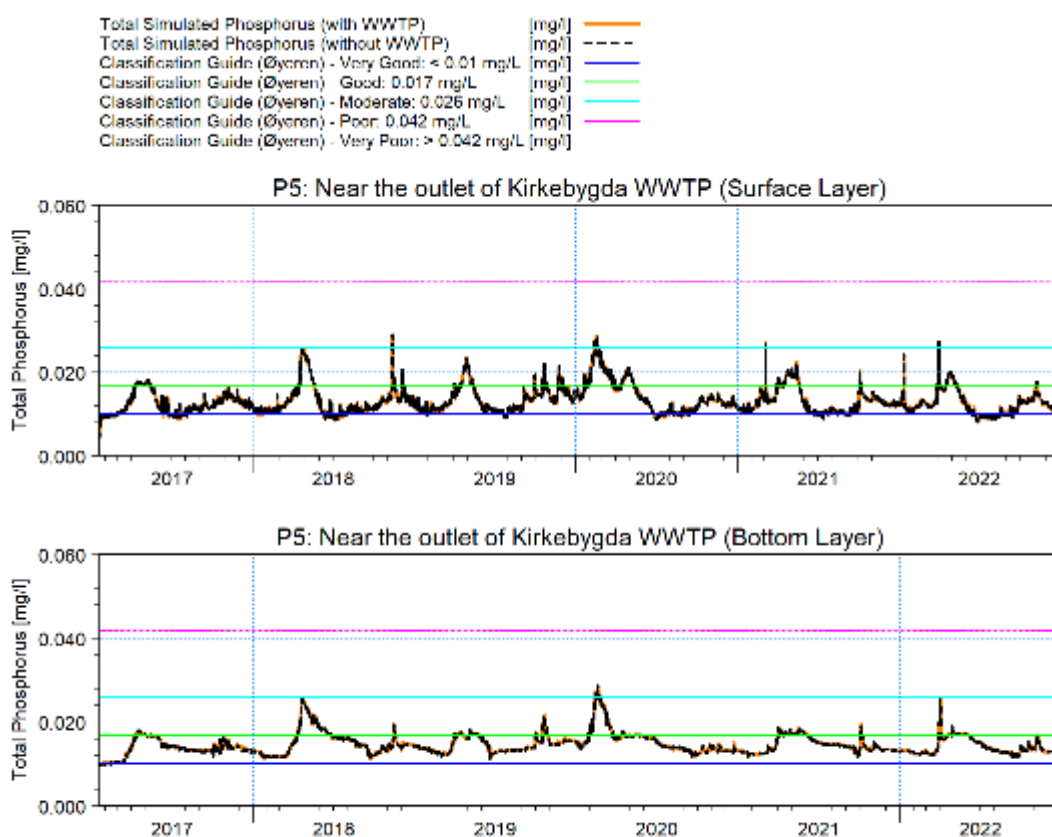


Figur 4-20: Simulerte konsentrasjoner klorofyll a i punkt 4 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

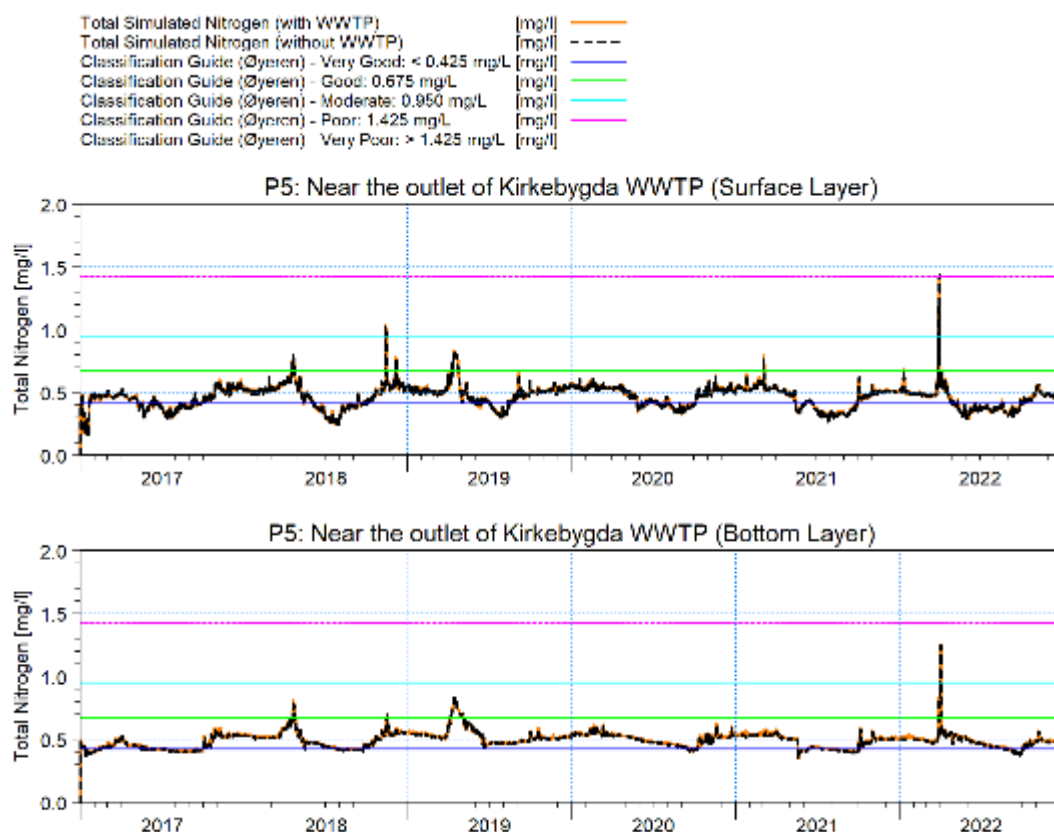


Figur 4-21: Simulerte konsentrasjoner oksygen i punkt 4 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg

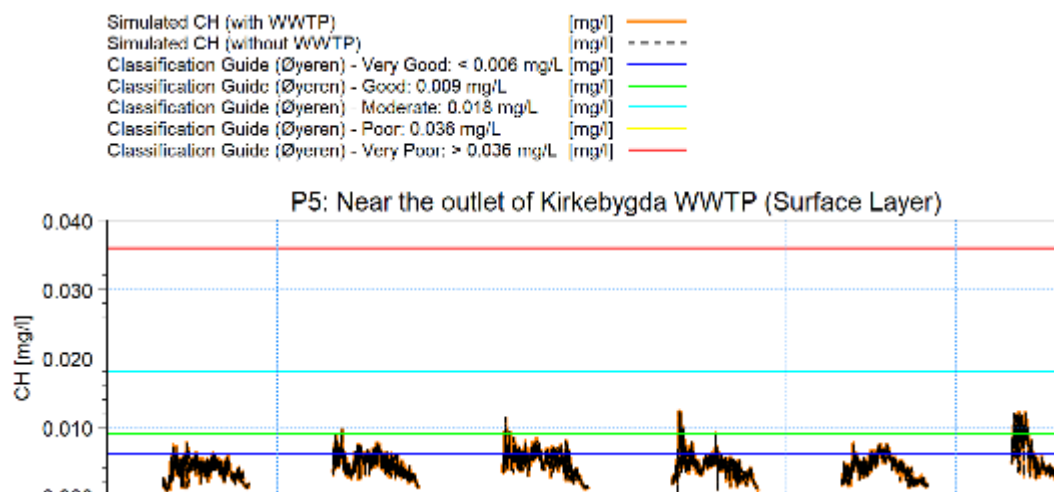
Beveger man seg lenger nedstrøms i Øyeren nær utløpet til Kirkebygda sentralrenseanlegg ser vi en ytterligere forbedring i vannkvaliteten. Figur 4-21 og Figur 4-22 viser simulerte konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen i overflaten og bunnlaget ved anlegget for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene. Figur 4-23 og Figur 4-24 viser henholdsvis simulerte konsentrasjoner oksygen og klorofyll a. Konsentrasjonene totalt fosfor og totalt nitrogen er innenfor grensene for moderat til god klassifisering både i overflaten og bunnlaget. Oksygenforholdene er svært gode og konsentrasjonene klorofyll a kan klassifiseres som god til svært god.



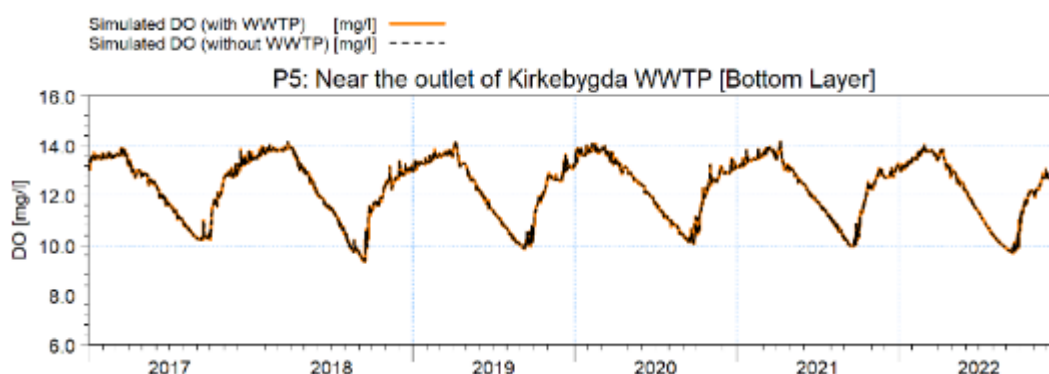
Figur 4-22: Simulerte konsentrasjoner totalt fosfor i overflaten og bunnlaget ved punkt 5 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.



Figur 4-23: Simulerte konsentrasjoner totalt nitrogen i overflaten og bunnlaget ved punkt 5 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.

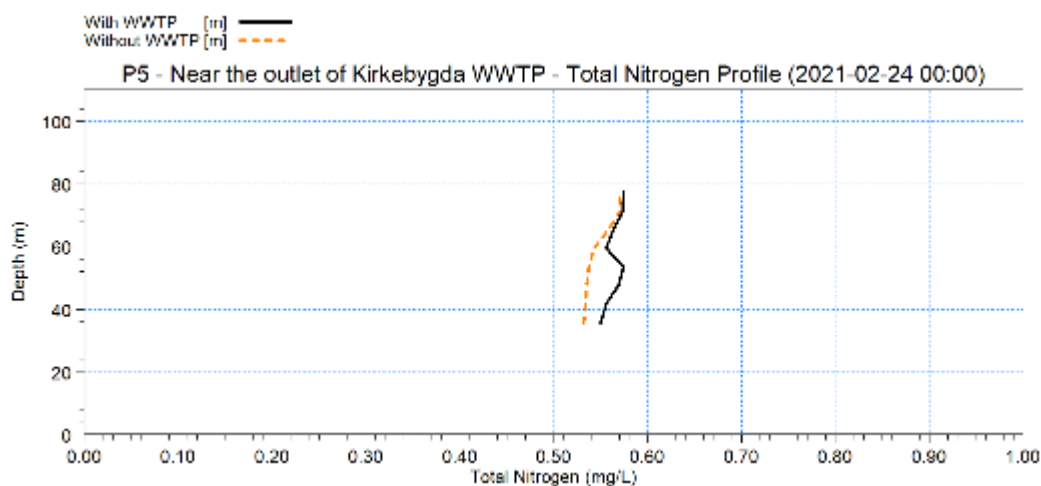


Figur 4-24: Simulerte konsentrasjoner klorofyll a i overflaten ved punkt 5 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.

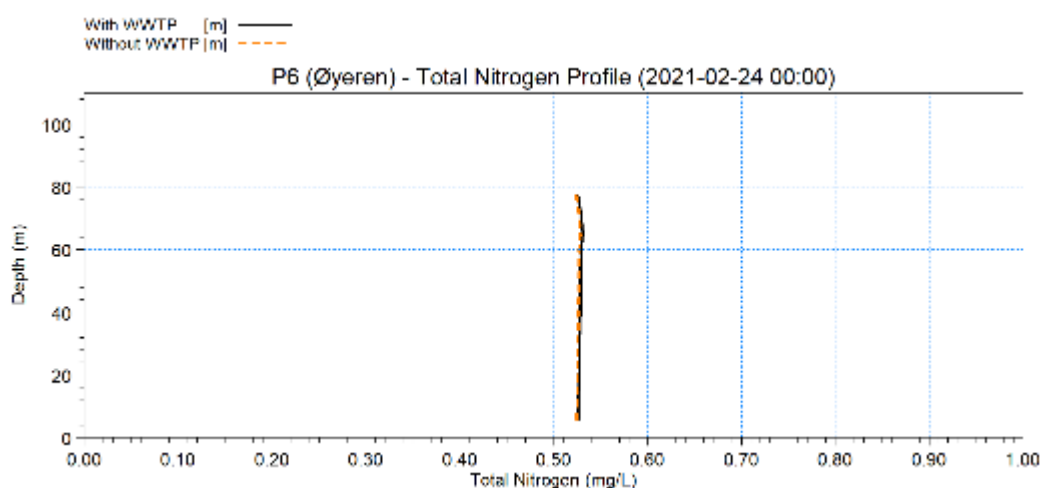


Figur 4-25: Simulerte konsentrasjoner oksygen i bunnlaget ved punkt 5 for perioden 2017-2022 med og uten avløpsrenseanlegg.

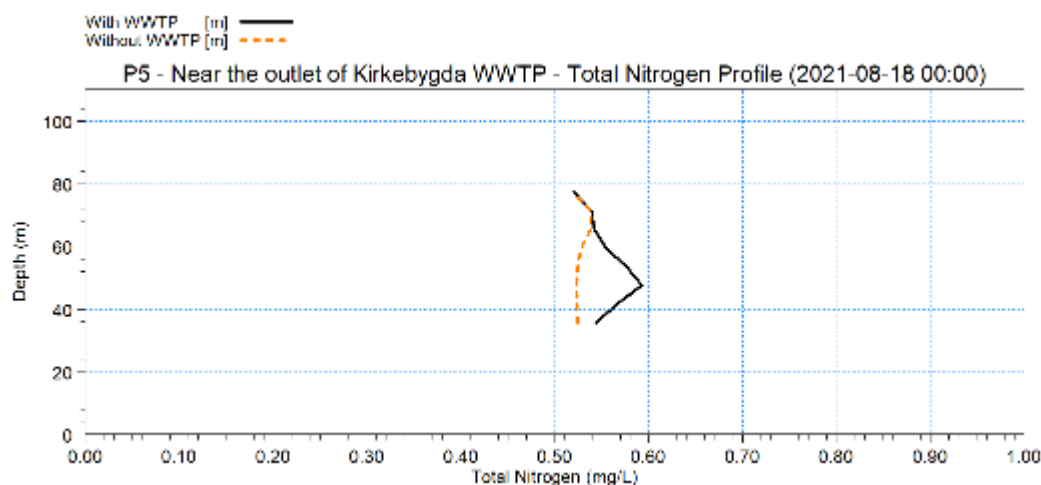
For en nærmere vurdering av Kirkebygda sentralrenseanleggs påvirkning er konsentrasjonen av ulike næringsstoffer i vertikalprofilen til punkt 5 og 6 analysert. 2021 er valgt ut siden utslippene fra Kirkebygda var størst dette året. Figur 4-25 - Figur 4-28 viser variasjonen av totalt nitrogen med dybden i punkt 5 og 6 med og uten utslipp fra Kirkebygda den 24. februar 2021 og 18. august 2021. For scenariene som inkluderer utslippet fra anlegget ser man en økning i konsentrasjonene ved kote 78 ved punkt 5 der utløpet til anlegget er plassert. Studerer man vertikalprofilen i punkt 6 nedstrøms ser man minimale forskjeller i konsentrasjonene mellom simuleringene med og uten utslipp fra renseanlegget. Resultatet tyder på at påvirkningen fra renseanlegget er svært lokal og avtar nedstrøms i Øyeren. Ser man på øvrige tilstandsvariabler i punkt 5 og 6 ser man ingen forskjell i konsentrasjonene med og uten utslipp fra Kirkebygda.



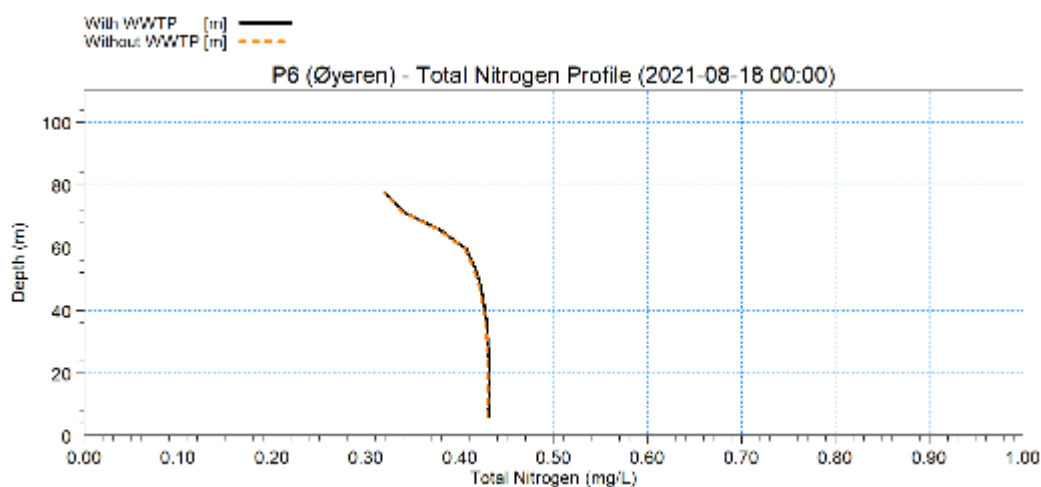
Figur 4-26: Vertikalprofil konsentrasjon totalt nitrogen 24. februar 2021 ved Kirkebygda RA (punkt 5)



Figur 4-27: Vertikalprofil konsentrasjon totalt nitrogen 24. februar 2021 ved P-ØSØY1 (punkt 6)



Figur 4-28: Vertikalprofil konsentrasjon totalt nitrogen 18. august 2021 ved Kirkebygda RA (punkt 5)



Figur 4-29: Vertikalprofil konsentrasjon totalt nitrogen 18. august 2021 ved P-ØSØY1 (punkt 6)

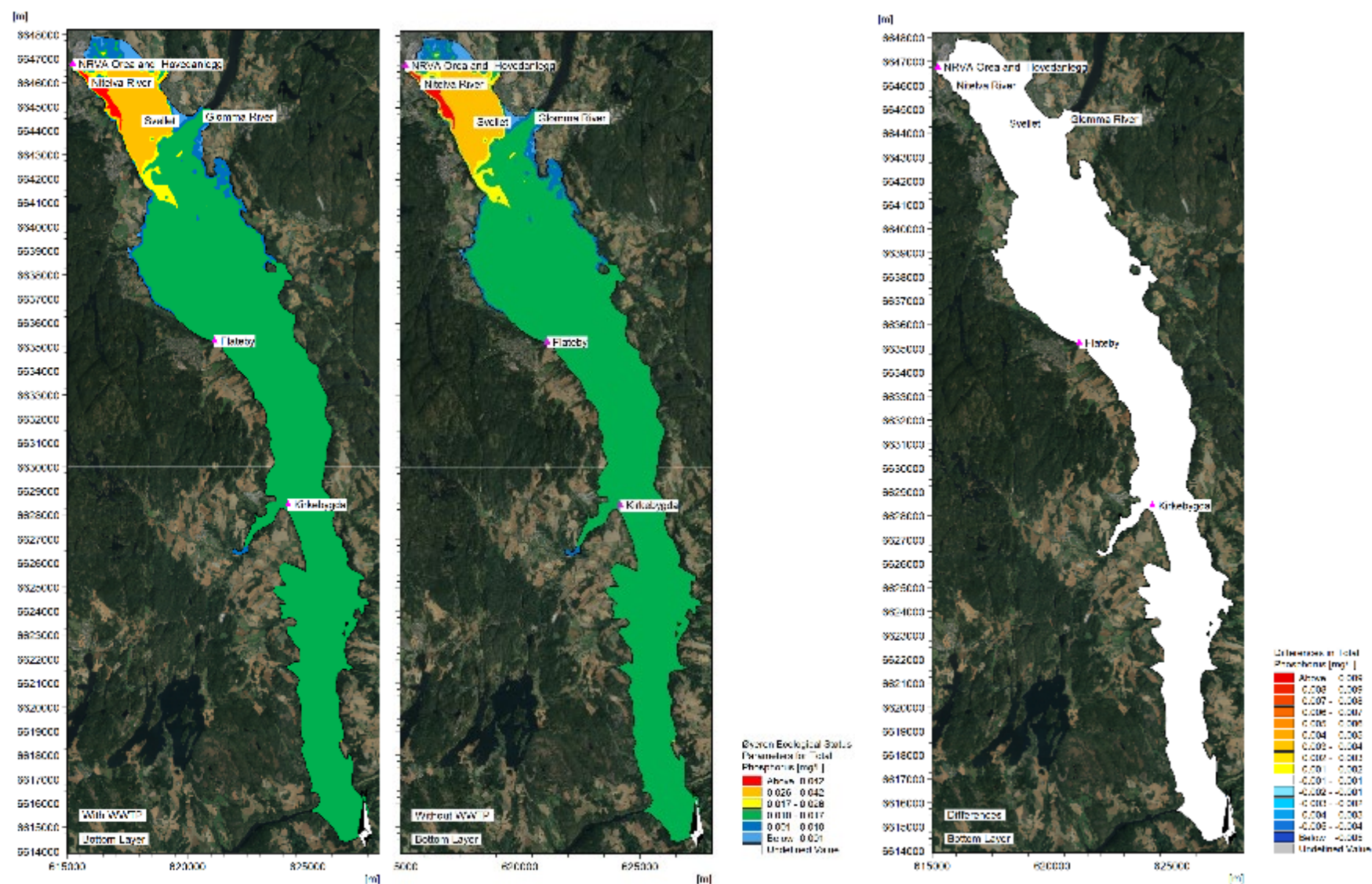
Det er laget 2D resultatkart for totalt fosfor, totalt nitrogen, ammoniakk + ammonium, oksygen, klorofyll a og totalt organisk karbon i Øyeren. Kartene viser ulike statistiske tall (se Tabell 4-6) for hver parameter basert på simuleringen av 2017-2022 med og uten utslippene fra renseanleggene. Differansekartene viser forskjellen i konsentrasjonene mellom scenariene. Samtlige 2D resultatkart er vist i vedlegg C. Her vises kun utdrag.

Figur 4-29 og Figur 4-30 viser 2D kart over middelverdien til konsentrasjonene for totalt fosfor i overflaten og bunnlaget til Øyeren for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra renseanleggene. Figur 4-31 og Figur 4-32 viser samme kart for totalt nitrogen. Kartene viser at middelverdien av konsentrasjonene varierer i de ulike delene av innsjøen. Middelverdien av konsentrasjonene totalt fosfor og totalt nitrogen i Svellet tilsvarer en dårlig til svært dårlig tilstand. I resten av Øyeren ligger konsentrasjonene innenfor moderat til god klassifisering. Differansekartet viser at utslippene fra renseanleggene bidrar til endringer i konsentrasjoner i Øyeren som nesten ikke er synlige for totalt fosfor. For totalt nitrogen er endringene i konsentrasjoner mer synlige med størst økning i bunnlaget ved Flateby og Kirkebygda renseanlegg. Kartene med 90-persentilen for ammoniakk + ammonium viser verdier som tilsvarer klassegrensen svært god tilstand i hele Øyeren utenom Svellet som er god.

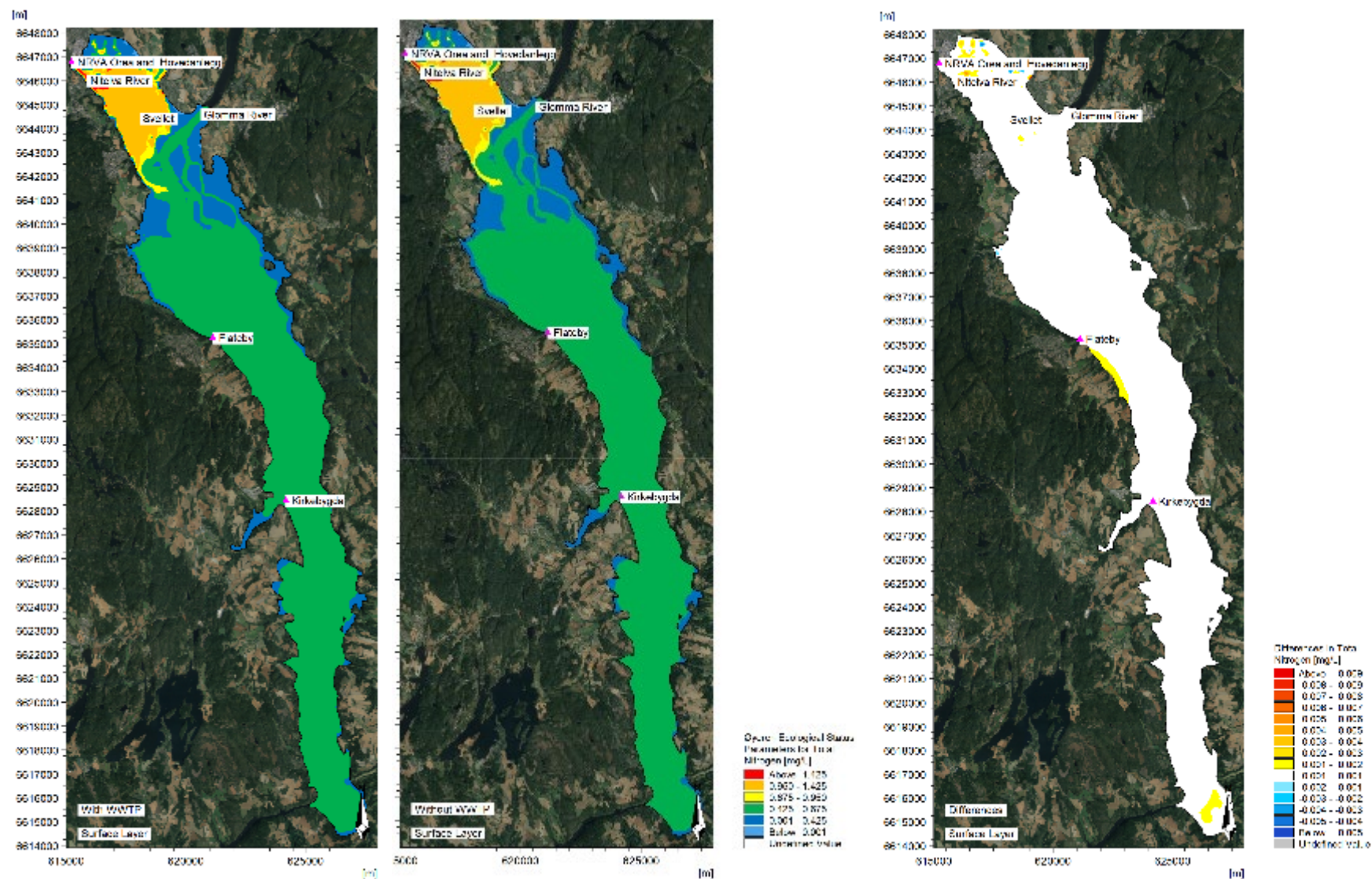
Ser man på resultatkartene for oksygen, både 5- og 50-persentilen i overflaten og bunnlaget, ligger hele Øyeren innenfor klassegrensen for svært god tilstand. Differansekartene viser ingen endringer mellom simuleringene med og uten utslipp fra renseanleggene. For klorofyll a i overflaten ligger middelverdien i hele Øyeren innenfor klassegrensen til svært god tilstand utenom Svellet som har moderat. Noen områder, spesielt i Svellet, er det tydelige forskjeller i konsentrasjoner med og uten utslipp fra renseanleggene. De tydeligste forskjellene i resultater med og uten utslipp ser man i kartene for middelverdien av TOC. Differansekartene viser tydelige økninger i konsentrasjoner i både overflaten og bunnlaget ved Flateby og Kirkebygda renseanlegg.

Økningen i konsentrasjoner som følge av utslippene fra avløpsrenseanleggene bidrar ikke til å endre tilstandsklassifiseringen for noen av parameterne.

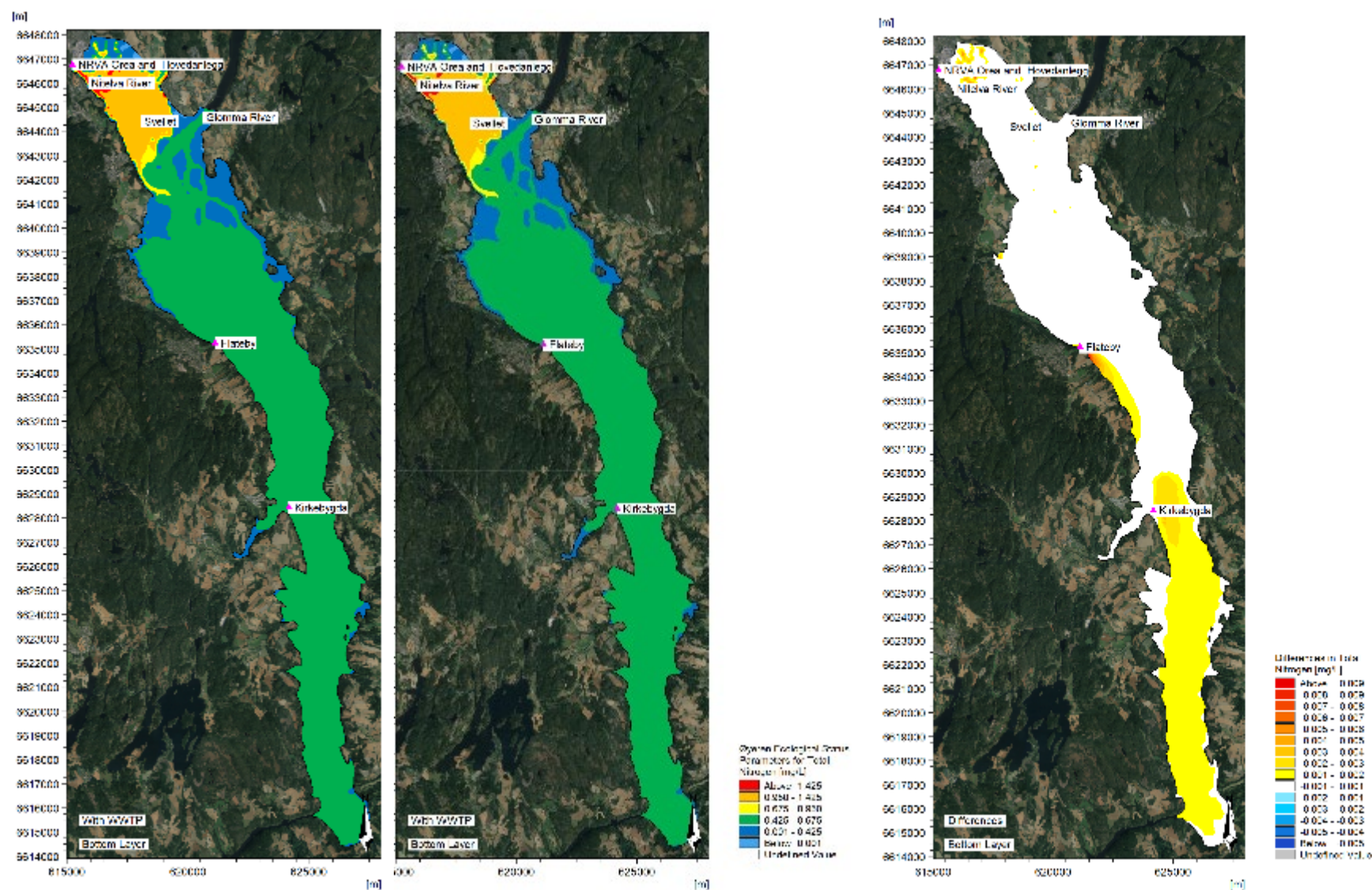




Figur 4-31: Middelverdi av totalt fosfor i bunnen av Øyeren for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene (differansekart vist til høyre).



Figur 4-32: Middelverdi av totalt nitrogen i overflaten til Øyeren for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrensaneanleggene (differansekart vist til høyre).



Figur 4-33: Middelverdi av totalt nitrogen i bunnen av Øyeren for perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene (differansekart vist til høyre).

Resultatene fra simuleringene viser et tydelig skille i tilstanden til Svellet og resten av Øyeren, men det skyldes ikke utslippene fra renseanleggene. Videre viser resultatene forskjeller i konsentrasjoner mellom overflaten og bunnlaget i den søndre delen av Øyeren. Den vertikale fordelingen av vannkvalitetsparametere inkludert oksygen, klorofyll-a og næringsstoffer, varierer mellom de ulike lagene i innsjøen og årstidene. Det er en gjennomgående tendens til høyere konsentrasjoner i overflatelaget i vekstsesongen. Fenomenet skyldes først og fremst fotosyntesen og algeaktiviteten som drives av sollyset. Avhengigheten av sollys skaper merkbare forskjeller i konsentrasjonene i vannsøylen, og de største variasjonene observeres vanligvis om sommeren. Om høsten og vinteren er det fullsirkulasjon i Øyeren, og en ser av vertikallprofiler i punkt 5 og 6 at konsentrasjonene varierer mindre med dybden. Ved noen tidspunkt er konsentrasjonene like i overflaten og bunnlaget.

Utslippene fra renseanleggene fører ikke til at tilstandsklassifiseringen for de vurderte vannkvalitetsparametere endres, men fører til mindre økninger:

- **Totalt fosfor - middelvei:** Øker med mindre enn 0.001 mg/L i overflaten og bunnlaget
- **Totalt nitrogen - middelvei:** Øker med 0.001 - 0.006 mg/L i overflaten og øker med 0.001 - 0.009 mg/L i bunnlaget
- **NH₃+NH₄ - 90-persentil:** Øker med mindre enn 0.001 mg/L
- **Oksygen - 5- og 50-persentil:** Reduserer med mindre enn 0.1 mg/L
- **Klorofyll-a – Middelvei overflaten (Mai – Oktober):** Øker med 0.001 - 0.015 mg/L i (størst i nordre del av Øyeren)
- **Totalt organisk karbon (TOC)- middelvei:** Øker med 0.001 – 0.004 mg/L i overflaten og øker med 0.001- 0.028 mg/L i bunnlaget

4.5 Oppsummering og diskusjon

Vannkvalitetsmodellene er benyttet til å simulere perioden 2017-2022 med og uten utslipp fra avløpsrenseanleggene. Resultatene fra modellen er benyttet til å lage en rekke ulike plott, kart og statistiske tall. Videre kan resultatene benyttes som støtte til klassifisering av miljøtilstanden i vassdragene. Merk at det ikke anbefales at klassifisering baserer seg på modellresultater alene. Analysene av resultatene konkluderer med følgende:

- **Vorma.** Tilstanden kan klassifiseres som svært god for totalt fosfor, god til moderat for totalt nitrogen og svært god for ammoniakk+ammonium. Det er gode oksygenforhold i elven, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. Resultatene sammenfaller med informasjonen i Vann-Nett Portal. Utslippene fra Minnesund og Bårlidalen renseanlegg står for ca. 1.5 % av mengdene totalt fosfor og totalt nitrogen i resipienten. Renseanleggene har liten påvirkning på resipienten og utslippene er ikke store nok til å endre tilstandsklassifiseringen for de vurderte vannkvalitetsparametere.
- **Glomma.** Simulerte verdier ligger innenfor klassifiseringen svært god for totalt fosfor og svært god til god for totalt nitrogen og svært god for ammoniakk+ammonium. Det er gode oksygenforhold i elven, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. Resultatene sammenfaller med informasjonen i Vann-Nett Portal. Utslippene fra Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss og Tangen renseanlegg står for ca. 2 % av mengdene totalt fosfor og ca. 4 % av totalt nitrogen. Avløpsrenseanleggene gir noe økte konsentrasjoner, spesielt ved overløpshendelser. Renseanleggene har liten påvirkning på resipienten og utslippene er ikke store nok til å endre tilstandsklassifiseringen for de vurderte vannkvalitetsparametere.

- **Øyeren.** Det er et tydelig skille i tilstanden mellom Svellet og resten av Øyeren. Tilstanden i Svellet kan klassifiseres som svært dårlig til dårlig for totalt fosfor og totalt nitrogen, moderat for ammoniakk+ammonium og moderat til dårlig for klorofyll a. Det er gode oksygenforhold i innsjøen, konsentrasjonene er langt over klassegrensen for svært god tilstand. I resten av Øyeren ligger konsentrasjonene innenfor klassegrensene til god, hvilket samsvarer med Vann-Nett Portal. Minnesund, Bårlidalen, Fjellfoten, Rånåsfoss, Tangen, NRA, OREA, Flateby og Kirkebygda renseanlegg står for ca. 2 % av totalt fosfor og ca. 3 % av totalt nitrogen i resipienten. Utslippene fører til mindre økninger i konsentrasjoner i innsjøen, mest fremtredende fra Flateby RA og videre nedstrøms. Renseanleggene har liten påvirkning på resipienten og utslippene er ikke store nok til å endre tilstandsklassifiseringen av de vurderte vannkvalitetsparameterne.
- **Massebalanseberegninger** viser at fysisk-kjemiske og biologiske prosesser bryter ned og omdanner deler av næringsstoffene fra utslippene til avløpsrenseanleggene. Det er estimert at ca. 30-65% av fosforutslippene og 60-70% av nitrogenutslippene fra renseanleggene transporteres videre nedstrøms i Glomma. Fosfor- og nitrogenutslippene fra renseanleggene som omsettes i elvene og Øyeren tilsvarer 0.5-1.0 % av de totale utslippene (alle kilder), hvilket ligger innenfor modellens usikkerhetsområde. Merk at modellene estimerer omsetningen av en potensiell stoffmengde fra avløp i resipienten uavhengig av kilde. I virkeligheten vil avløpsutslippene som omsettes ikke nødvendigvis bare stamme fra renseanleggene, men også spredt avløp og overløp fra avløpsnett mellom Minnesund og Mørkfoss. Derfor er andelen av utslippene fra renseanleggene som omsettes er trolig noe mindre.
- **Omsetning av næringsstoffer** estimert med DHIs modeller er sammenliknbare med resultatene fra NIVAs TEOTIL-modell som estimerer ca. 2% nitrogentap i Øyeren [5]. DHIs modeller og TEOTIL er konseptuelt vidt forskjellige, har svært ulik oppløsning i både tid og rom, hvilket fører til at de har ulike anvendelsesområder. TEOTIL antar konservativt ingen omsetning av næringsstoffer i elver. Det oppgis også at tilbakeholdelsen av fosfor og nitrogen i vassdragene er en betydelig kilde til usikkerhet i TEOTIL [5]. DHIs resultater antyder også omsetning av totalt fosfor og totalt nitrogen i elvene, men det er som forventet størst omsetning i Øyeren.

5 Videre bruk av modellene

Modellene av Vorma, Glomma og Øyeren er utviklet og kalibrert basert på en rekke data fra perioden 2017-2022. Resultatene viser god overenstemmelse observerte hydrologiske data og data fra miljøovervåkingen av vassdragene. Selv med gode kalibreringsresultater er det fortsatt usikkerhet knyttet til resultatene, og modellen har flere forbedringspotensialer:

- **Data fra avløpsrenseanleggene.** Hvilke parametere som måles og målefrekvensen varierer mellom anleggene som er inkludert i studiet. Ved noen av anleggene gjennomføres prøvetaking av utslippene to ganger i måneden. Enkelte har ikke prøvetaking av overløp. Noen av anleggene måler ikke utslippskonsentrasjoner av totalt nitrogen. Nødvendige inndata til modellen har derfor måttet utledes basert på antagelser. Høyere målefrekvens, flere målte parametere og mer konsistent måleprogram mellom anleggene vil bidra til å redusere usikkerhetene.

- **Miljøovervåkningsdata.** Modellene dekker et stort geografisk område, men er kalibrert mot relativt få målestasjoner og observerte data. Etablering av flere målestasjoner med hyppigere prøvetaking vil legge grunnlag for en bedre kalibrert modell.
- **Sedimenter generelt.** Sedimenter spiller en avgjørende rolle for den økologiske dynamikken i akvatiske økosystemer, og derfor viktig inngangsdata til vannkvalitetsmodellene. Å forstå hvordan næringsstoffer lagres i sedimenter og frigjøres i vannsøylen er viktig for å kunne modellere næringssyklusen i økosystemene på en god måte. Det ble ikke funnet sedimentdata fra vassdragene som kunne benyttes ved utvikling av modellene, og derfor er modellene satt opp basert på antagelser, litteratur og erfaringstall. For å redusere usikkerhetene i modellen anbefales det å gjennomføre et sedimentmåleprogram.
- **Lokal avrenning.** Modellens grenser består av tidsserier på hydrologiske data og vannkvalitetsdata ved Vorma ved Minnesund, Glomma ved Funnefoss, Leira og Nitelva. Lokal avrenning fra land, **spredt avløp, overløp fra avløpsnett** og andre diffuse kilder mellom grensene er ikke inkludert i modelloppsettet, hvilket man tydelig ser av kalibreringen. Flere episoder med høye konsentrasjoner totalt fosfor og totalt nitrogen fanges ikke opp av modellen. Dette skyldes antageligvis manglende beskrivelse av nedbørfelt og avrenning av næringsstoffer mellom Minnesund og Mørkfoss. Det er mulig å utvide modellen med en slik beskrivelse.
- **Vannkvalitetsmodellen av Vorma og Glomma.** Modellen har en forenklet beskrivelse som per i dag ikke inkluderer beskrivelse av eutrofiering.
- **Vannkvalitetsmodellen av Øyeren.** Nordøstre grense er satt ved samløpet mellom Nitelva og Leira. For en bedre beskrivelse av elvene og Svellet anbefales det å utvide modellen oppstrøms grense til å inkludere større deler av Nitelva, Leira og Sagelva.

Formålet til modellene er å analysere resipientenes nåværende tilstand og påvirkningen fra avløpsrenseanleggene på strekningen. Modellene utgjør et fleksibelt rammeverk som er enkelt å bygge videre på, utvide og tilpasse med beskrivelse av f.eks. flere biologiske prosesser, bakterier, tungmetaller, mikroforurensninger m.m. Modellene er svært godt egnet til en rekke ulike analyser som blant annet:

- Endringer i arealbruk, befolkningsvekst og utslippsmengder
- Endringer i renseprosesser og sammensetningen av avløpsvannet ved hvert anlegg
- Flytting av utslippspunkt og/eller renseanlegg
- Simulering av ulykkessituasjoner med utslipp av store forurensningsmengder ifm. beredskapsplanlegging
- Analyse av vannkvalitet for drikkevannsformål og bading
- Modellene kan benyttes om grunnlag for å utvikle et sanntidssystem for visning vannkvaliteten i resipienten og prognoser flere dager frem i tid

6 Referanser

- [1] NIVA, RAPPORT L.NR. 7723-2022. Utredning av behovet for å redusere tilførsene av nitrogen til Ytre Oslofjord, 2022.
- [2] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Norsk overvåkningsprogram for vassdrag - status og trender for vannkvalitet 2018, 2019.
- [3] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Norsk overvåkningsprogram for vassdrag - status og trender for vannkvalitet i 2020, 2021.
- [4] Direktoratgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, Klassifiseringsveileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver., 2018.
- [5] NIVA, RAPPORT L.NR. 7723-2022 Utredning av behovet for å redusere, 2022.
- [6] DHI, «MIKE 3 Flow Model FM - Hydrodynamic and Transport Module - Scientific Documentation,» 2023.
- [7] DHI, *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Mud Transport Module Scientific Documentation*, Hørsholm: DHI, 2021.
- [8] DHI, «Hydrodynamic Model of North Sea and UK Waters (UKNS2), Setup and Validation, version 2,» 2018.
- [9] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Norsk overvåkningsprogram for vassdrag - status og trender for vannkvalitet i 2019, 2020.
- [10] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Norsk overvåkningsprogram for vassdrag - status og trender for vannkvalitet 2021, 2022.

VEDLEGG

VEDLEGG A – Oppsett og validering av den hydrodynamiske modellen av Øyeren

A Oppsett og validering av den hydrodynamiske modellen

I dette vedlegget er valideringen av den hydrodynamiske modellen presentert. Her er MIKE 2023 [6] brukt til beregningene.

A.1 Input til modellen

Til prosjektet er to typer modeller benyttet; en hydrodynamisk modell til beregning av strømmingen i Øyeren og brukt videre til den biokjemiske modellen. Simuleringsperioden er 1. januar 2017 til 31. desember 2022.

Til forsering av den hydrodynamiske modellen er det brukt atmosfæriske forhold som påvirker Øyeren-systemet gjennom grensene fra innløpet og utløpet til Glomma, Nitelva, Leira og Sagelva (hentet ifra NVEs hydrologiske målestasjoner) og lokalt gjennom vindspenning, lufttrykkvariasjoner, nedbør / fordampning og varmevekslingsprosesser som virker direkte på vannoverflaten og påvirker dermed sirkulasjon, stratifisering og vannbalanse.

Grensedataene for grensen inneholder vannstand (1D) (Øyeren v/ Mørkfoss), elveutløp (1D) (Leira/Nitelva og Glomma) og temperaturer (1D).

Den atmosfæriske tvingingen av modellen består av tidsvarierende felt med følgende parametere:

- Vind 10 m over havoverflaten
- Lufttrykk ved havoverflaten
- Nedbør
- Lufttemperatur 2 m over havoverflaten
- Relativ fuktighet
- Skydekke

Merk at den hydrodynamiske modellen beregner fordampningen internt i varmevekslingsmodulen.

De meteorologiske dataene kommer fra NORA3 (The 3 km Norwegian reanalysis), en modell med en oppløsning på 1 time i tid og 3 km det geografiske domenet for vind, lufttemperatur, skydekke og humiditet.

I den hydrodynamiske modellen er det lagt til flere utslipp:

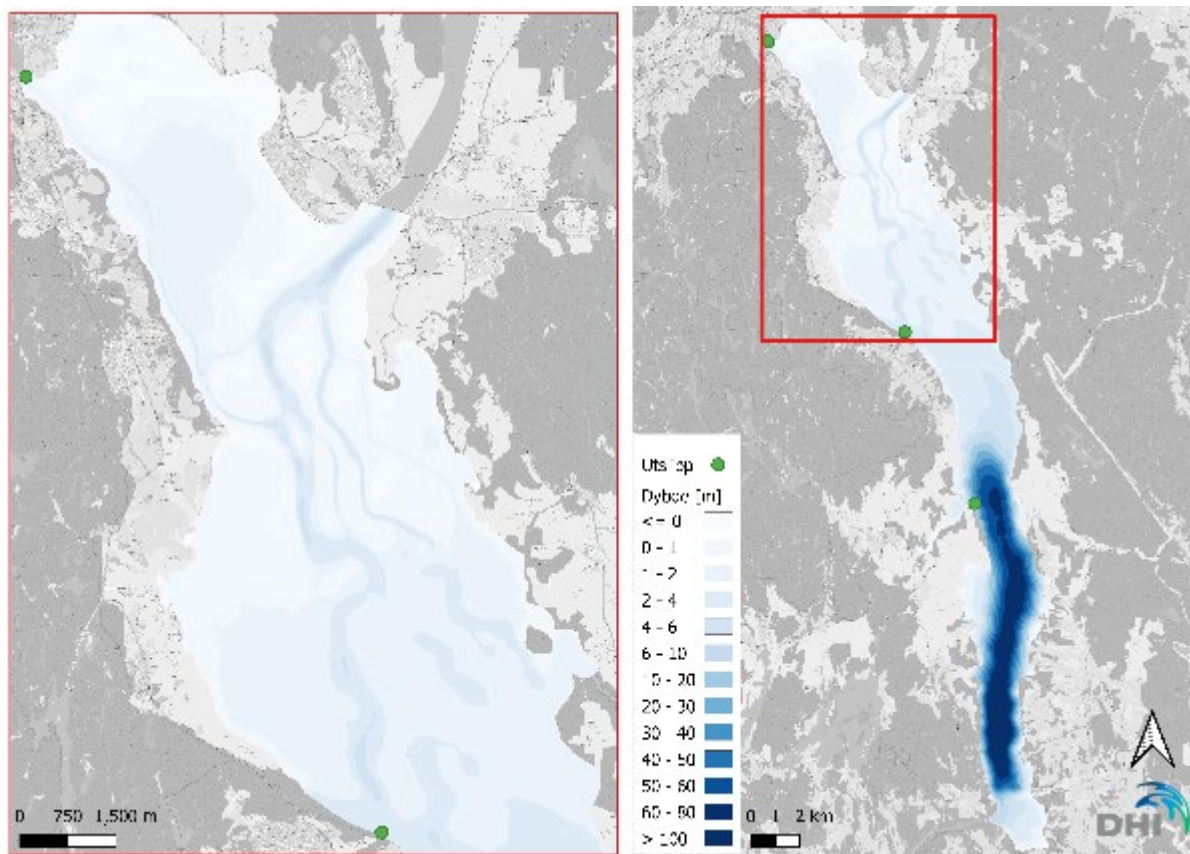
- Flateby renseanlegg (0.011 m³/s)
- Sentralrenseanlegget (0.019 m³/s)
- NRVA (0.827 m³/s)

Plasseringen til utslippene er vist i Figur A- 1, som bruker DHIs Jet-modul for å finne innlagringsdybden for hvert tidssteg. Utslippene har en saltholdighet på 0 PSU (ferskvann) og temperatur som det omkringliggende vannet.

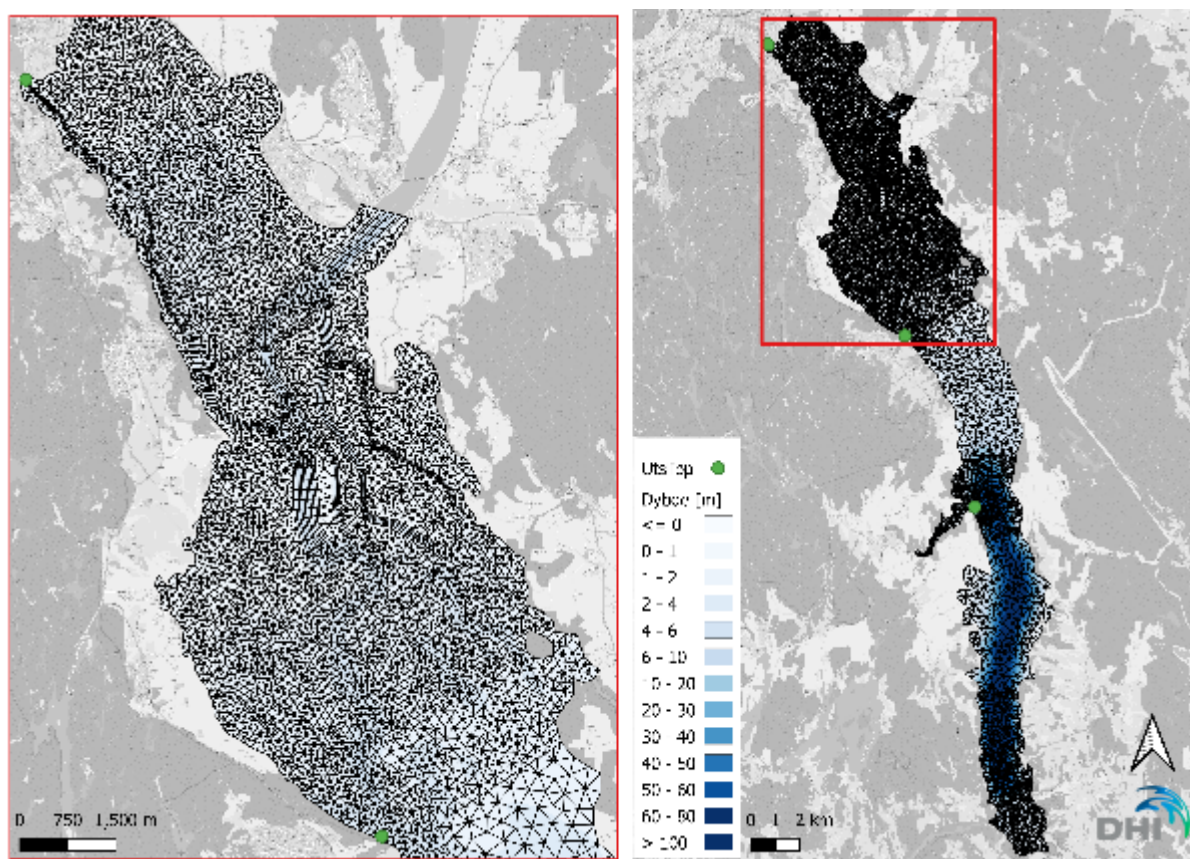
A.2 Modellområde og -oppløsning

Modellområdet med utslippene og dybdene er vist i Figur A- 1, og modellopløsningen er vist for horisontal retning i Figur A- 2 og Figur A- 3. Oppløsningen i modellområdet varierer mellom 80 – 300 m horisontalt. Oppløsningen vertikalt varierer mellom 1-10 m (1

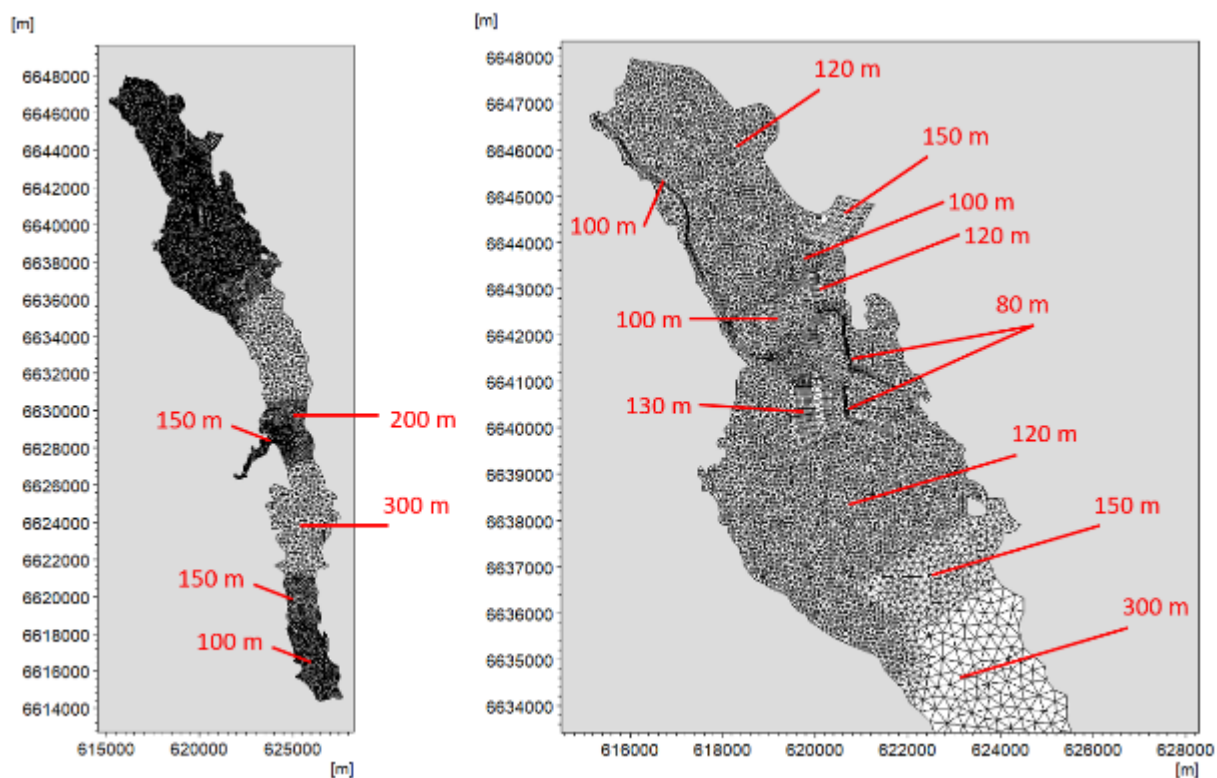
m i de øverste 10 m), vist i Figur A- 5. I Figur A- 4 er en tverrgående tverrprofil gjennom innsjøen vist.



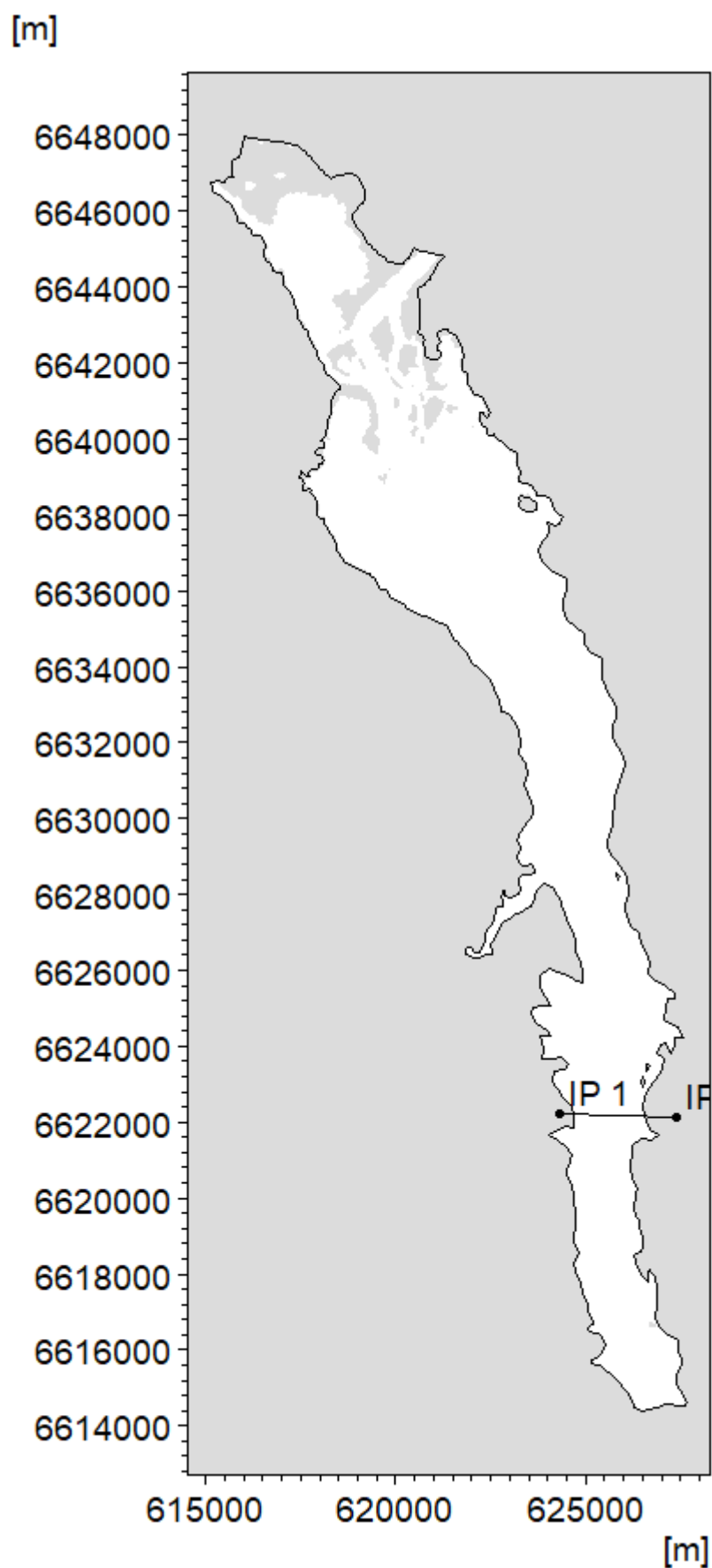
Figur A- 1 Modellområde og utslippspunkter, med dybder. Grønne prikker viser utslippspunktene fra anlegget. Venstre figur viser modellområdet hvor Glomma og Nitelva/Leira renner inn i Øyeren, mens den høyre figuren viser hele modellområdet. Den røde rammen i den høyre figuren er området som blir vist i venstre figur. NRA er det nordligste utslippet, det midterste er Flateby renseanlegg, mens det sørligste er Sentralrenseanlegget.



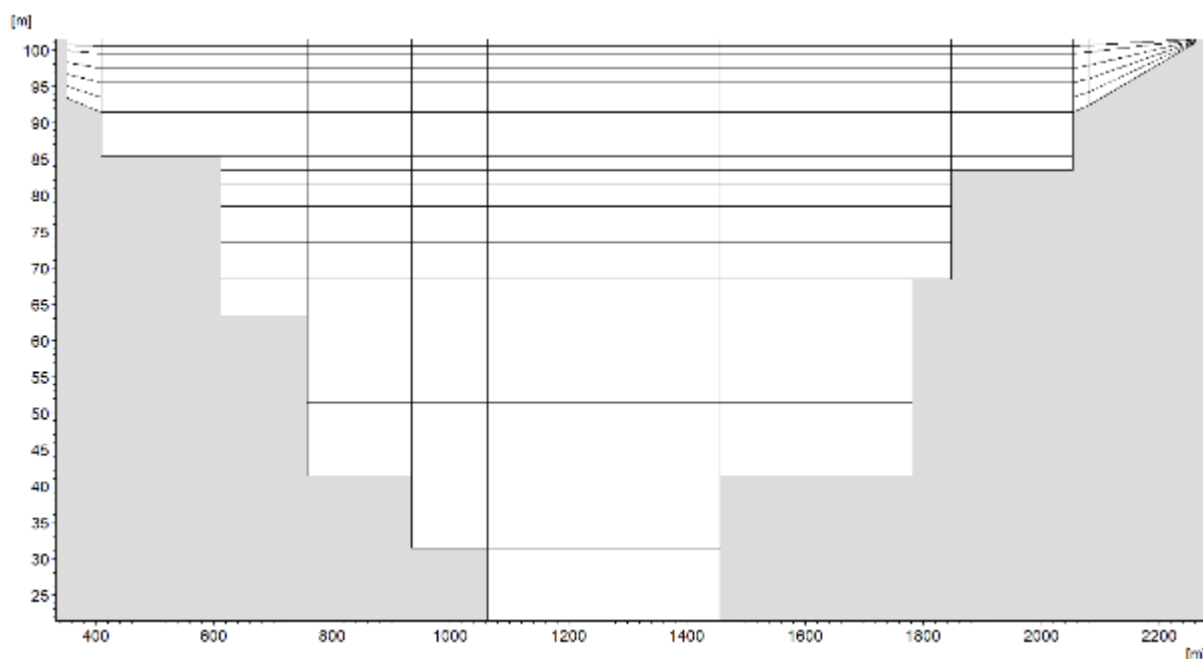
Figur A-2 Modellområde og utslippspunkter, med dybder og oppløsning. Grønne prikker viser utslippspunktene fra anlegget. Venstre figur viser modellområdet hvor Glomma og Nitelva/Leira renner inn i Øyeren, mens den høyre figuren viser hele modellområdet. Den røde rammen i den høyre figuren er området som blir vist i venstre figur. NRA er det nordligste utslippet, det midterste er Flateby renseanlegg, mens det sørligste er Sentralrenseanlegget.



Figur A- 3 Modellområde med oppløsning. Høyre figur viser modellområdet hvor Glomma og Nitelva/Leira renner inn i Øyeren, mens den venstre figuren viser hele modellområdet.



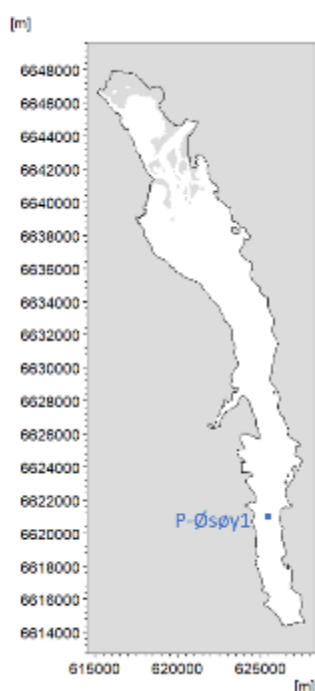
Figur A- 4 Plassering tverrprofil gjennom Øyerent.



Figur A- 5 Vertikal modellopløsning, varierende mellom 1 - 10 m, tatt ca. ved IP1-2 i Figur A- 4.

A.3 Modellvalidering

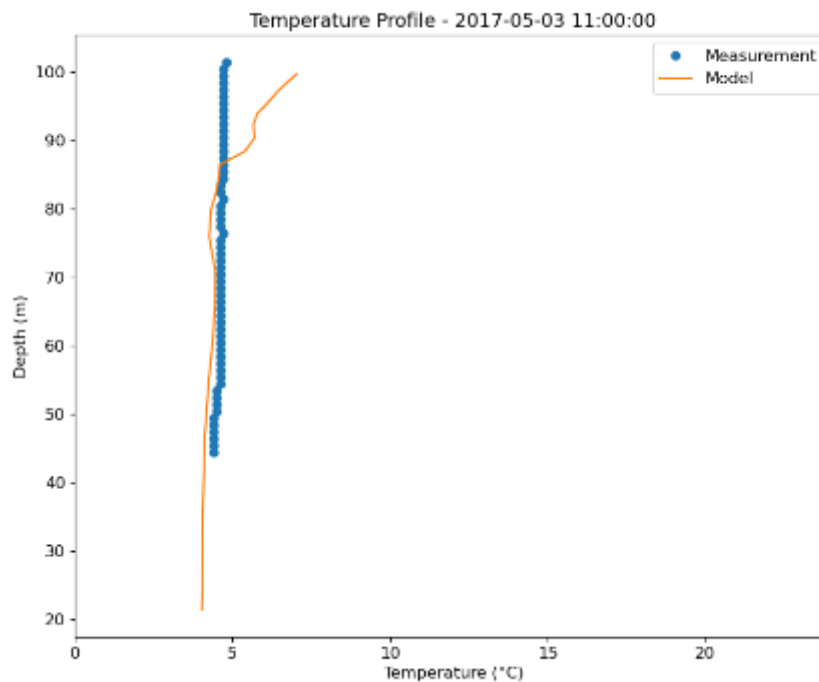
Strømningsmodellen er kalibrert og validert mot tilgjengelige, relevante målinger for området (målinger av temperatur ved P-Øsøy1), for å sikre at sirkulasjon og vannutskiftTot-Ning for simuleringsperioden beskrives riktig. Modellen settes opp til å simulere en periode på seks år, fra 1. januar 2017 til 31. desember i 2022. Posisjonen til målestasjonene er vist i



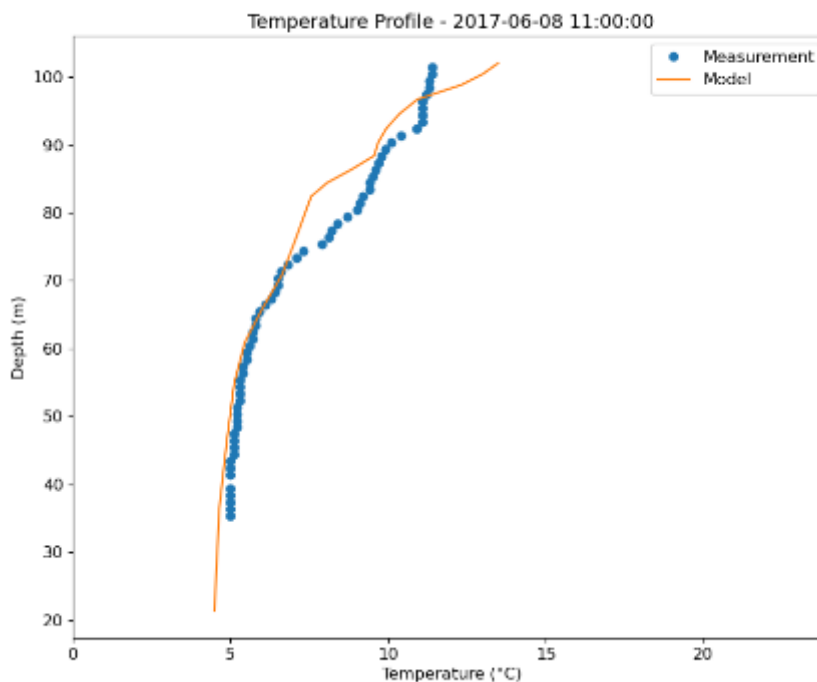
Figur A- 6 Posisjon hvor det er gjennomført målinger.

A.3.1 Temperatur

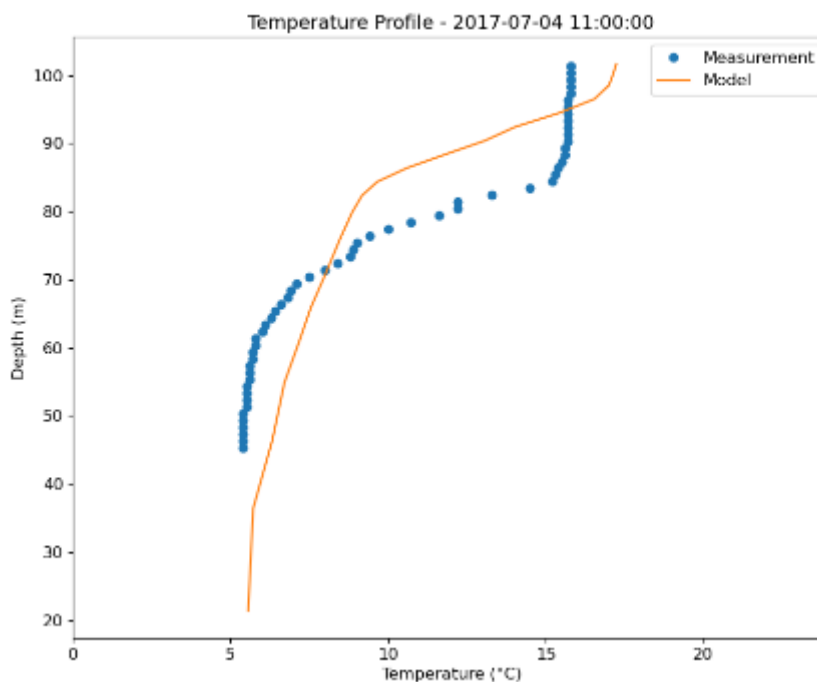
Det er gjort temperaturmålinger ved P-Øsøy1 seks ganger i året (mai-oktober) 2017-2021. En kan se at modellen generelt gjennskaper temperaturprofilen i målingspunktet ganske bra. Men ved noen av målingene ser vi at lagdelingen er litt forskjellig i målingene og modellen. Alle sammenligningene er vist i Figur A- 7 - Figur A- 36.



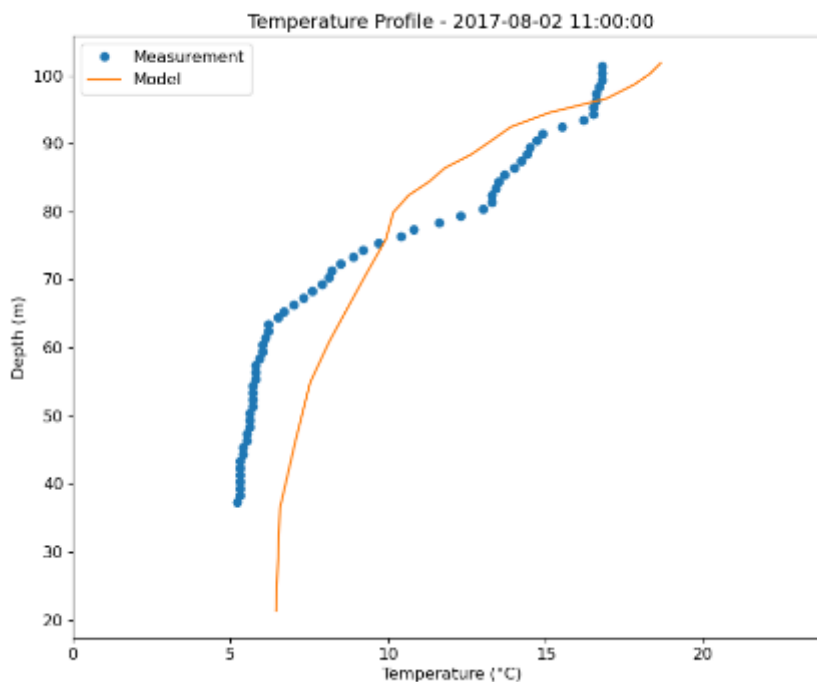
Figur A- 7 Temperaturprofil 03.05.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



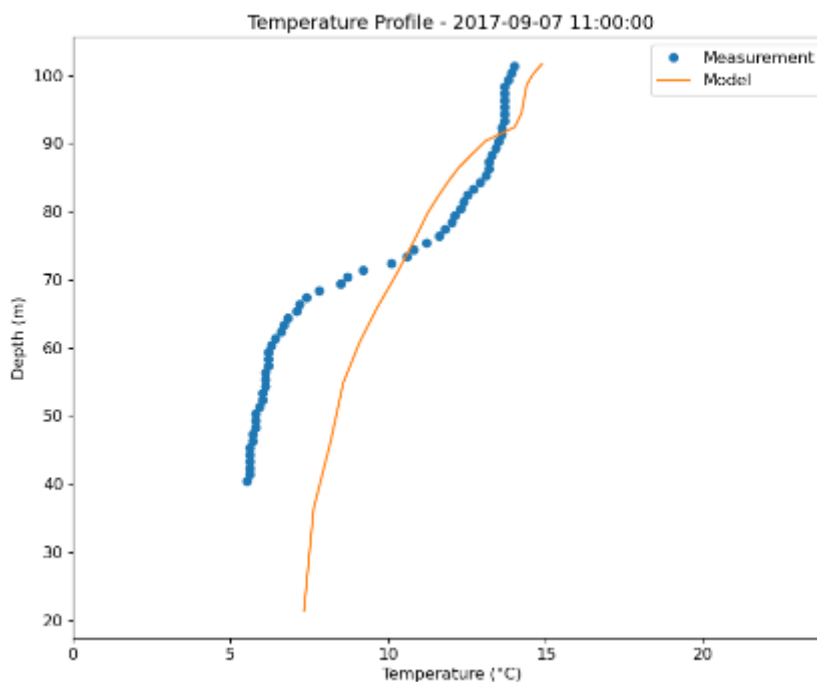
Figur A-8 Temperaturprofil 08.06.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



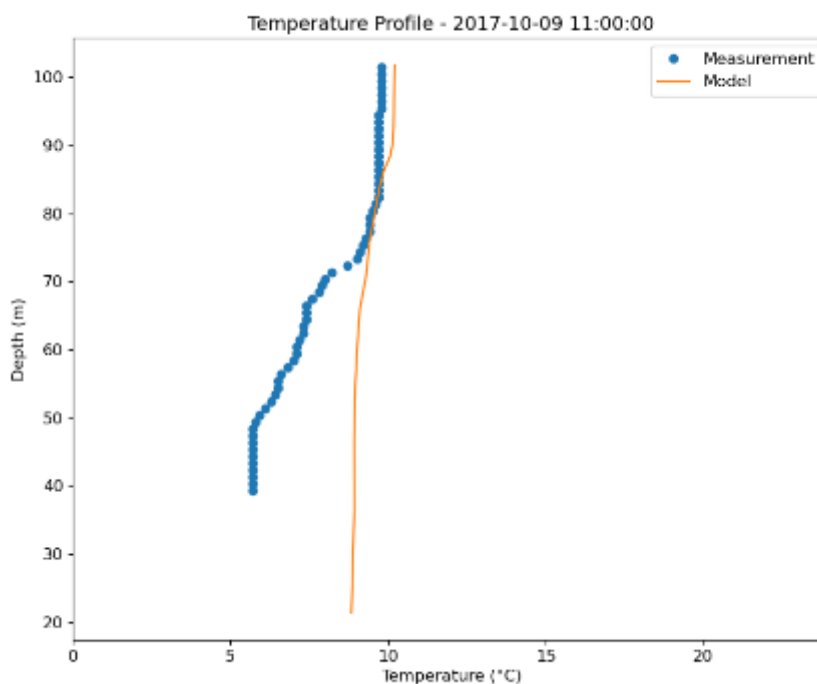
Figur A-9 Temperaturprofil 04.11.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



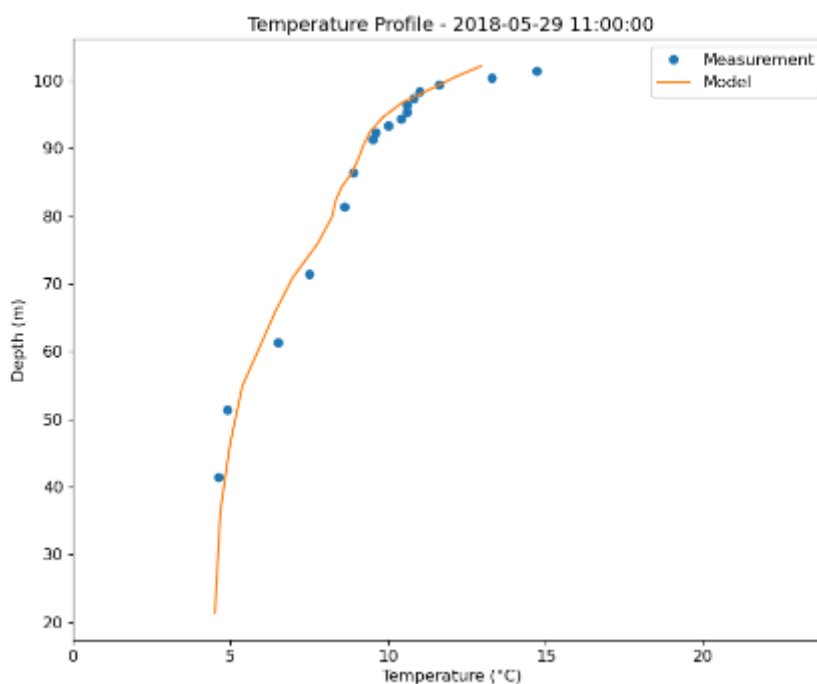
Figur A- 10 Temperaturprofil 02.08.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



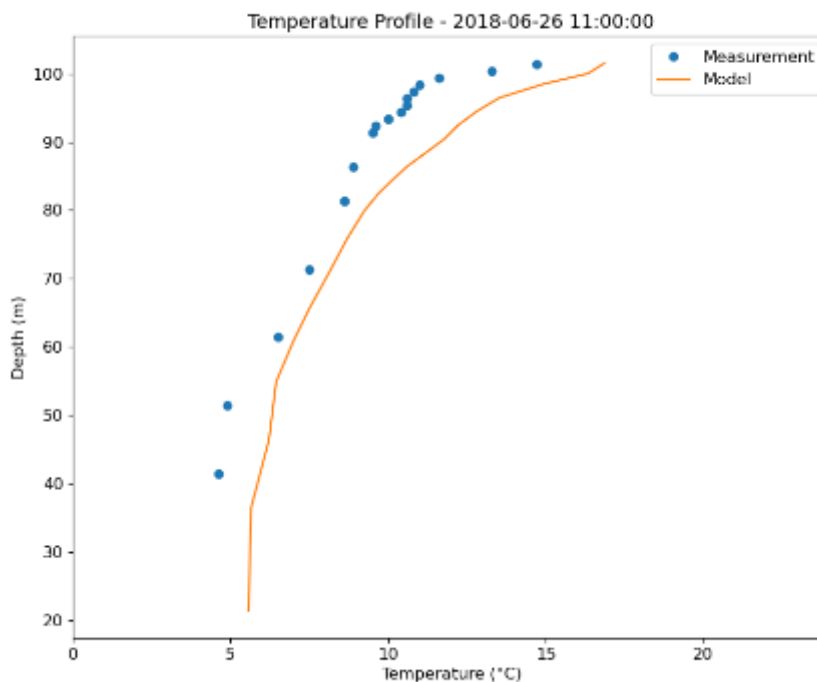
Figur A- 11 Temperaturprofil 07.09.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



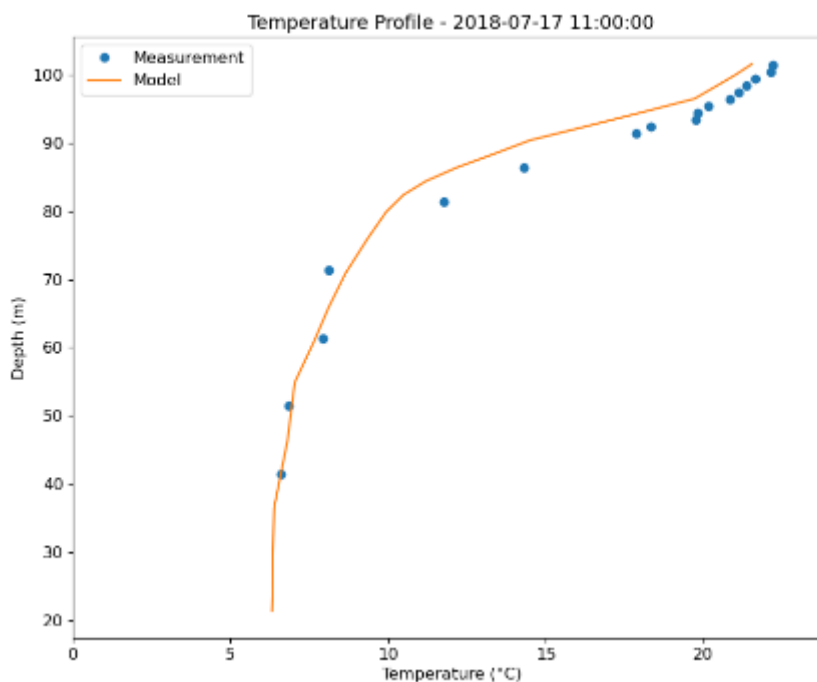
Figur A- 12 Temperaturprofil 09.10.17 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



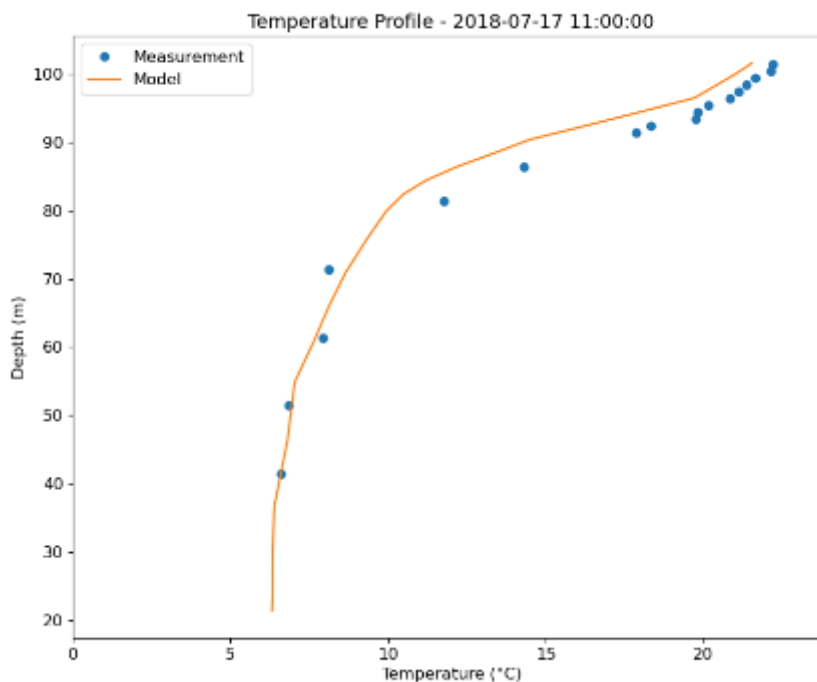
Figur A- 13 Temperaturprofil 29.05.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



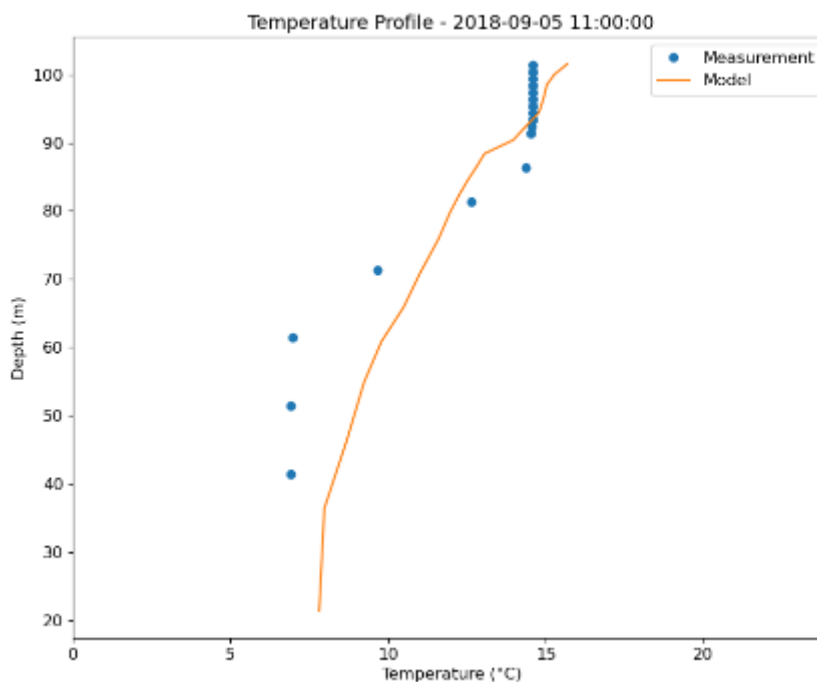
Figur A- 14 Temperaturprofil 26.06.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



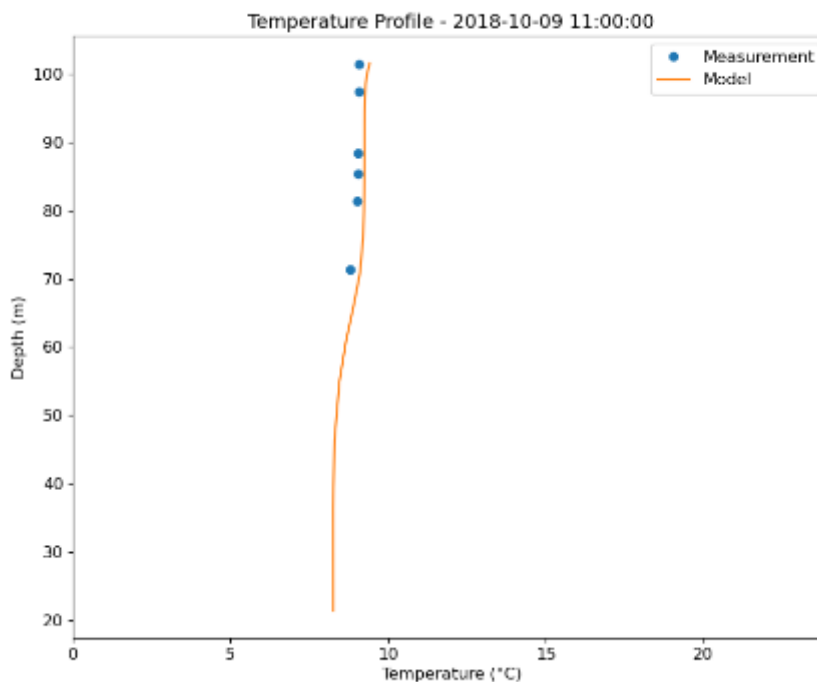
Figur A- 15 Temperaturprofil 17.07.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



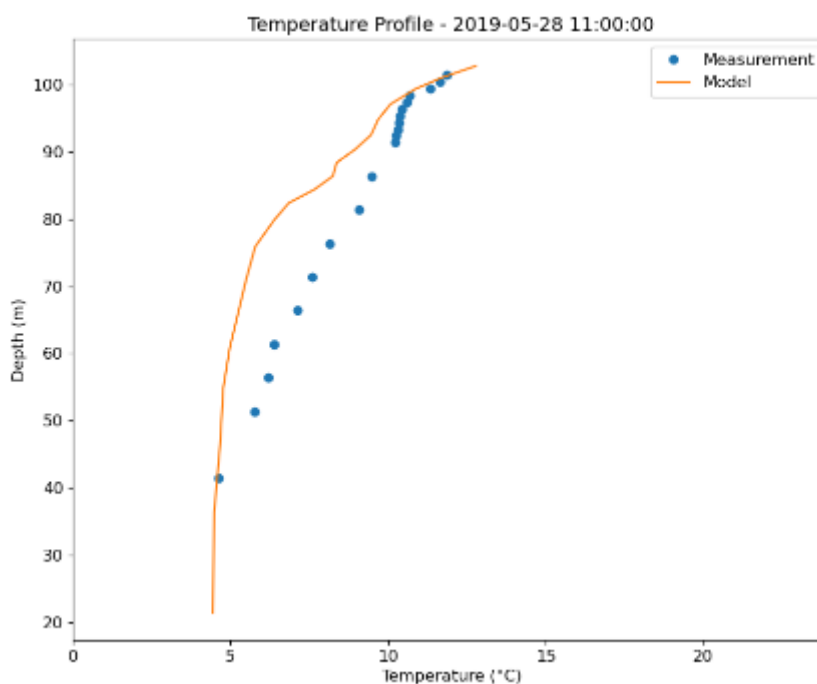
Figur A- 16 Temperaturprofil 17.07.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



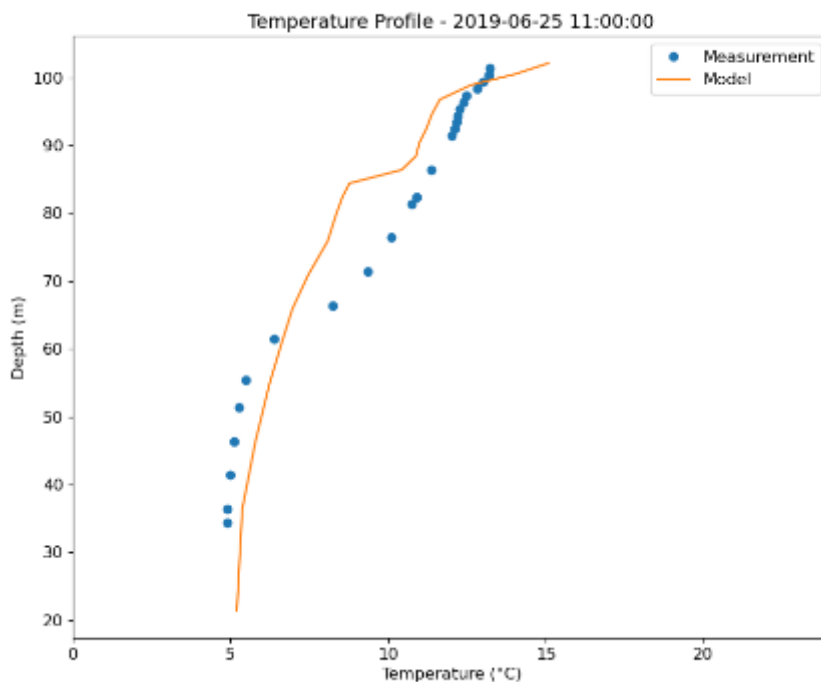
Figur A- 17 Temperaturprofil 05.09.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



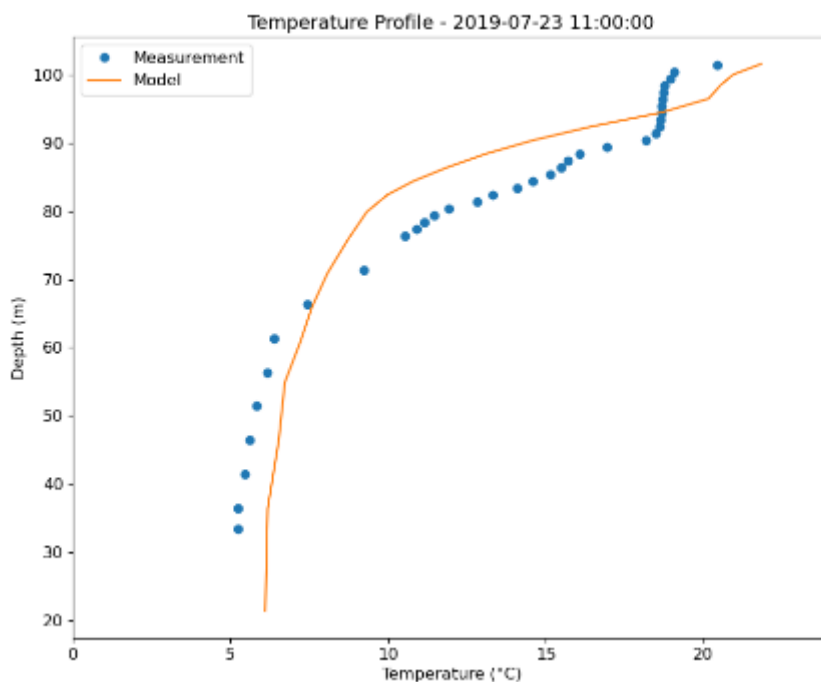
Figur A- 18 Temperaturprofil 09.10.18 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



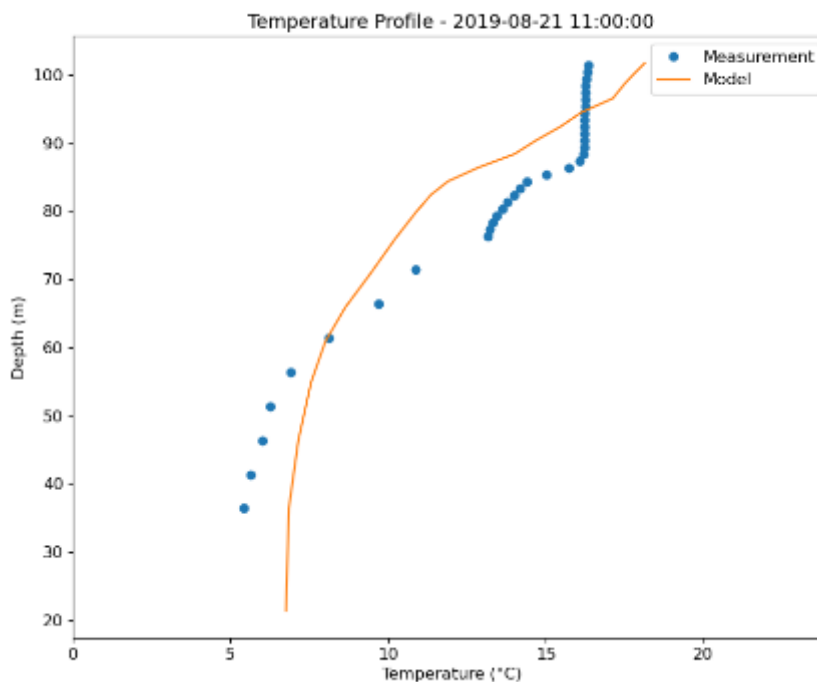
Figur A- 19 Temperaturprofil 28.05.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



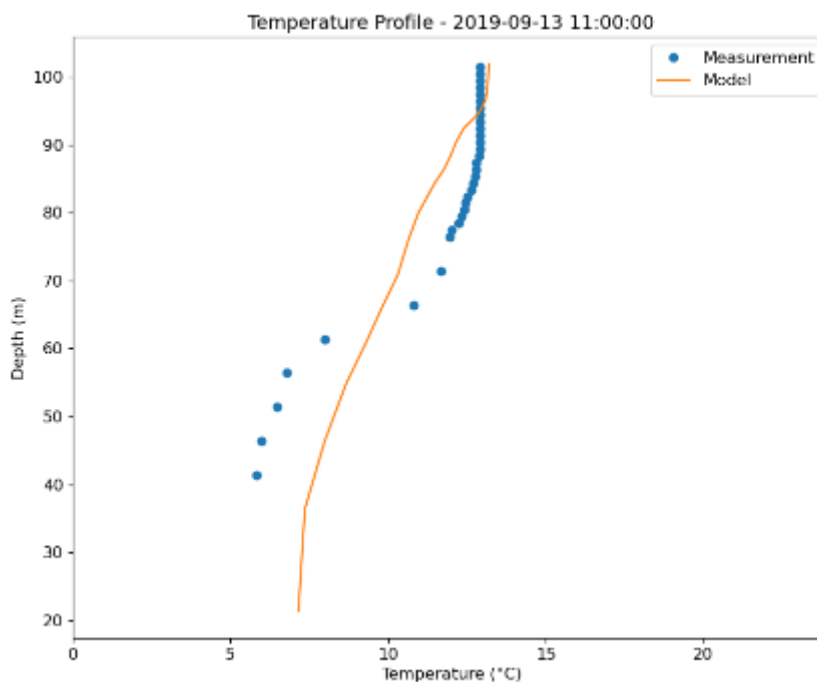
Figur A- 20 Temperaturprofil 25.06.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



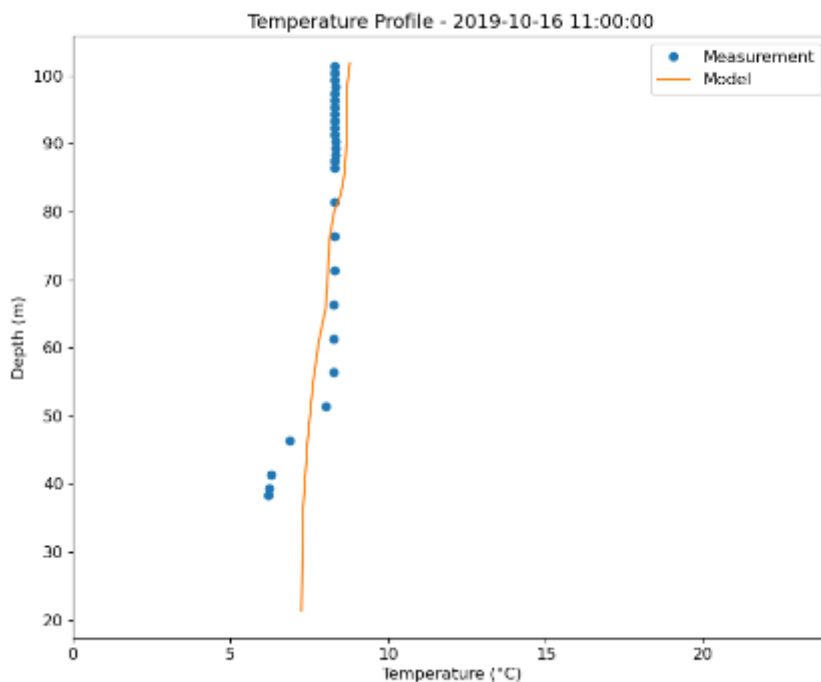
Figur A- 21 Temperaturprofil 23.07.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



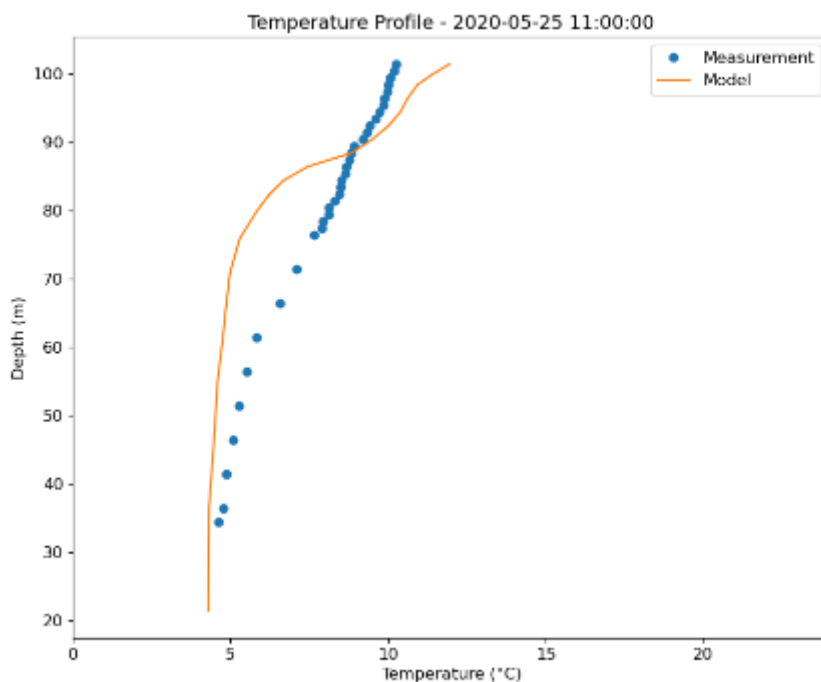
Figur A- 22 Temperaturprofil 21.08.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



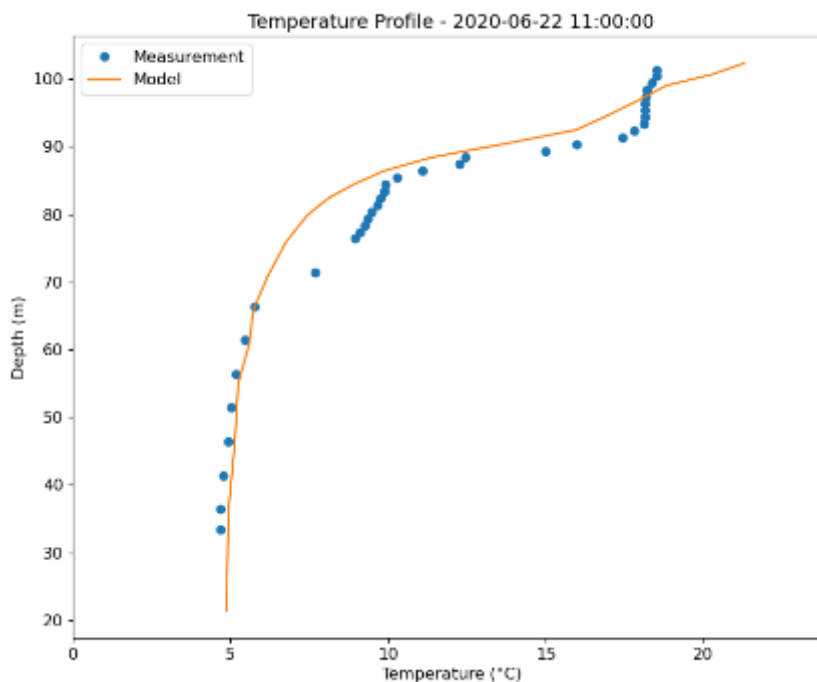
Figur A- 23 Temperaturprofil 13.09.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



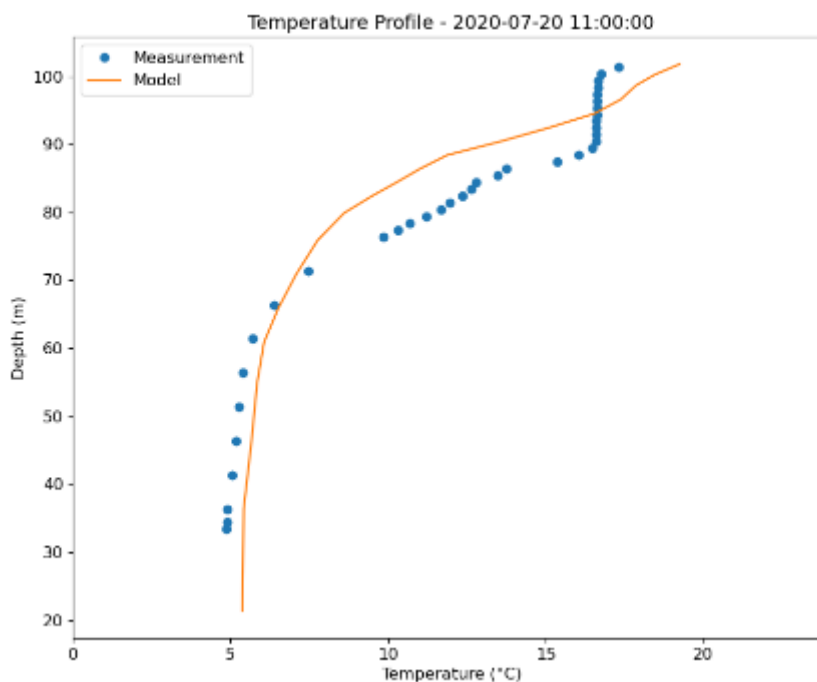
Figur A- 24 Temperaturprofil 16.10.19 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



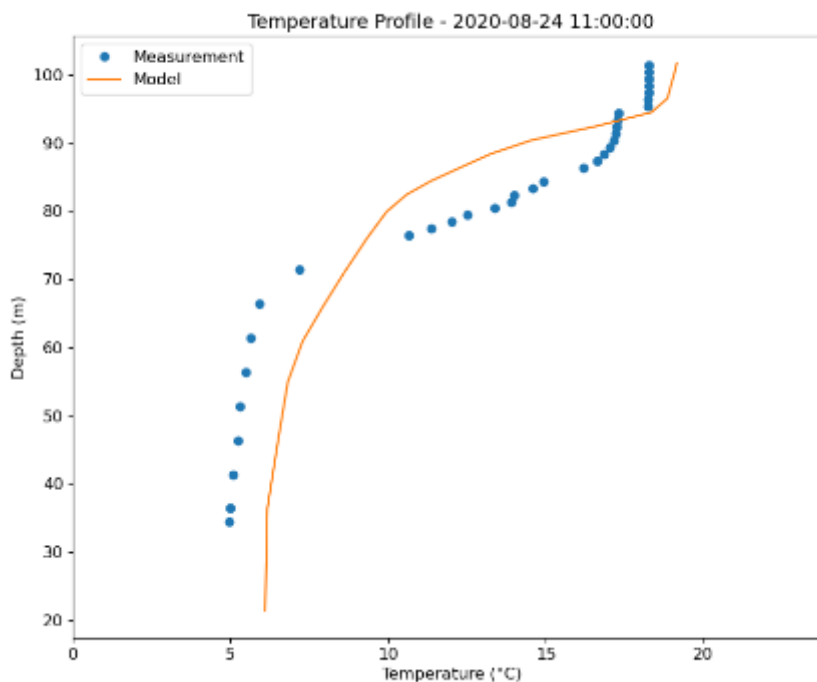
Figur A- 25 Temperaturprofil 25.05.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



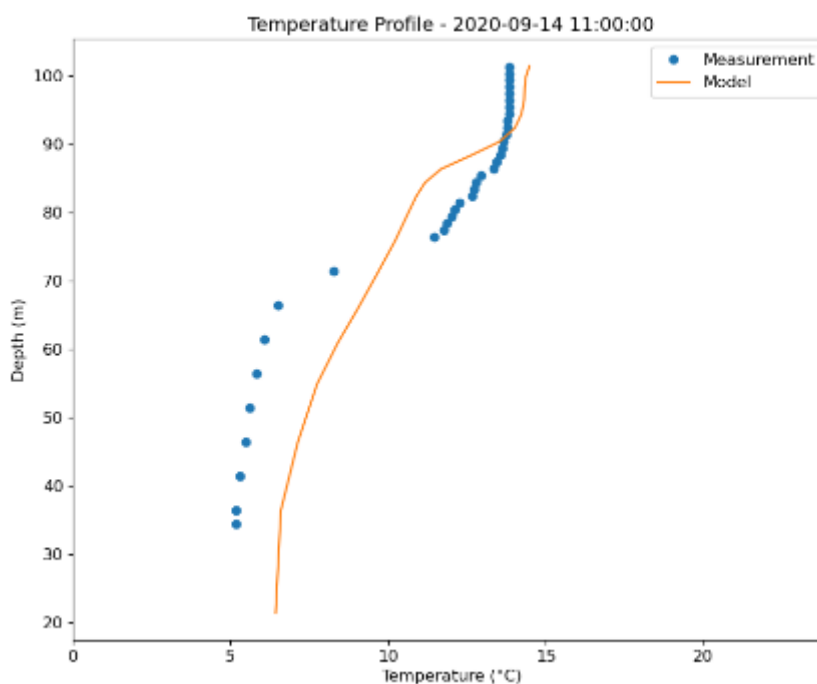
Figur A- 26 Temperaturprofil 22.06.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



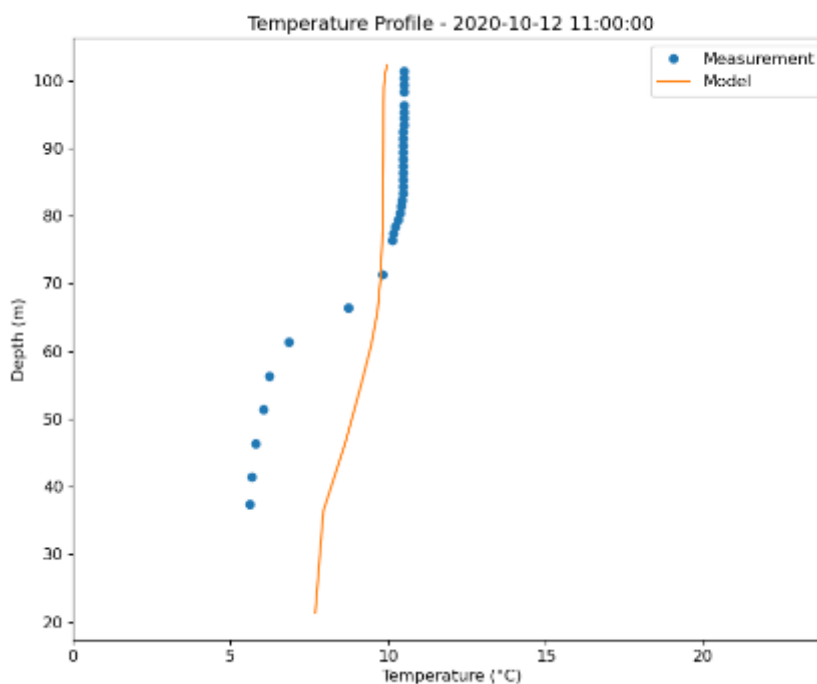
Figur A- 27 Temperaturprofil 20.07.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



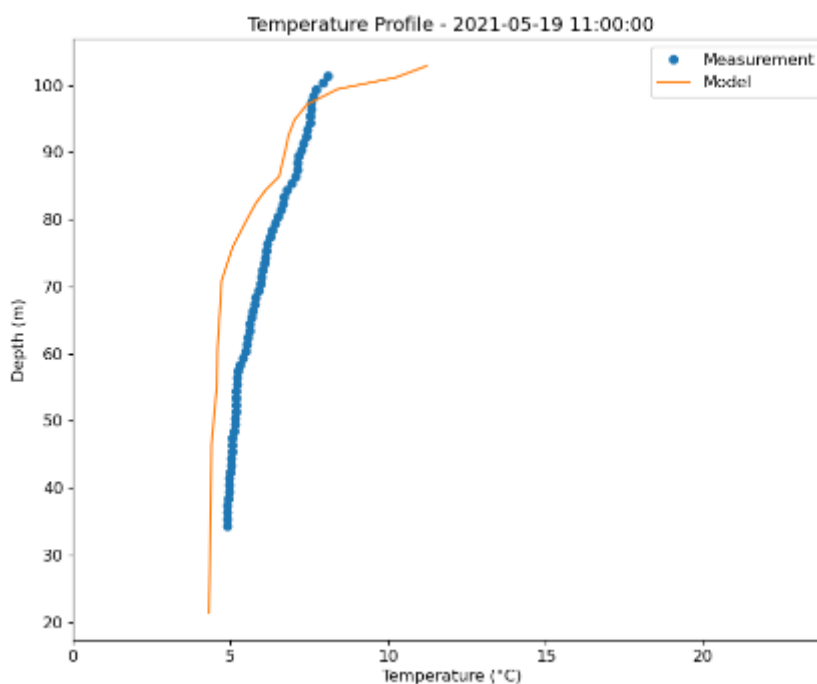
Figur A- 28 Temperaturprofil 24.08.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



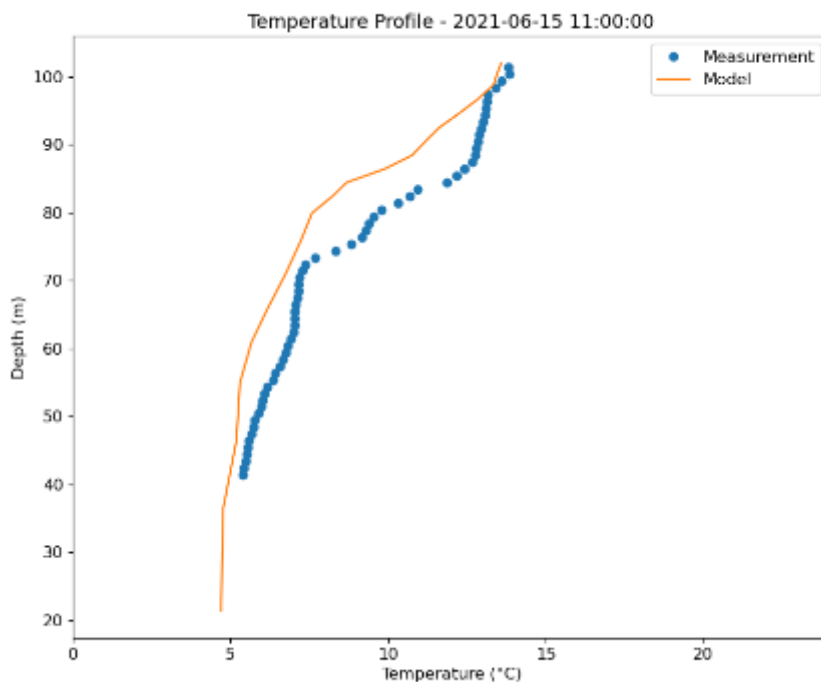
Figur A- 29 Temperaturprofil 14.09.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



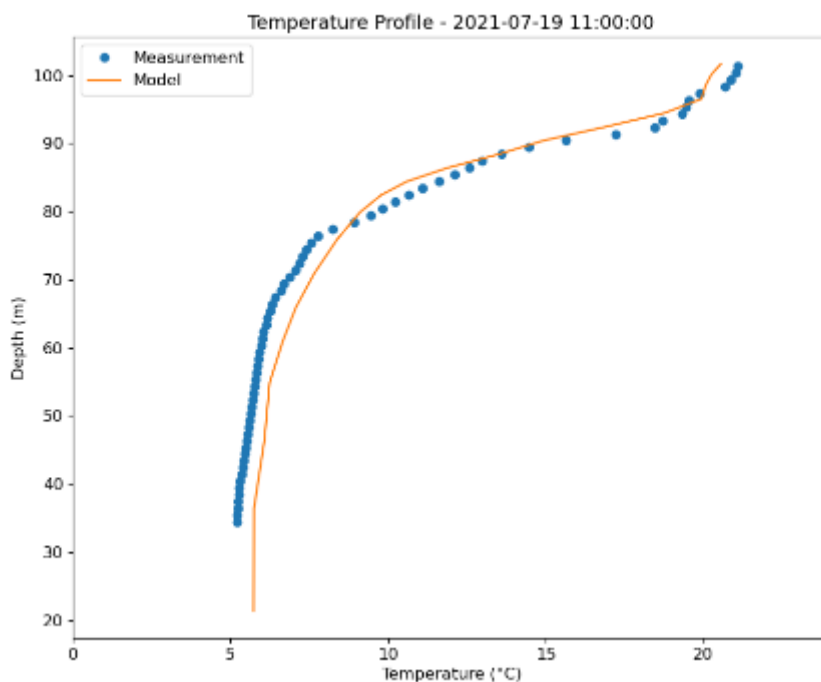
Figur A- 30 Temperaturprofil 12.10.20 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



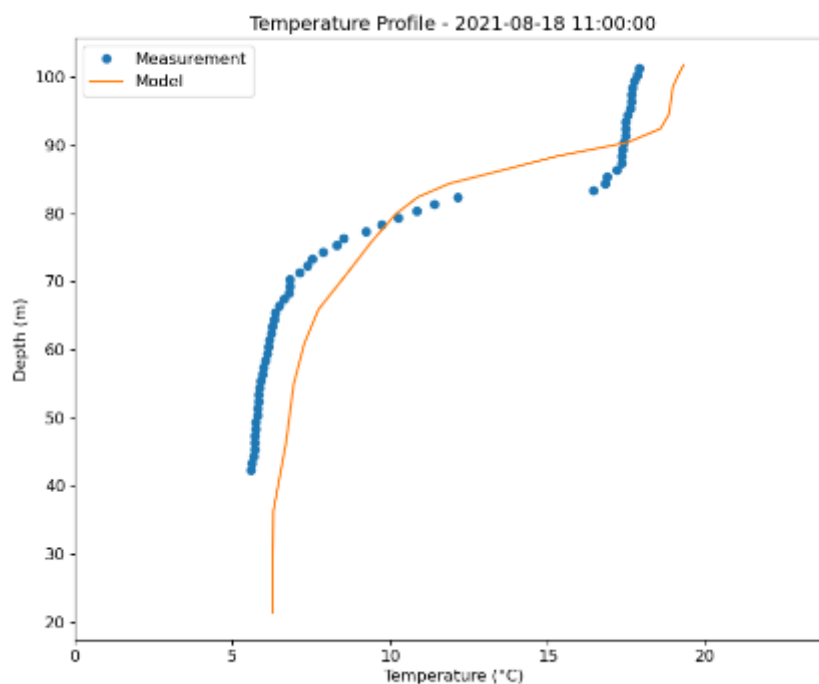
Figur A- 31 Temperaturprofil 19.05.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



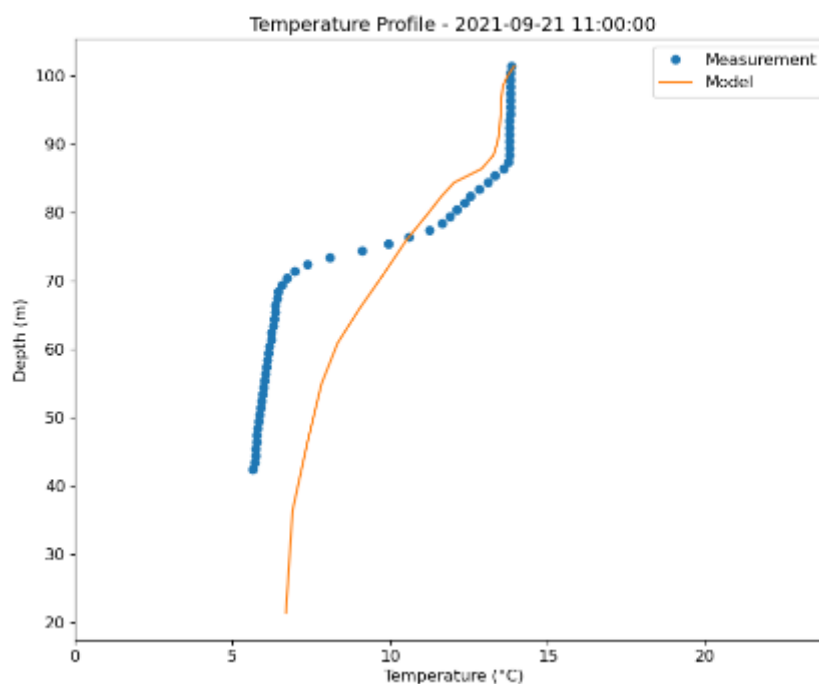
Figur A- 32 Temperaturprofil 15.06.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



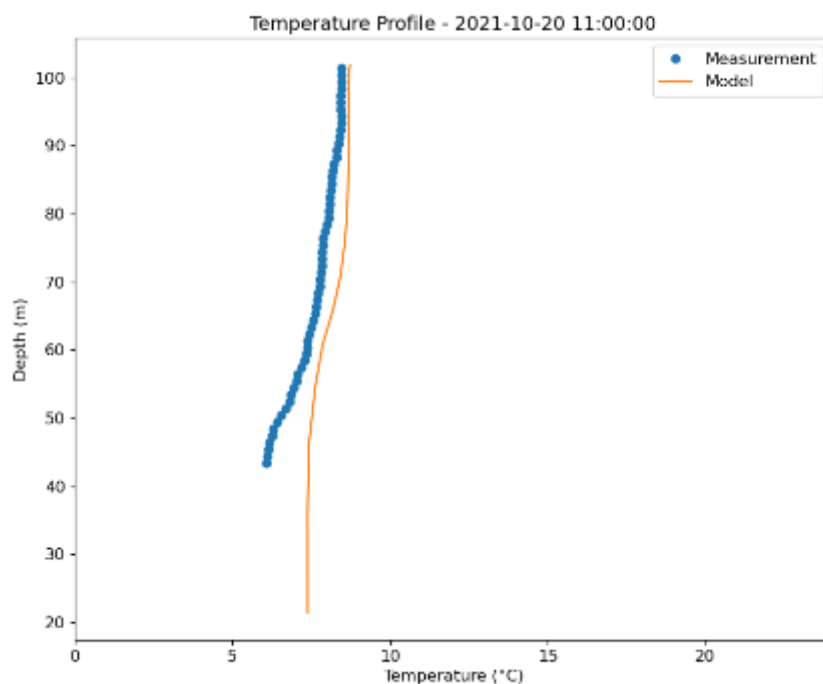
Figur A- 33 Temperaturprofil 19.07.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



Figur A- 34 Temperaturprofil 18.08.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



Figur A- 35 Temperaturprofil 21.09.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.



Figur A- 36 Temperaturprofil 20.10.21 ved P-Øsøy1, Blå prikker er målinger mens oransje linje er resultat fra modellen. Y-aksen viser dybden (Hvor 101,5 m er vannoverflaten), mens x-aksen viser temperaturen i °C.

VEDLEGG B – beskrivelse av prosesser knyttet til fosfor og nitrogen i vannkvalitetsmodellene

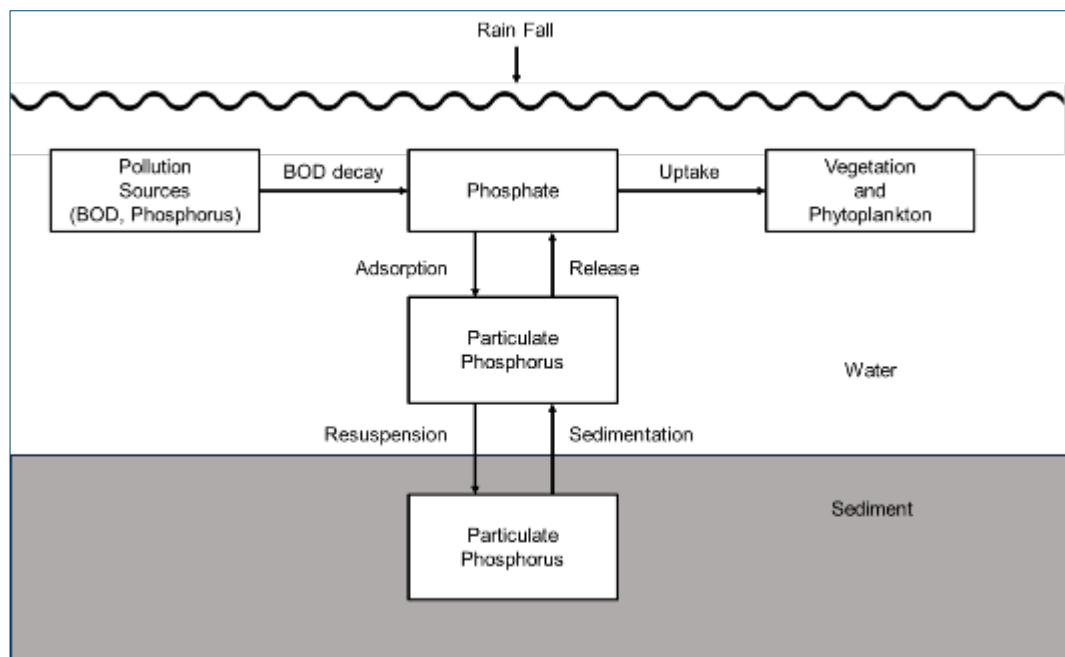
B Beskrivelse av prosesser knyttet til fosfor og nitrogen i vannkvalitetsmodellene

B.1 Vorma og Glomma

Totalt fosfor (Tot-P)

Totalt fosfor (Tot-P) er modellert som summen av ortofosfat (OP), partikulært fosfor (PP), frigjøring av OP fra nedbrytning av biokjemisk oksygenforbruk (BOF) fra utslippene fra renseanleggene og frigjøring av OP fra nedbrytning av BOF i elven.

Prosessene som påvirker konsentrasjonen av løst fosfor (OP) er frigjøring av uorganisk fosfor, adsorpsjon av løst fosfor, fosforopptak i vegetasjonen og nedbrytning av BOF. Prosessene som påvirker konsentrasjonen av partikulært uorganisk fosfor (PP) er sedimentasjon og resuspensjon, samt frigjøring og adsorpsjon av oppløst fosfor. Partikulært organisk fosfor beskrives ikke eksplisitt som en tilstandsvariabel, men relateres til konsentrasjonen av organisk materiale som en funksjon av BOF. Dette uttrykkes igjen som en funksjon av nedbrytningshastigheten for BOF og suspensjon og deponering av sediment med bundet BOF. Prinsippene er illustrert i Figur 6.1.



Figur 6.1 Prinsippskisse som illustrerer transporten og prosessene knyttet til fosfor i vannkvalitetsmodellen for Vorma og Glomma.

Prosessene som inngår i modellen er følgende:

- Frigjøring av ortofosfat fra partikulært fosfat (PP)
- Adsorpsjon av ortofosfat til partikler (dannelse av partikulært fosfat (PP))
- Frigjøring av ortofosfat (OP) ved nedbrytning av organisk BOF fra utslipp fra avløpsrenseanleggene som resulterer i ortofosfat
- Frigjøring av ortofosfat (OP) ved nedbrytning av organisk BOF fra elvene som resulterer i ortofosfat
- Opptak av ortofosfat (OP) i vegetasjon som en del av fotosyntesen og respirasjonen

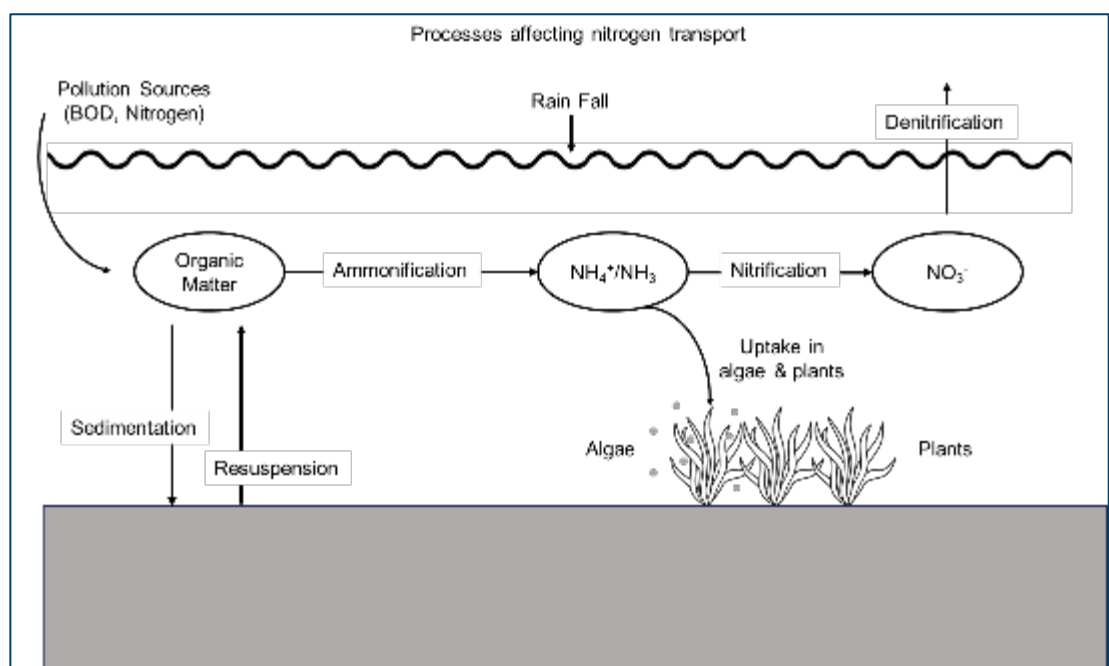
- Resuspensjon eller sedimentering av partikulært fosfor

I denne studien analyseres frigjøringen av ortofosfat fra BOF ved å skille mellom kildene til BOF fra renseanlegg og elv. Elvens BOF stammer hovedsakelig fra humusmateriale som har lavere nedbrytningshastighet enn BOF fra renseanleggene. BOF fra utslippene fra renseanleggene representerer et nytt tilskudd til miljøet, og gjennomgår en rask nedbrytningsprosess med høyere nedbrytningshastighet sammenlignet med BOF fra elvene.

Totalt nitrogen (Tot-N)

Totalt nitrogen (Tot-N) er modellert som summen av ammoniakk, nitrat, ammoniakkutslipp fra BOF-nedbrytning i renseanleggene og ammoniakkutslipp fra BOF-nedbrytning i elven.

Nitrogensyklusen starter med assimilering av fritt nitrogen fra atmosfæren (fra blågrønnalger) eller alger og planters opptak av ammoniakk fra vannet. Nedbrytning av dødt organisk materiale fører til at organisk bundet nitrogen frigjøres i form av ammoniakk (ammonifisering). Nedbrytning av bakterier bruker imidlertid noe av nitrogenet til egen vekst. Resten av ammoniakken som frigjøres ved ammonifisering eller slippes ut fra forurensningskilder, kan tas opp av planter eller nitrifiseres av nitrifiserende bakterier til nitrat. Nitratet omdannes til slutt til fritt nitrogen gjennom en denitrifikasjonsprosess. Assimilering, ammonifisering og nitrifisering er alle prosesser som foregår i soner i vannet med tilgang til oksygen. Denitrifikasjon er en anaerob prosess som krever anoksiske forhold. Disse forholdene finnes i sedimentet og i bakteriefilmer på planter. Konseptet med nitrogensyklusen er illustrert i Figur 6.2.



Figur 6.2 Skjematisk diagram som illustrerer nitrogenprosessen og -transporten i modellen.

Følgende ammoniakkprosesser er inkludert i modellen:

- Frigjøring av ammoniakk ved nedbrytning av organisk BOF i elvene
- Frigjøring av ammoniakk ved nedbrytning av BOF fra utslippene til renseanleggene
- Bakteriers opptak av nitrogen som en integrert del av BOF-nedbrytningen
- Opptak i plantene som en del av fotosyntesen og respirasjonen

- Nitrifikasjon, forbruk av ammoniakk ved en kjemisk reaksjon der ammoniakk omdannes til nitrat. Nitrifikasjonsprosessen foregår i bakteriefilmer på steiner eller planteblader og kan derfor begrenses av transportmotstanden gjennom denne filmen.

Prosessene som inngår i nitrat er:

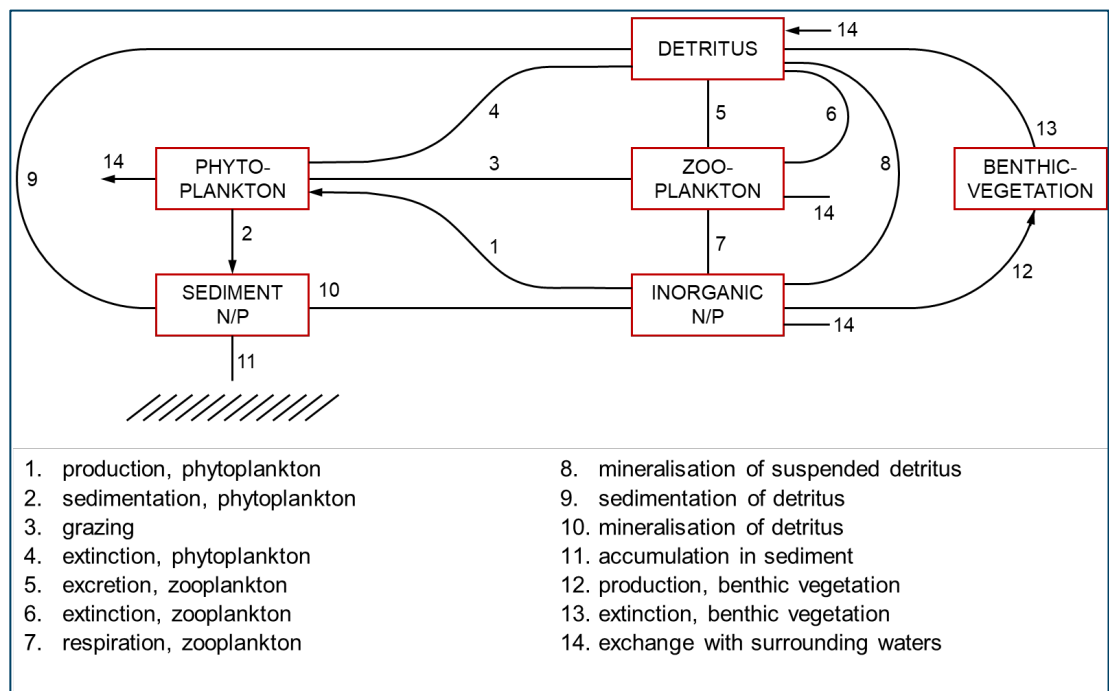
- Nitrifisering som nitratkilde (som i ammoniakkbalansen)
- Denitrifikasjon, der nitrat omdannes til fritt atmosfærisk nitrogen.

B.2 Øyeren

Vannkvalitetsmodellen i Øyeren har implementert en 3D-modell for eutrofiering og sediment. Denne modellen omfatter pelagiske, sedimentære og bentiske vegetasjonskomponenter i systemet. I motsetning til vannsøylen er bunnvegetasjonen og sedimentene festet til sjøbunnen og steiner, og påvirkes ikke av vannbevegelser eller spredning i motsetning sedimentene. Modellen beskriver næringssyklusen, veksten av plante- og zooplankton, fordelingen av rotfestet vegetasjon og makroalger, og simulerer oksygenforholdene i økosystemet.

Modellresultatene beskriver konsentrasjonene av fytoplankton, klorofyll-a, zooplankton, detritus (dødt organisk materiale fra planter og dyr), organiske og uorganiske næringsstoffer, oksygen og den arealbaserte biomassen av bentisk vegetasjon over tid. I tillegg inngår en rekke utledede variabler som primærproduksjon, konsentrasjoner av totalt nitrogen og totalt fosfor, siktedyp og oksygenforbruk i sedimentene.

Prosessene som beskriver komponentenes variasjoner i tid og rom er avhengig av ytre faktorer som saltholdighet, vanntemperatur, lysforhold og strømningsforhold. De generelle biologiske og kjemiske prosessene og transformasjonene for fosfor, nitrogen og karbon er illustrert i Figur 1 6.3.



Figur 1 6.3 Forenklet strømningsdiagram for fosfor og nitrogen.

Totalt fosfor (Tot-P)

Totalt fosfor (Tot-P) er modellert som summen av fosforinnhold i fyttoplankton (PP), uorganisk fosfor (IP), fosforinnhold i detritus (DP), forholdet mellom fosforinnholdet og karbon i zooplankton (VZP), labilt fosfor (LDOP) og refraktært fosfor (CDOP). I det følgende beskrives prosessene som er involvert for hver enkelt variabel:

Prosessene som involverer fosfor i fyttoplankton (PP) omfatter:

- Opptak av fosfor i fyttoplankton
- Nedbeiting av fosfor i fyttoplankton reduserer fosfor
- Frigjøring av fosfor gjennom respirasjon av fosfor fra fyttoplankton
- Sedimentering av fosfor fra fyttoplankton
- Deponering av fosfor fra fyttoplankton til sediment
- Frigjøring av fosfor fra døde fyttoplankton

Prosessene som involverer detritus fosfor (DP) omfatter:

- Generering av fosfor fra dødt fyttoplankton, utskillelse og død av fosfor fra zooplankton og nedbrytning av fosfor fra bunnvegetasjon
- Frigjøring av fosfor gjennom respirasjon av detritus fosfor
- Avsetning av detritus fosfor til sedimentet
- Sedimentasjon / erosjon av detritus fosfor
- Mineralisering av fosfor fra detritus

Prosessene som involverer uorganisk fosfor omfatter:

- Mineralisering av detritus, zooplankton, fosfor i fyttoplankton og frigjøring fra sediment
- Frigjøring av fosfor gjennom respirasjon av detritus, zooplankton, rotfestet vegetasjon, fosfor i fyttoplankton og labilt fosfor
- Sedimentering av fosfor /adsorpsjon til sediment
- Opptak av fosfor i fyttoplanktonfosfor, makroalger og mikrobentisk, rotfestet vegetasjon
- Opptak av fosfor fra mikrobentiske alger i sediment
- Frigjøring av fosfor ved at fyttoplankton dør
- Fosfatfluksen mellom vann og porevann
- Atmosfærisk nedfall av fosfor

Prosessene som involverer refraktær fosfor omfatter:

- Produksjon av refraktær fosfor
- Avsetning av dødt karbon fra fyttoplankton
- Mineralisering av refraktært fosfor
- Reduksjon av refraktært fosfor gjennom fotooksidasjon (til labilt fosfor)

Prosessene som involverer labilt fosfor omfatter:

- Produksjon av labilt fosfor
- Økning i labilt fosfor fra fotooksidasjon (fra refraktært fosfor)
- Deponering av fosfor fra dødt fyttoplankton til labilt fosfor
- Mineralisering av labilt fosfor
- Reduksjon i labilt fosfor for respirasjon
- Nedbeiting av fosfor fra fyttoplankton frigjør labilt fosfor

Totalt nitrogen (Tot-N)

Totalt nitrogen (Tot-N) er modellert som summen av nitrogeninnholdet i fytoplankton (PN), ammonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), nitrogeninnholdet i detritus (DN), forholdet mellom innholdet nitrogen og karbon i zooplankton (VZP), labilt nitrogen (LDON) og refraktært nitrogen (CDON).

Prosessen som involverer fytoplankton-nitrogen (PN) omfatter:

- Opptak av ammonium til nitrogen i fytoplankton
- Opptak av nitrat til nitrogen i fytoplankton
- Nedbeiting av nitrogen fra fytoplankton
- Frigjøring av nitrogen gjennom respirasjon av nitrogen fra fytoplankton
- Nedbrytning av fytoplanktonets nitrogen
- Frigjøring av nitrogen fra døde fytoplankton

Prosessen som involverer ammonium (NH_4^+) omfatter:

- Reduksjon i ammoniumkonsentrasjonen gjennom nitrifikasjon (omdanning av ammonium til nitrat)
- Frigjøring av ammonium gjennom respirasjon av detritus nitrogen, zooplankton-nitrogen, bentisk nitrogen, labilt nitrogen, mikrobentiske alger og rotfestet vegetasjon
- Mineralisering av detritus nitrogen, sedimentering av organisk nitrogen, rotfestet vegetasjon
- Nitrogenopptak av ammonium i fytoplankton, makroalger, mikrobentiske planter og rotfestet vegetasjon
- Når fytoplankton dør, frigjøres det ammonium
- Ammoniumfluks mellom vann og porevann
- Mikrobentiske alger tar opp ammonium fra sediment

Prosessen som involverer nitrat omfatter:

- Økning i nitratkonsentrasjonen gjennom nitrifikasjon
- Redusert nitratkonsentrasjon gjennom denitrifikasjon (omdannelse av nitrat til nitrogen-gass)
- Nitratopptak i makroalger, nitrogen i fytoplankton, rotfestet vegetasjon, mikrobentiske alger
- Frigjøring av nitrat gjennom respirasjon av fytoplankton-nitrogen, labilt nitrogen, makroalger, rotfestet vegetasjon, mikrobentiske alger og detritus-nitrogen
- Mineralisering av labilt nitrogen, organisk nitrogen
- Når fytoplankton dør, frigjøres det ammonium
- Nitratfluks mellom vann og porevann
- Mikrobentiske alger tar opp nitrat fra sediment

Prosessen som involverer detritus nitrogen (DN) omfatter:

- Dannelse av detritus-nitrogen fra dødt fytoplankton, utskillelse og død av zooplankton-nitrogen og nedbrytning av nitrogen fra bunnvegetasjon;
- Reduksjon av nitrogen gjennom respirasjon av detritus-nitrogen,
- Sedimentering/erosjon av detritus nitrogen
- Beite på detritus og nitrogen
- Mineralisering av nitrogen fra detritus

Prosessen som involverer refraktært nitrogen omfatter:

- Produksjon av refraktært nitrogen

- Deponering av dødt fytoplanktonkarbon frigjør refraktært nitrogen
- Mineralisering av refraktært nitrogen frigjør ildfast nitrogen
- Refraktært nitrogenfluks mellom vann og porevann
- Reduksjon av refraktært nitrogen gjennom fotooksidasjon (til labilt nitrogen)

Prosessen som involverer labilt nitrogen omfatter:

- Produksjon av labilt nitrogen
- Økning i labilt nitrogen fra fotooksidasjon (fra refraktært nitrogen)
- Nedfall av dødt fytoplankton-nitrogen frigjør labilt nitrogen
- Ved mineralisering av labilt nitrogen frigjøres labilt nitrogen
- Reduksjon i labilt nitrogen for respirasjon med nitrat

Zooplankton

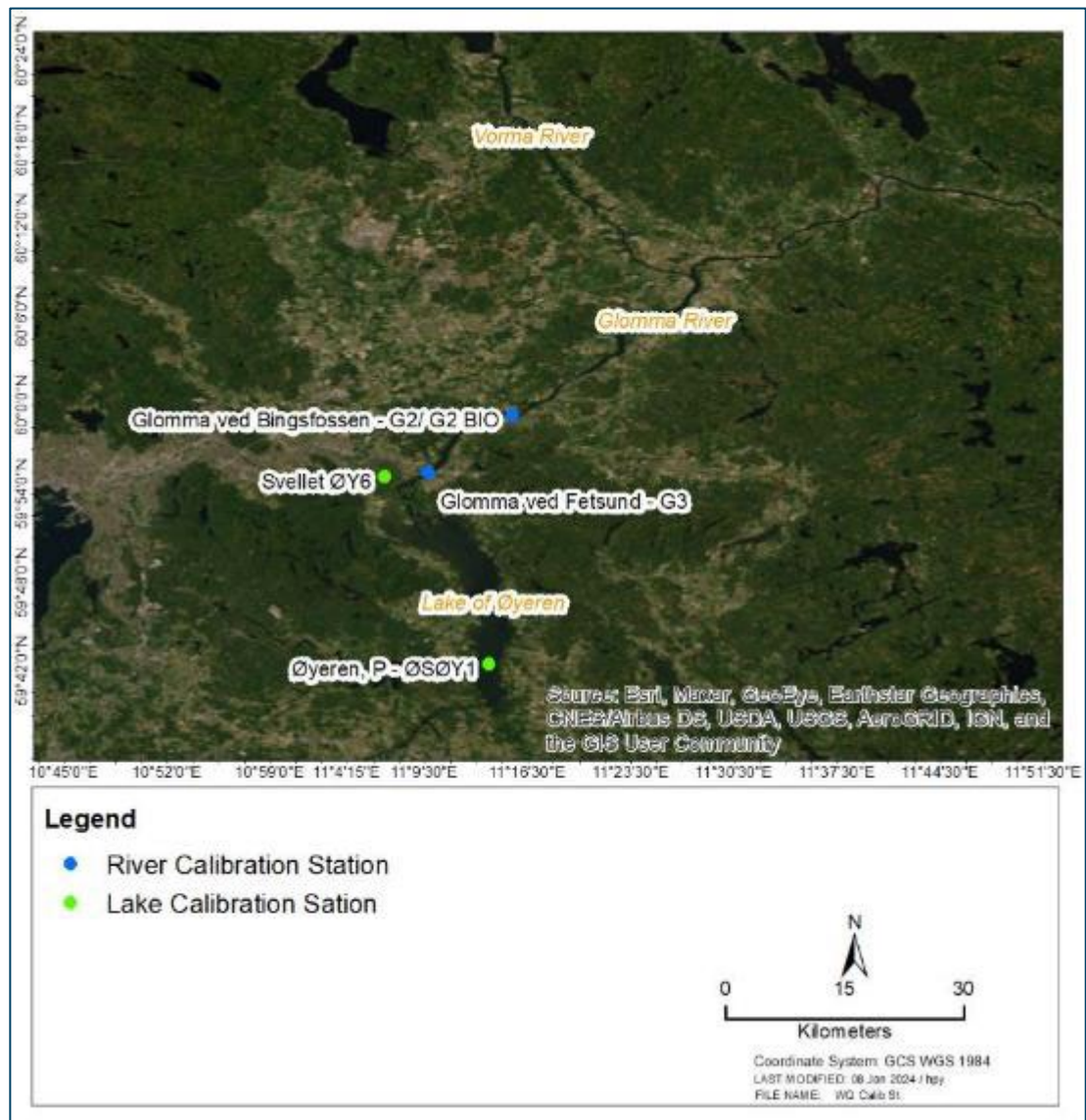
Zooplanktonet representerer viktige beitedyr som hoppekreps og ulike mikrozooplankton. Bidraget fra zooplankton til totalt fosfor og totalt nitrogen er basert på et forholdstall fra litteraturen, og prosessen med zooplankton beskrives som følger:

- Produksjon av karbon fra zooplankton
- Beiting av zooplankton
- Frigjøring av karbon når zooplankton dør

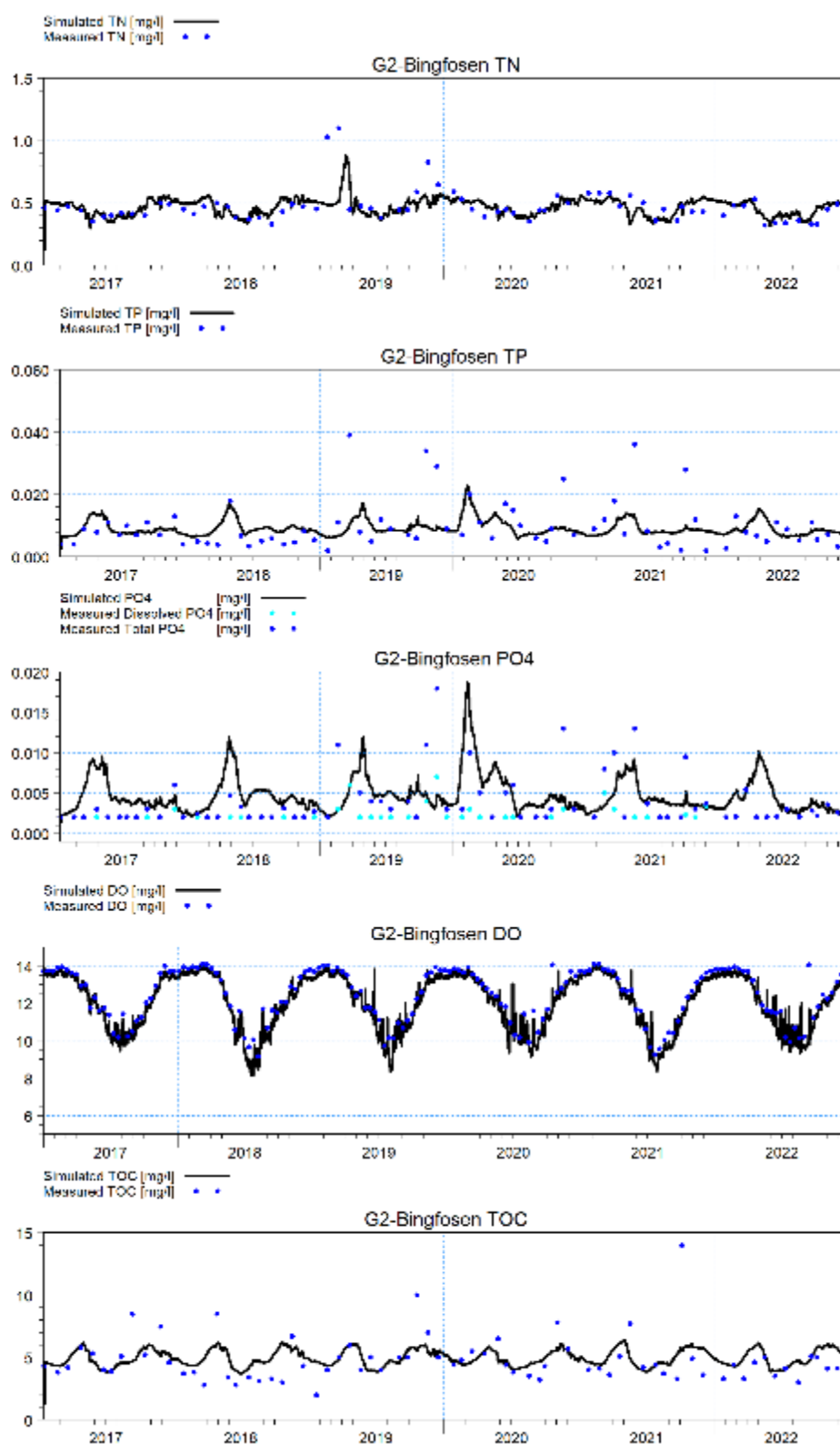
VEDLEGG C – kalibreringsresultater vannkvalitetsmodeller

C Kalibreringsresultater vannkvalitetsmodeller

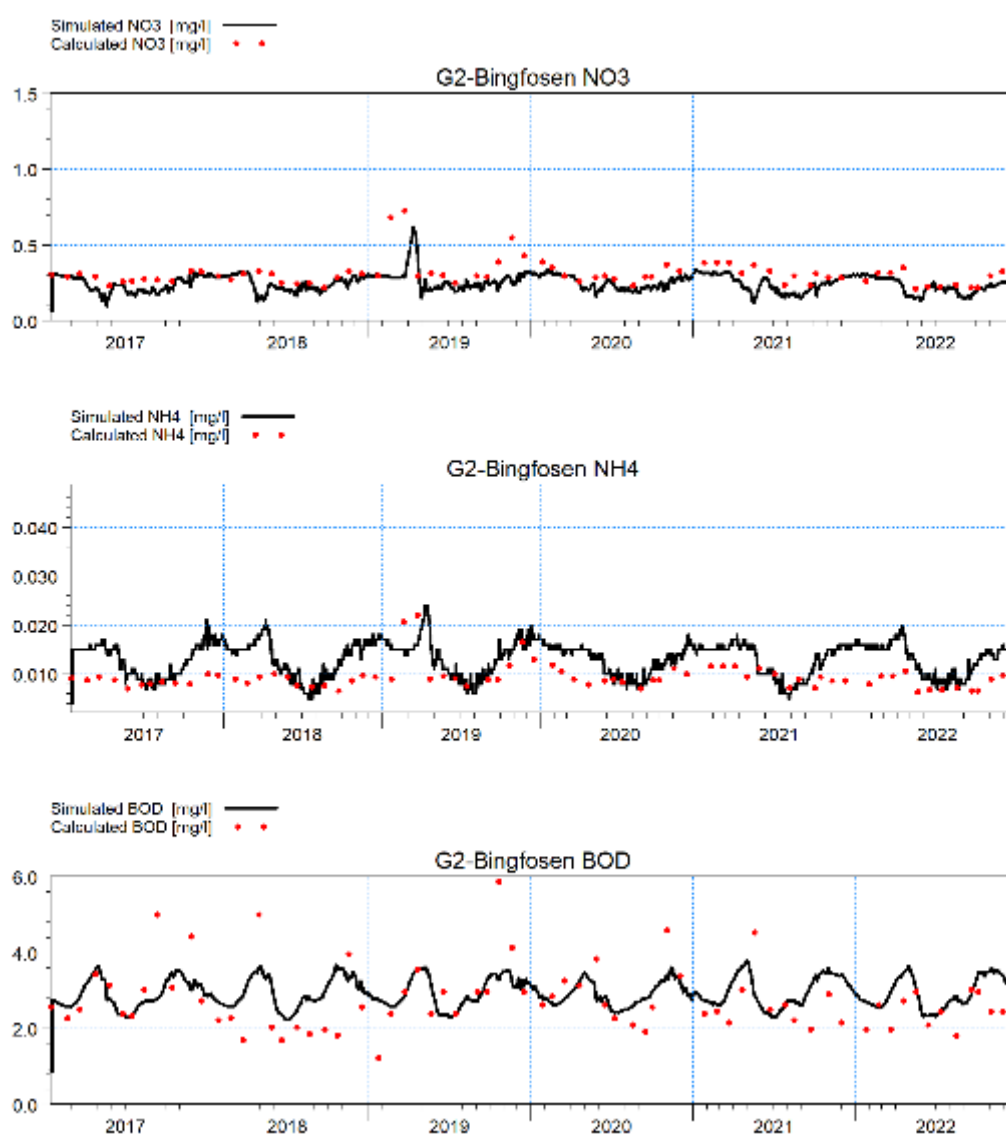
Figuren under viser punktene benyttet til kalibrering av 1D vannkvalitetsmodell av Vorma og Glomma og 3D-modell av Øyeren. For hvert punkt er det laget tidsserieplott for utvalgte parametere for 2017-2022.



C.1 G2 Glomma ved Bingsfossen

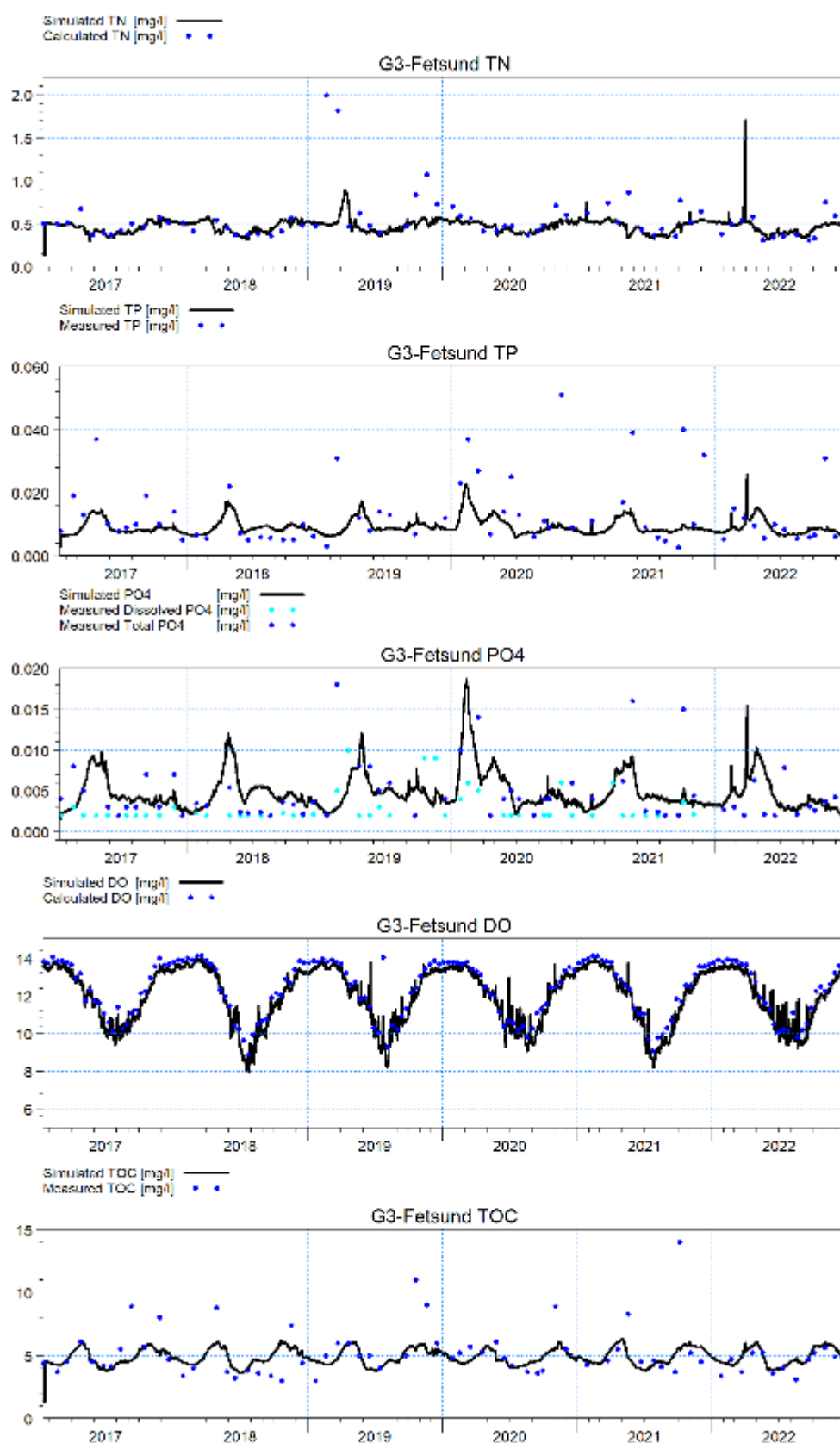


Figur 6-1: Kalibreringsresultater G2 Glomma ved Bingsfossen Tot-P, Tot-N, fosfat, oksygen og TOC

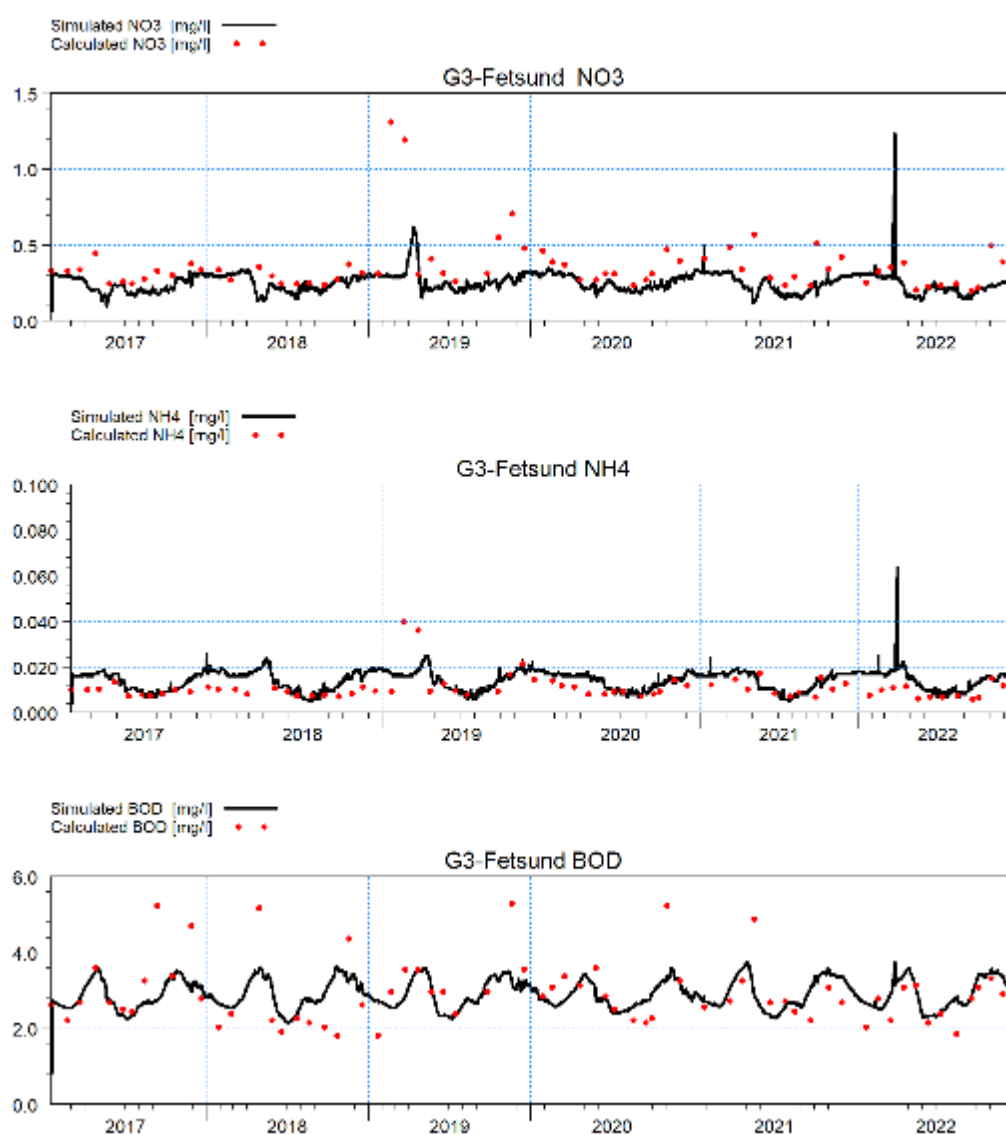


Figur 6-2: Kalibreringsresultater G2 Glomma ved Bingsfossen nitrat, nitritt, BOF

C.2 G3 Glomma ved Fetsund bru



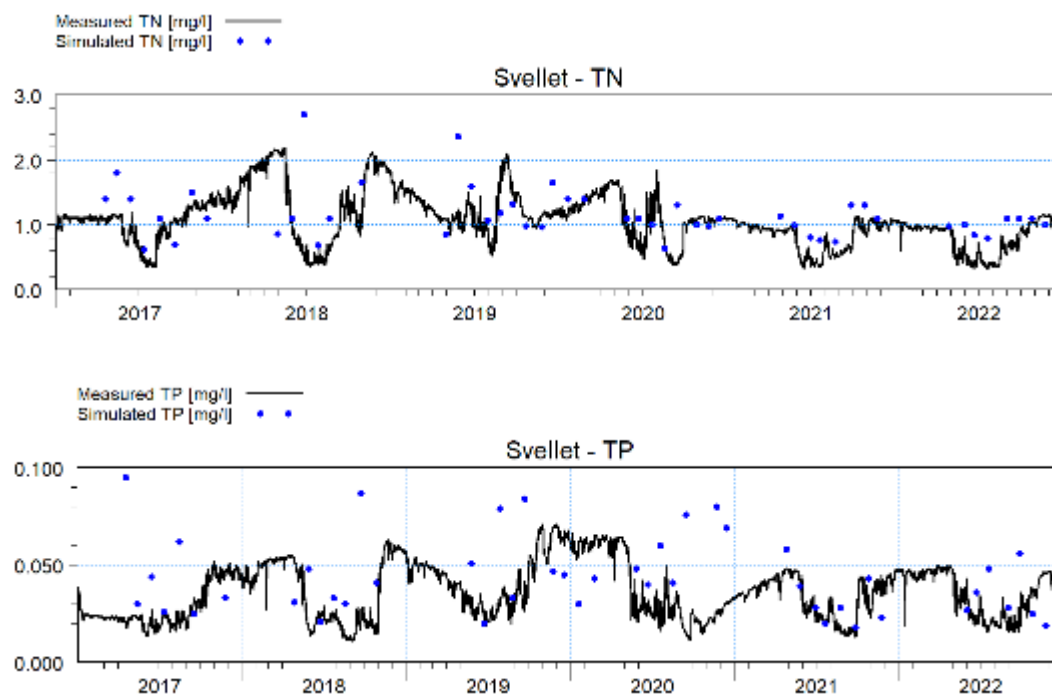
Figur 6-3: Kalibreringsresultater G3 Glomma ved Fetsund Tot-P, Tot-N, fosfat, oksygen og TOC



Figur 6-4: Kalibreringsresultater G3 Glomma ved Fetsund nitrat, nitritt, BOF

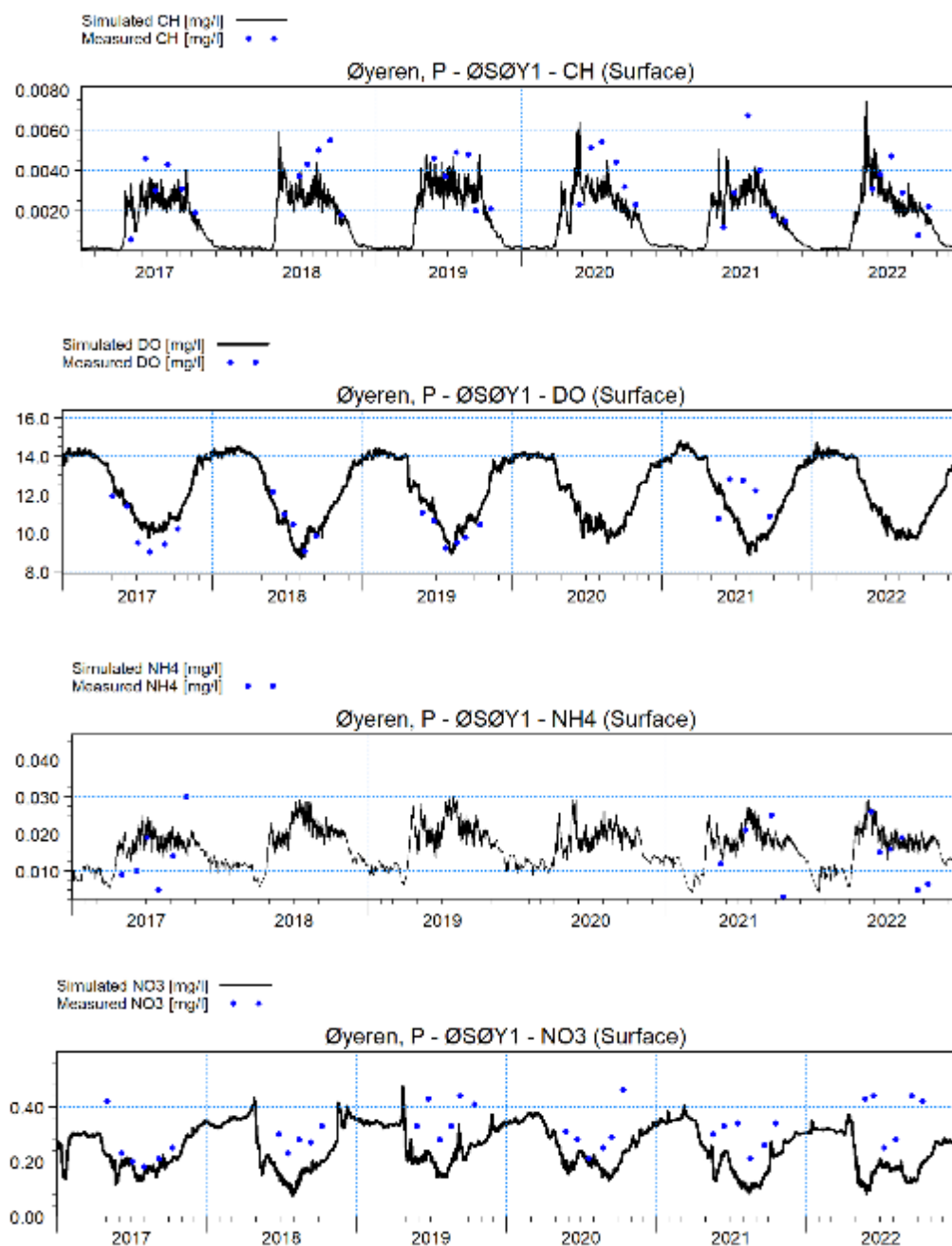
C.3 Øyeren

C.3.1 ØY6 Svellet

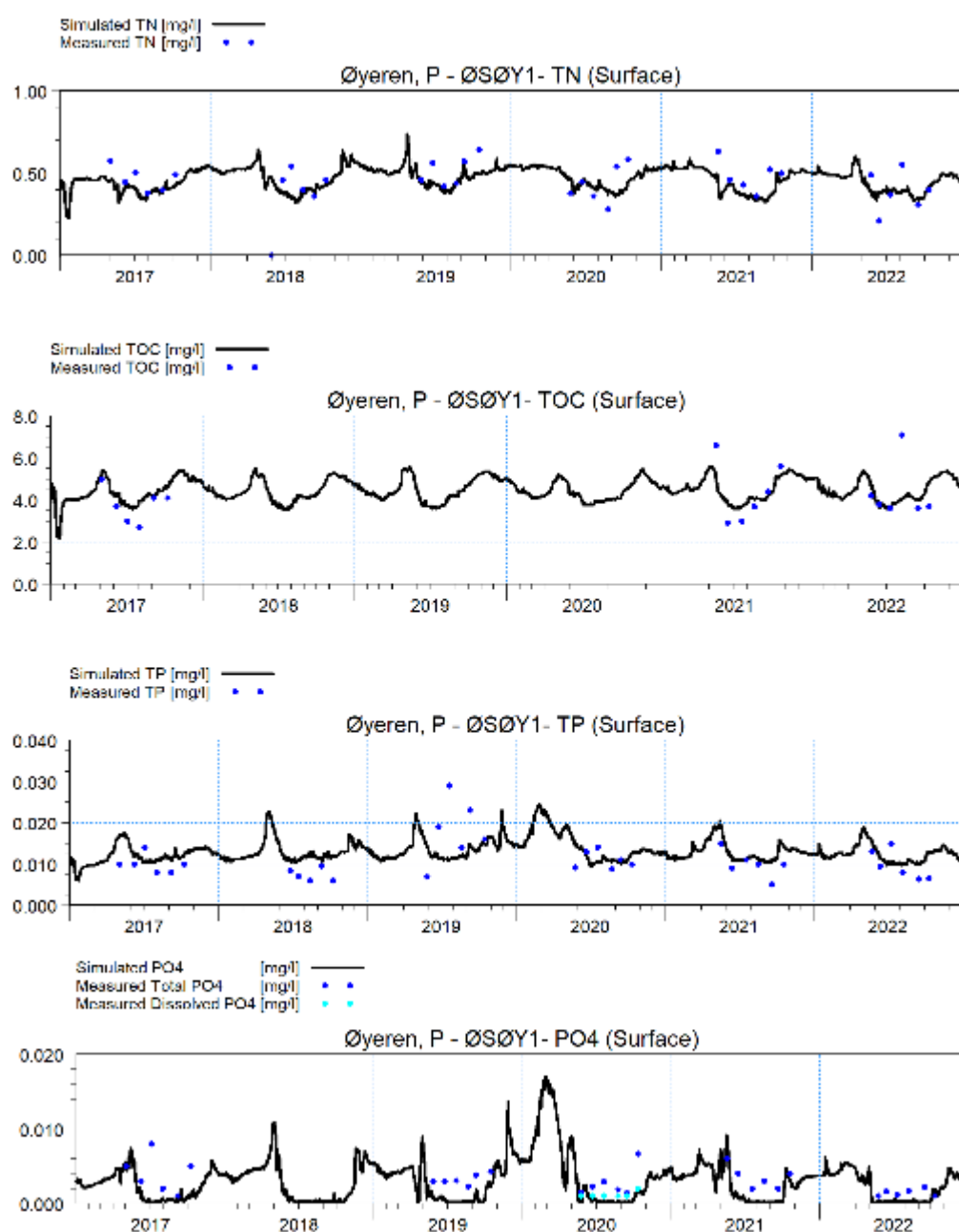


Figur 6-5: Kalibreringsresultat Øyeren ved ØY6 Svellet Tot-P og Tot-N

C.3.2 P-ØSØY1 Øyeren - overflaten

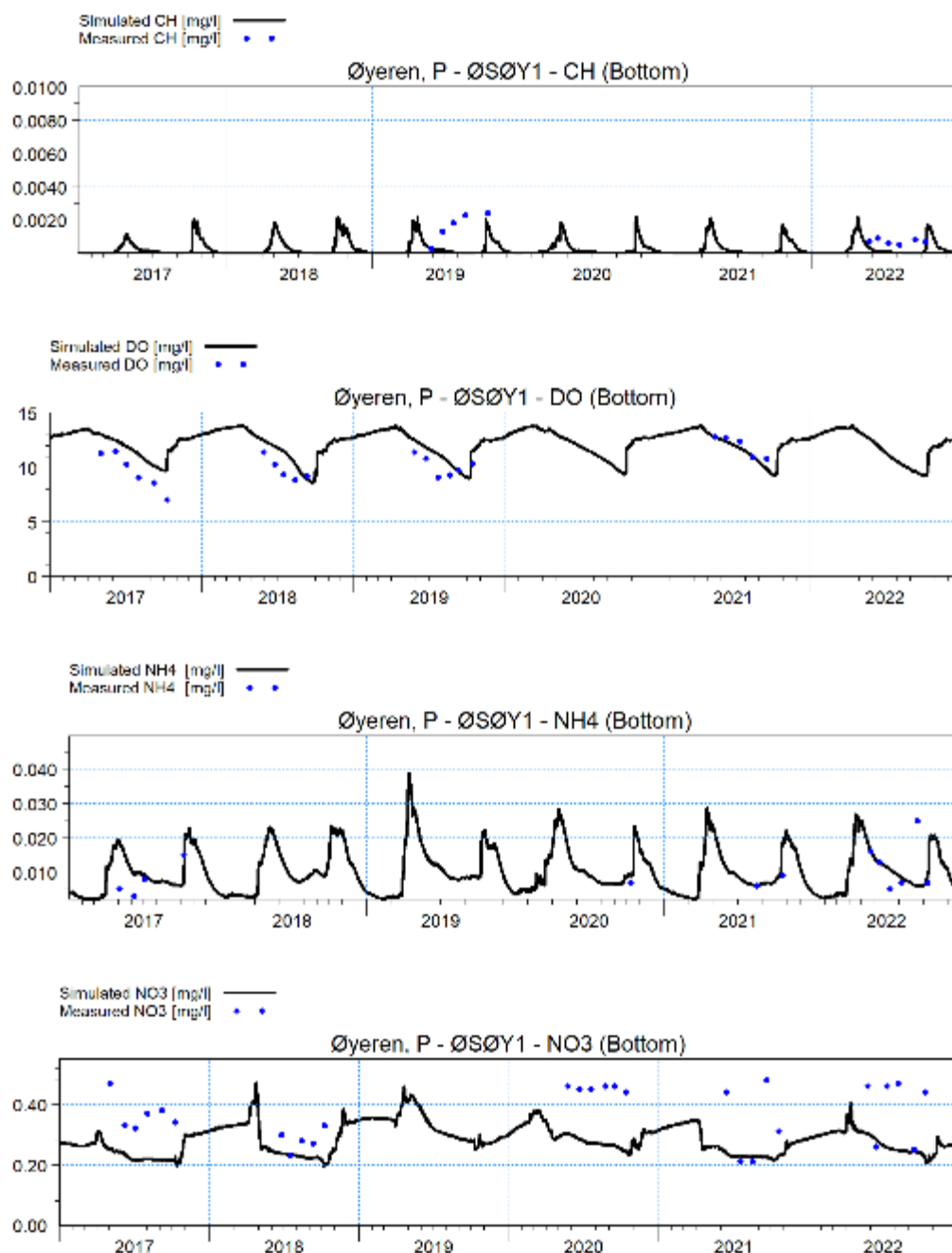


Figur 6-6: Kalibreringsresultat P-ØSØY1 Øyeren overflate klorofyll a, oksygen, nitrat og nitritt

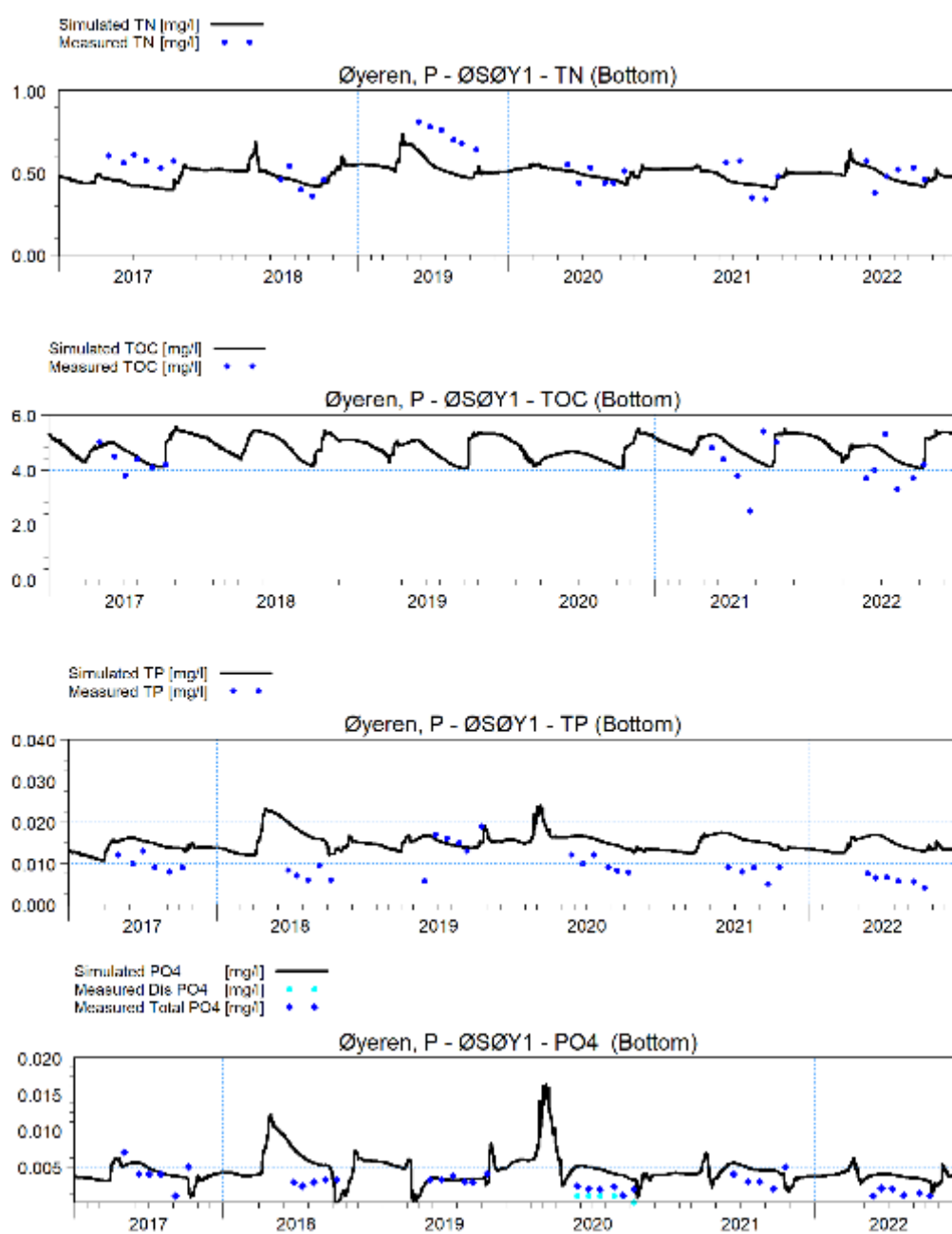


Figur 6-7: Kalibreringsresultat P-ØSØY1 Øyeren overflate Tot-N, TOC, Tot-P og fosfat

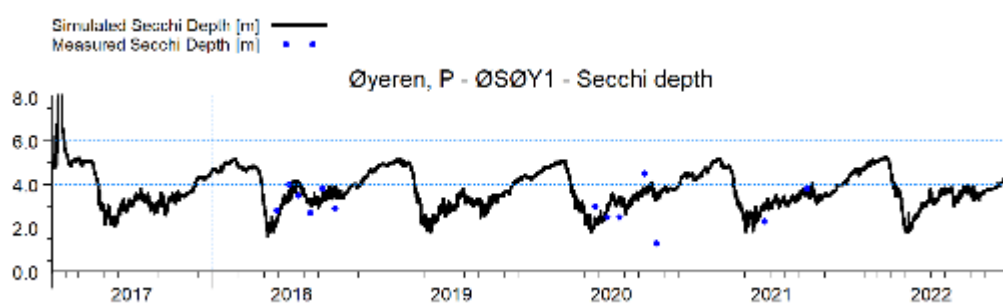
C.3.3 P-ØSØY1 Øyeren – bunnlag



Figur 6-8: Kalibreringsresultat P-ØSØY1 Øyeren bunnlag klorofyll a, oksygen, nitrat og nitritt



Figur 6-9: Kalibreringsresultat P-ØSØY1 Øyeren bunnlag Tot-N, TOC, Tot-P og fosfat



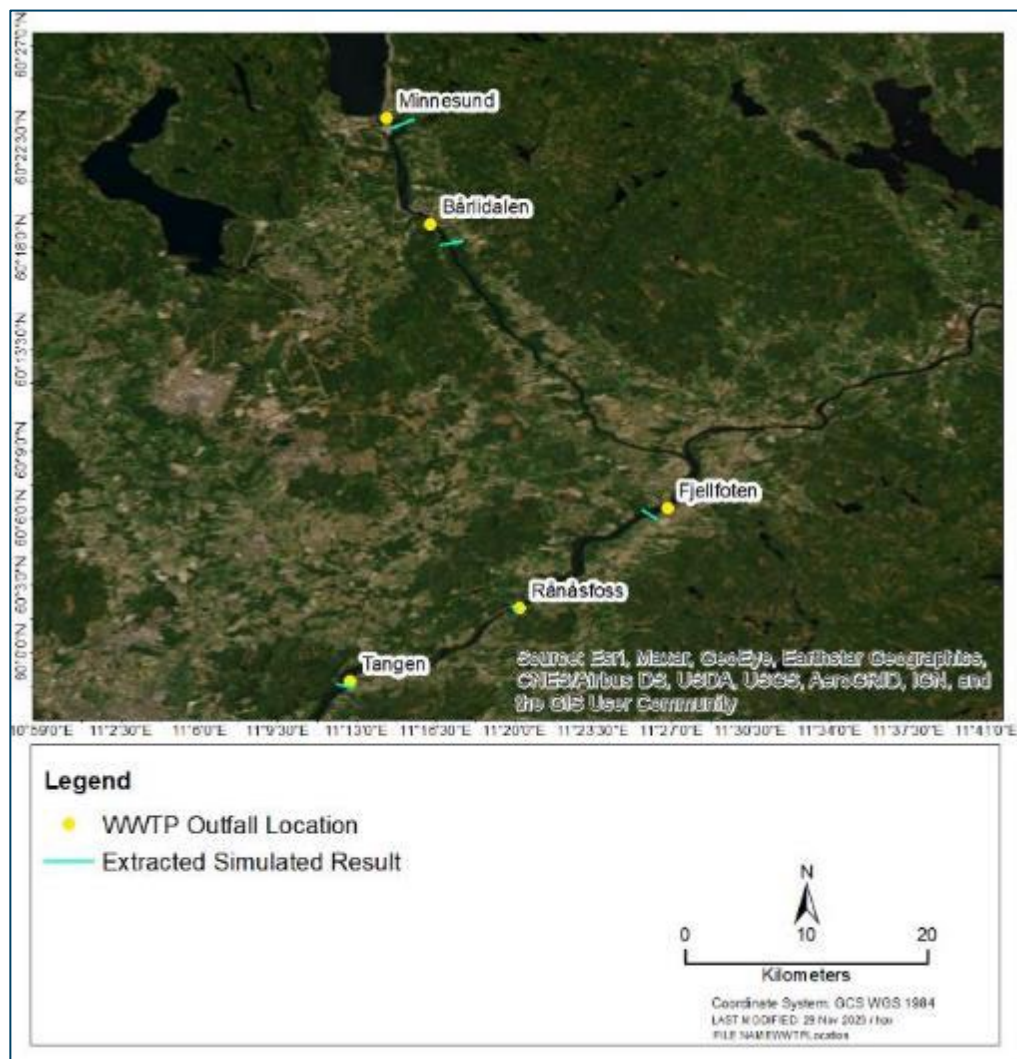
Figur 6-10: Kalibreringsresultat P-ØSØY1 Øyeren siktedyp

VEDLEGG D – resultater vannkvalitetsmodeller

D Resultater vannkvalitetsmodeller

D.1 Vorma og Glomma tidsserieplott

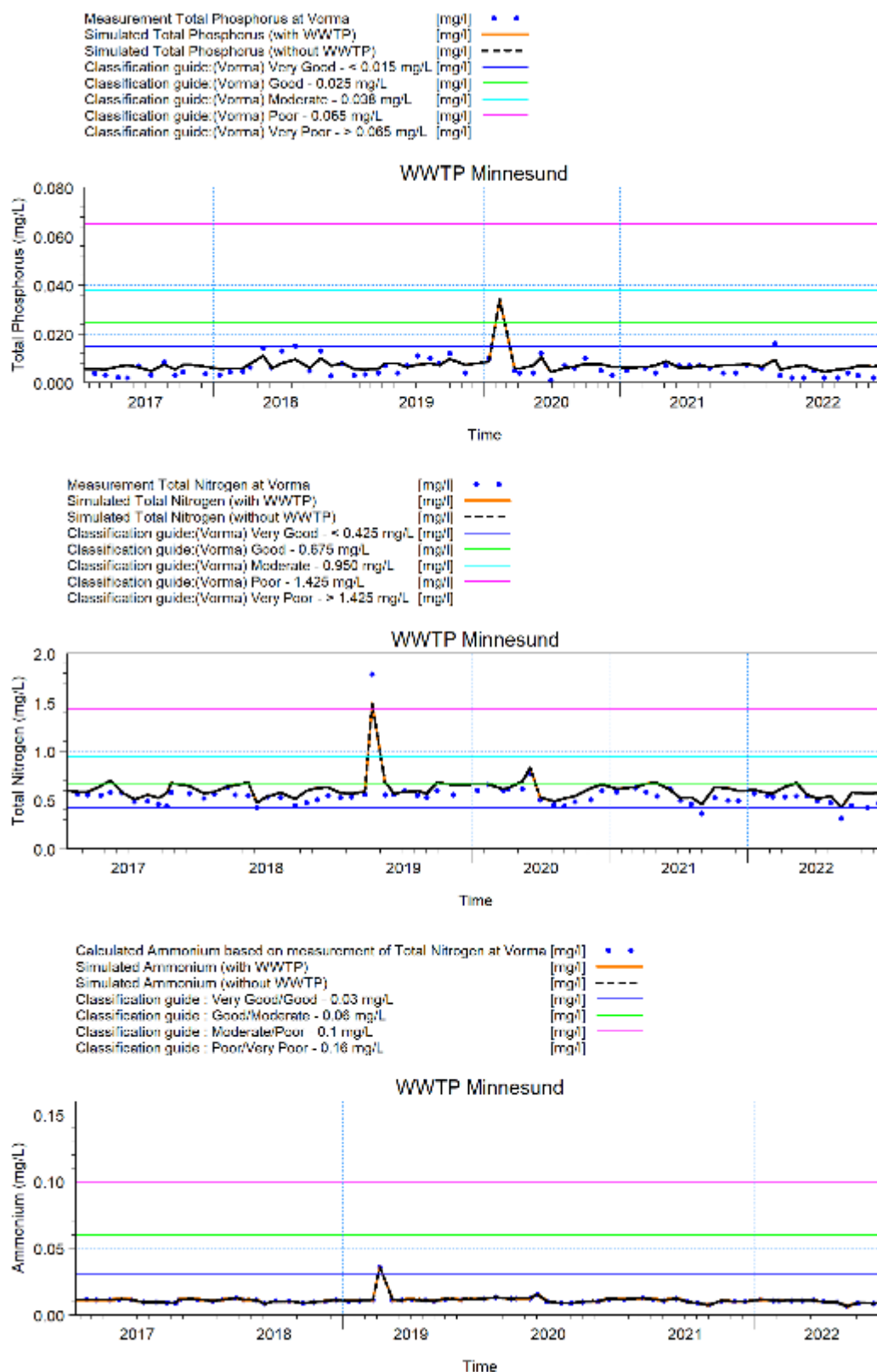
Figuren under viser punktene i Vorma og Glomma som det er laget tidsserieplott basert på simuleringene med den 1-dimensjonale vannkvalitetsmodellen. Tidsserieplottene viser utvalgte vannkvalitetsparametere basert på simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene.



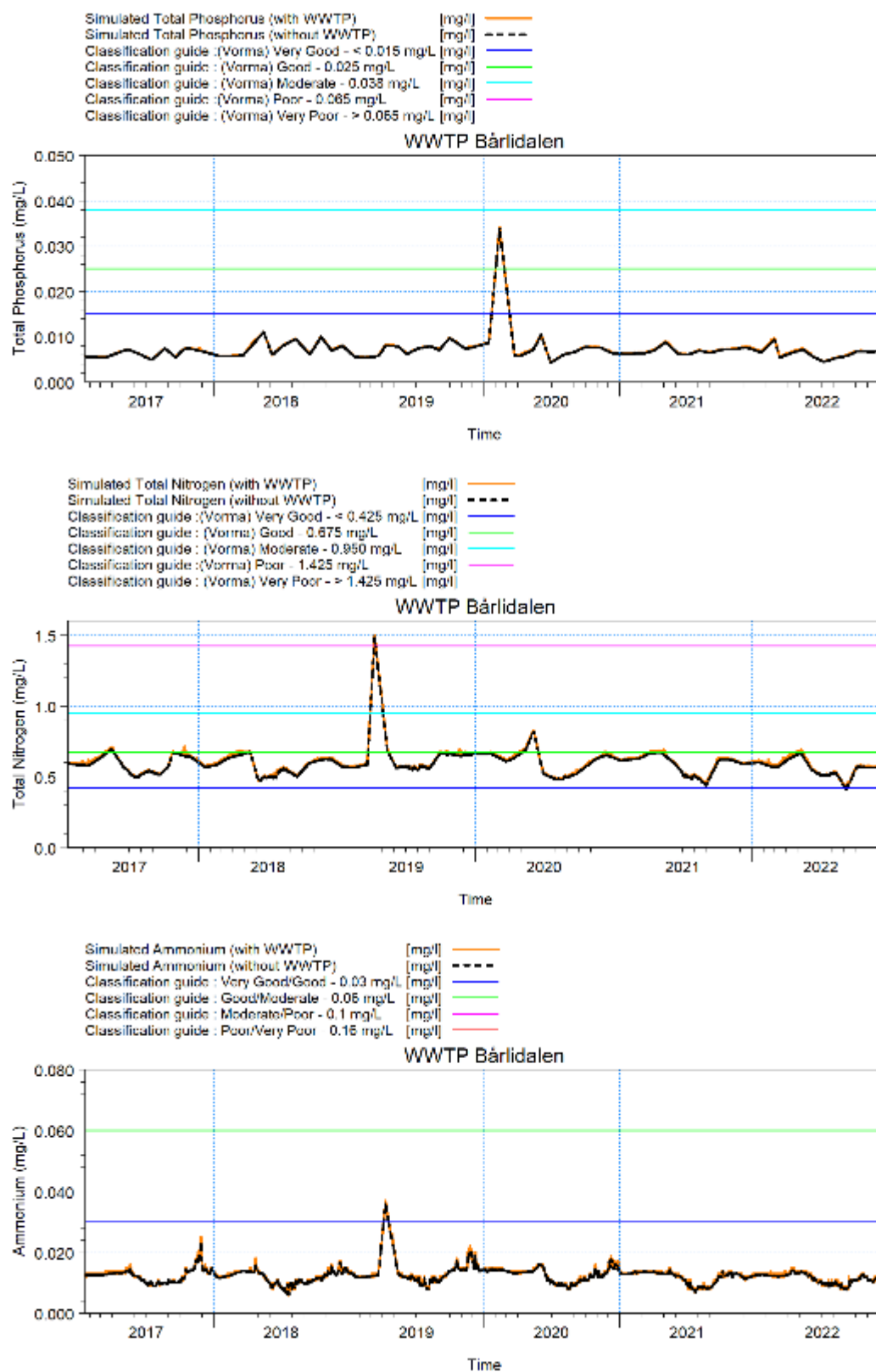
Følgende parametere er vist i tidsserieplottene:

- Totalt fosfor (TP)
- Totalt nitrogen (TN)
- Oksygen bunnvann (DO)
- Klorofyll a (CH)
- Ammonium (NH₄)
- Totalt organisk karbon (TOC)

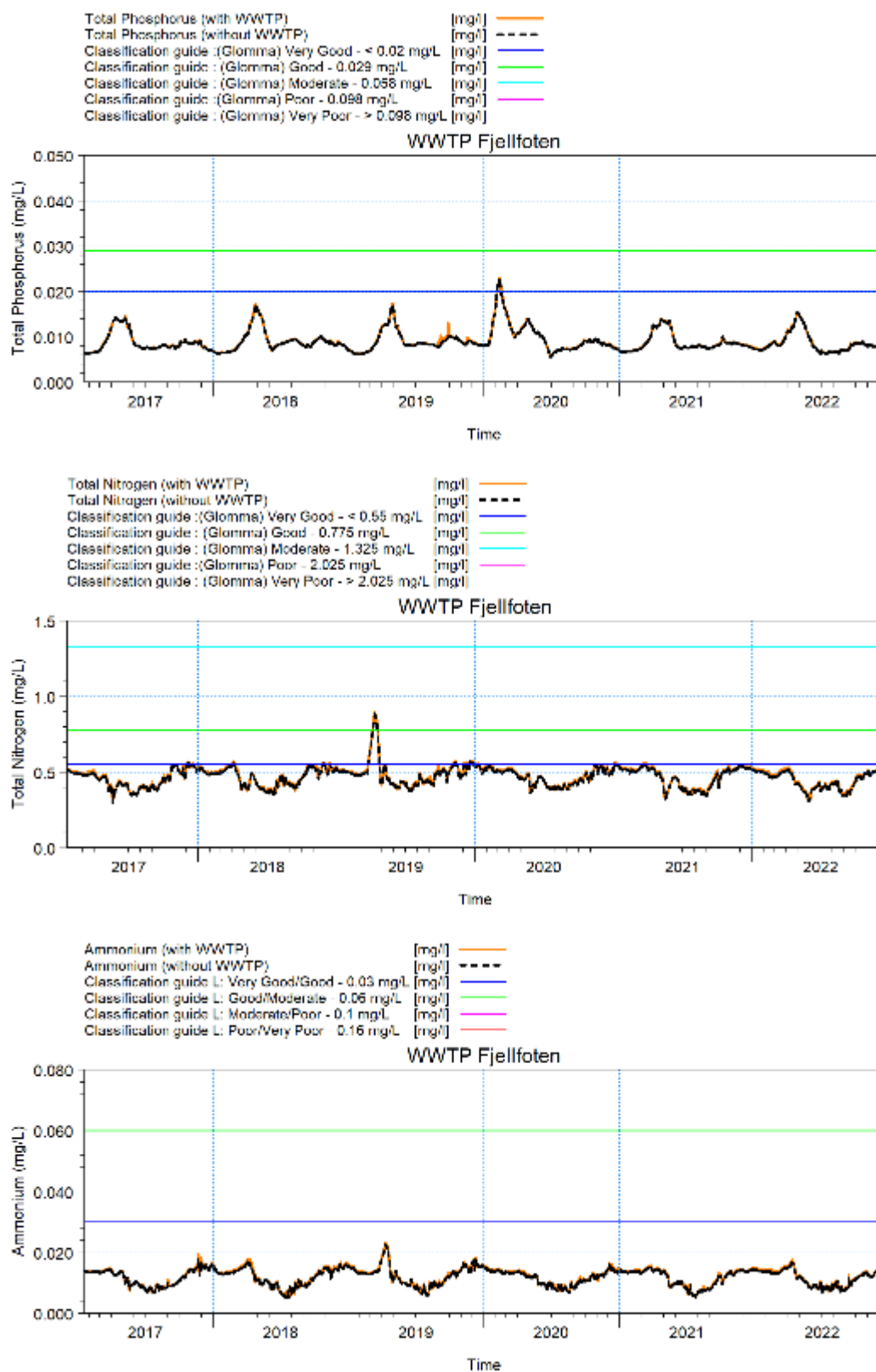
D.1.1 Vorma - Minnesund



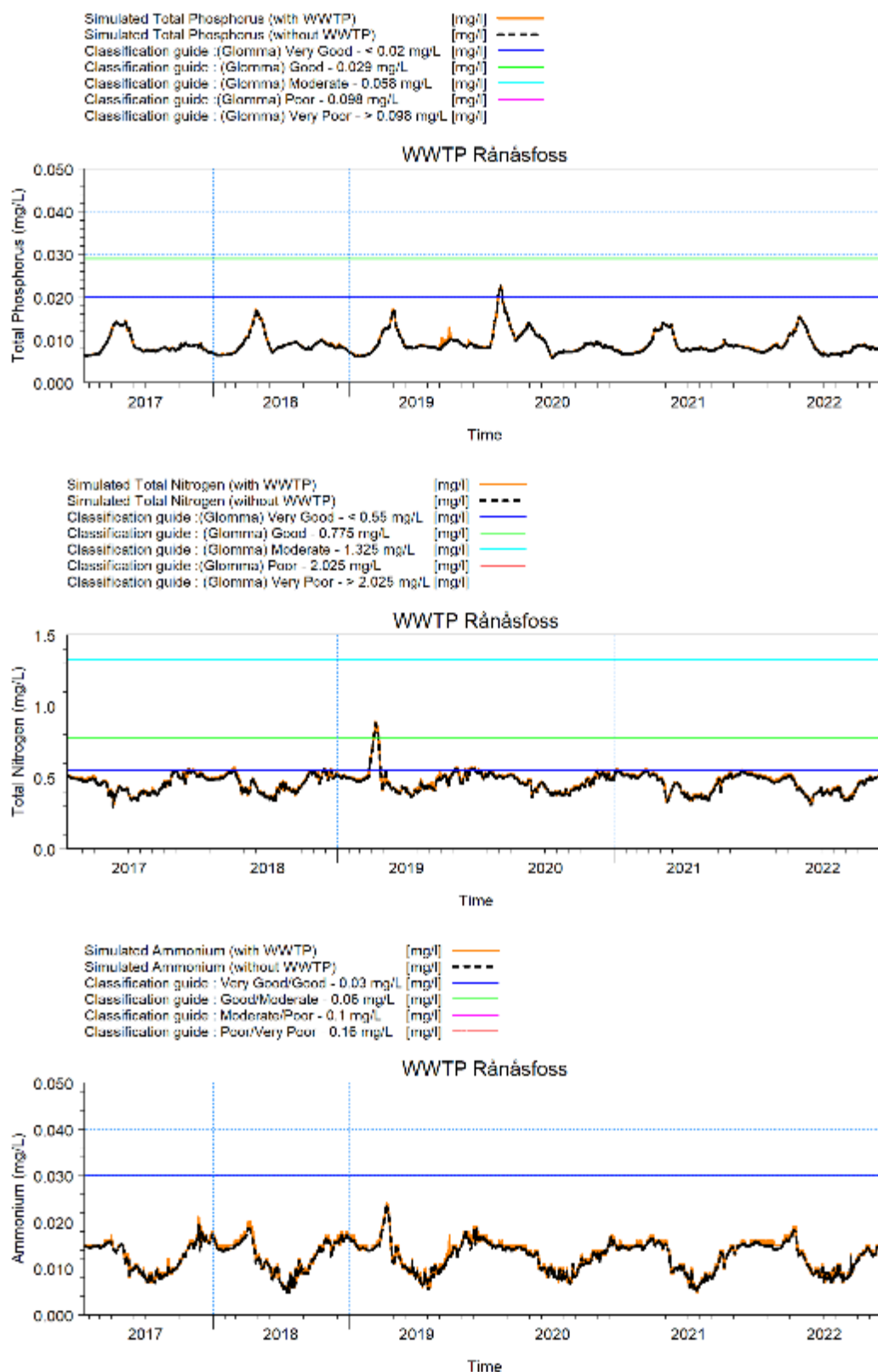
D.1.2 Vorma - Bårlidalen



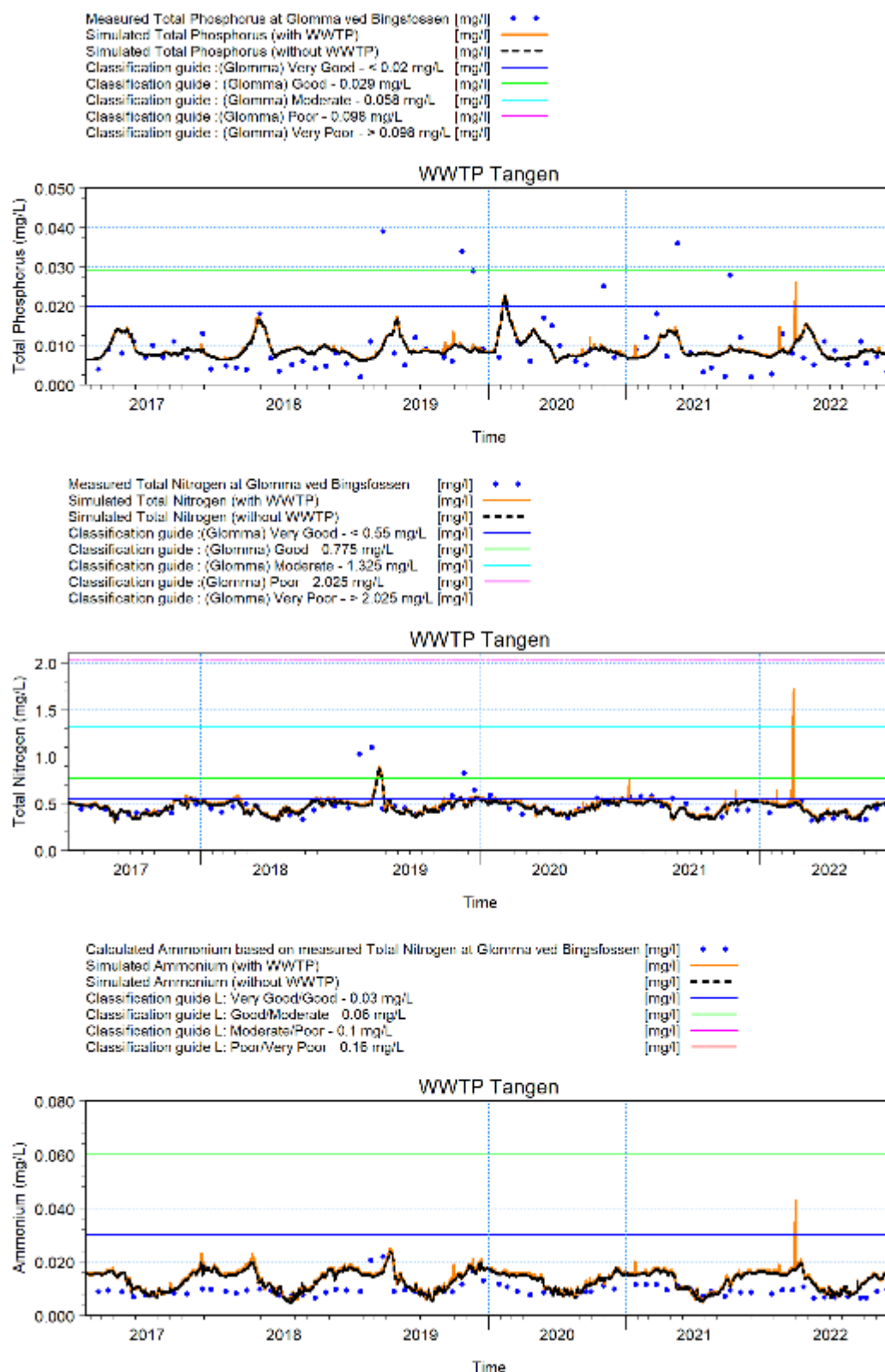
D.1.3 Glomma – Fjellfoten



D.1.4 Glomma – Rånåsfoss

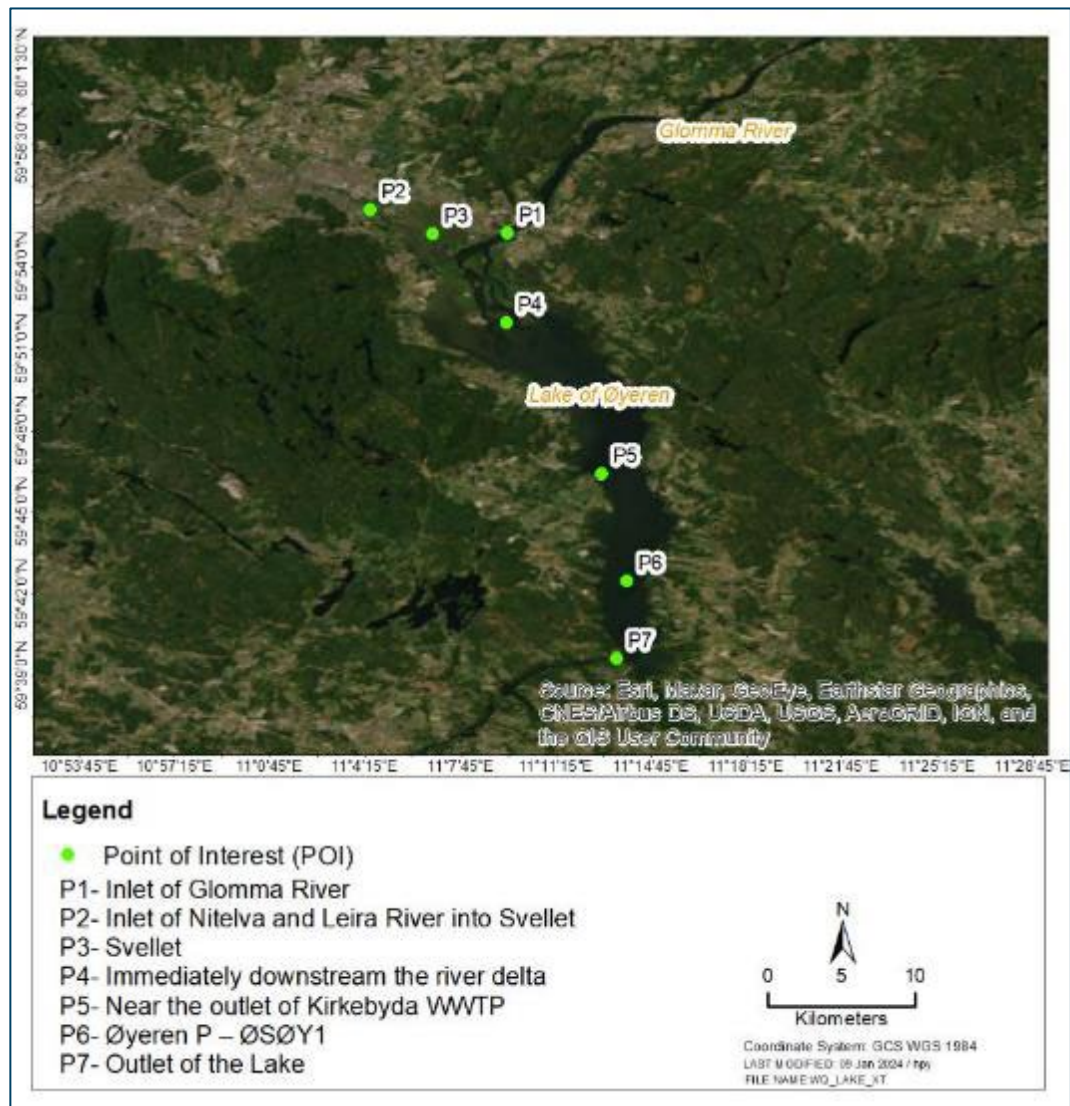


D.1.5 Glomma – Tangen



D.2 Øyeren tidsserieplott

Figuren under viser punktene i Svellet og Øyeren som det er laget tidsserieplott basert på simuleringene med den 3-dimensjonale vannkvalitetsmodellen. Tidsserieplottene viser utvalgte vannkvalitetsparametere basert på simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene. For alle punkter er det resultater vist for både overflaten og bunnlaget.

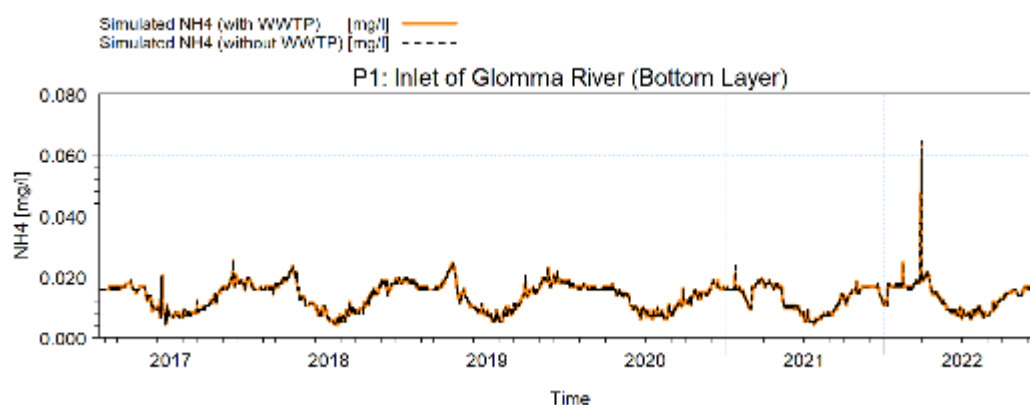
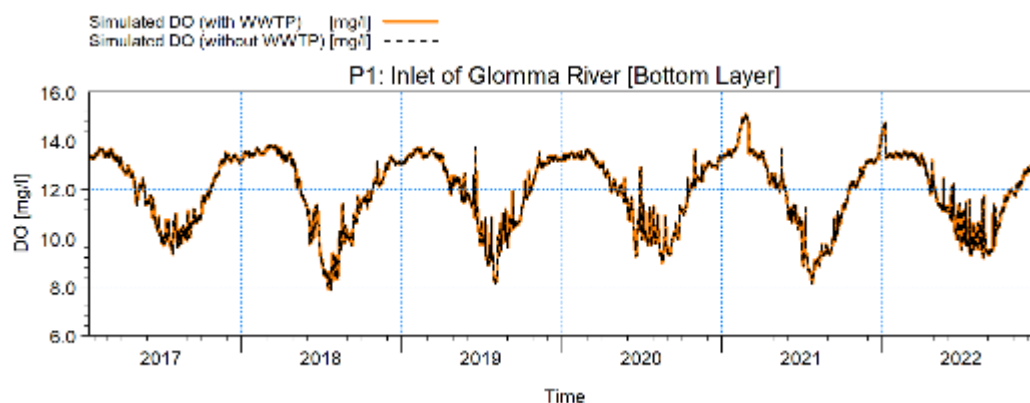
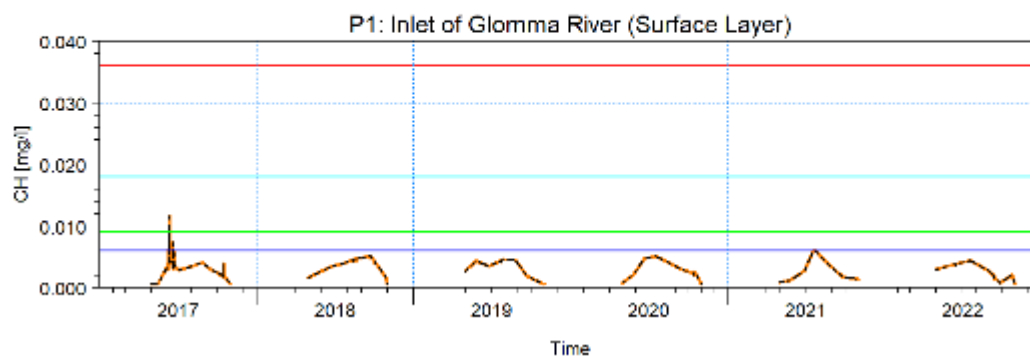


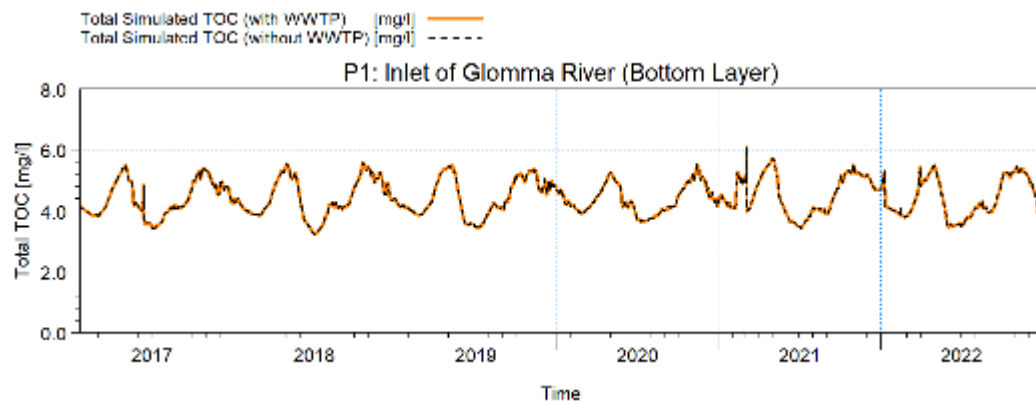
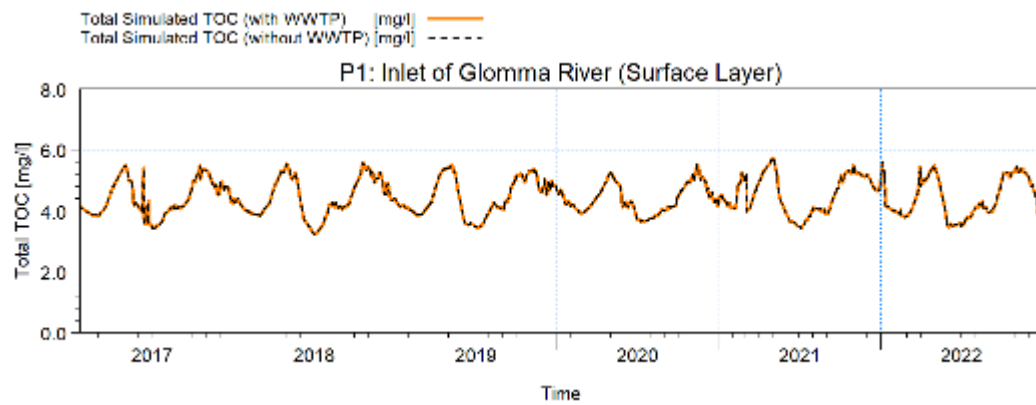
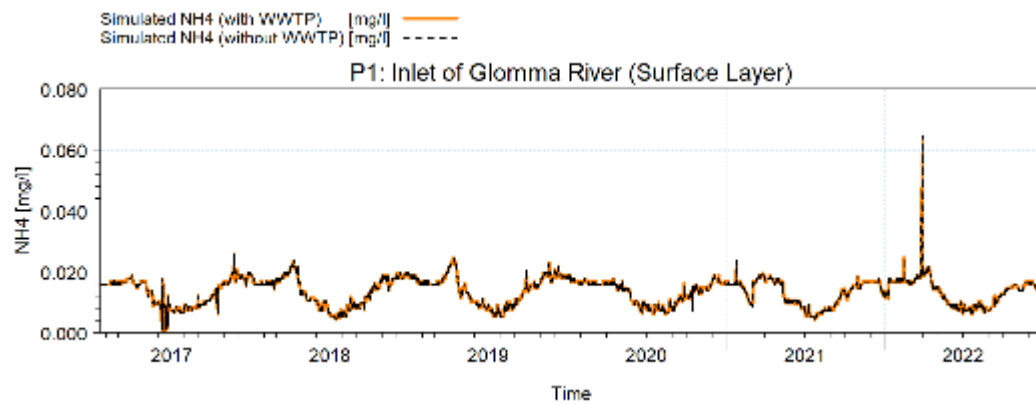
Følgende parametere er vist i tidsserieplottene:

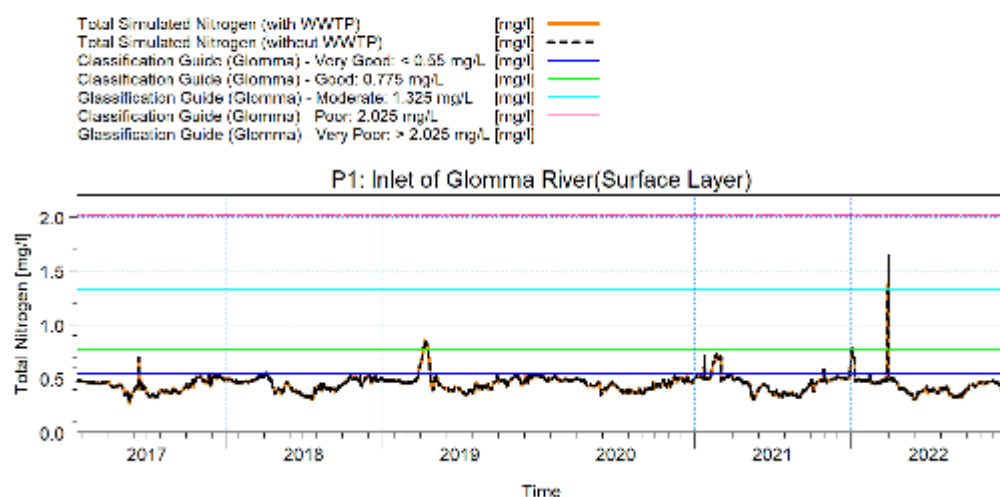
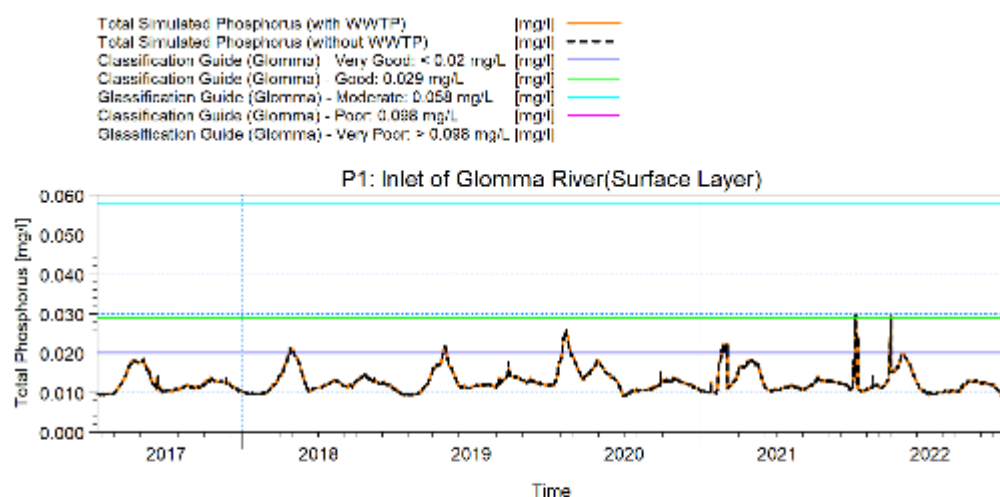
- Totalt fosfor (TP)
- Totalt nitrogen (TN)
- Oksygen bunnvann (DO)
- Klorofyll a (CH)
- Ammonium (NH₄)
- Totalt organisk karbon (TOC)

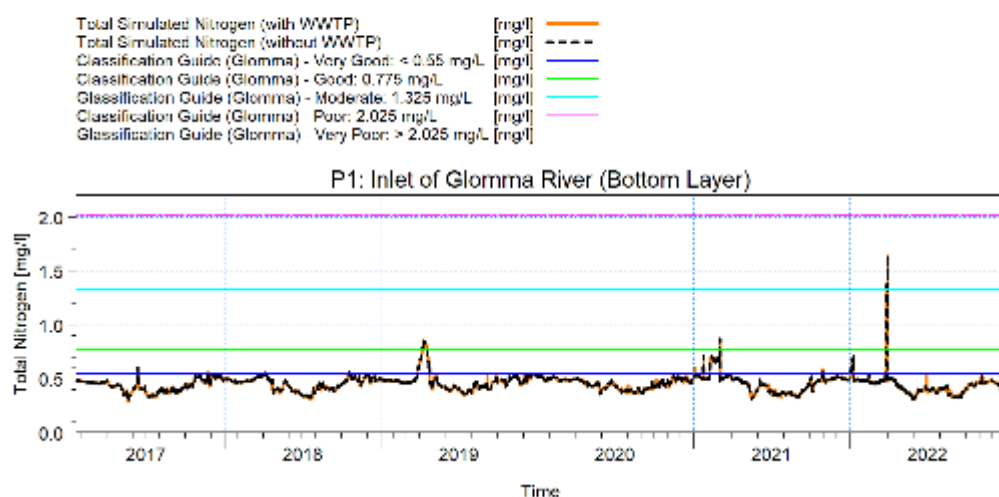
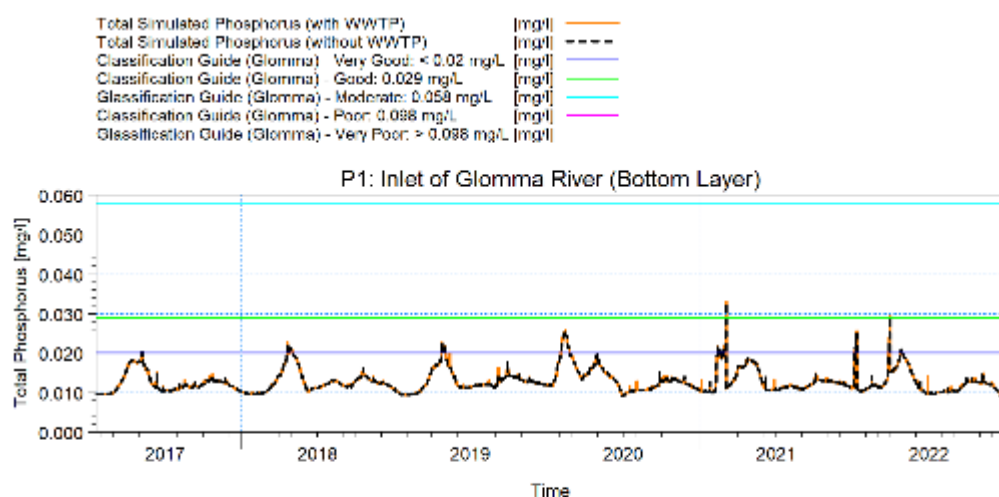
D.2.1 P1 Øyeren – Fetsund bru

Simulated CH (with WWTP) [mg/l] ———
 Simulated CH (without WWTP) [mg/l] - - - -
 Classification Guide (Øyeren) - Very Good: < 0.006 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Good: 0.009 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Moderate: 0.018 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Poor: 0.036 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Very Poor: > 0.036 mg/L [mg/l]



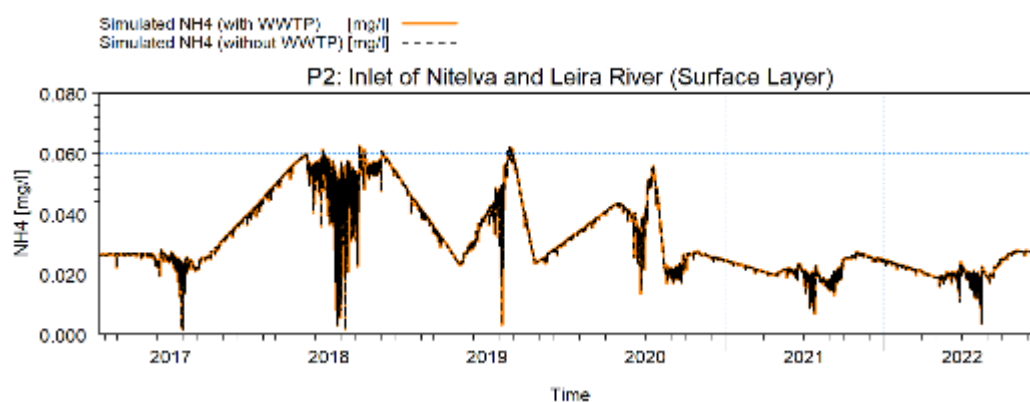
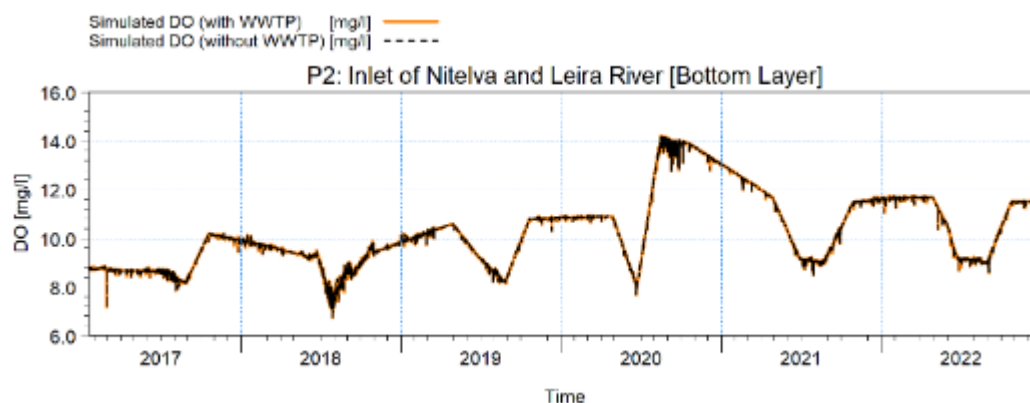
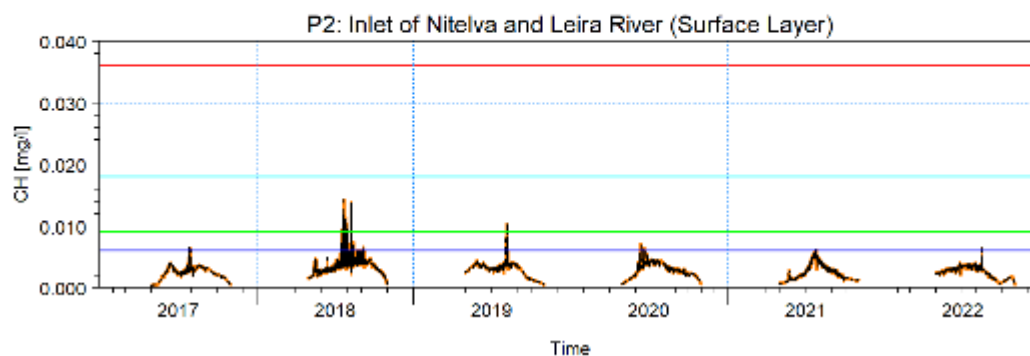


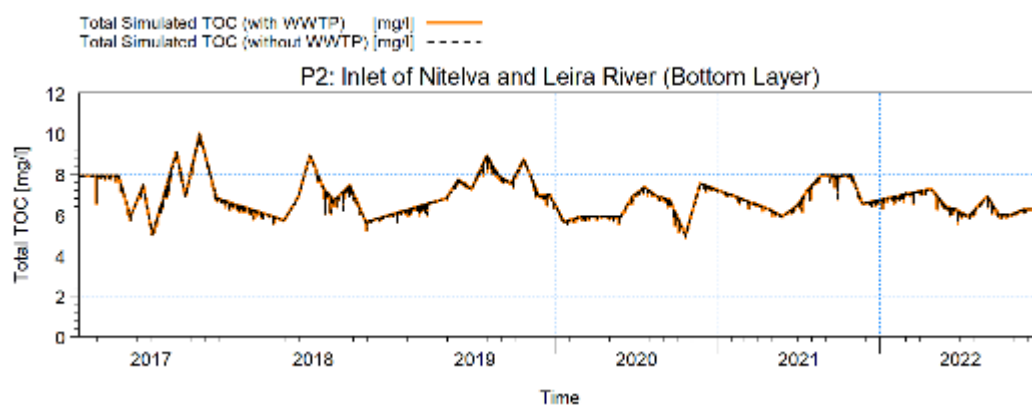
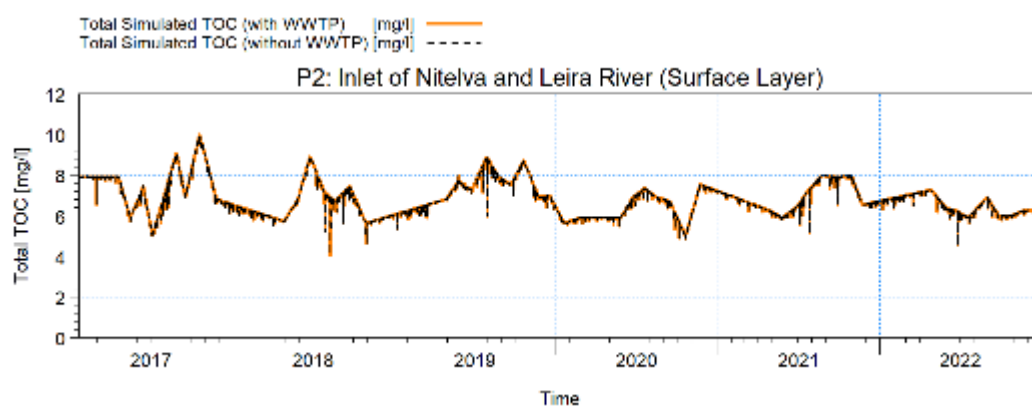
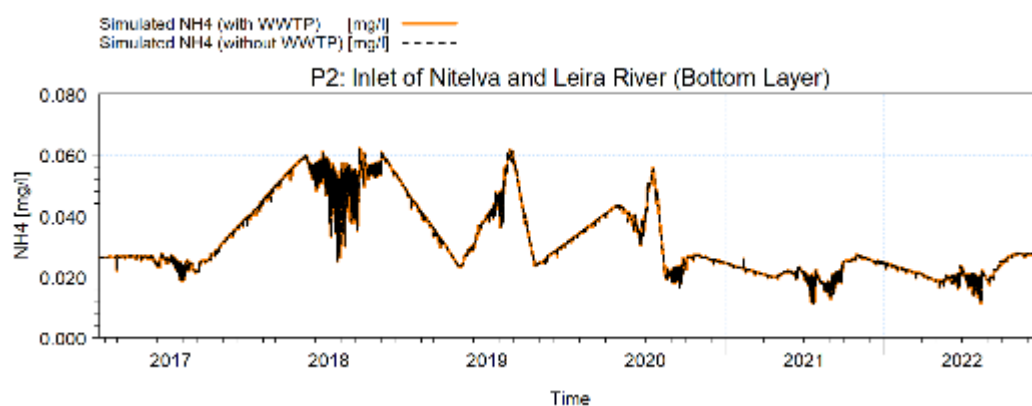


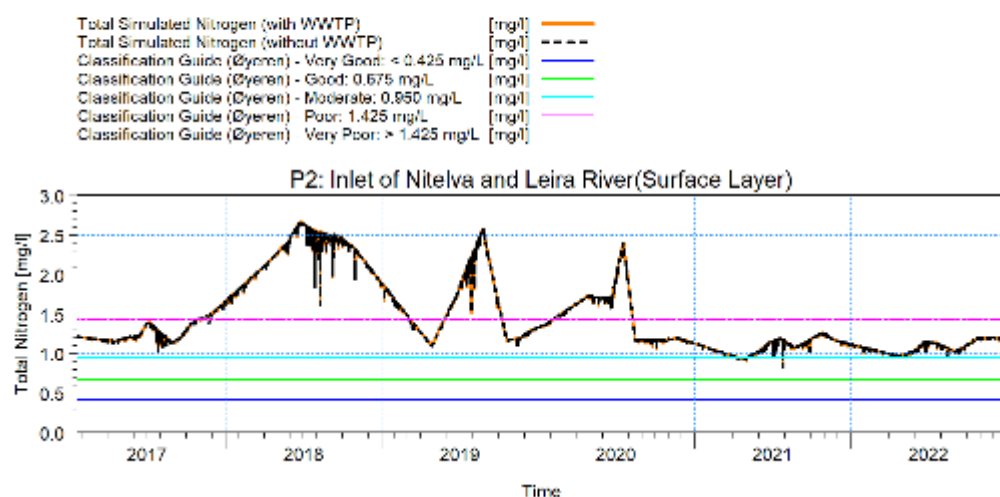
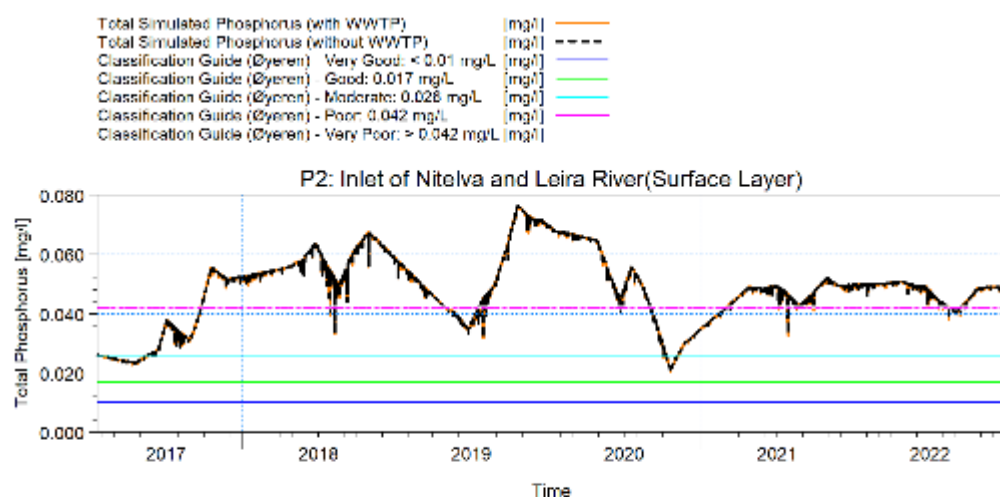


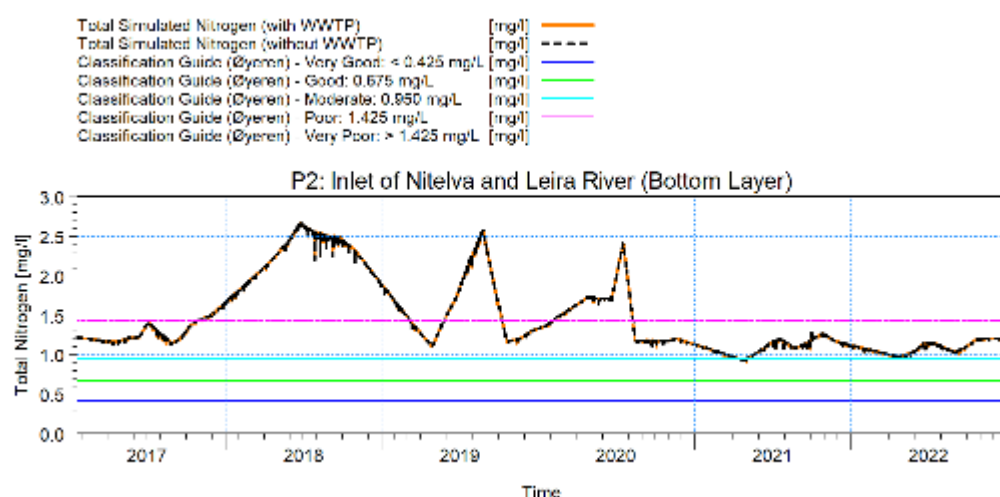
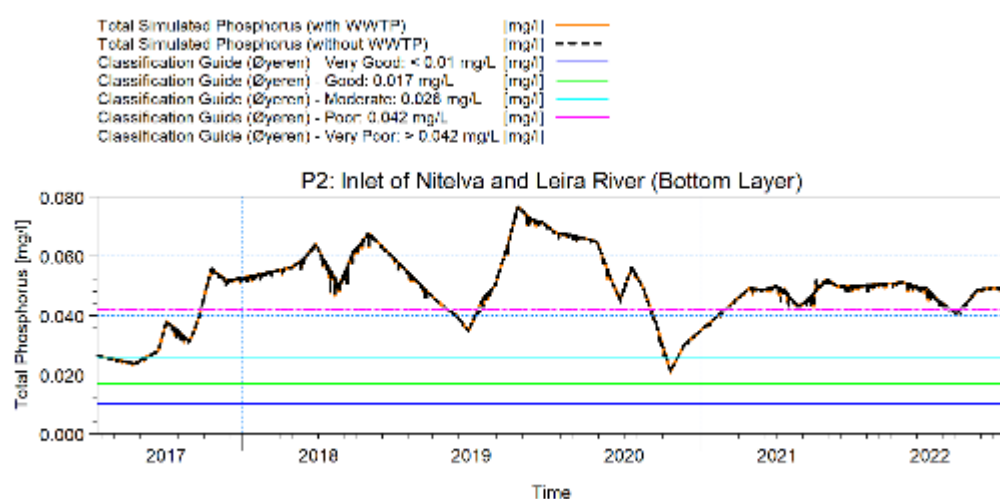
D.2.2 P2 Nitelva og Leira

Simulated CH (with WWTP) [mg/l] ———
 Simulated CH (without WWTP) [mg/l] - - - -
 Classification Guide (Øyeren) - Very Good: < 0.006 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Good: 0.009 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Moderate: 0.018 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Poor: 0.036 mg/L [mg/l]
 Classification Guide (Øyeren) - Very Poor: > 0.036 mg/L [mg/l]

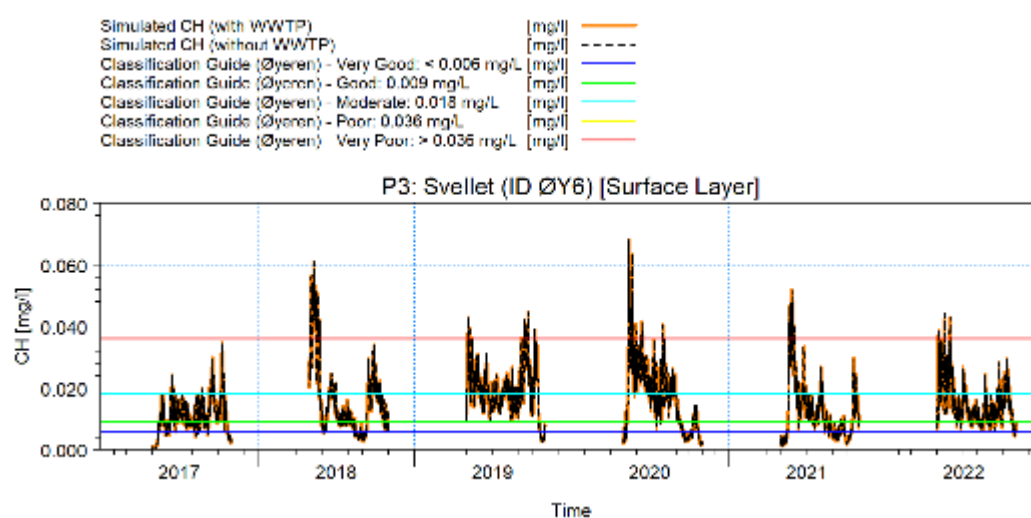


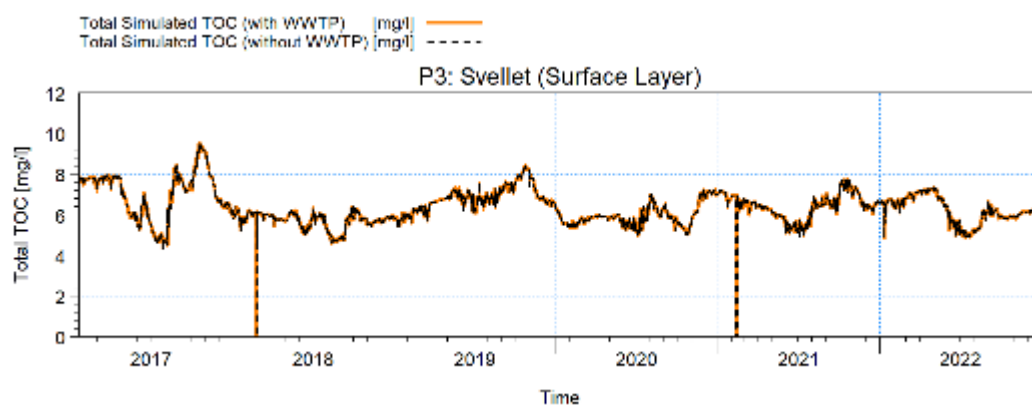
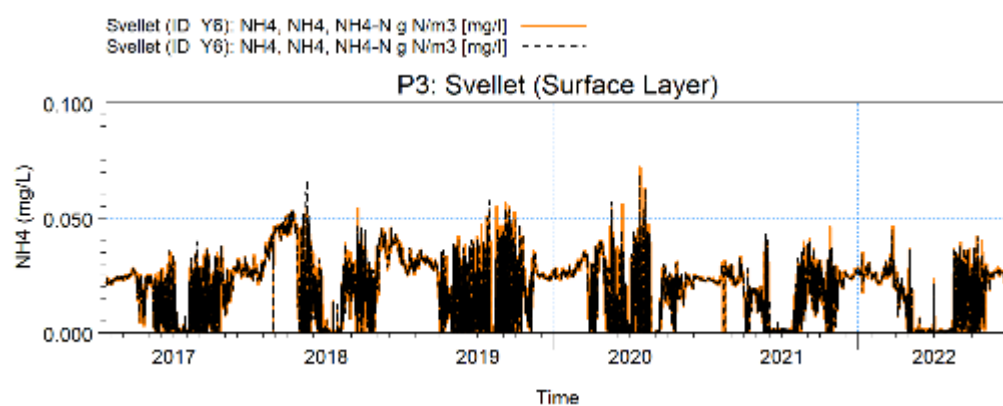
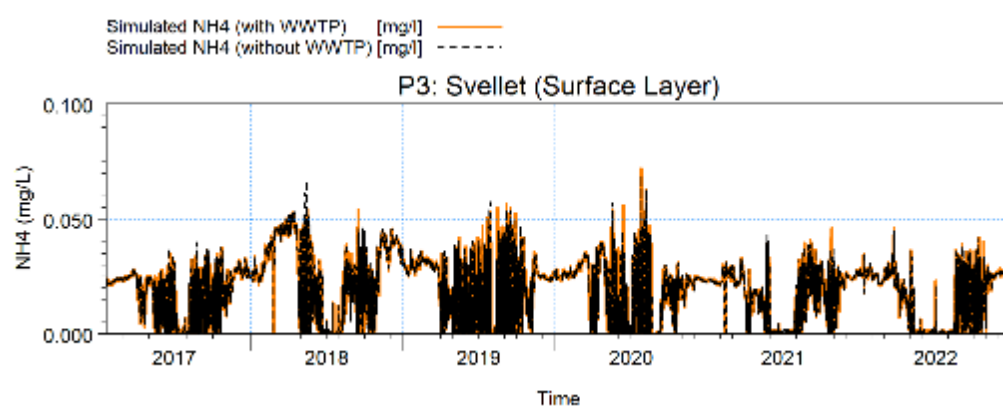
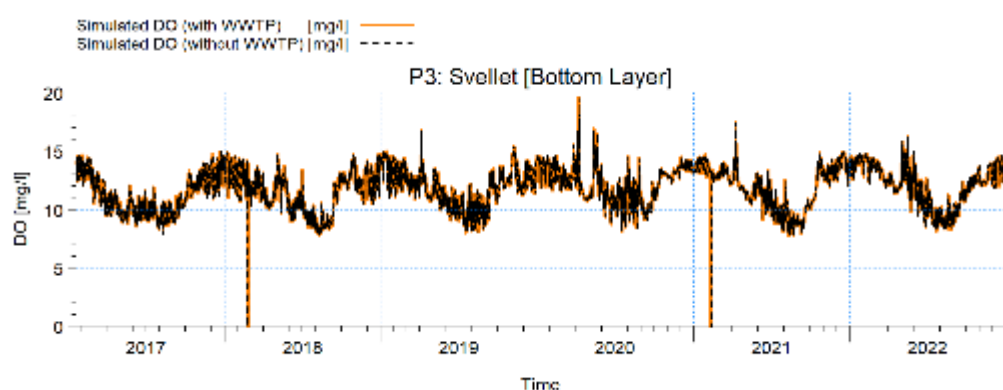


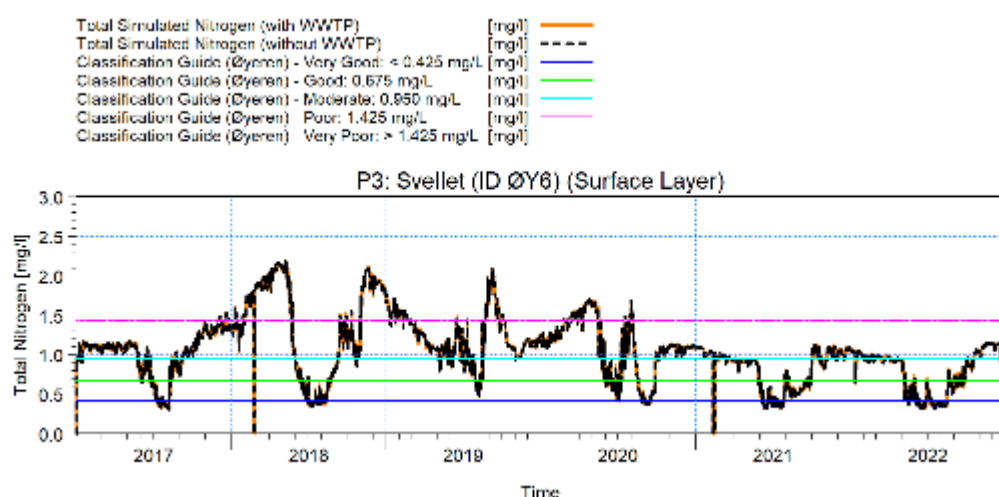
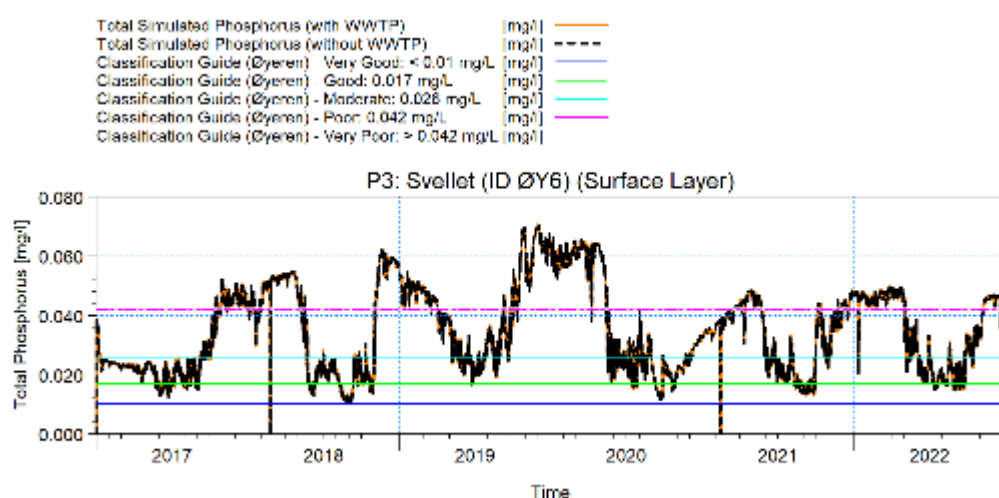
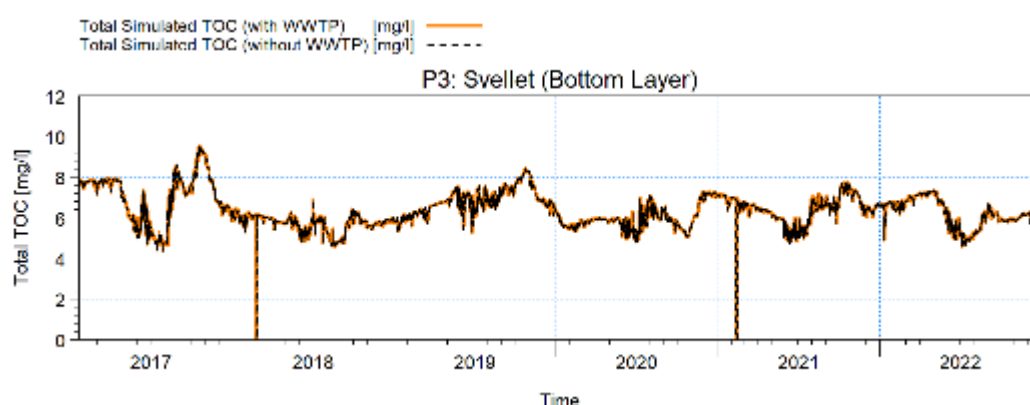


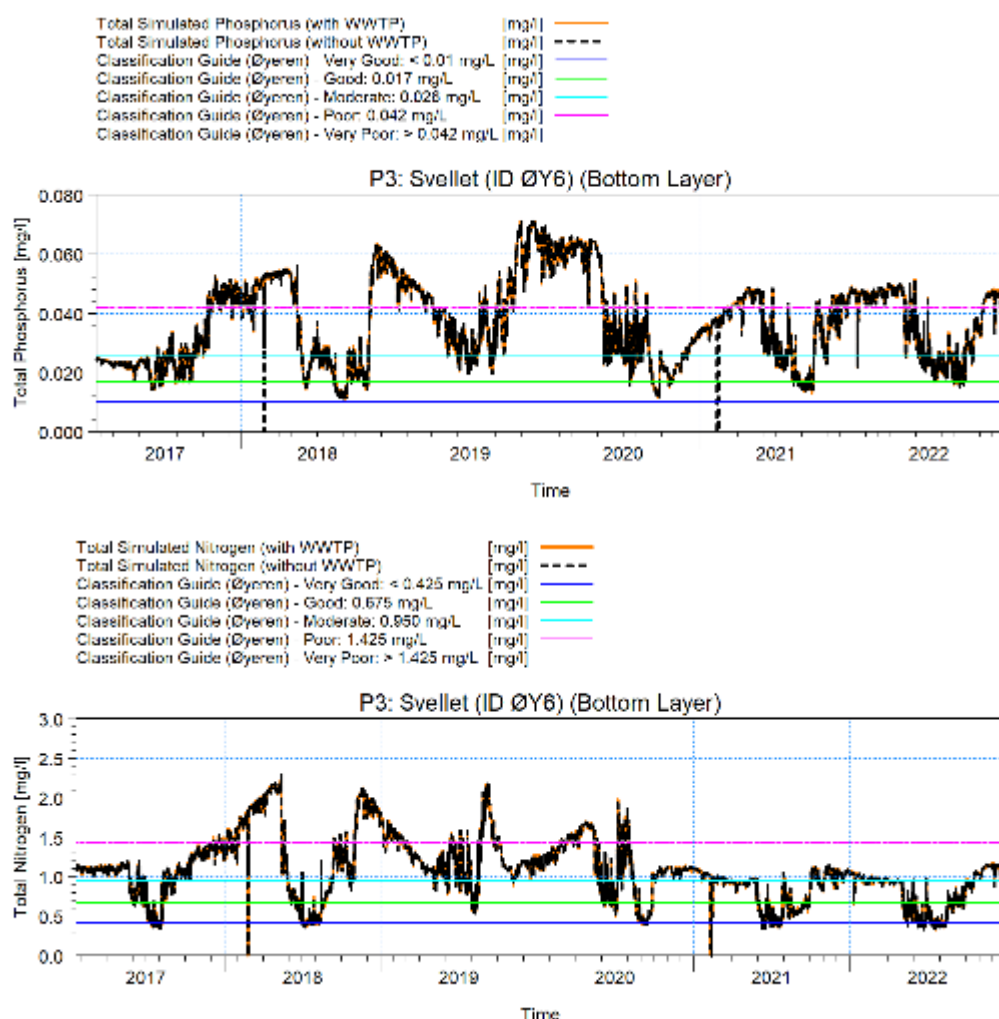


D.2.3 P3 Svellet ØY6

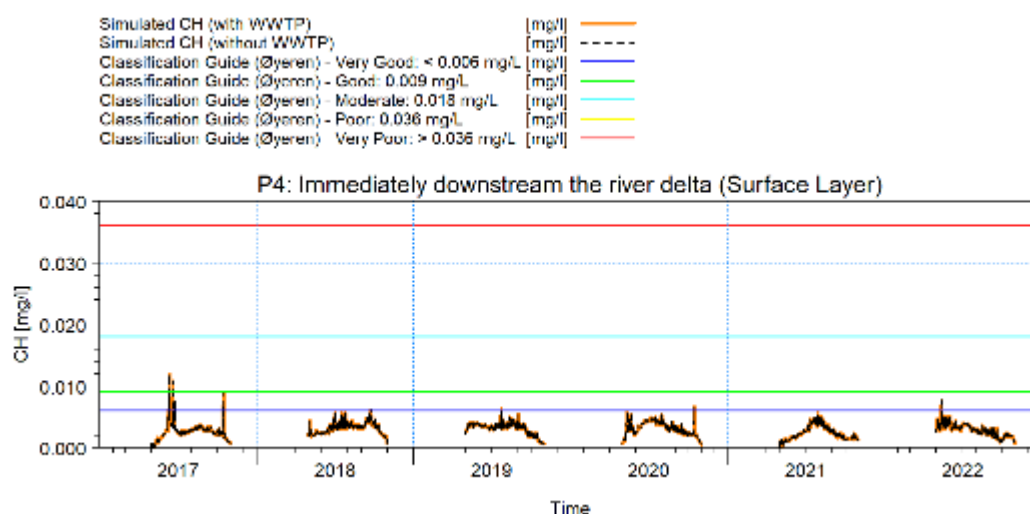


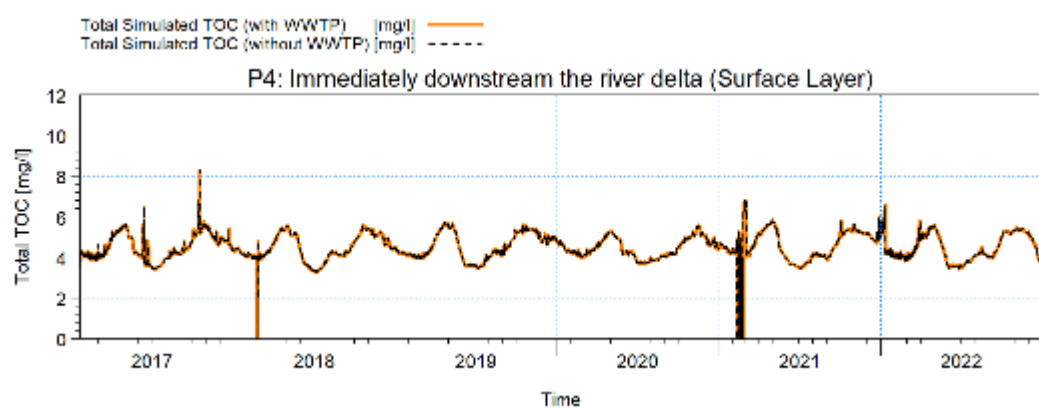
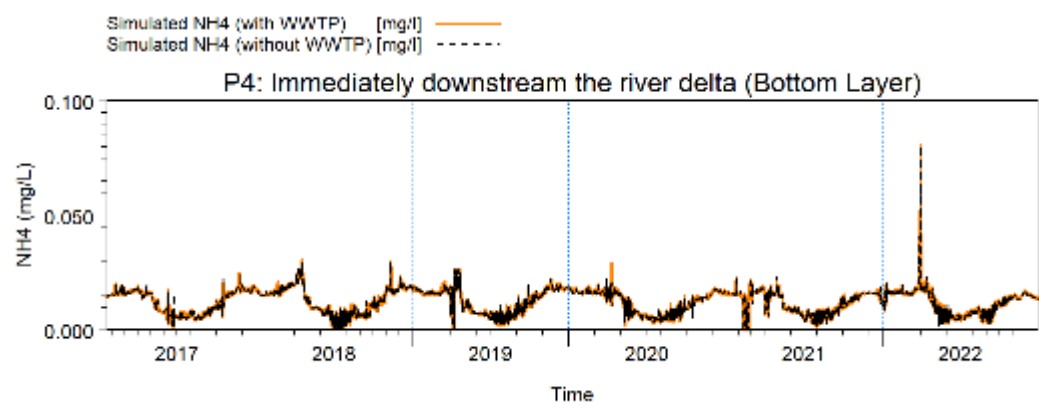
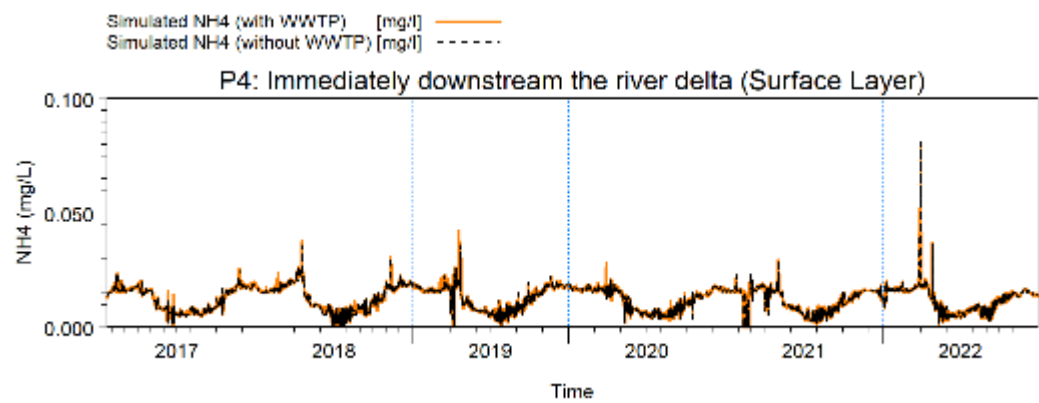
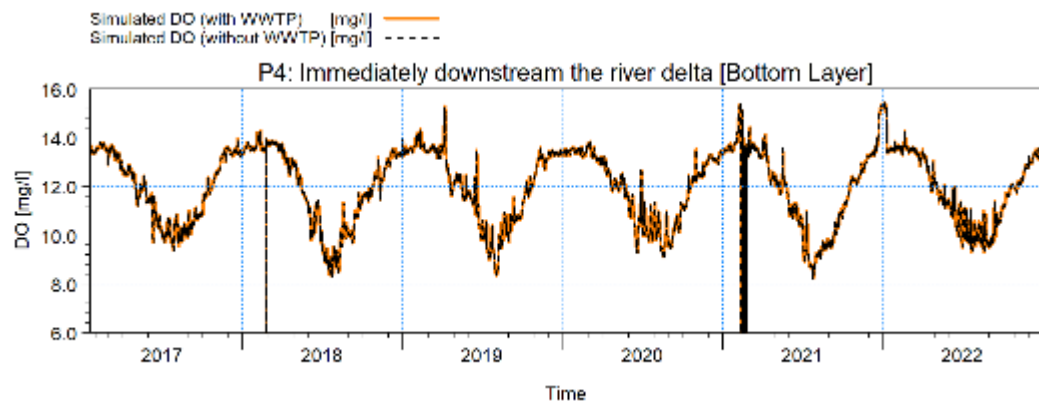


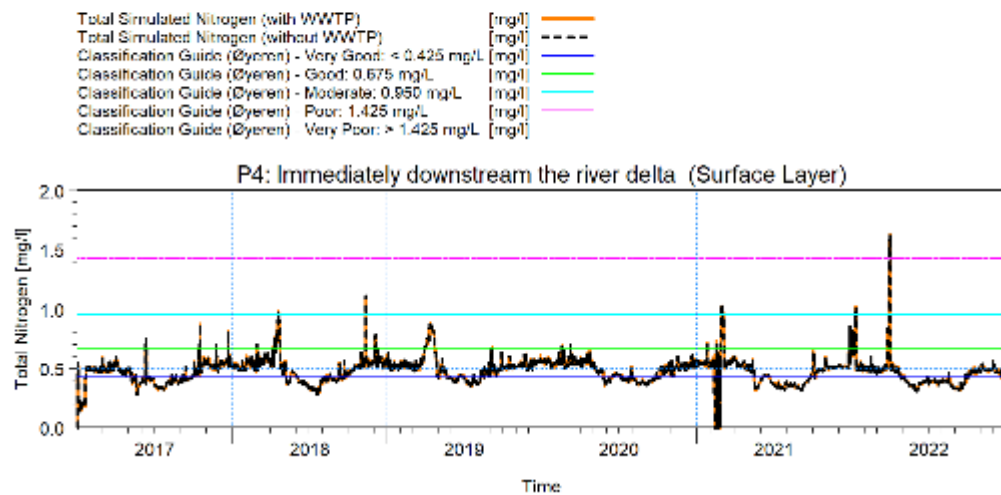
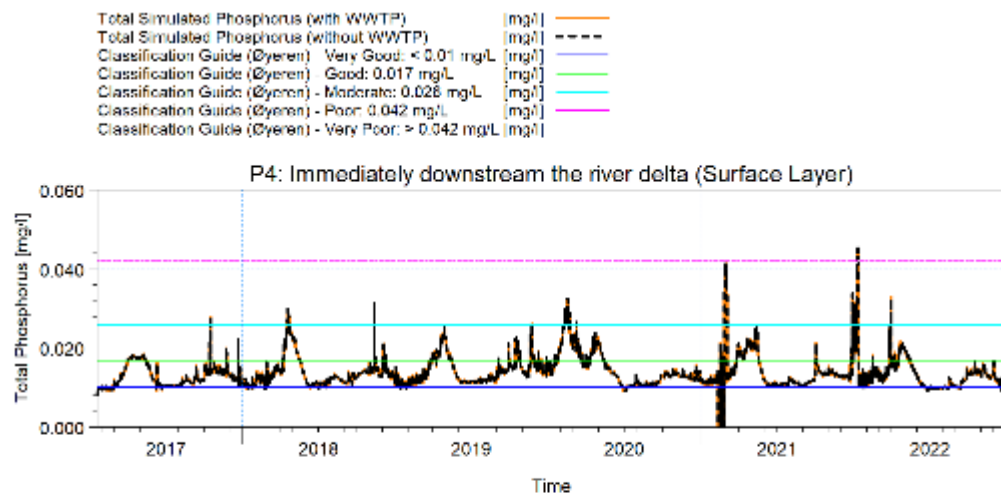
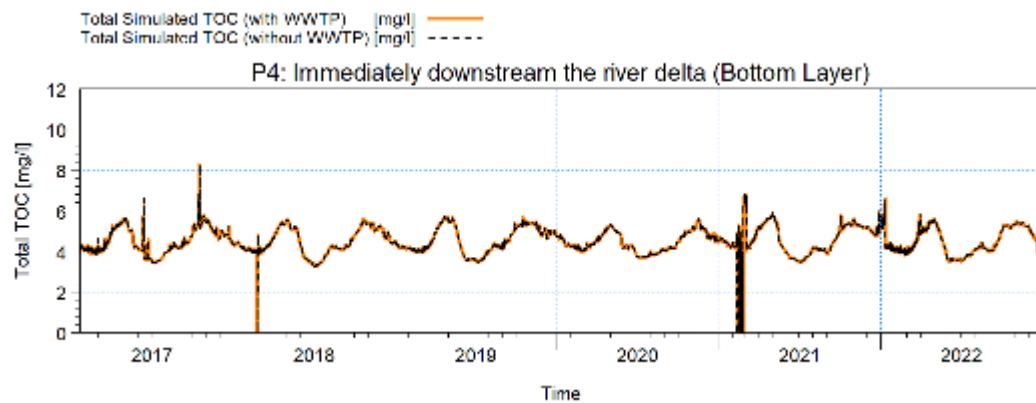


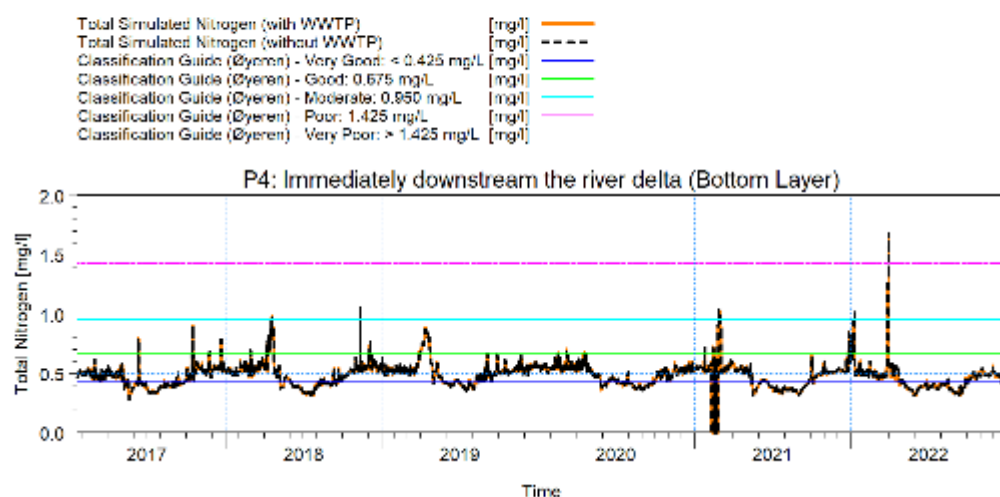
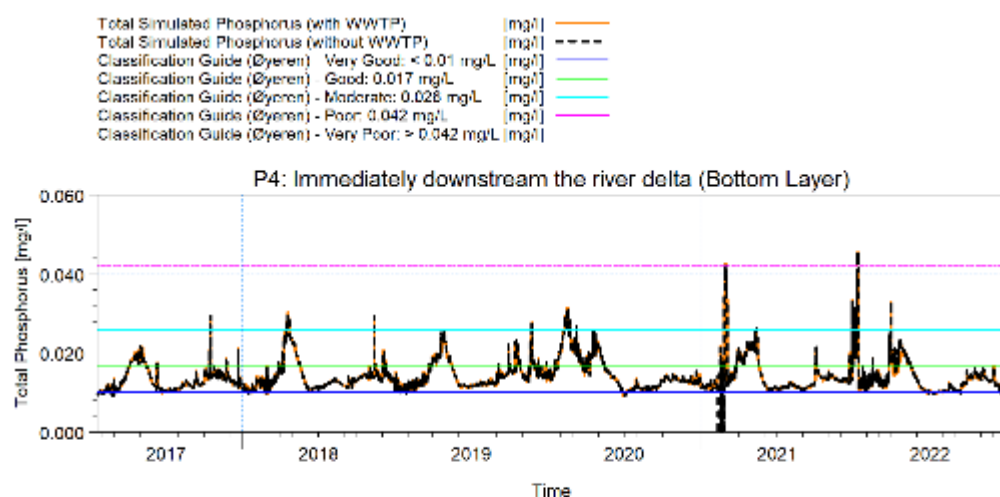


D.2.4 P4 nedstrøms samløp Svellet og Glomma

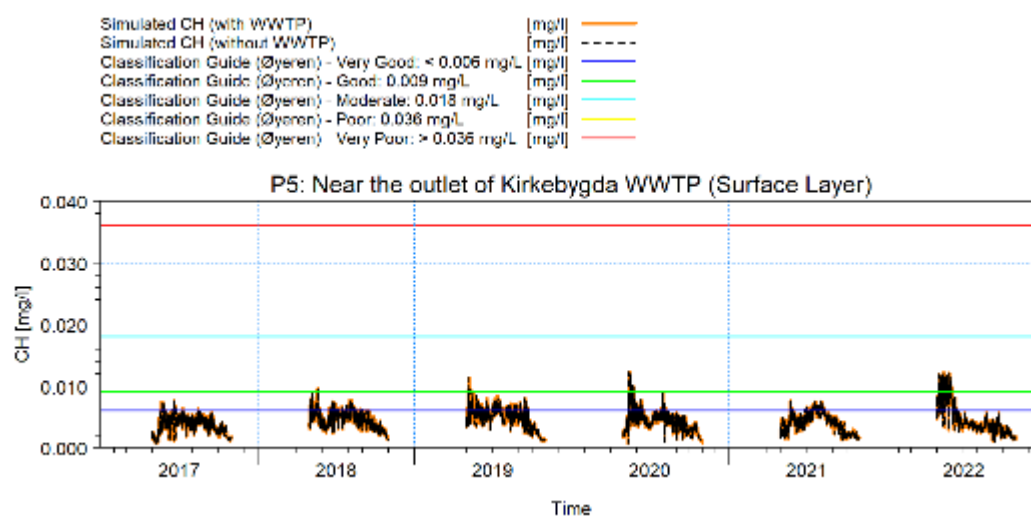


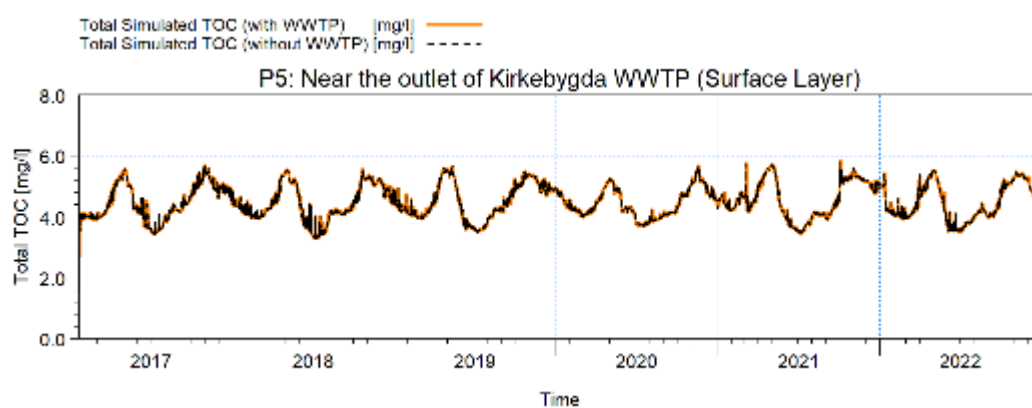
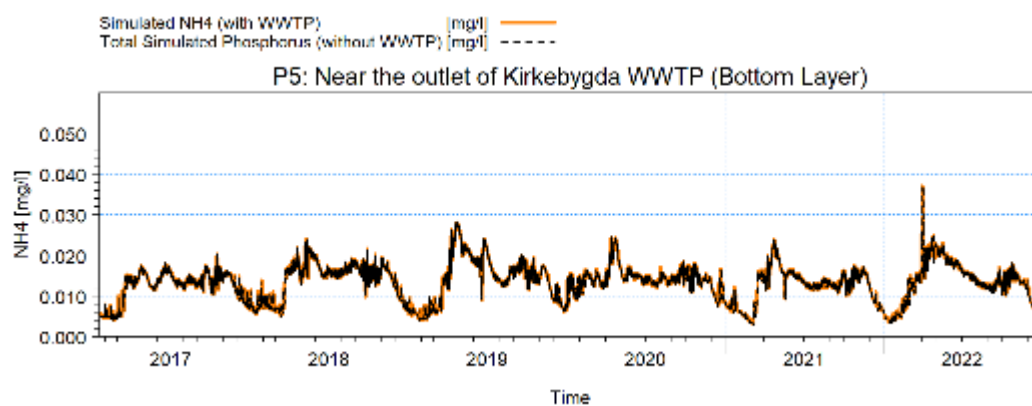
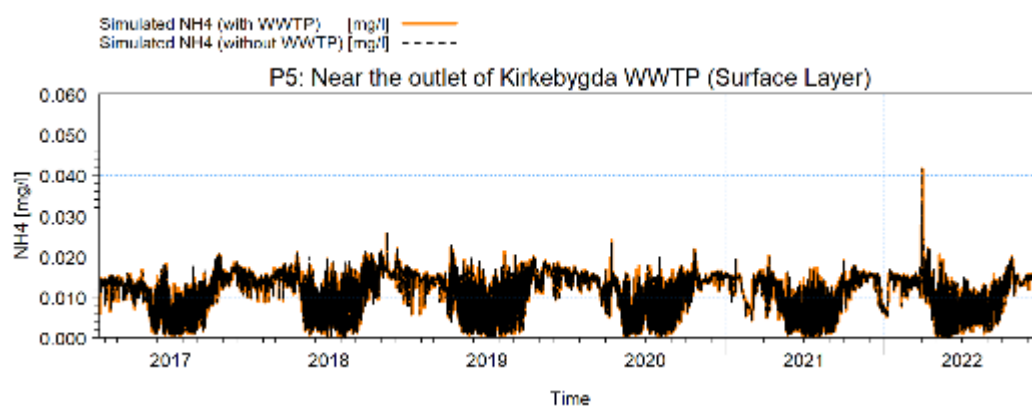
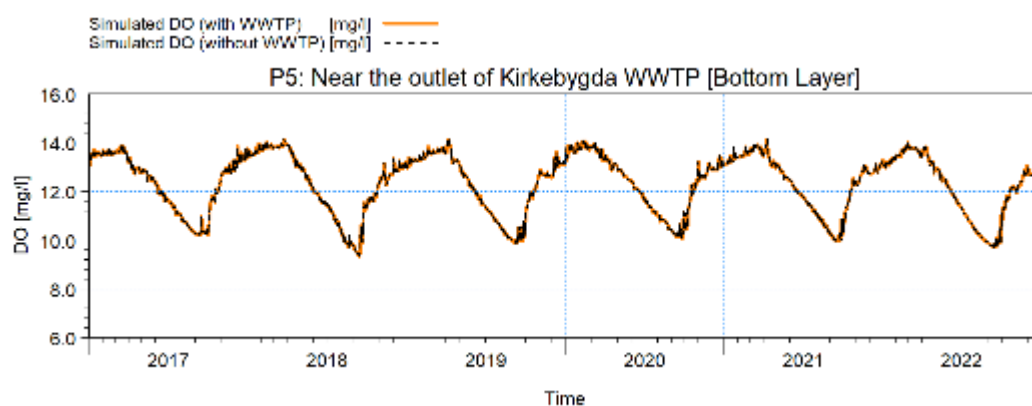


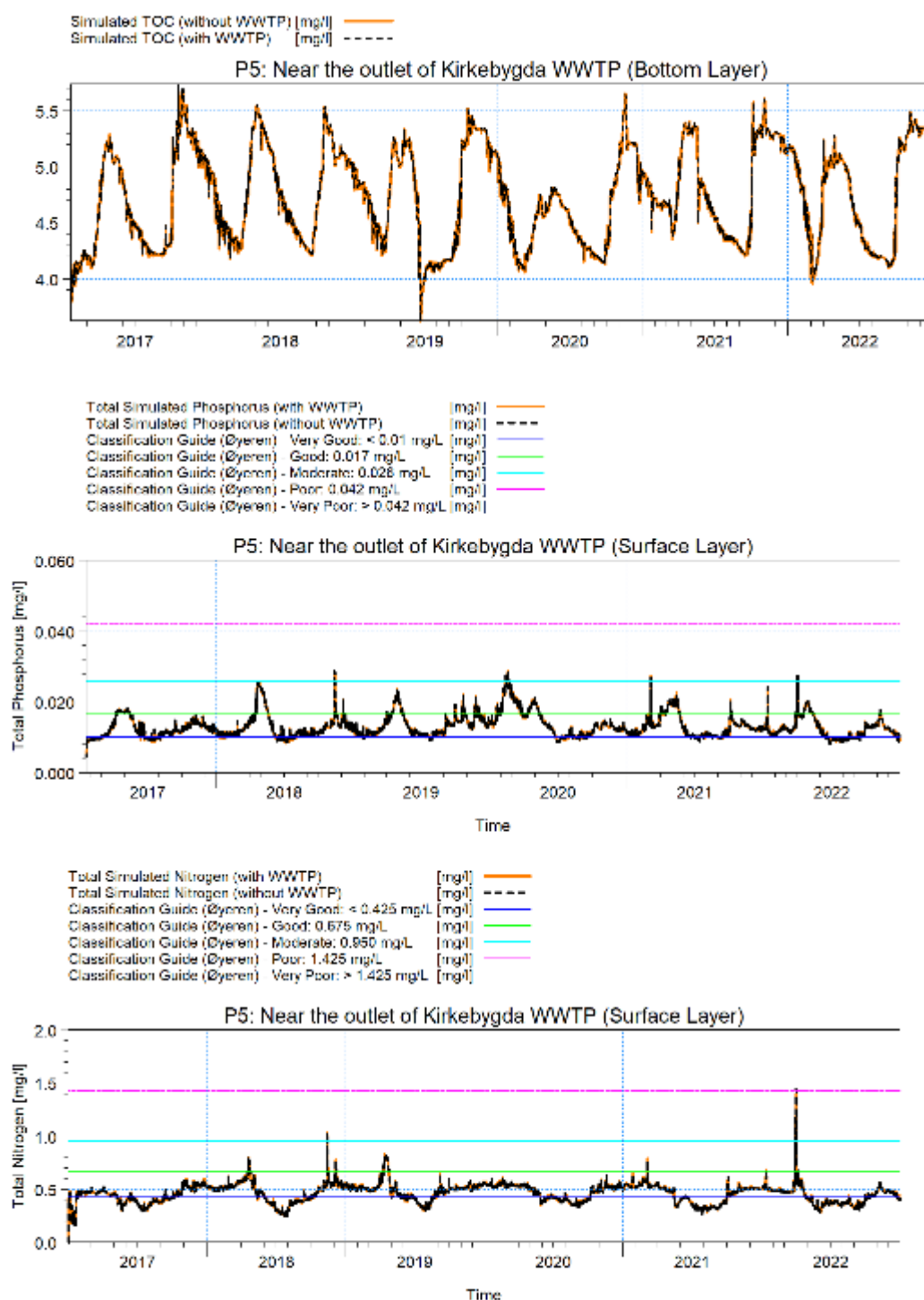


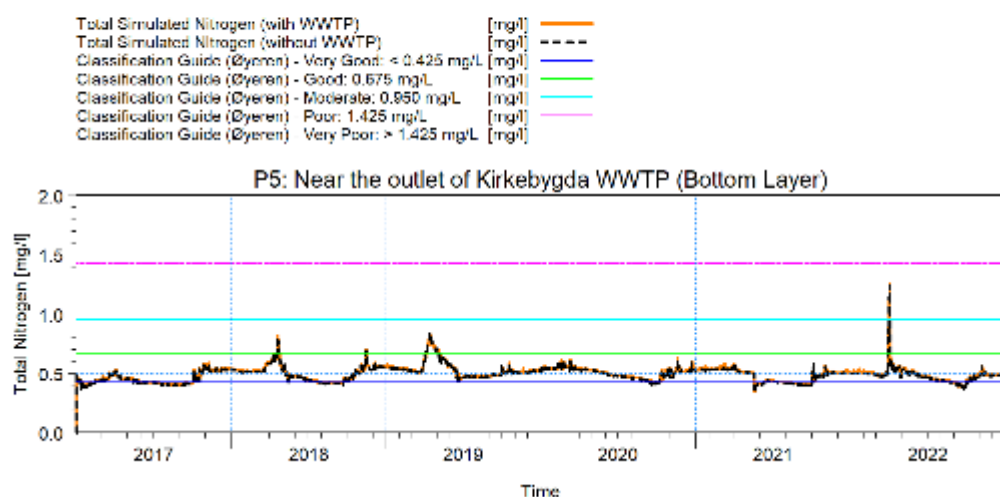
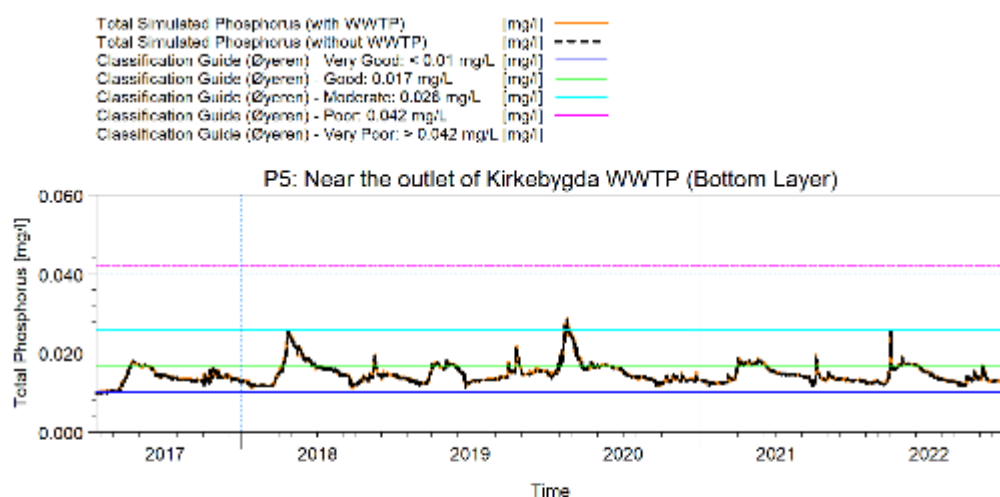


D.2.5 P5 Kirkebygdga

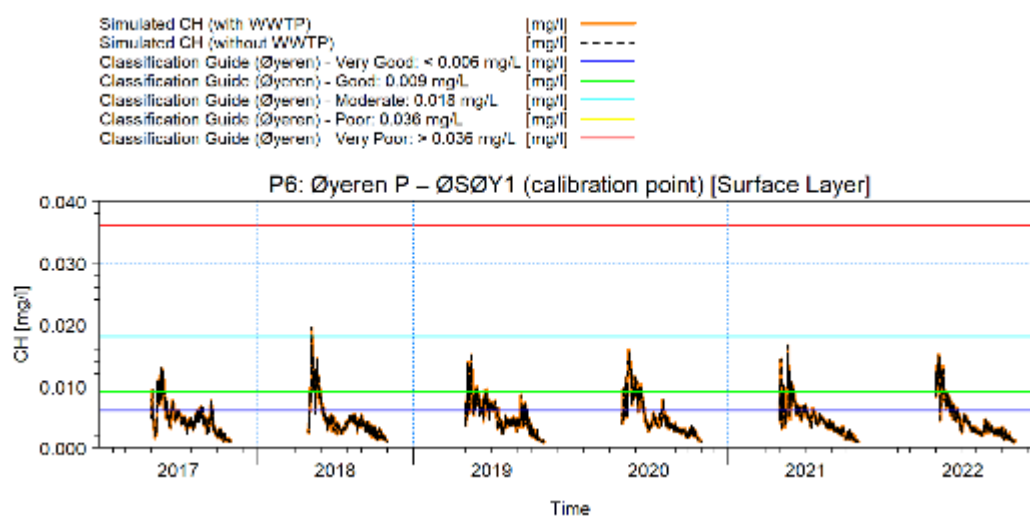


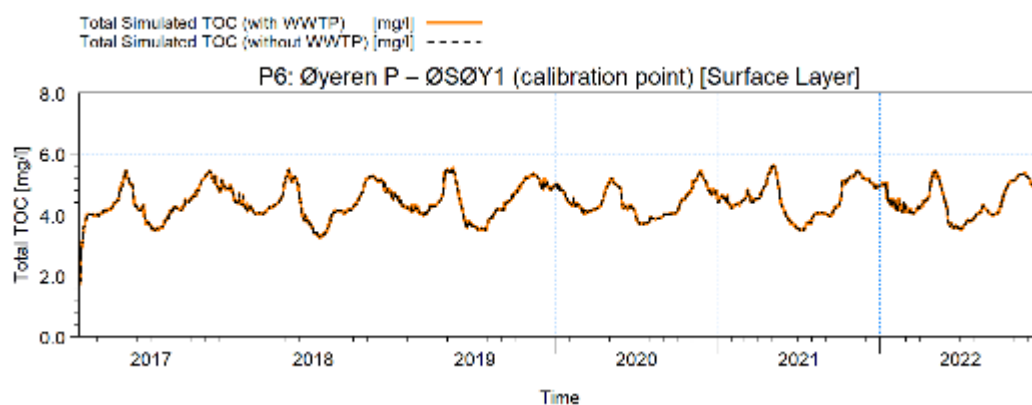
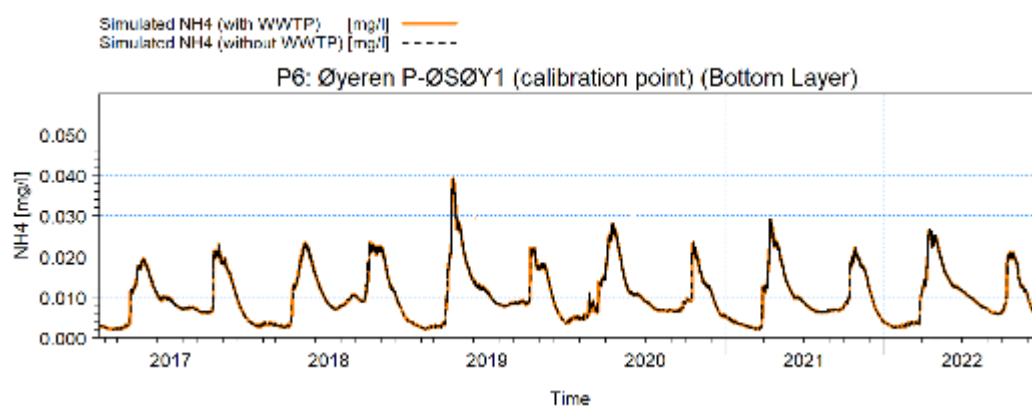
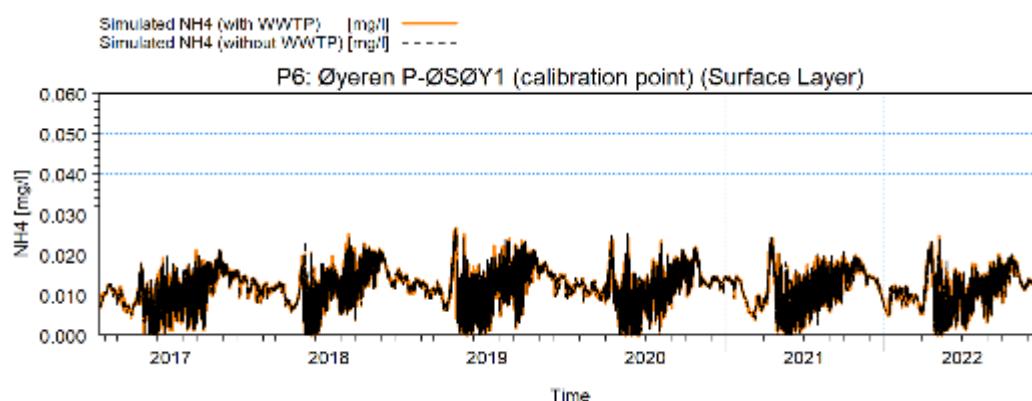
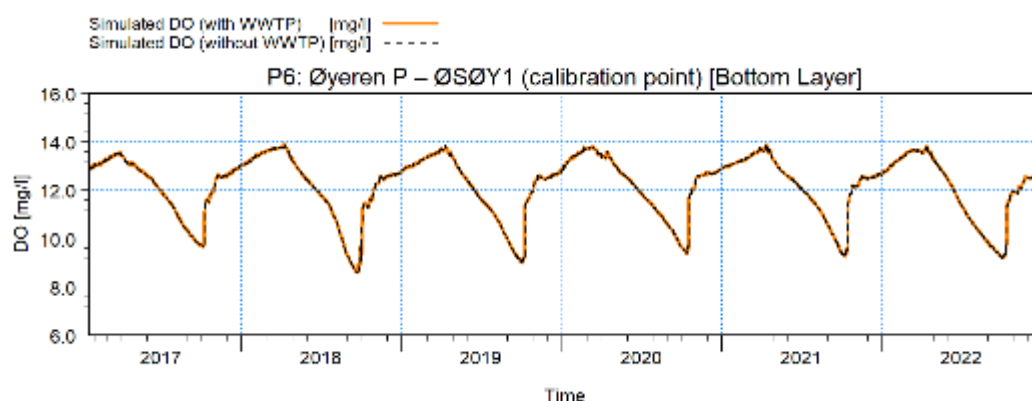


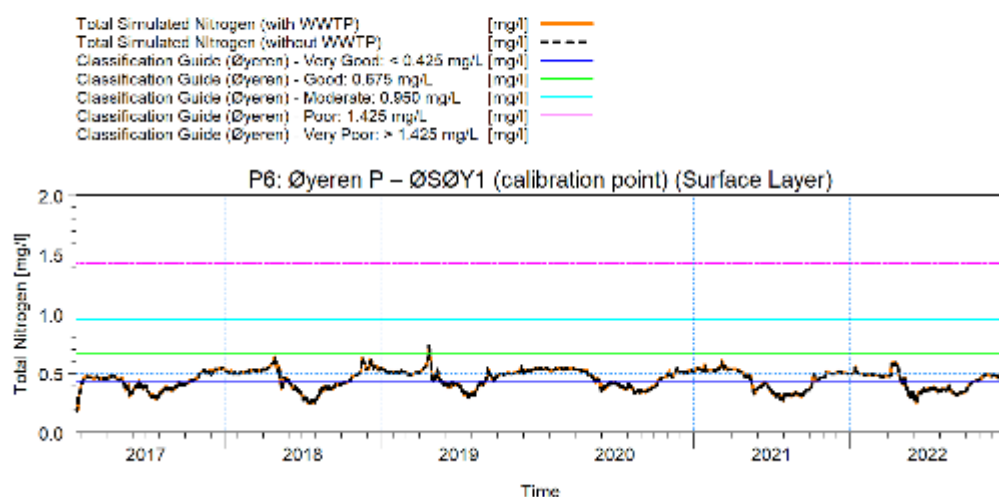
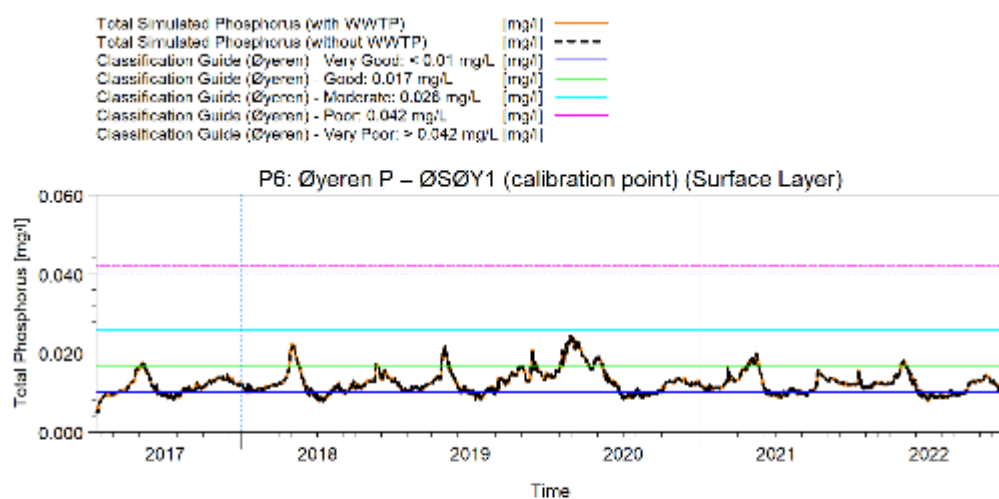
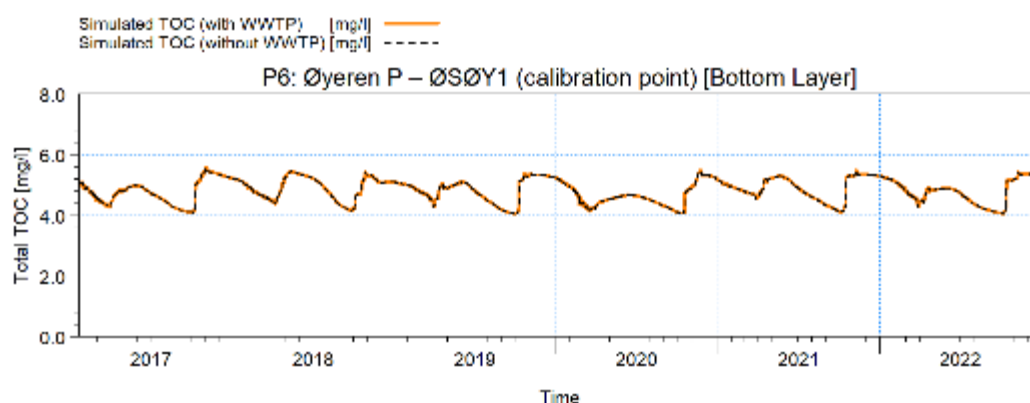


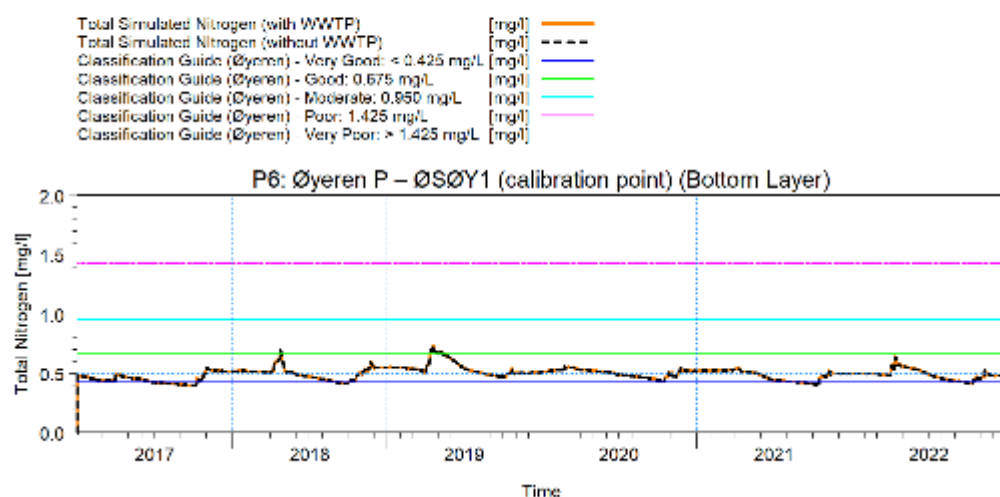
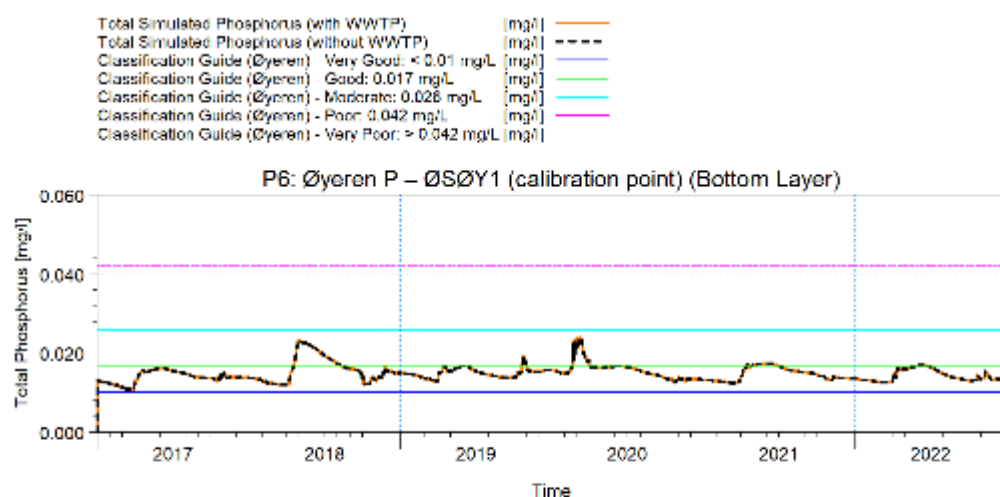


D.2.6 P6 Øyeren P-ØSØY1

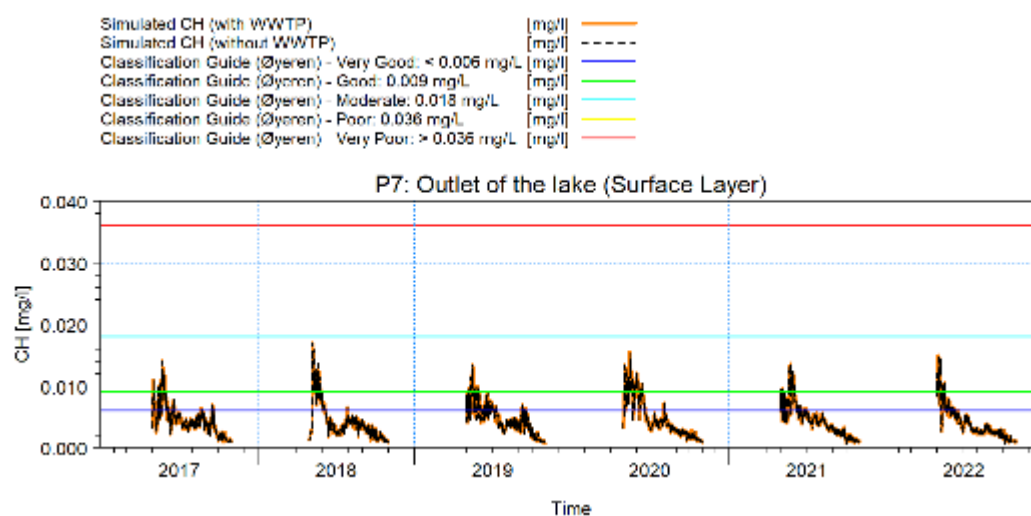


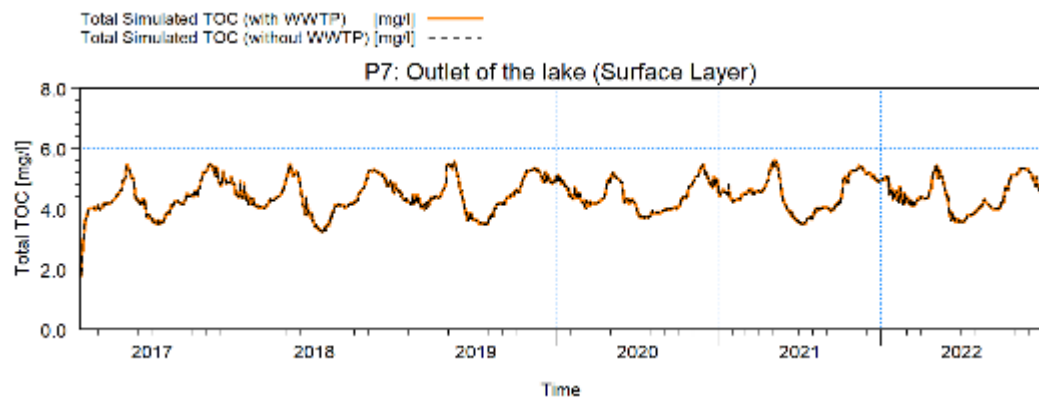
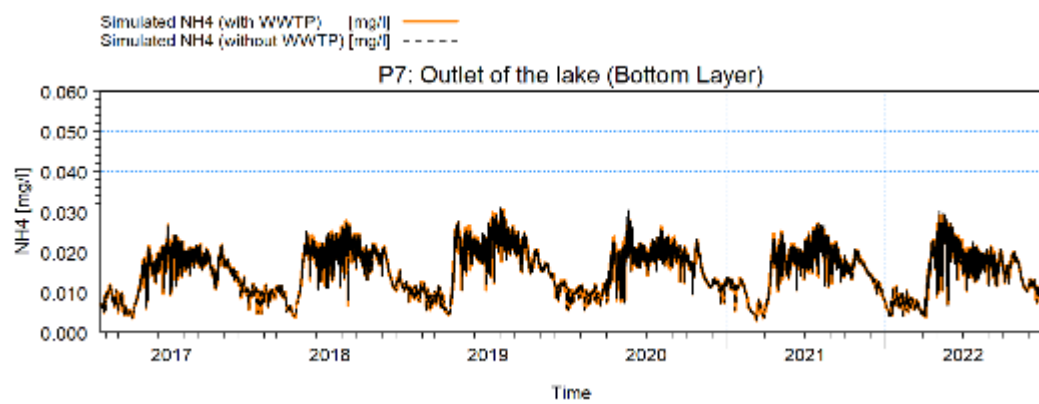
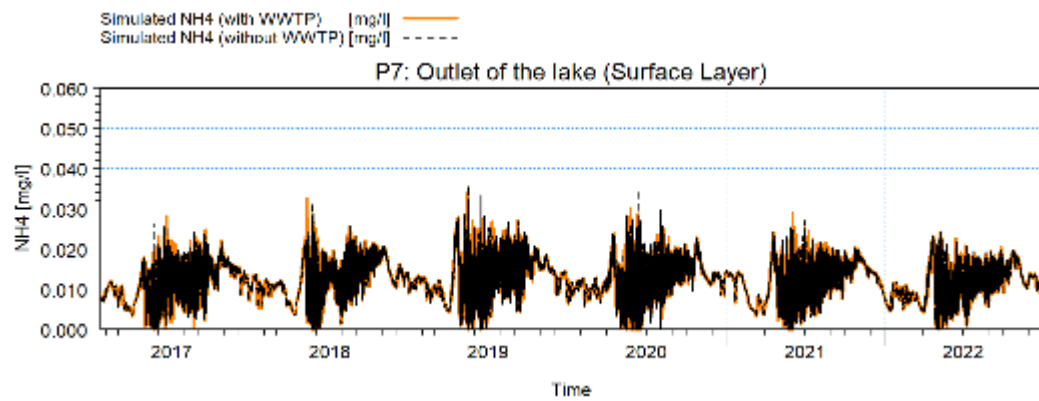
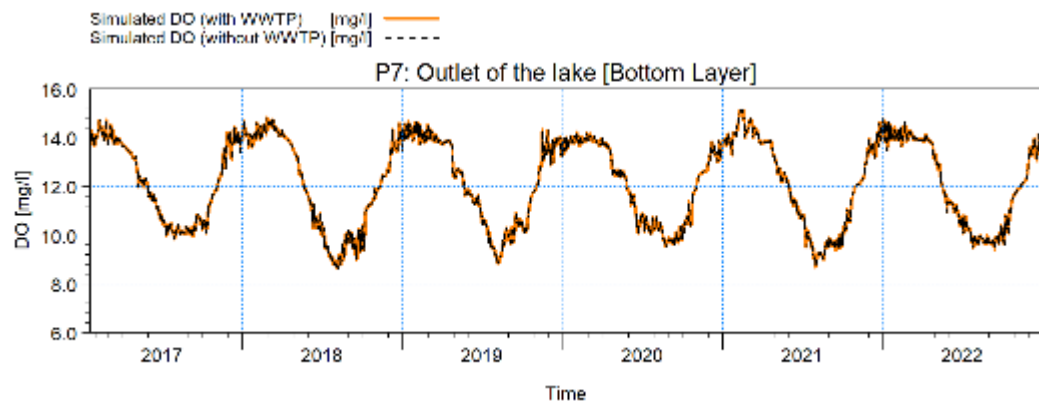


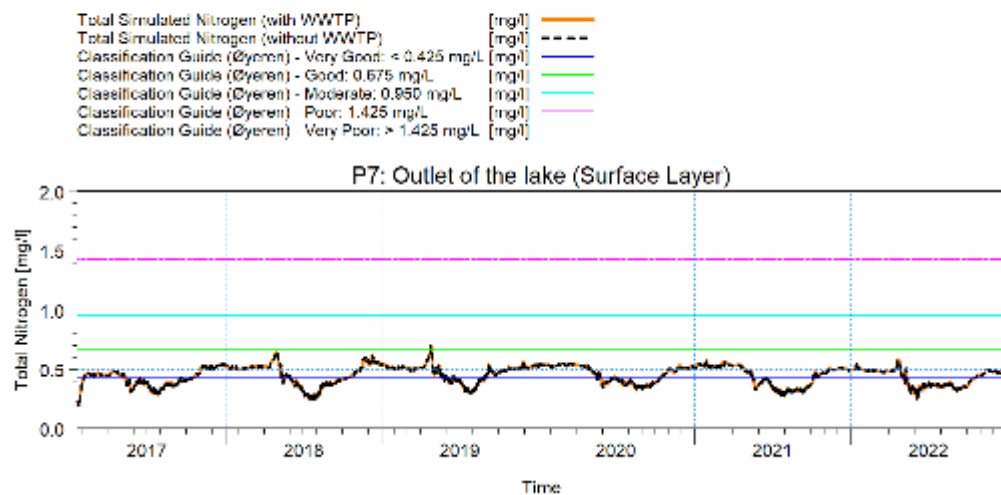
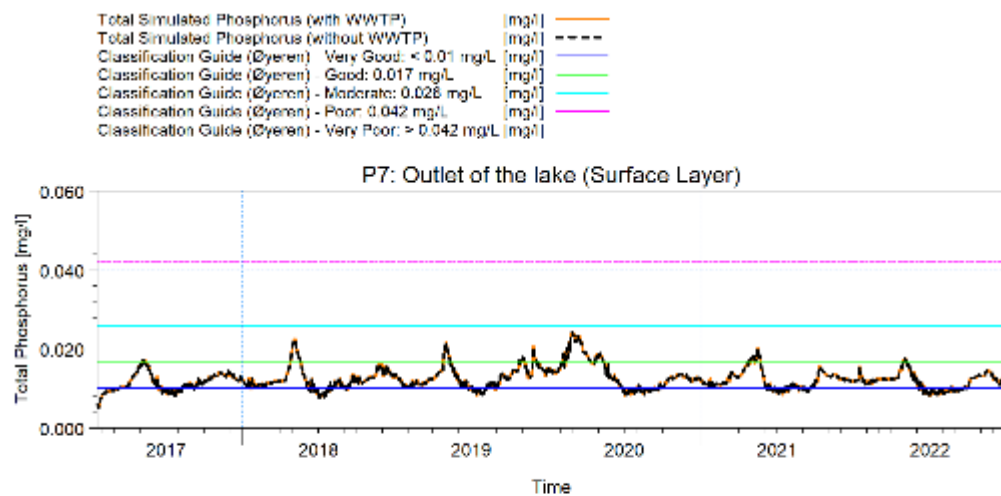
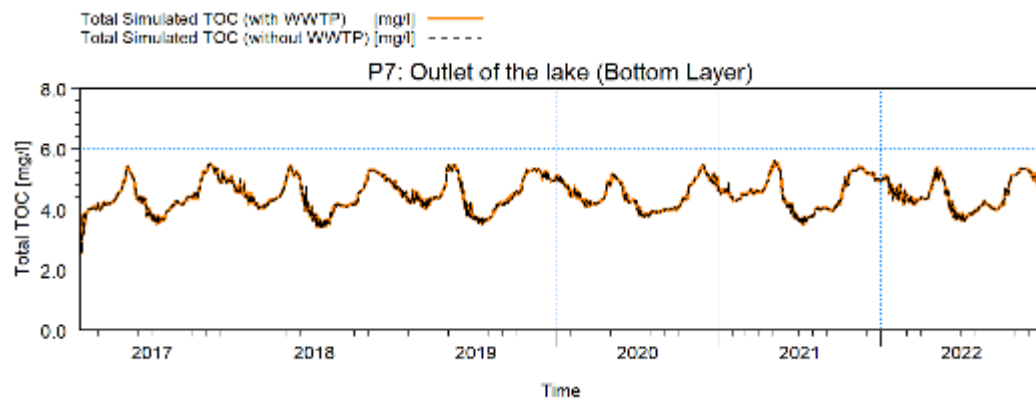


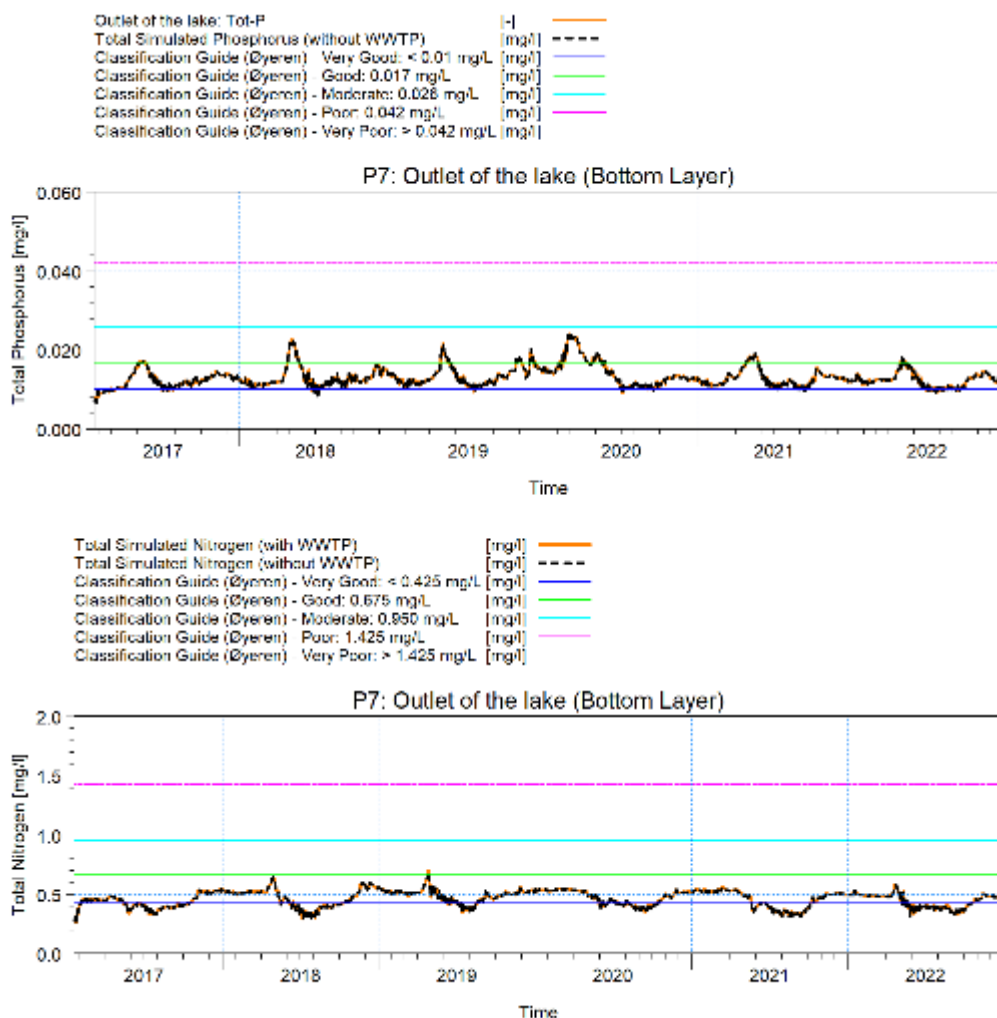


D.2.7 P7 utløp Øyeren









D.3 Øyeren lengdeprofiler

Basert på resultatene fra simuleringene med vannkvalitetsmodellen av Øyeren er det hentet ut en rekke lengdeprofiler i Øyeren som viser variasjonen i konsentrasjonene av totalt fosfor og totalt nitrogen hver måned i 2021. 2021 er valgt ut siden utslippene fra Kirkebygda sentralrenseanlegg var størst i perioden 2017-2021.

D.3.1 Totalt fosfor

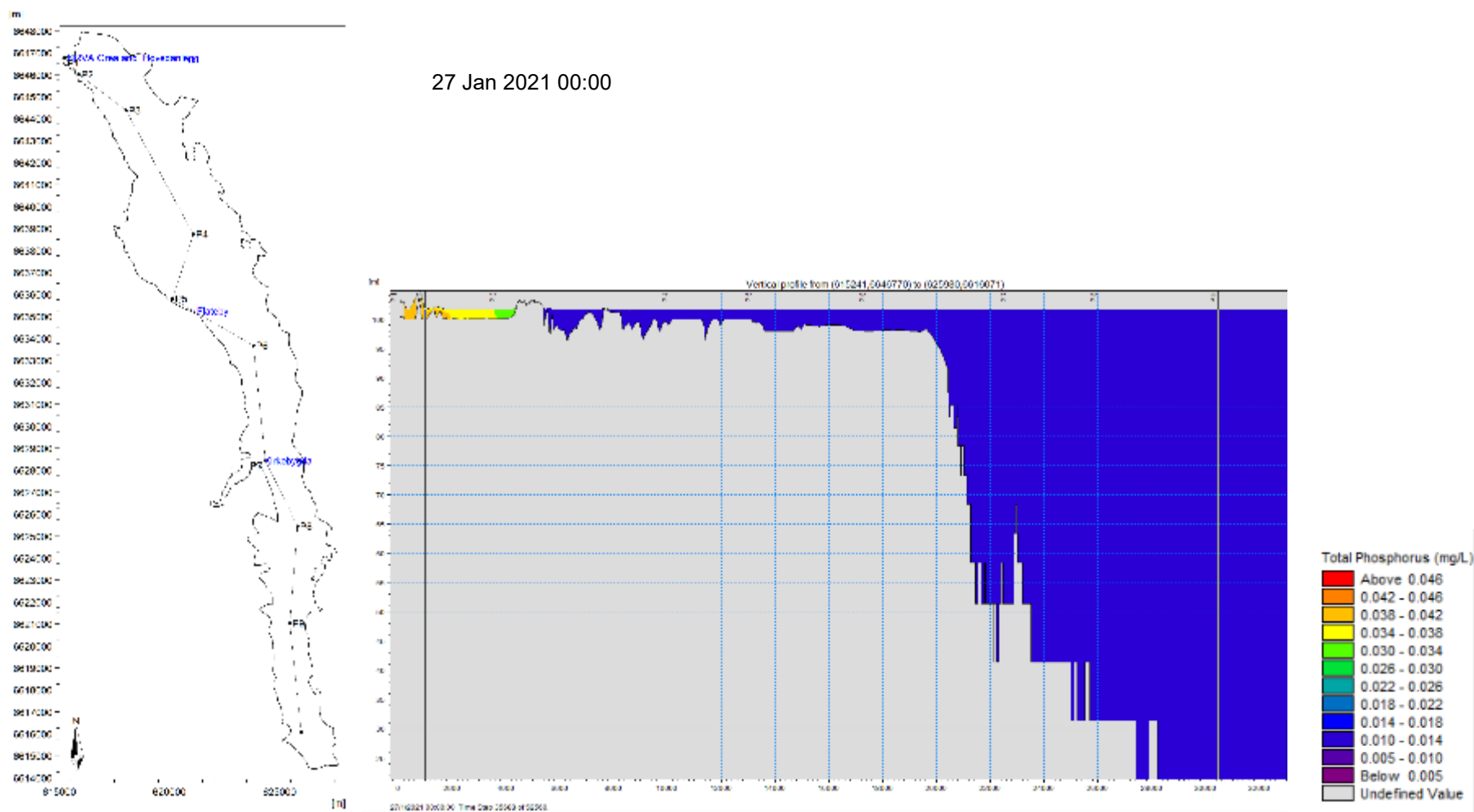


Figure 6.4 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 27.01.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

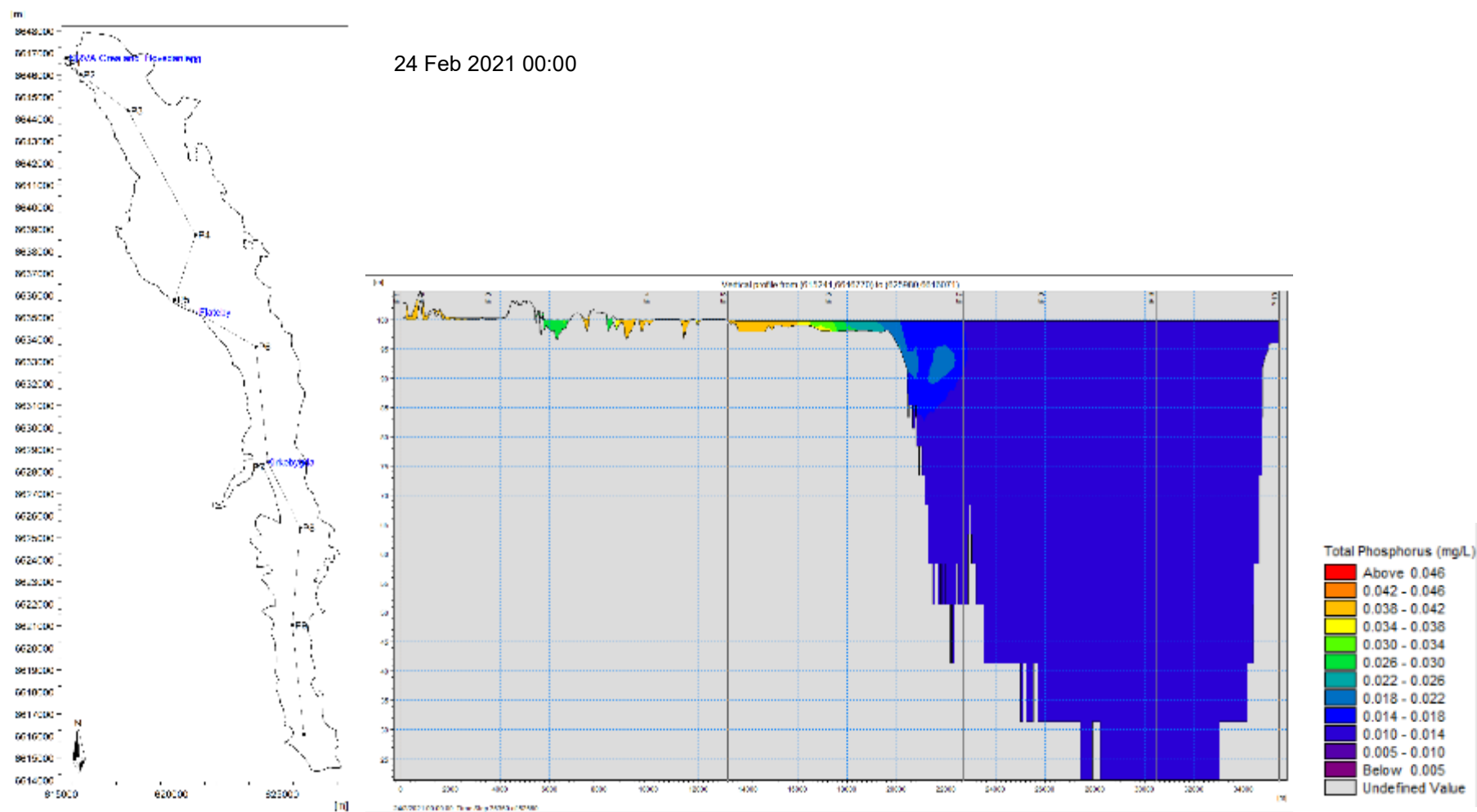


Figure 6.5 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 24.02.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

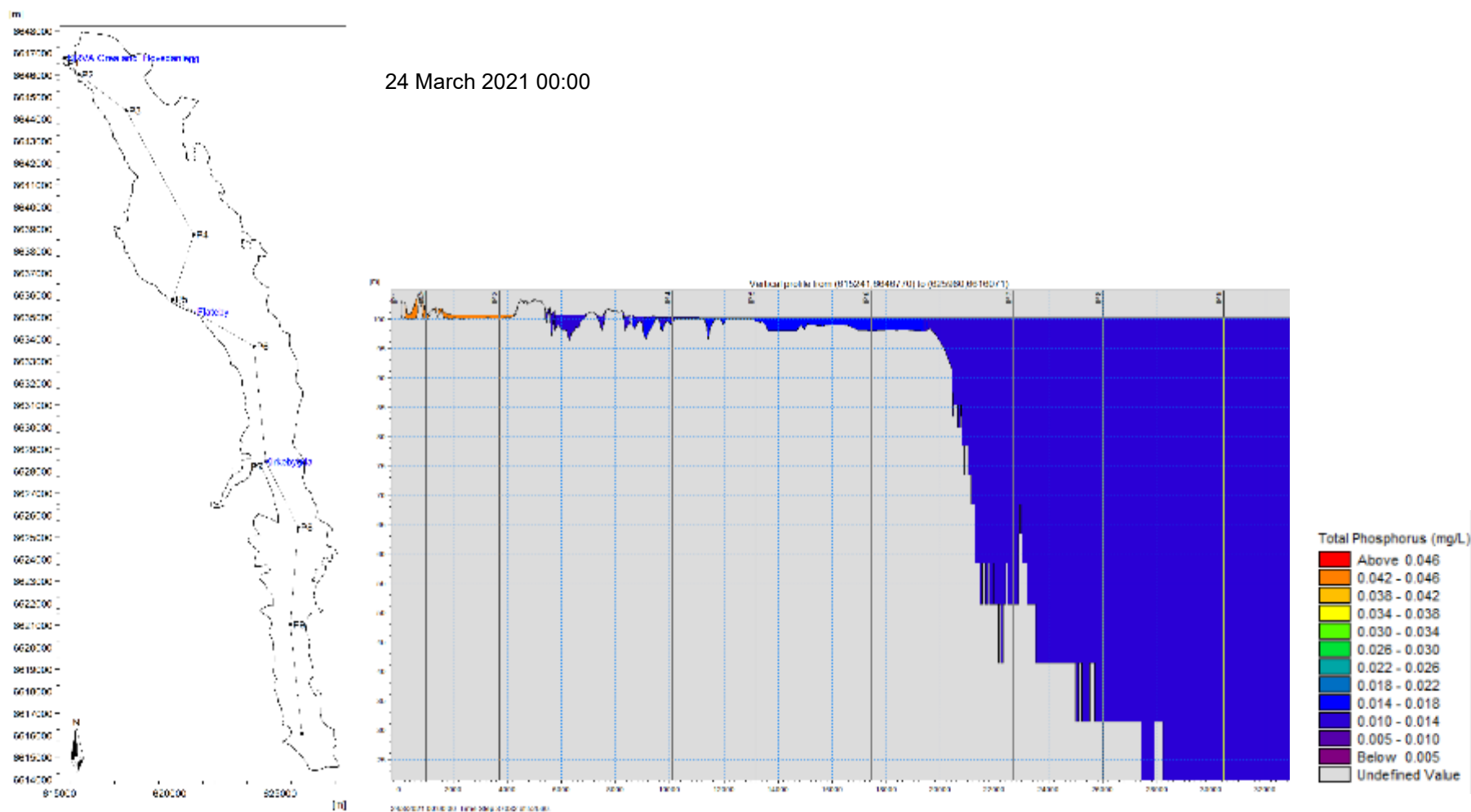


Figure 6.6 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 24.03.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

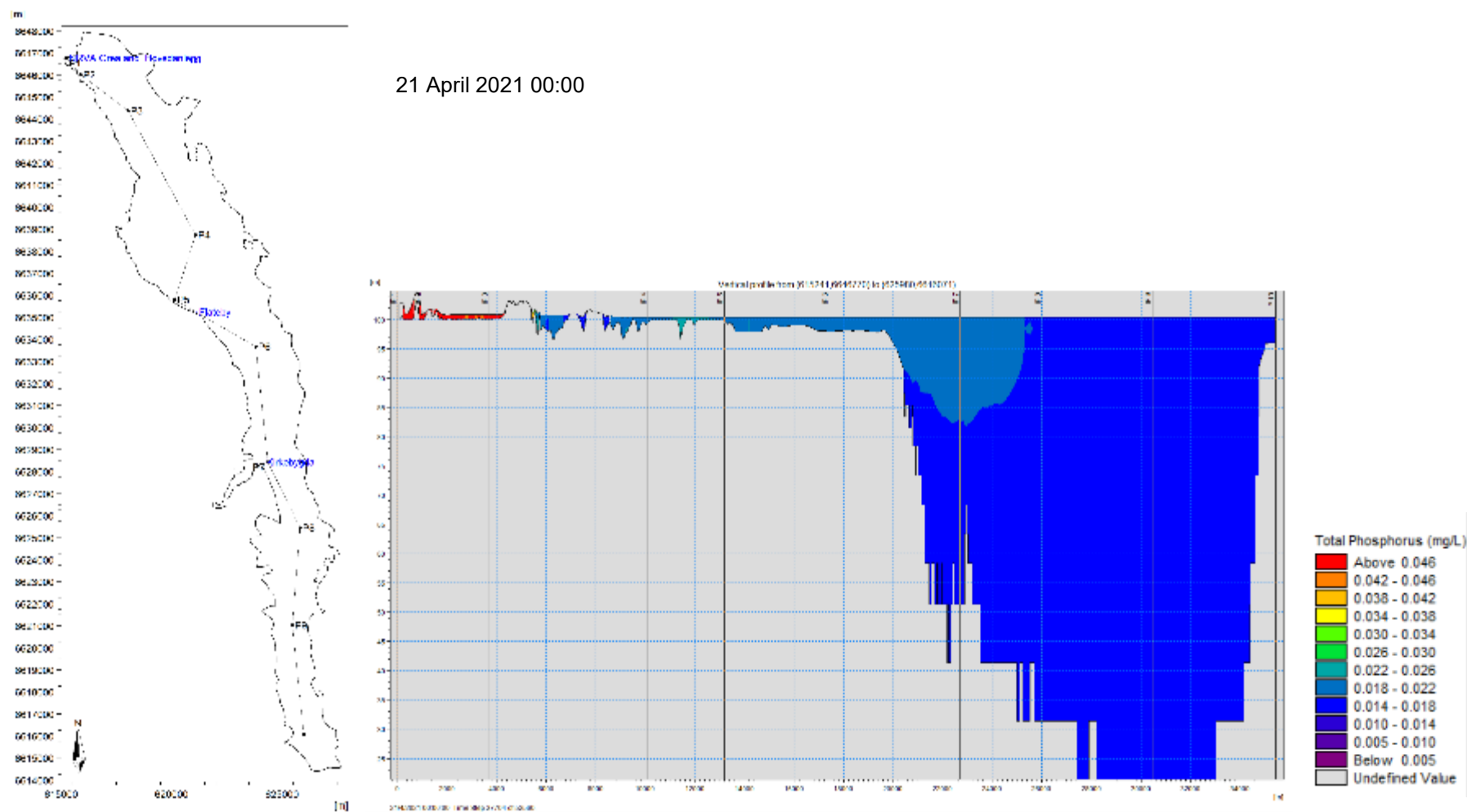


Figure 6.7 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 21.04.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

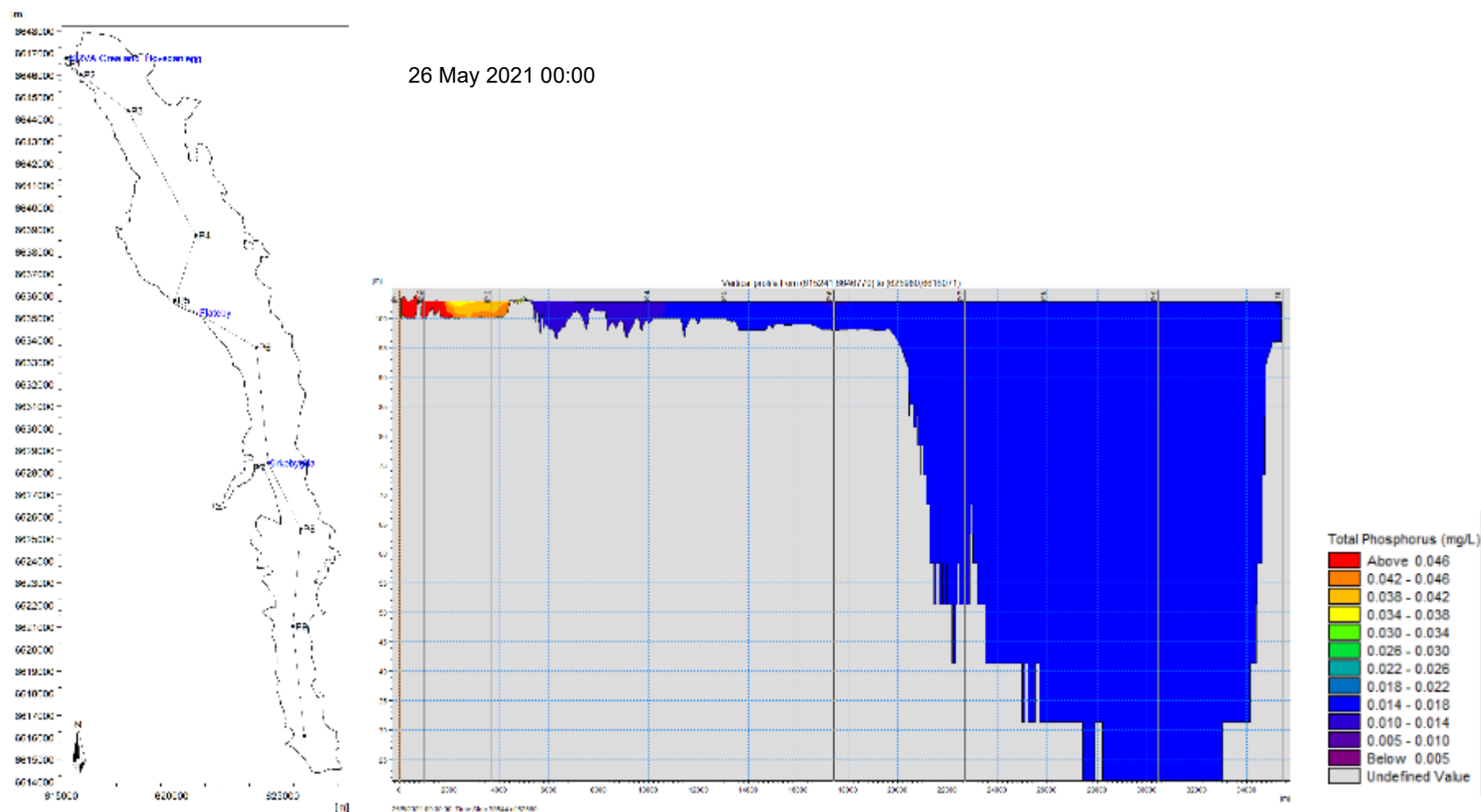
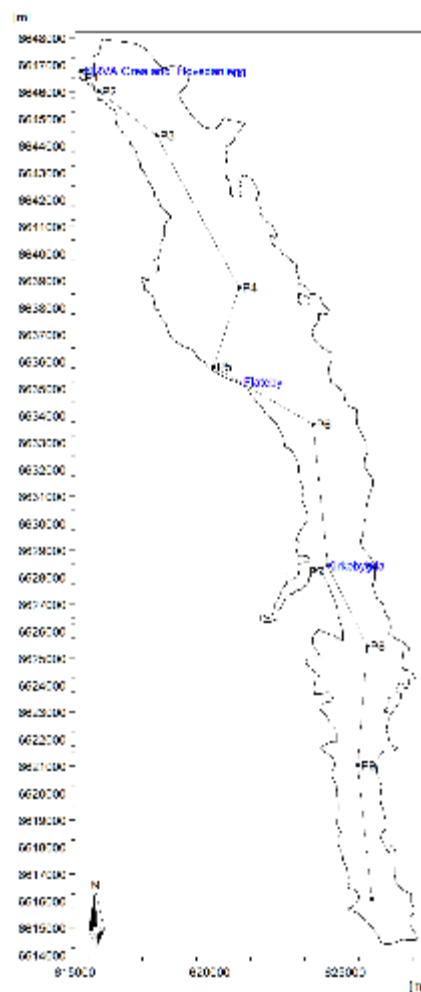


Figure 6.8 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 26.05.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).



23 Jun 2021 00:00

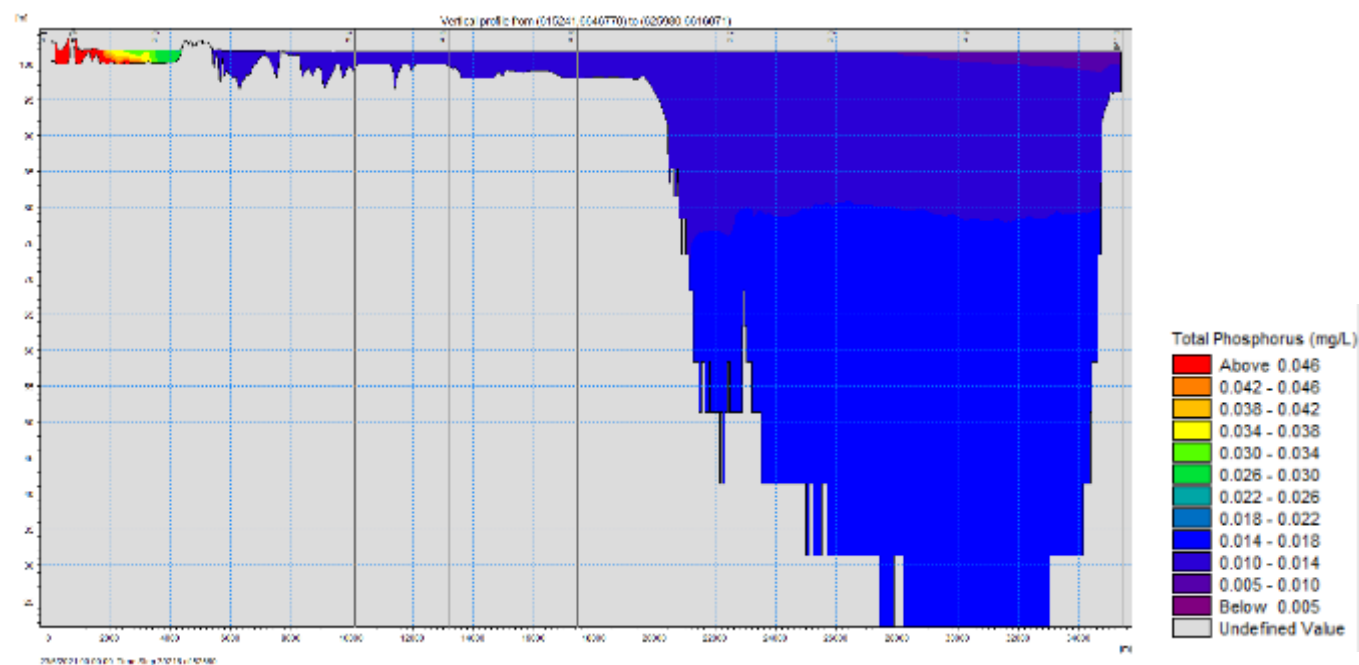


Figure 6.9 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 23.06.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

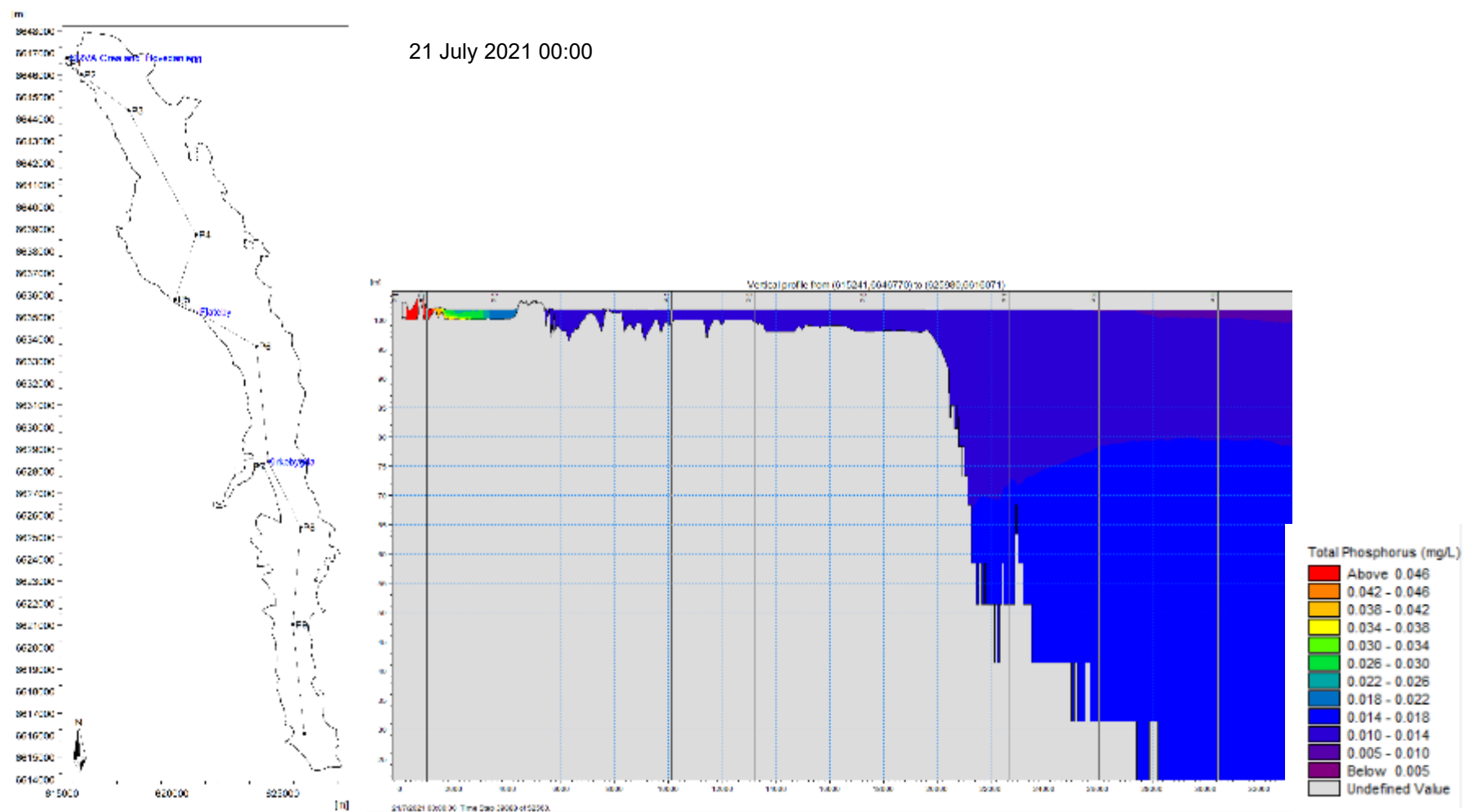


Figure 6.10 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 21.07.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

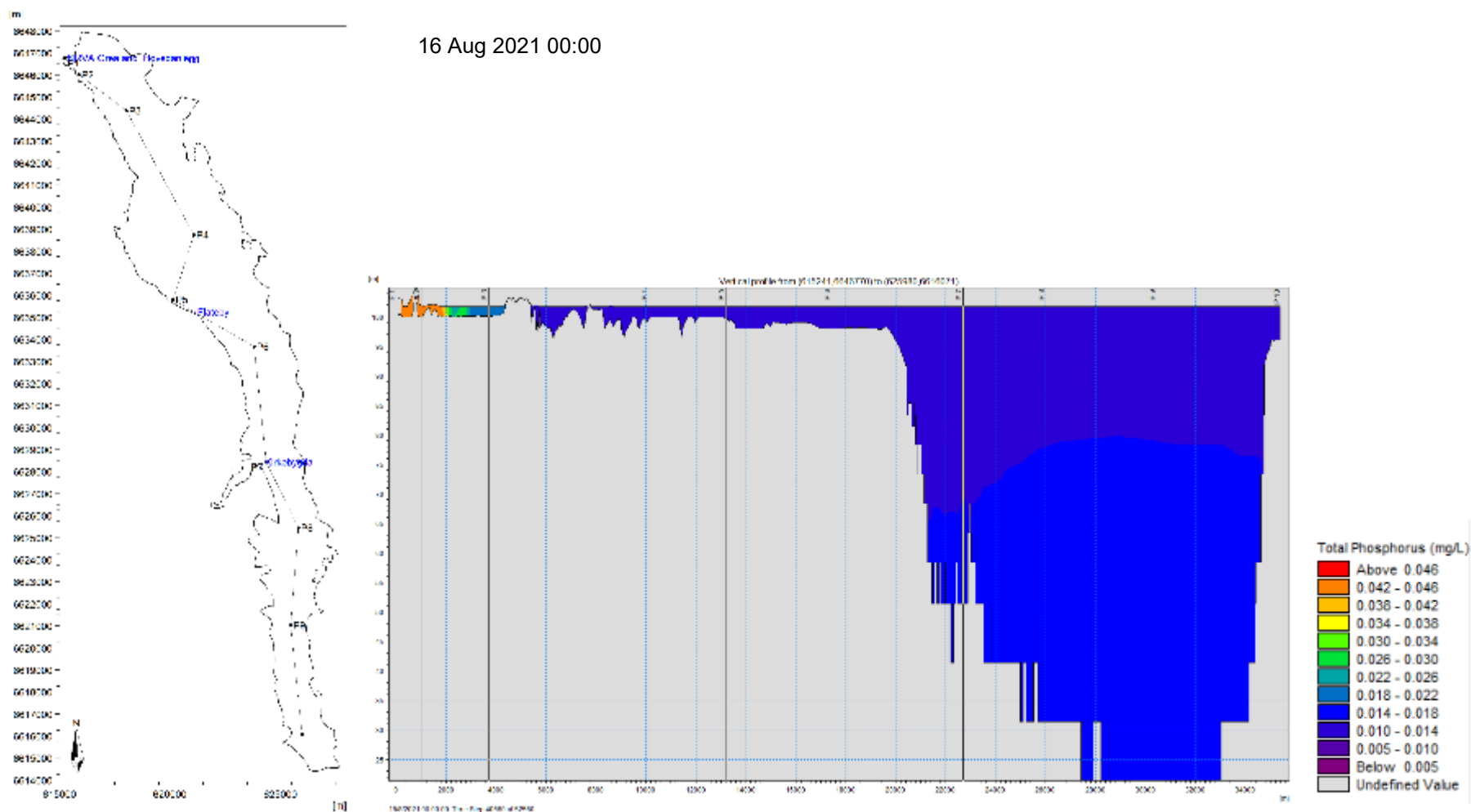
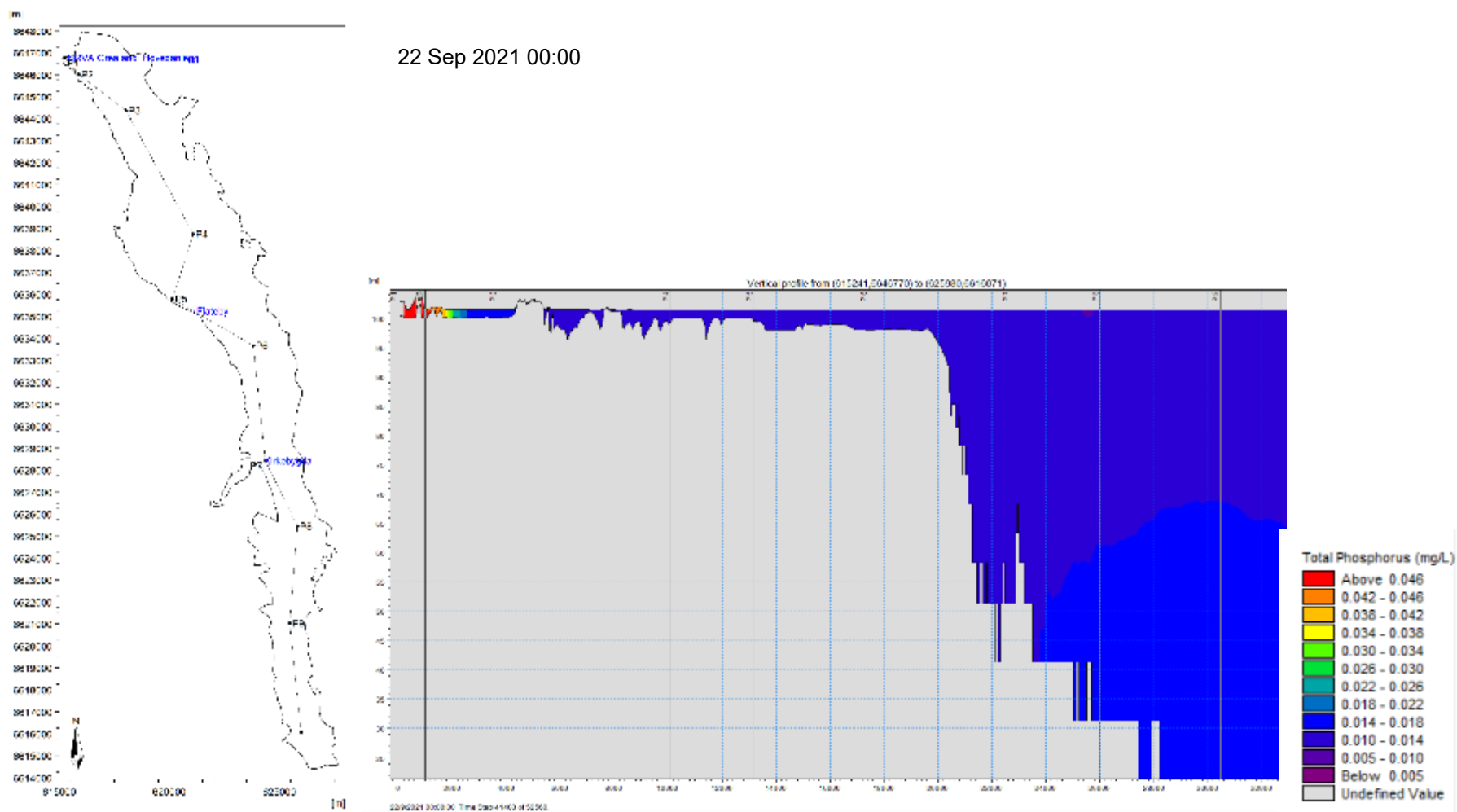
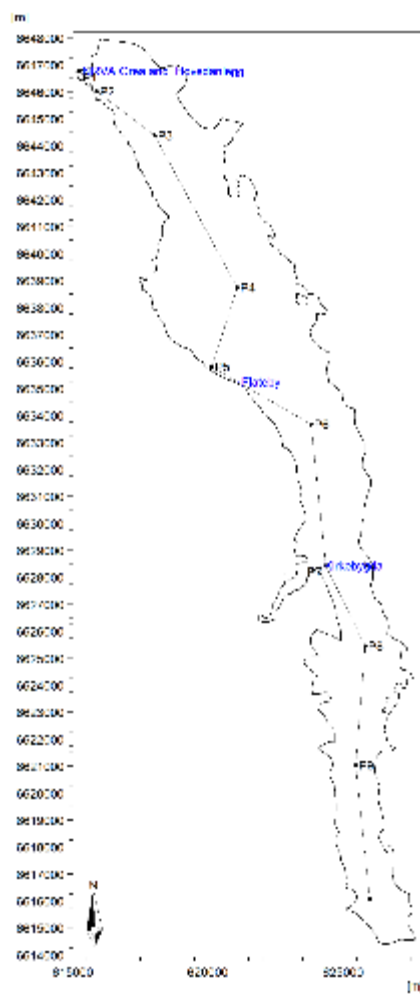


Figure 6.11 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 16.08.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).





20 Oct 2021 00:00

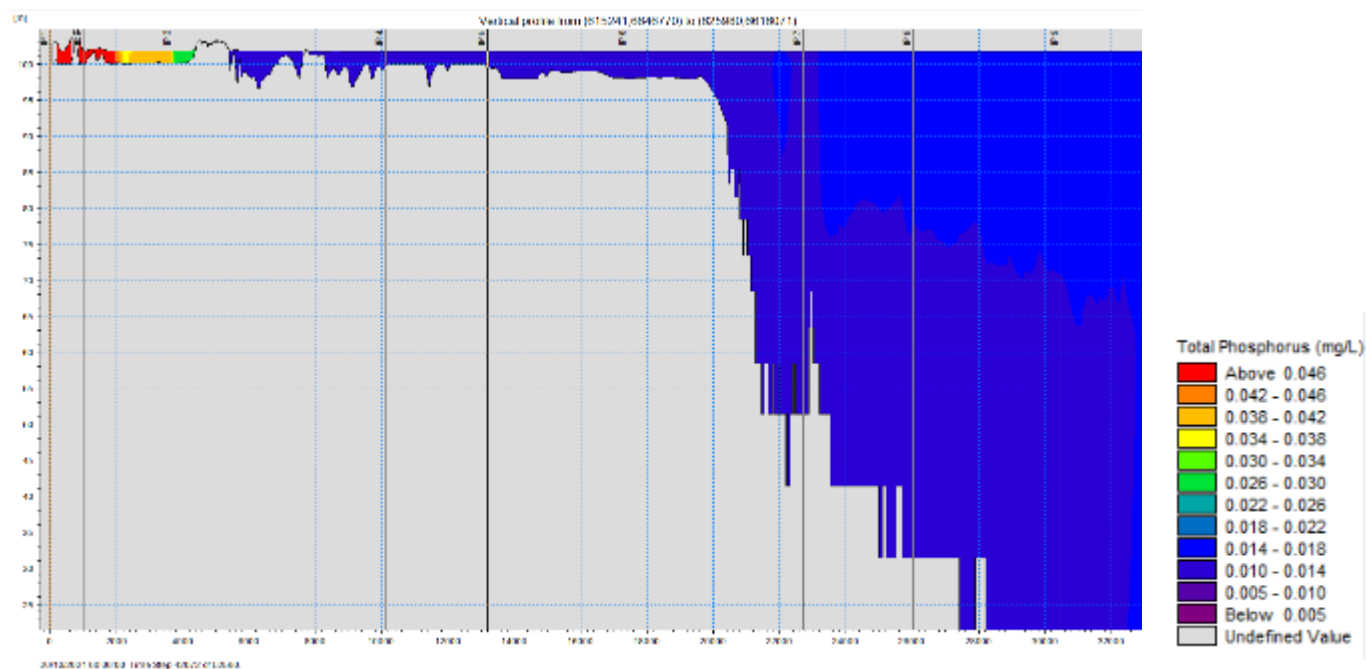


Figure 6.13 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 21.10.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

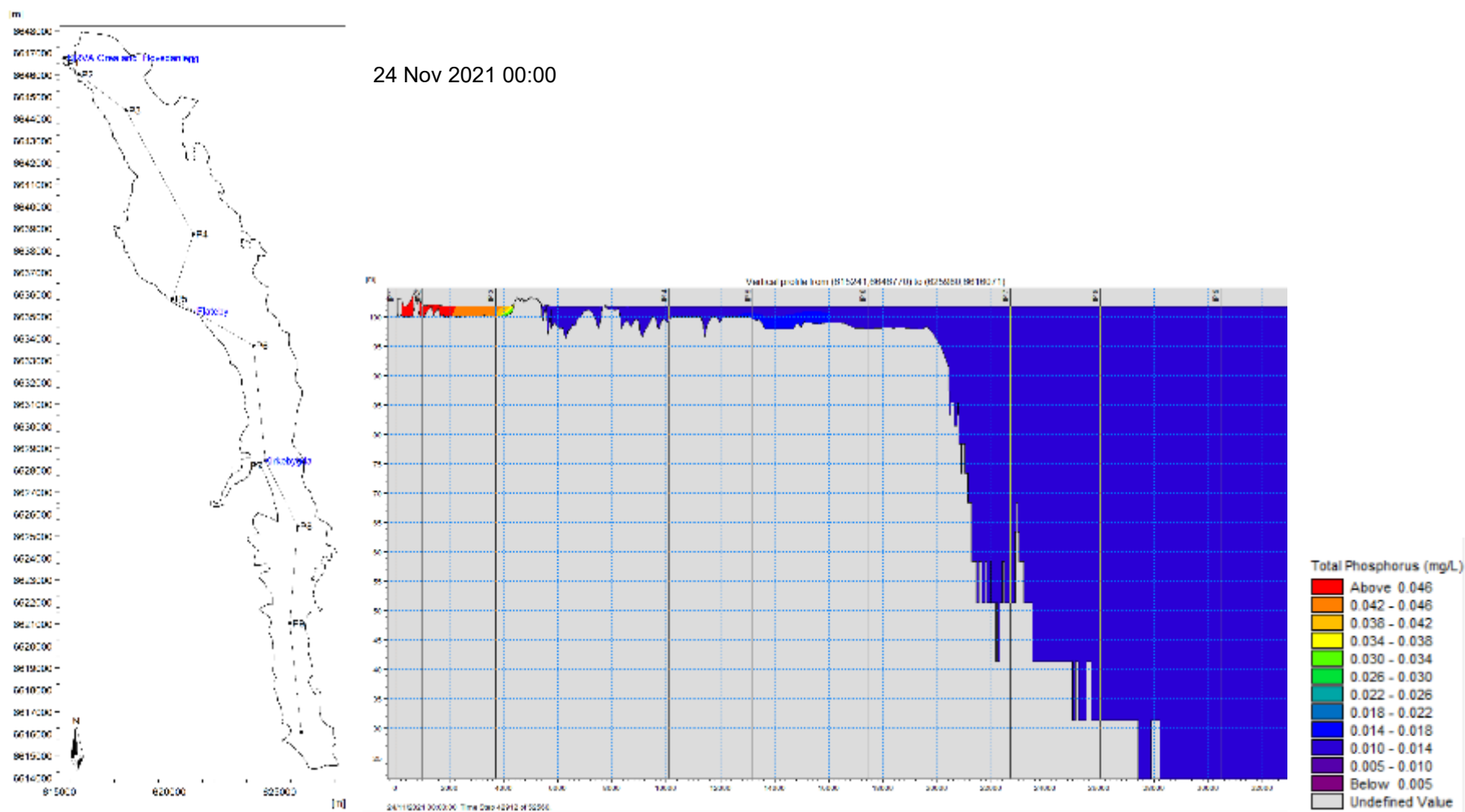


Figure 6.14 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 24.11.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

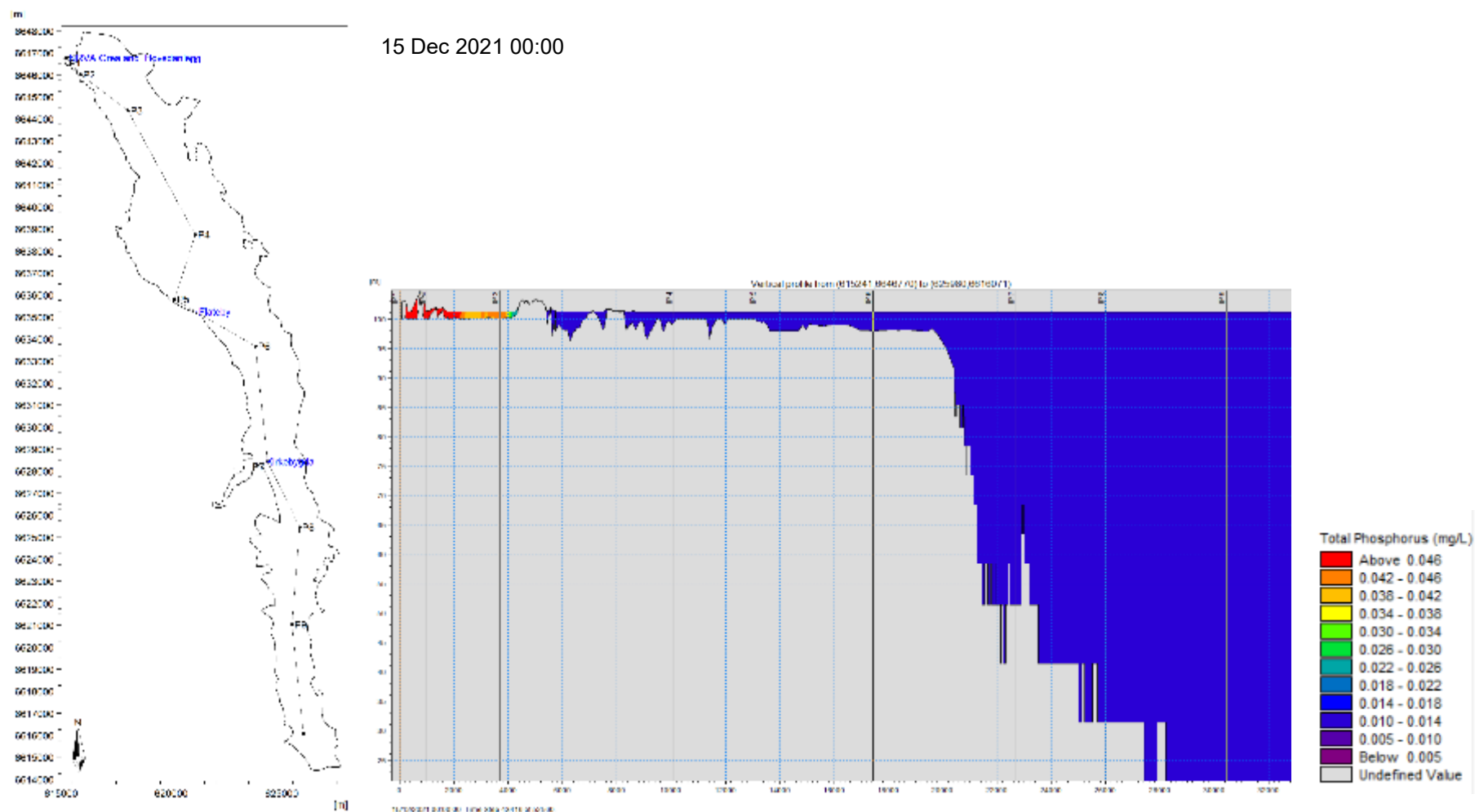


Figure 6.15 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt fosfor 15.12.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

D.3.2 Totalt nitrogen

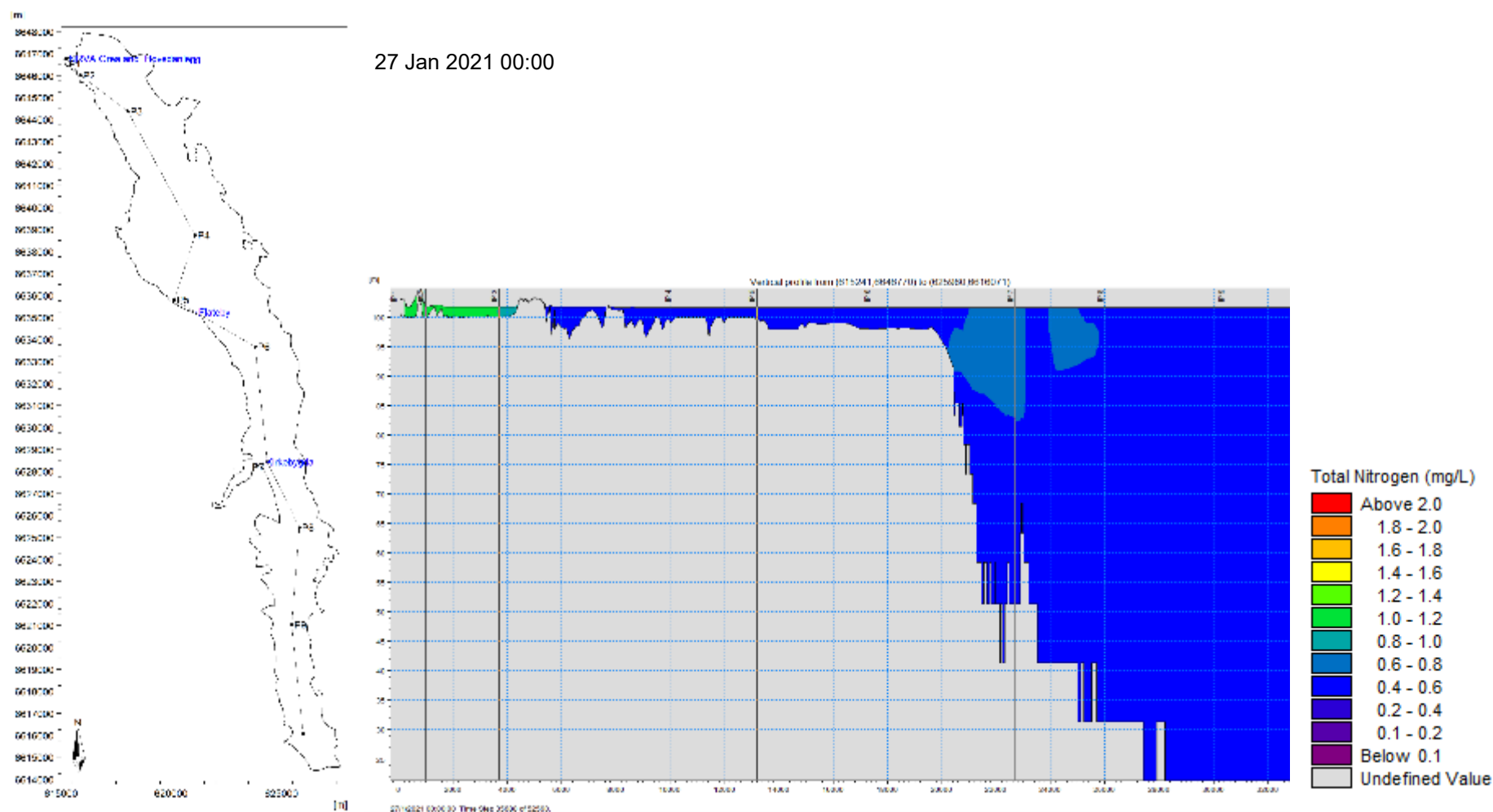
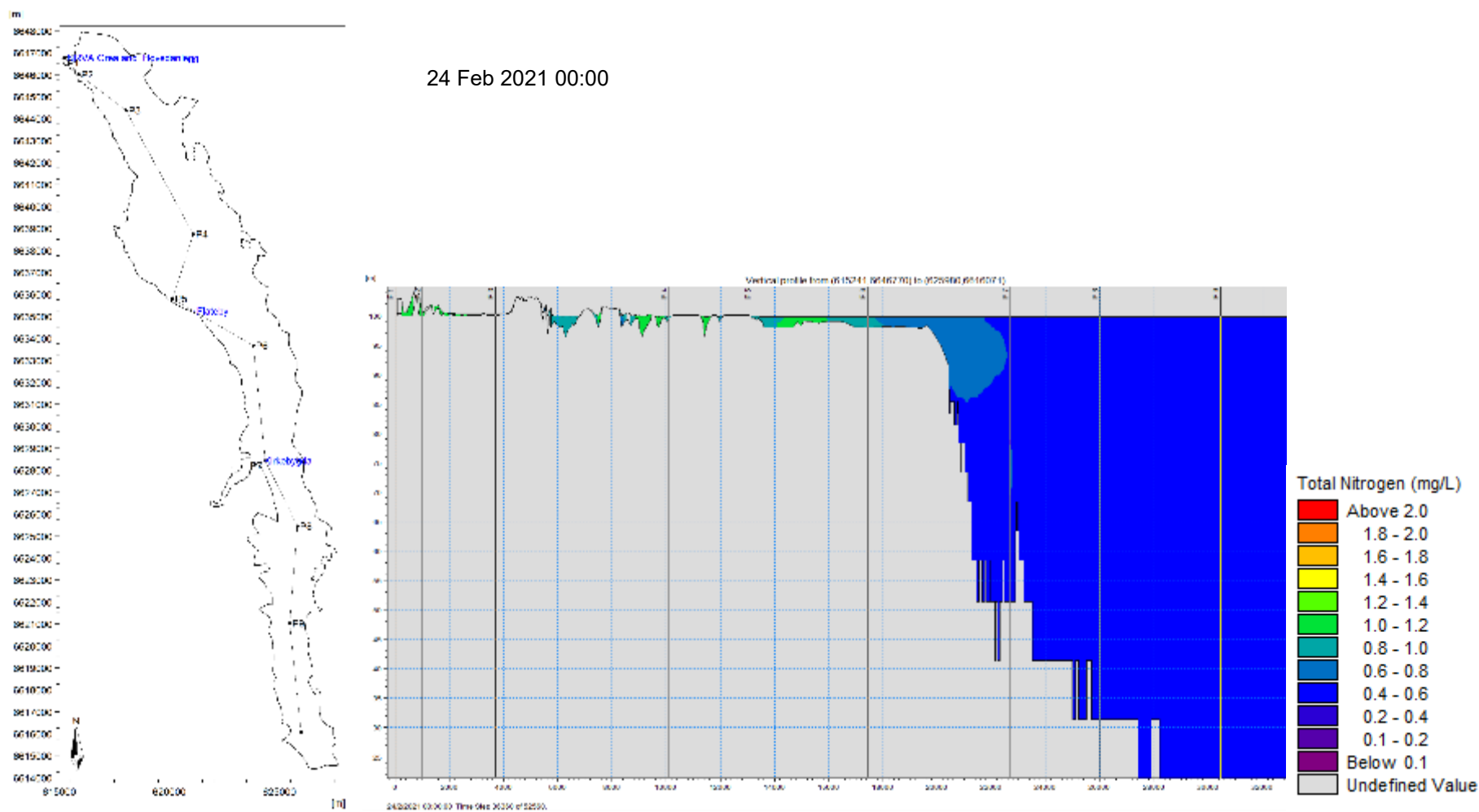


Figure 6.16 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 27.01.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).



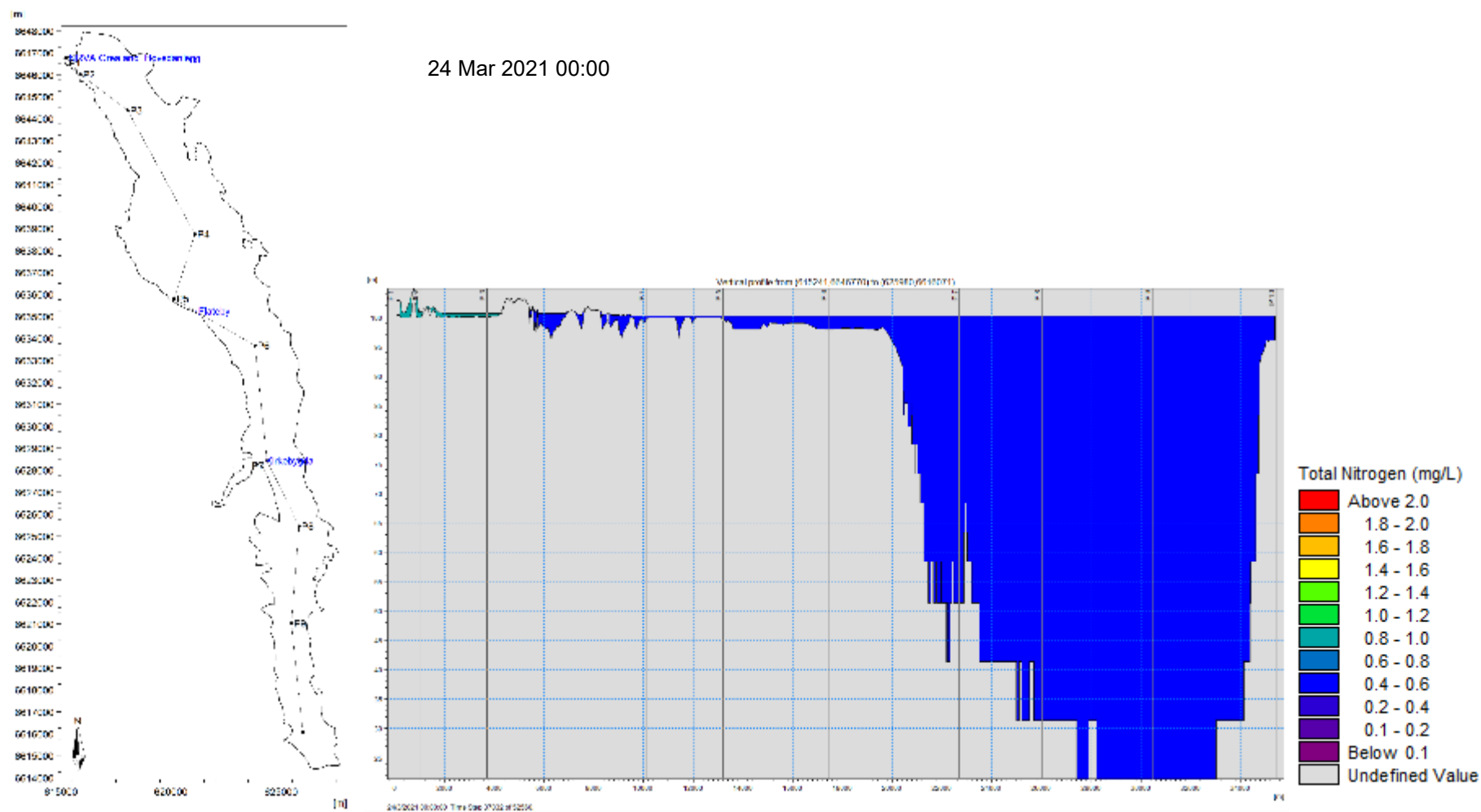
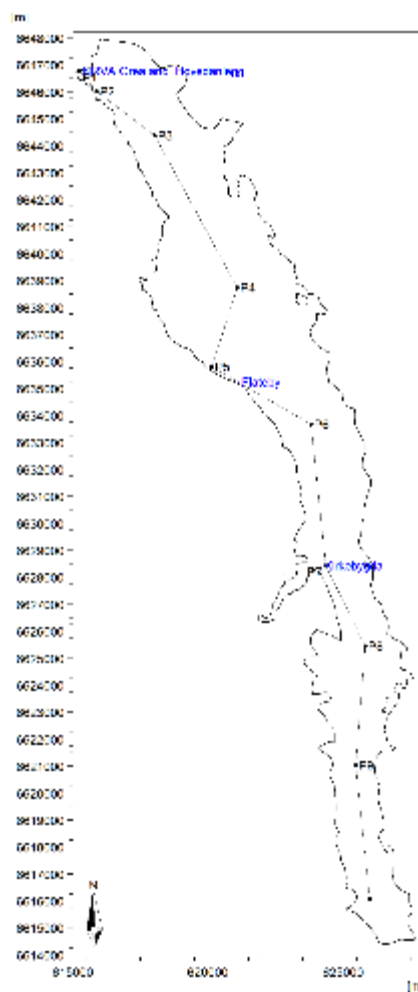


Figure 6.18 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 24.03.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).



21 Apr 2021 00:00

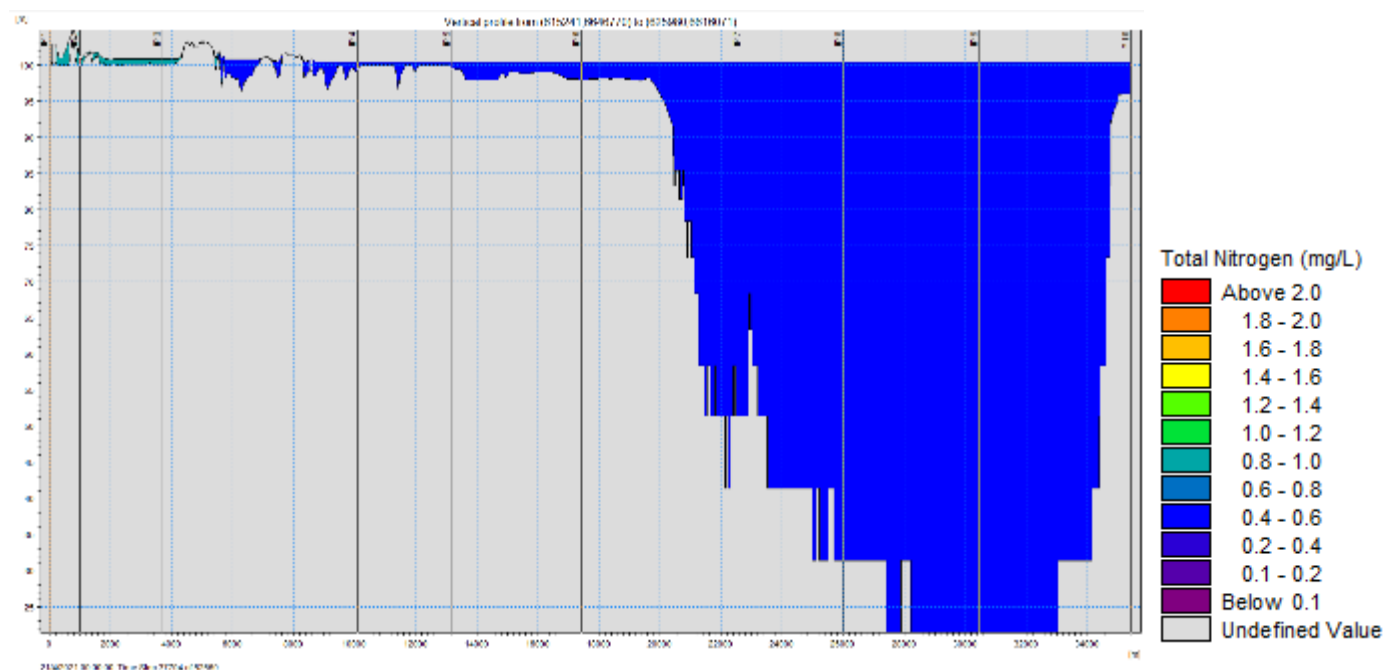


Figure 6.19 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 21.04.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

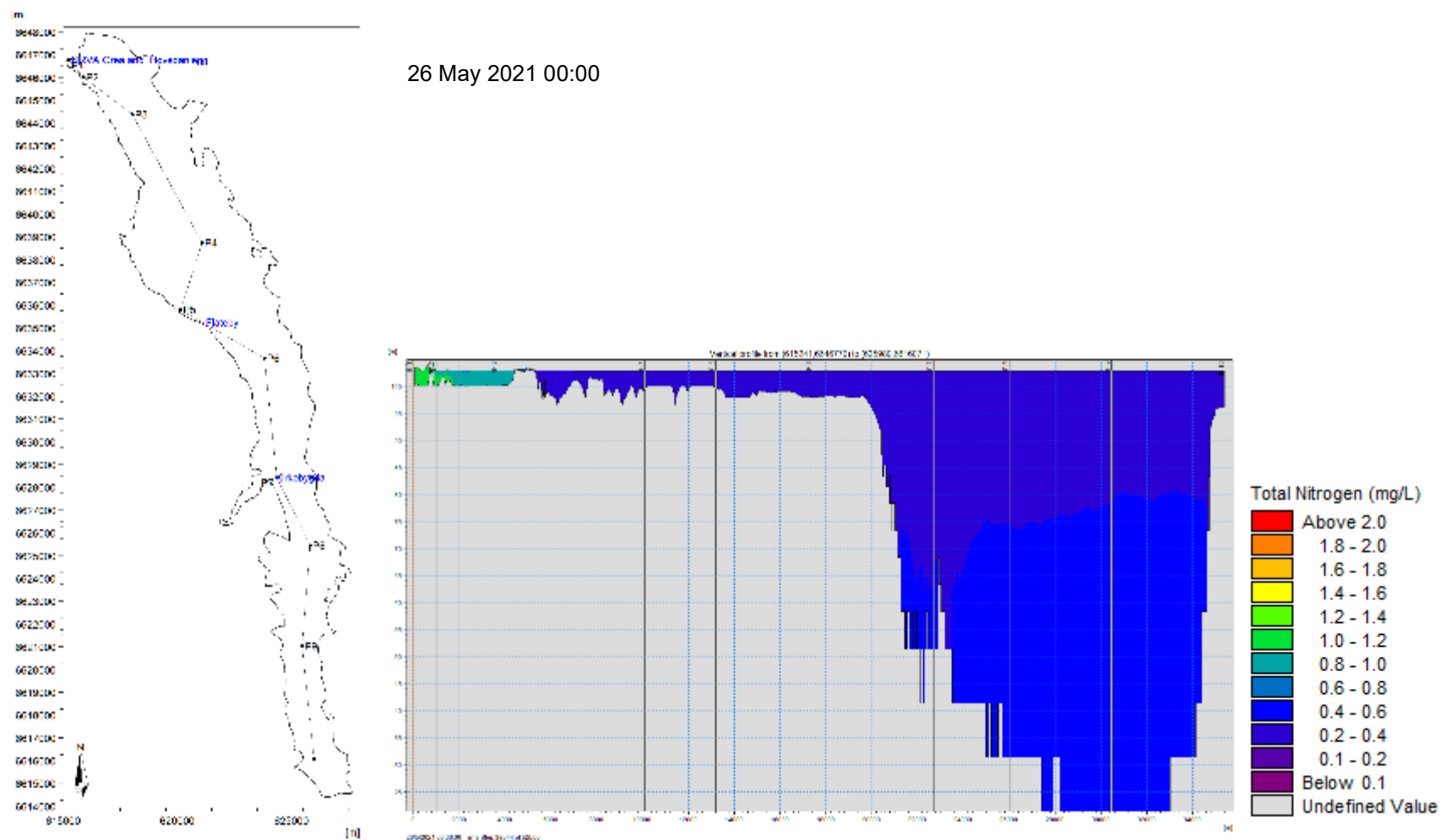
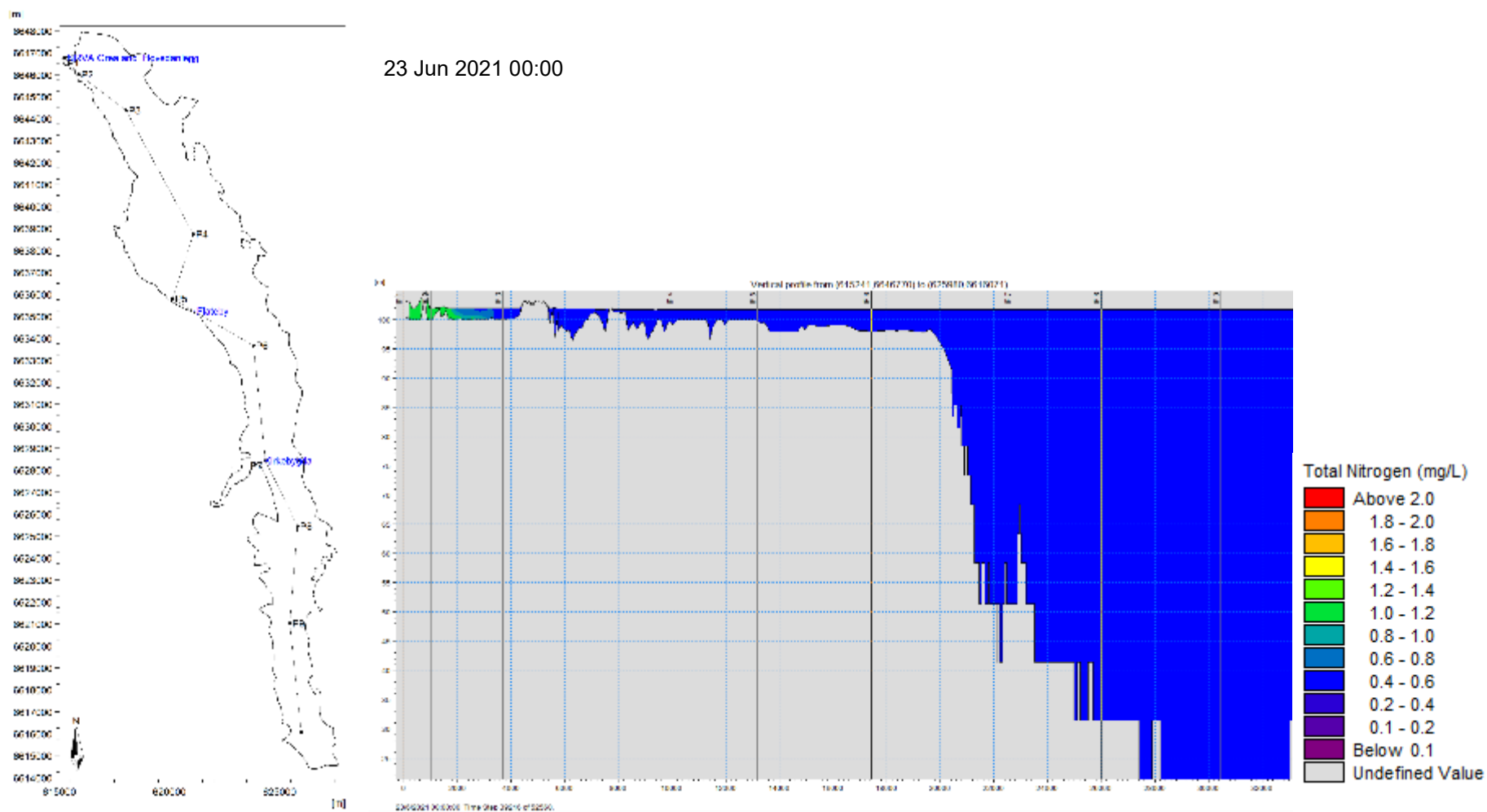


Figure 6.20 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 26.05.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).



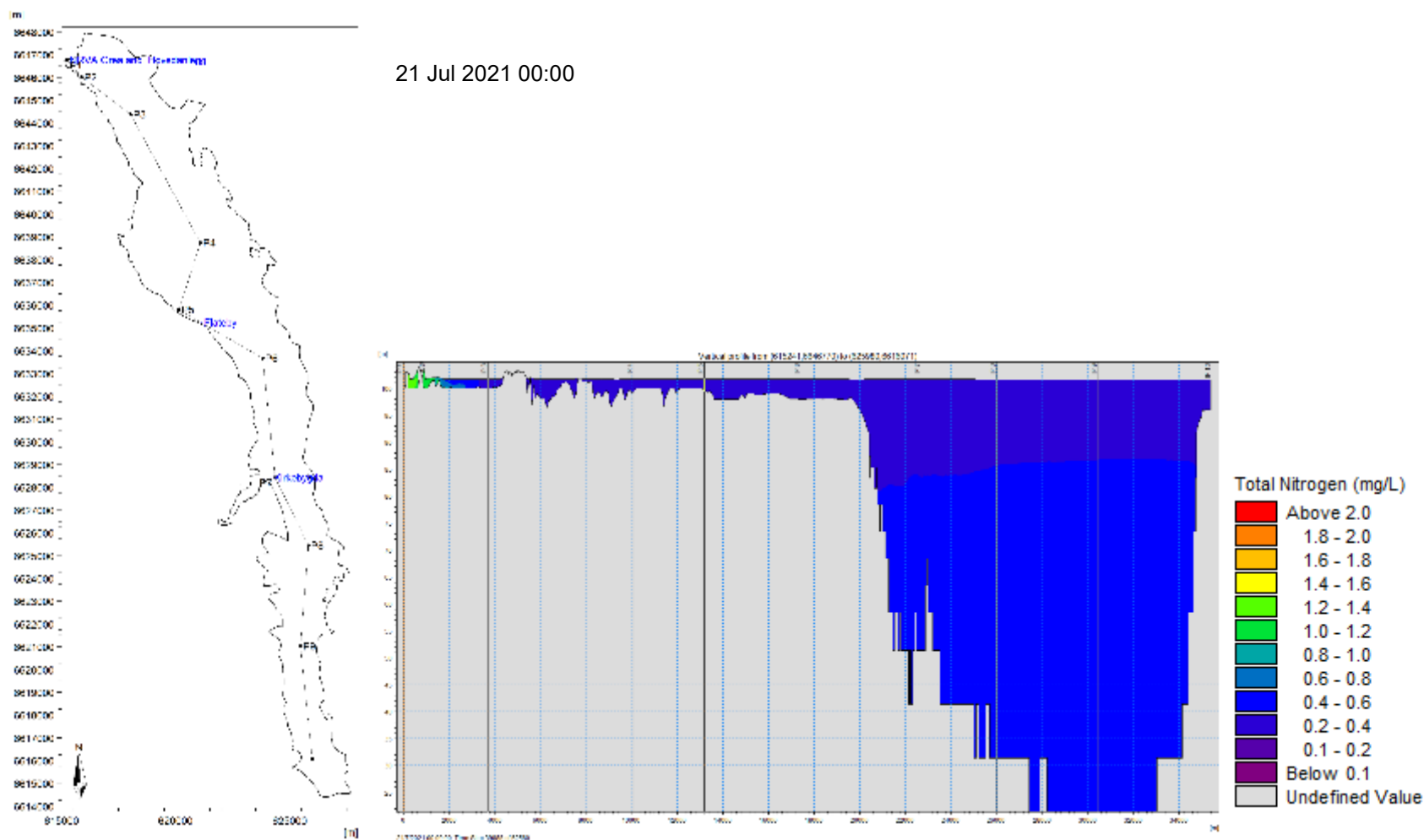


Figure 6.22 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 21.07.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

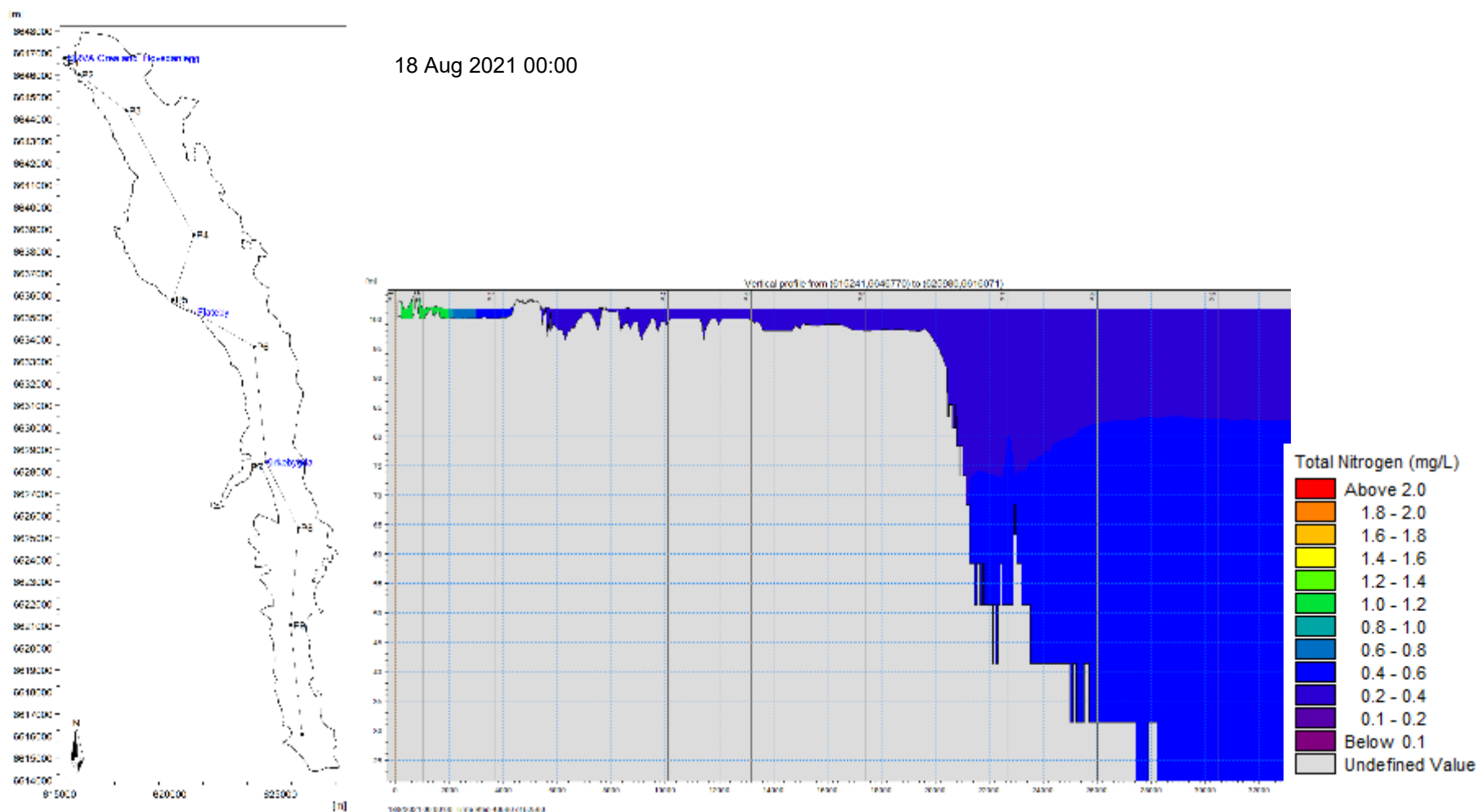


Figure 6.23 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 18.08.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

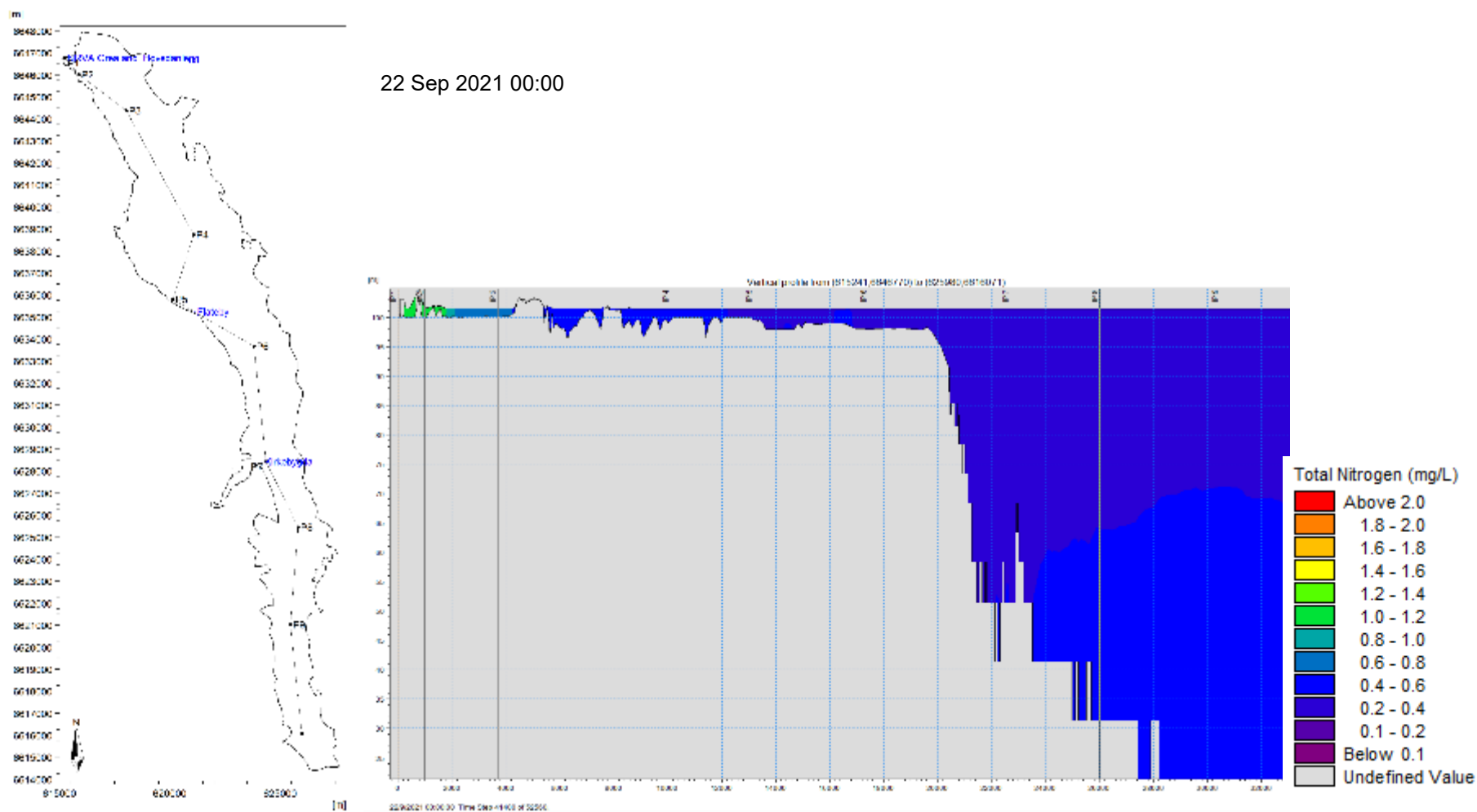


Figure 6.24 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 22.09.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

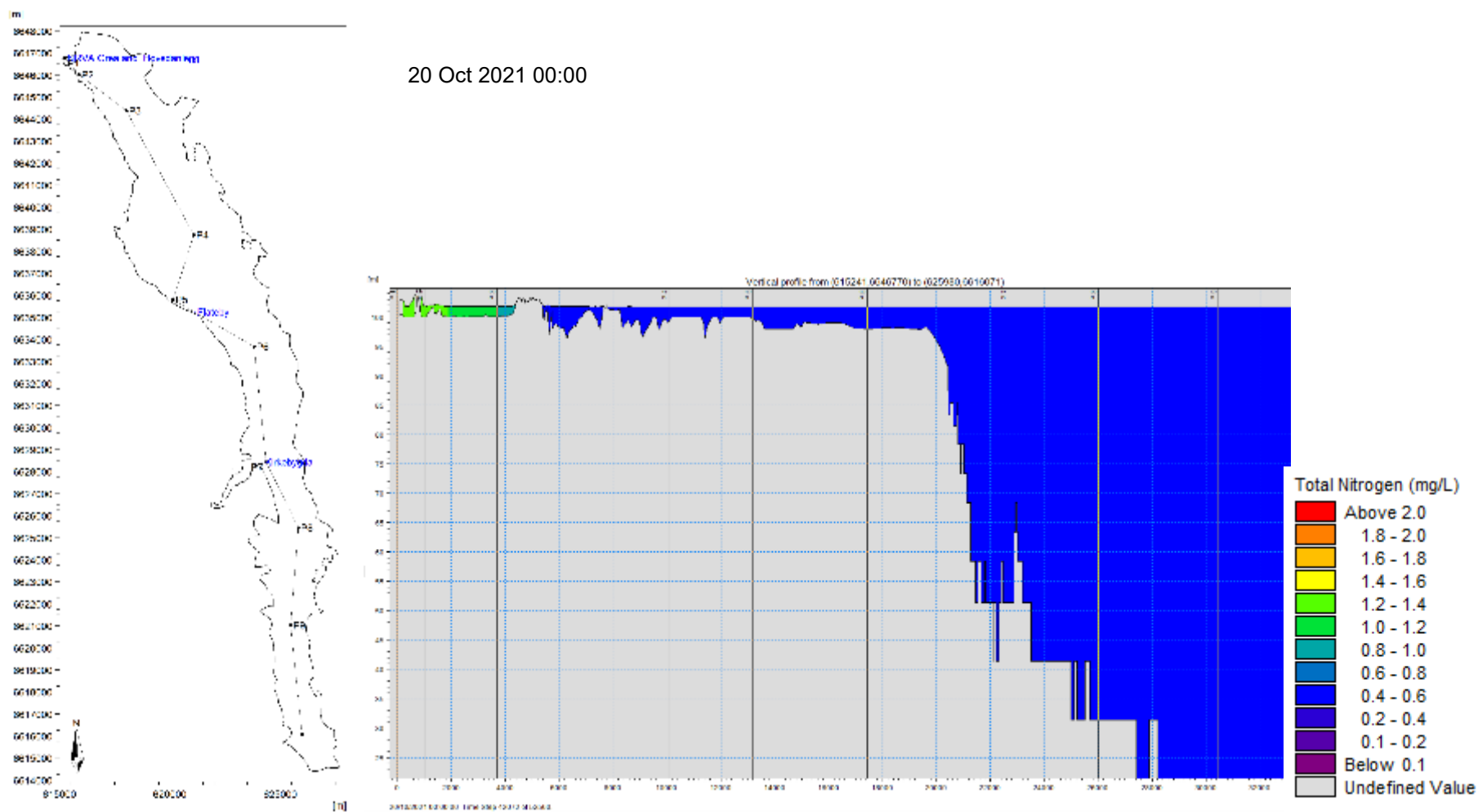


Figure 6.25 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 20.10.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

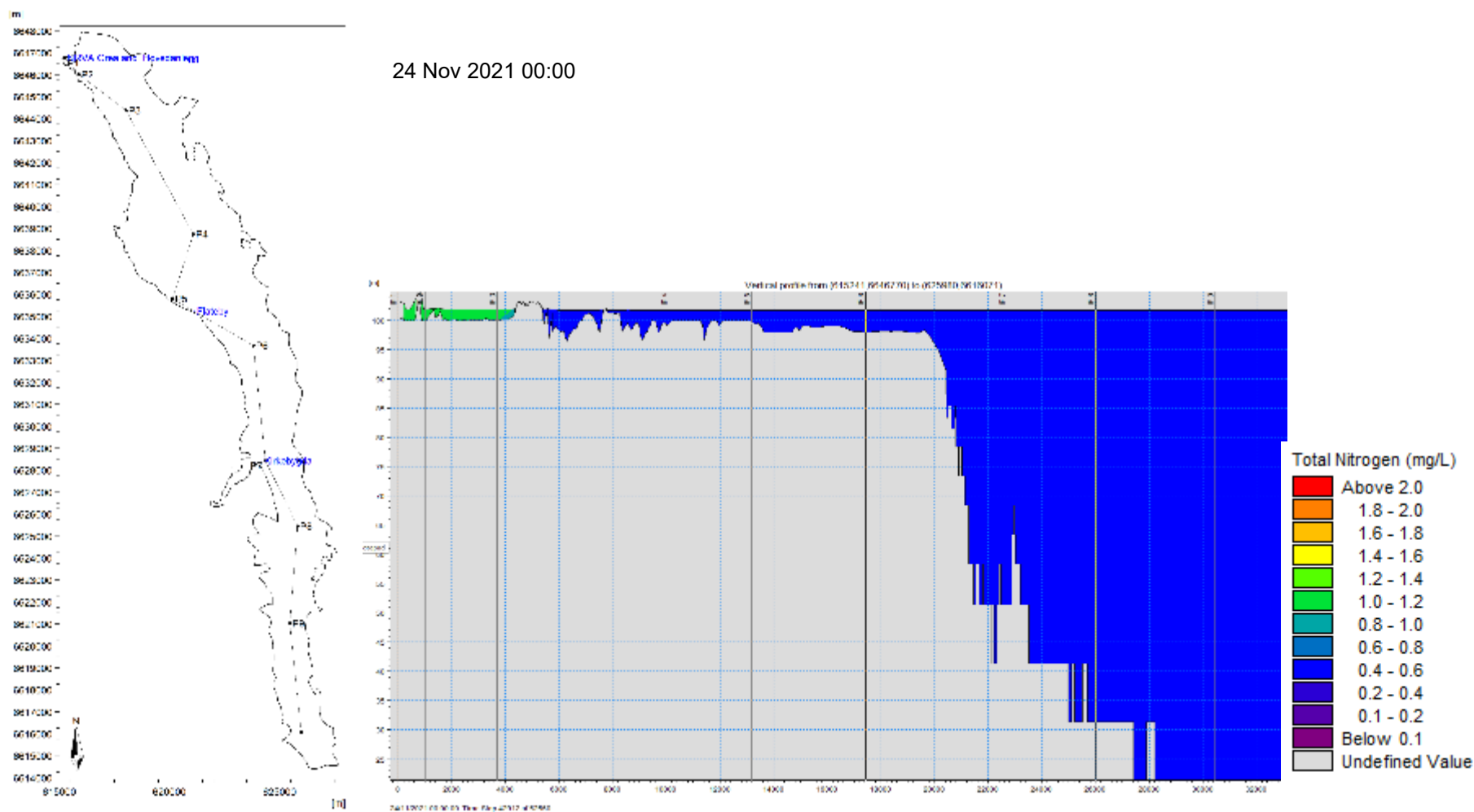


Figure 6.26 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 24.11.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

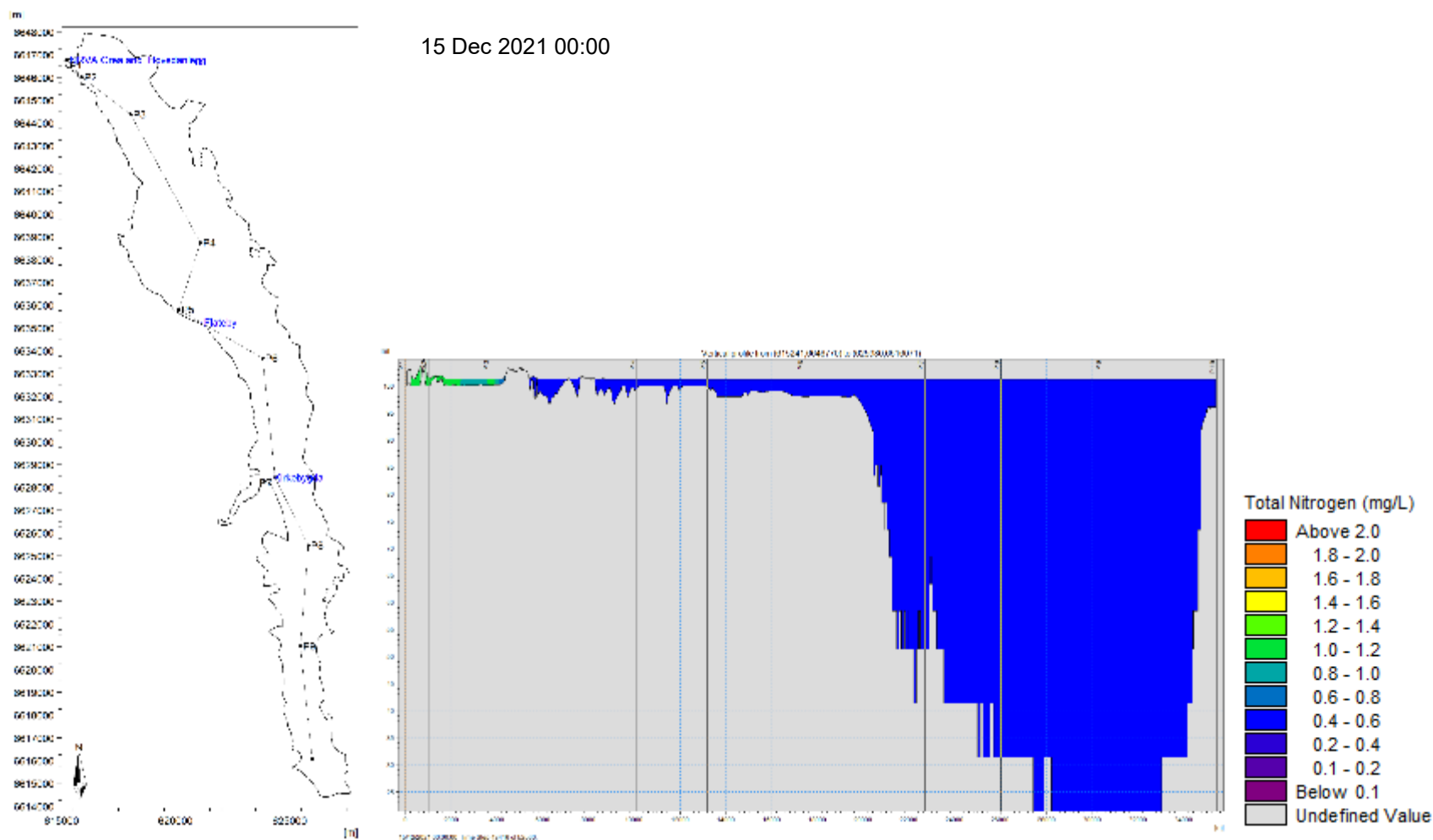


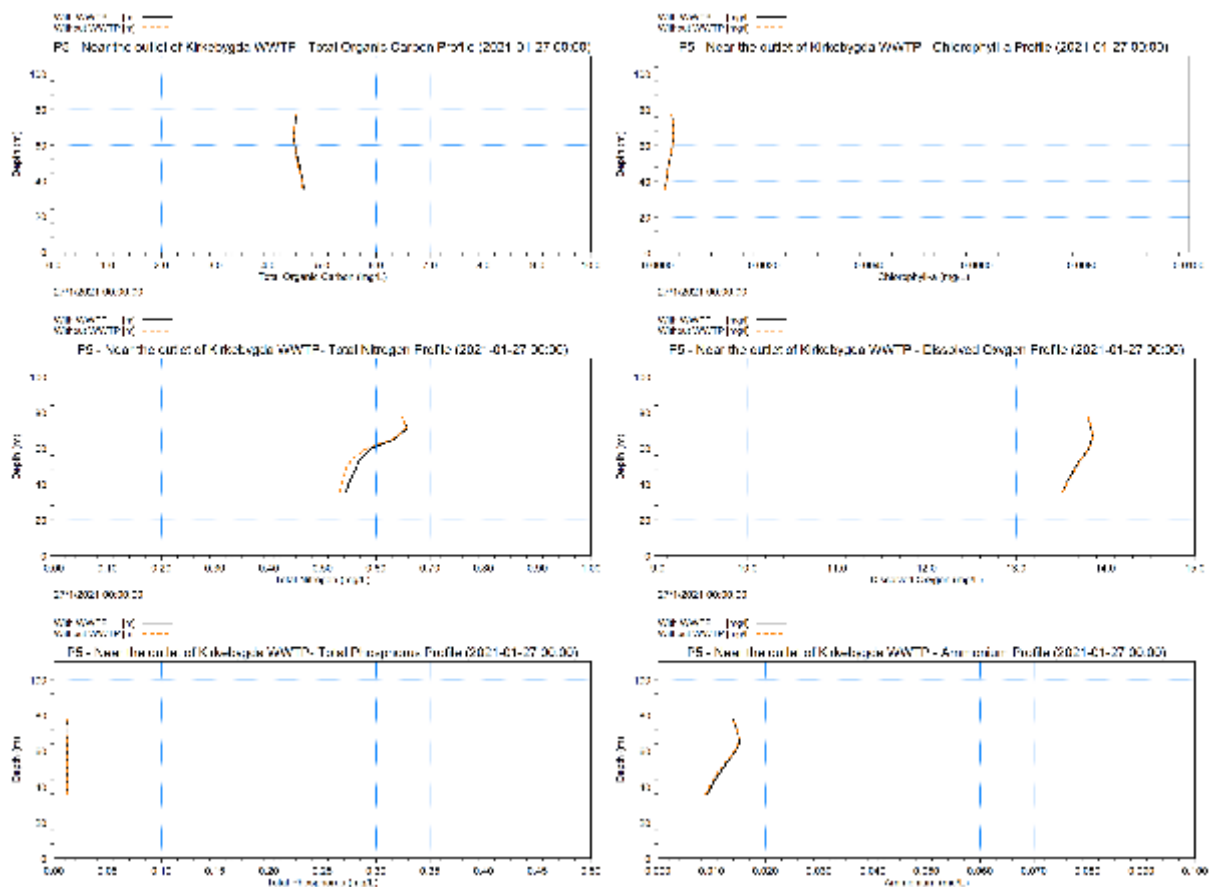
Figure 6.27 Lengdeprofil gjennom Øyeren som viser vertikal variasjon for totalt nitrogen 15.12.2021. Y-aksen viser dybder (~100 moh tilsvarer overflaten).

D.4 Øyeren vertikalprofiler

Basert på resultatene fra simuleringene med vannkvalitetsmodellen av Øyeren er det hentet ut vertikalprofiler i Øyeren ved Kirkebygda sentralrenseanlegg og P-ØSØY1 som viser variasjonen i konsentrasjonene av totalt fosfor og totalt nitrogen hver måned i 2021. 2021 er valgt ut siden utslippene fra Kirkebygda sentralrenseanlegg var størst i perioden 2017-2021.

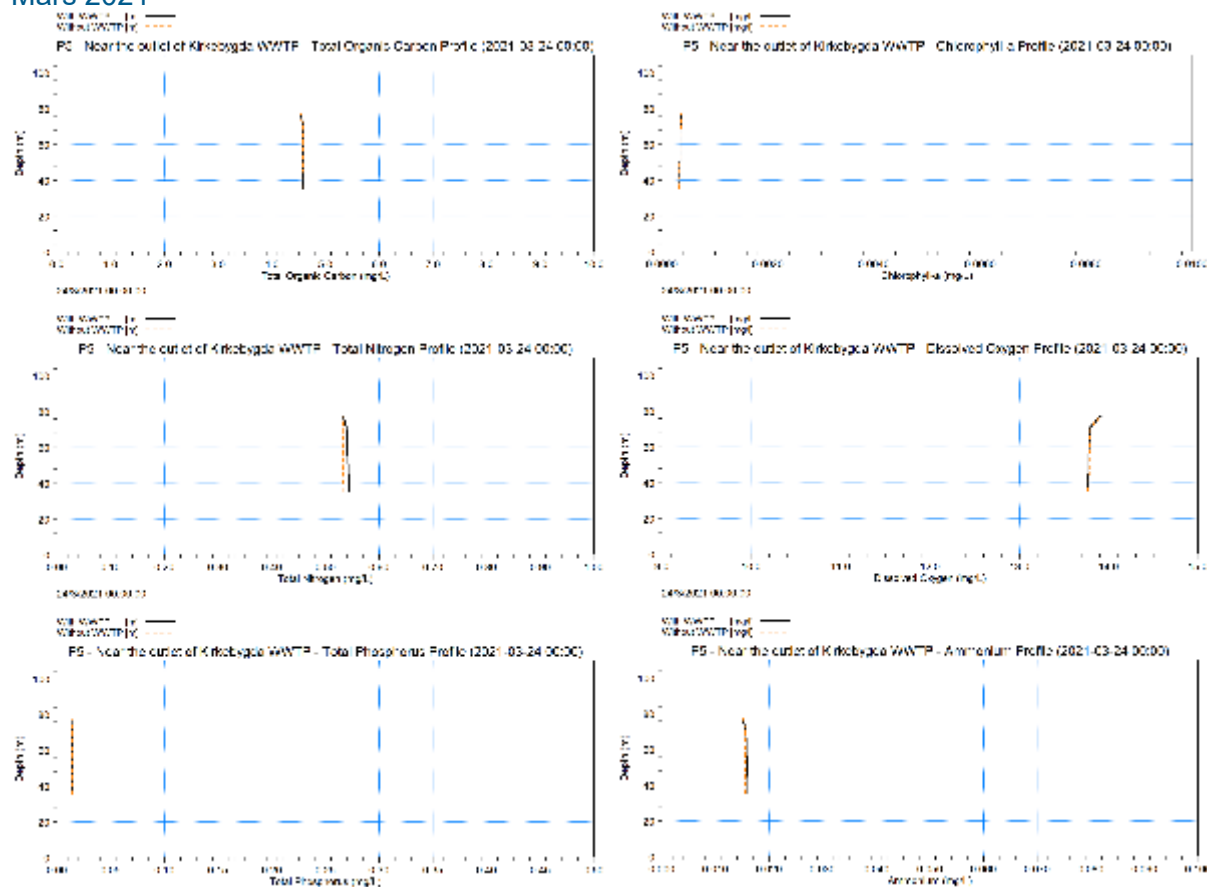
D.4.1 Vertikalprofil P5 – nær utløpet av Kirkebygda sentralrenseanlegg

Januar 2021



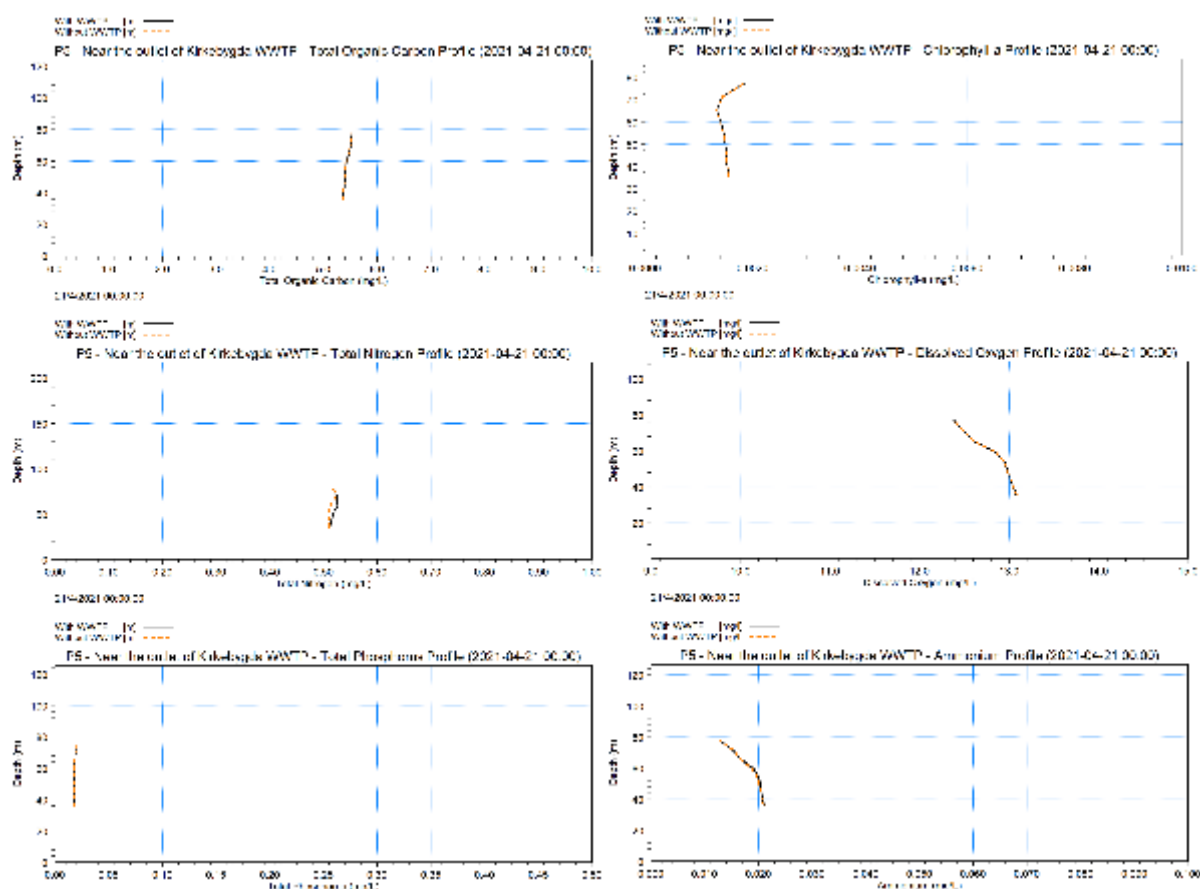
Figur 6-11: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygda sentralrenseanlegg den 27.01.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Mars 2021



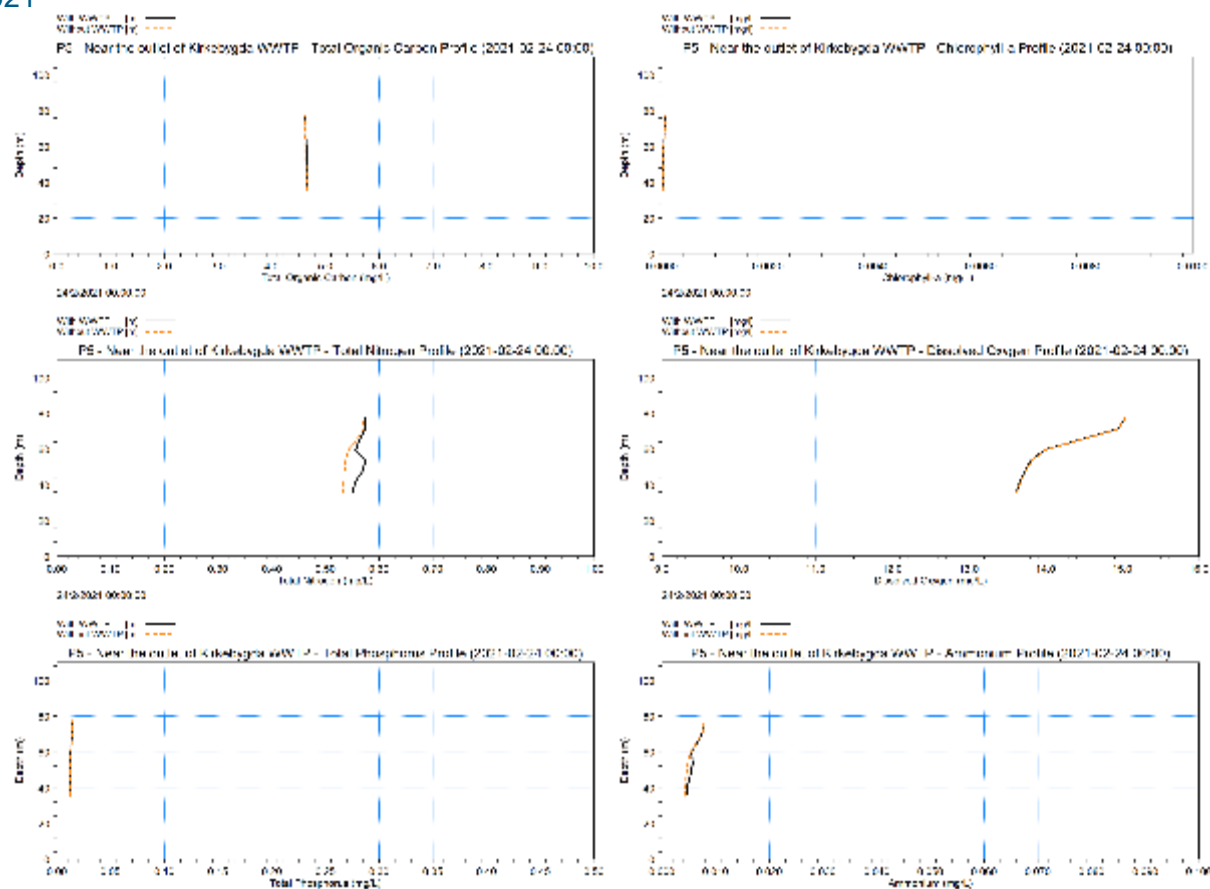
Figur 6-12: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygdas sentralrenseanlegg den 24.03.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

April 2021



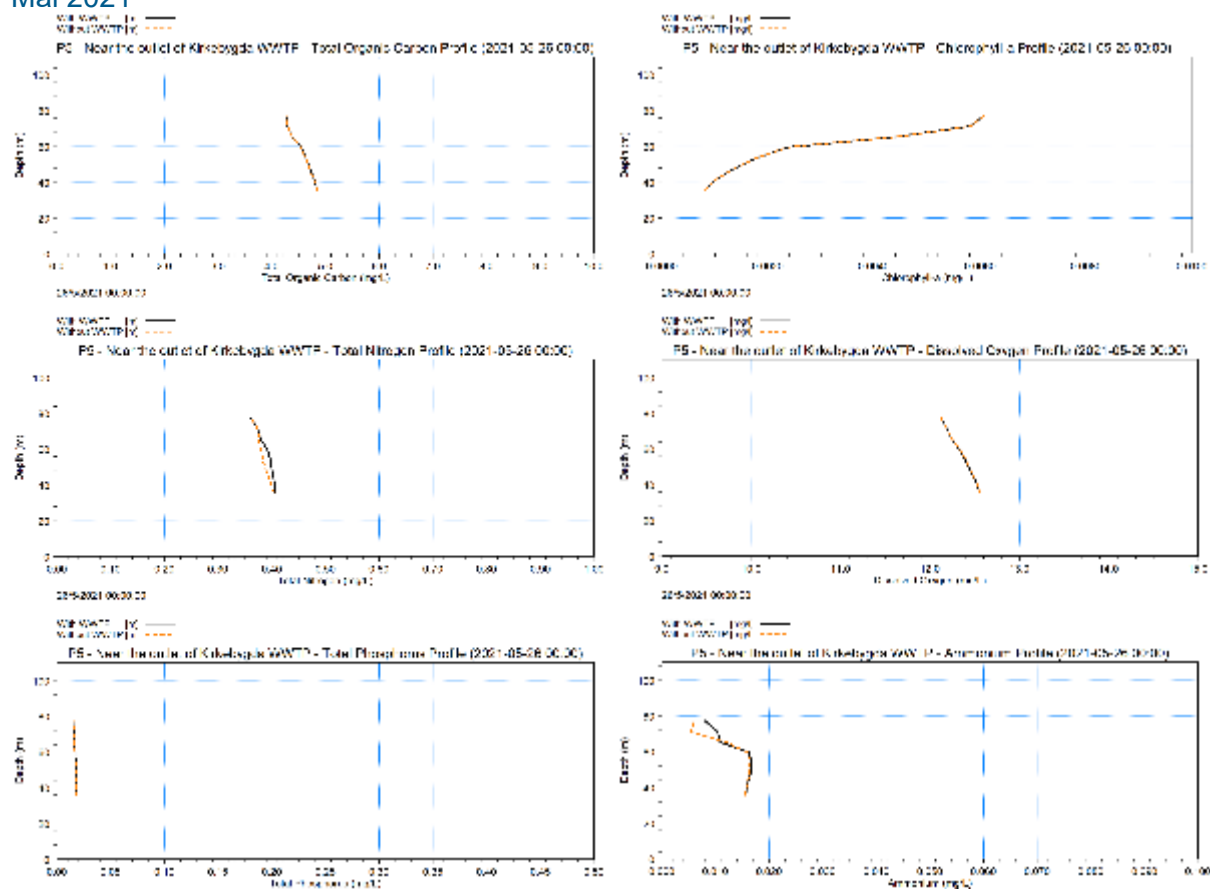
Figur 6-13: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygda sentralrenseanlegg den 21.04.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Februar 2021



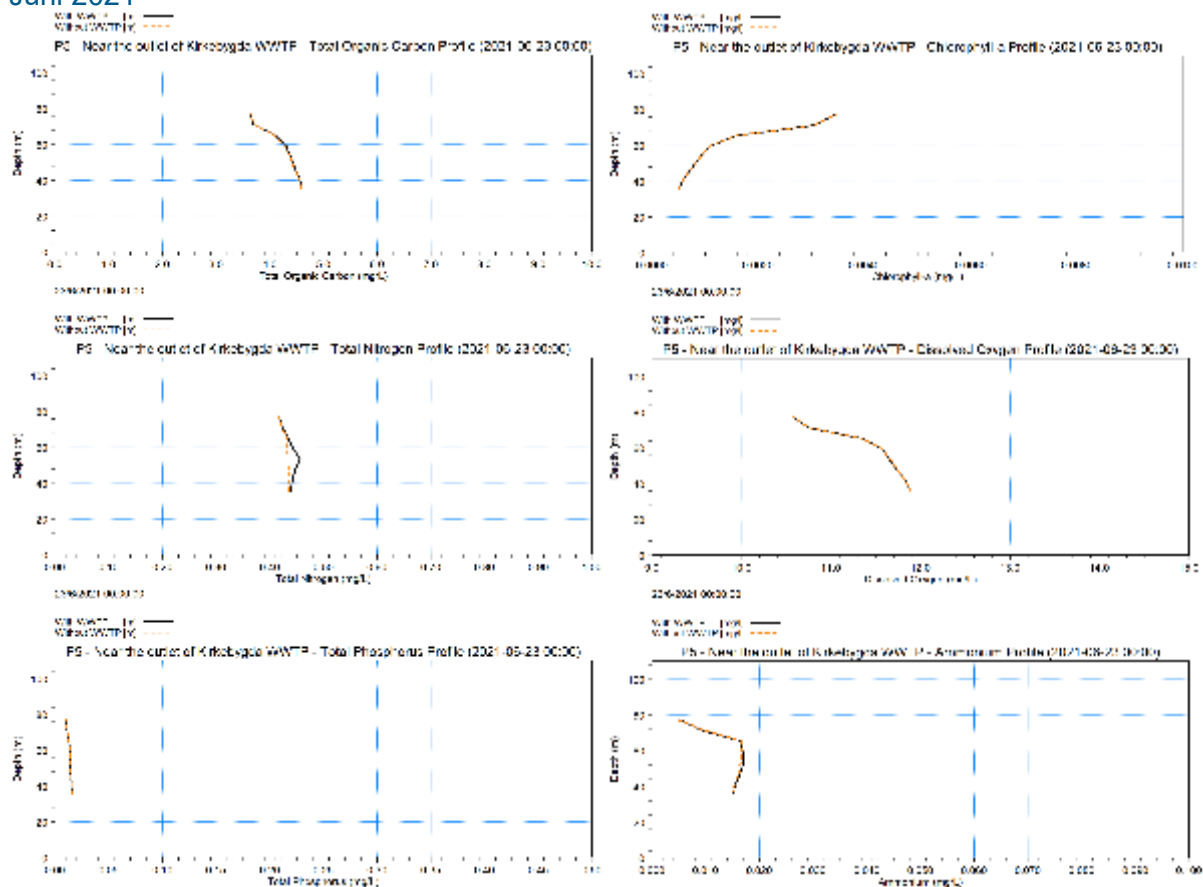
Figur 6-14: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygdasentralrenseanlegg den 24.02.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Mai 2021



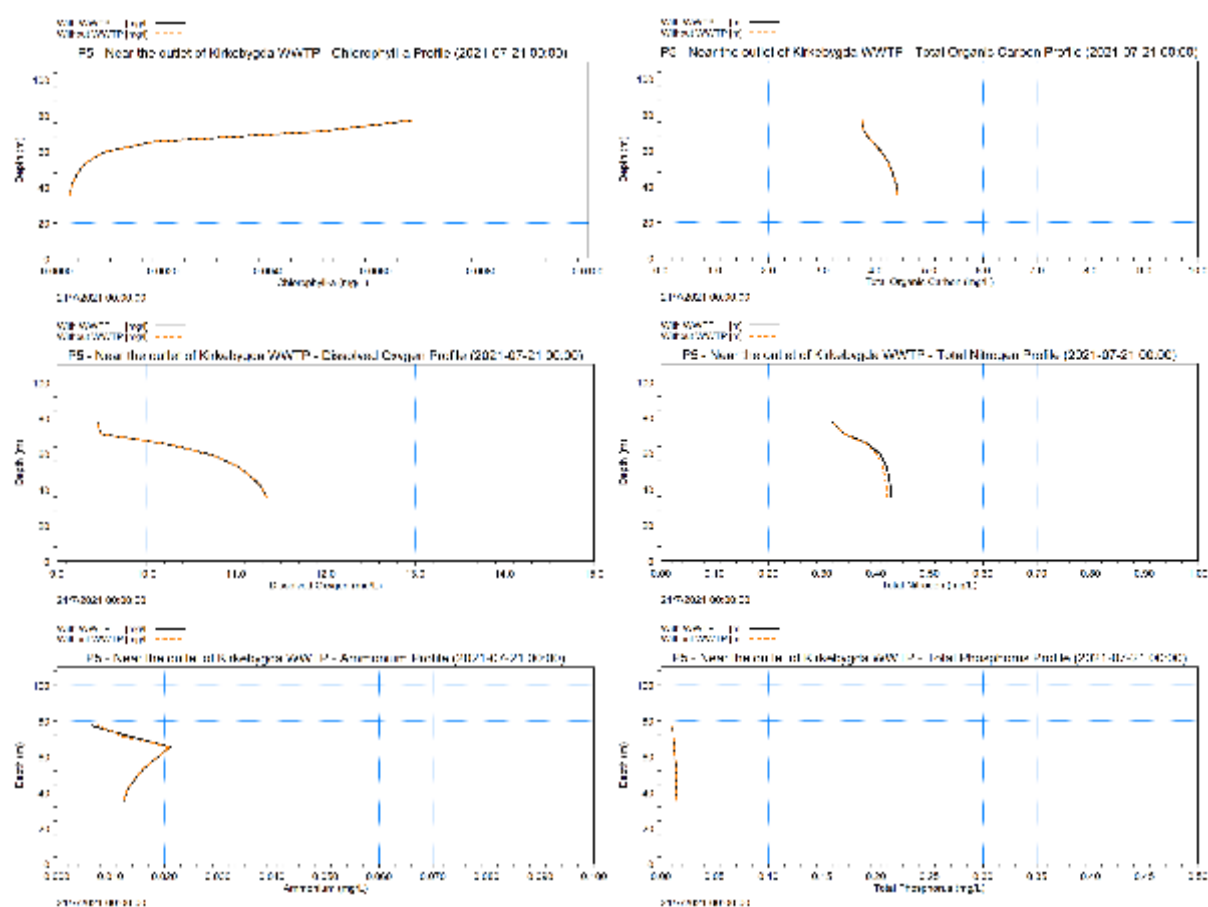
Figur 6-15: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygdas sentralrenseanlegg den 26.05.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Juni 2021



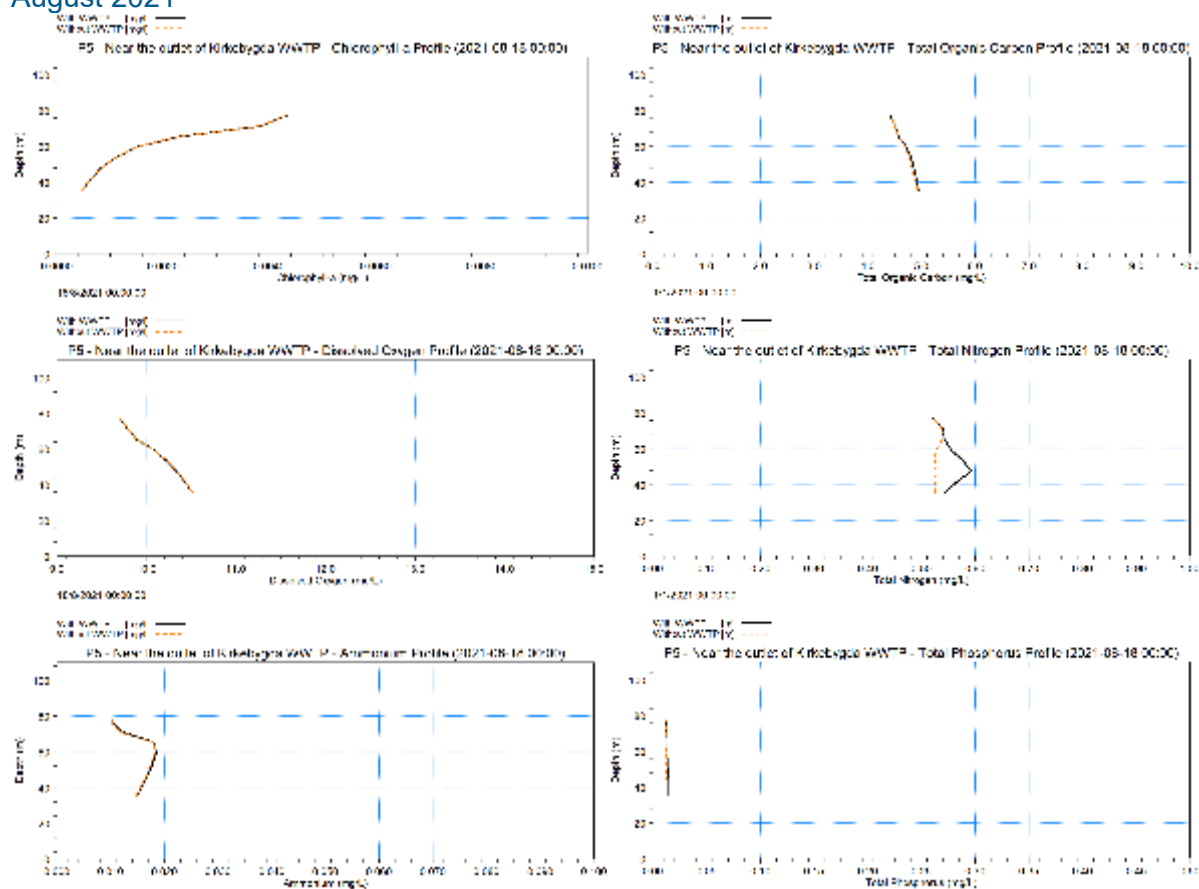
Figur 6-16: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebyga sentralrenseanlegg den 23.06.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Juli 2021



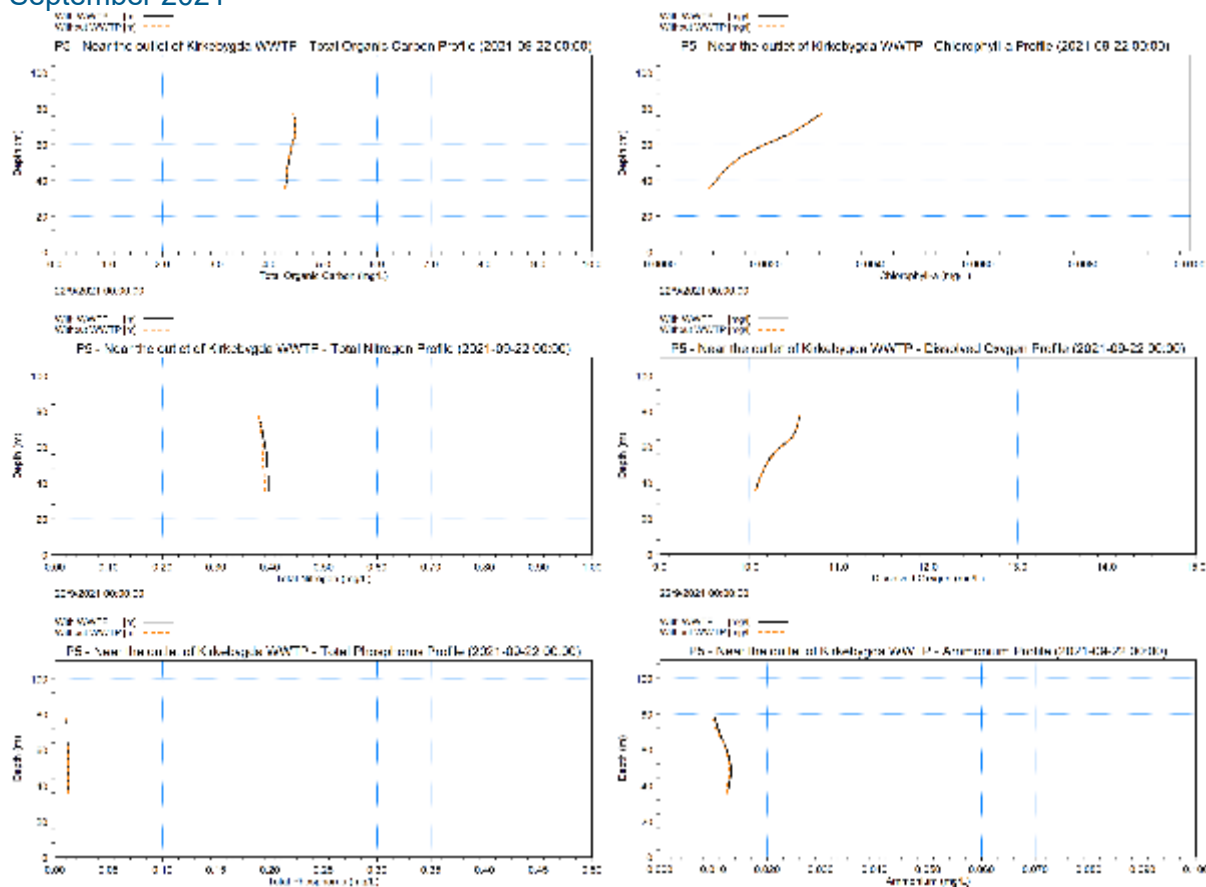
Figur 6-17: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygda sentralrenseanlegg den 21.07.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

August 2021



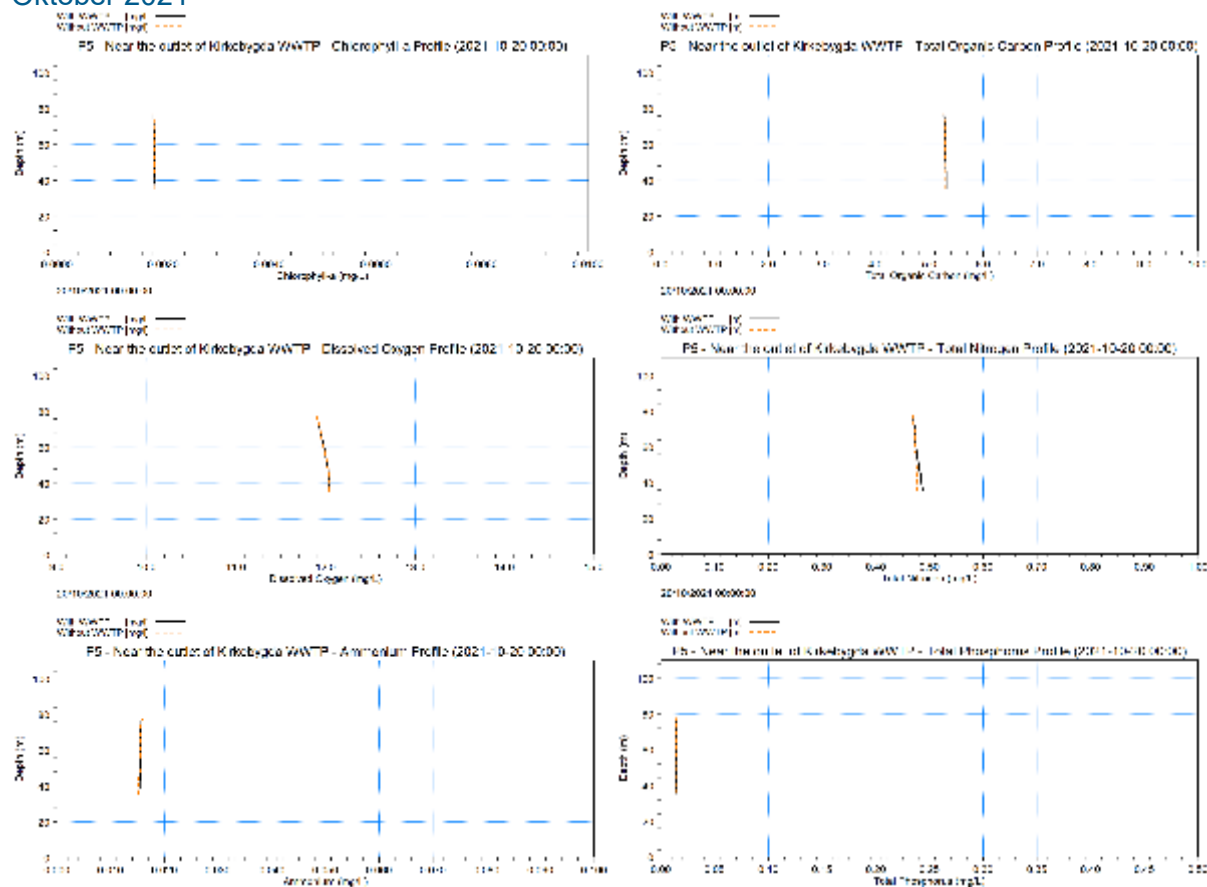
Figur 6-18: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygda sentralrenseanlegg den 18.08.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

September 2021



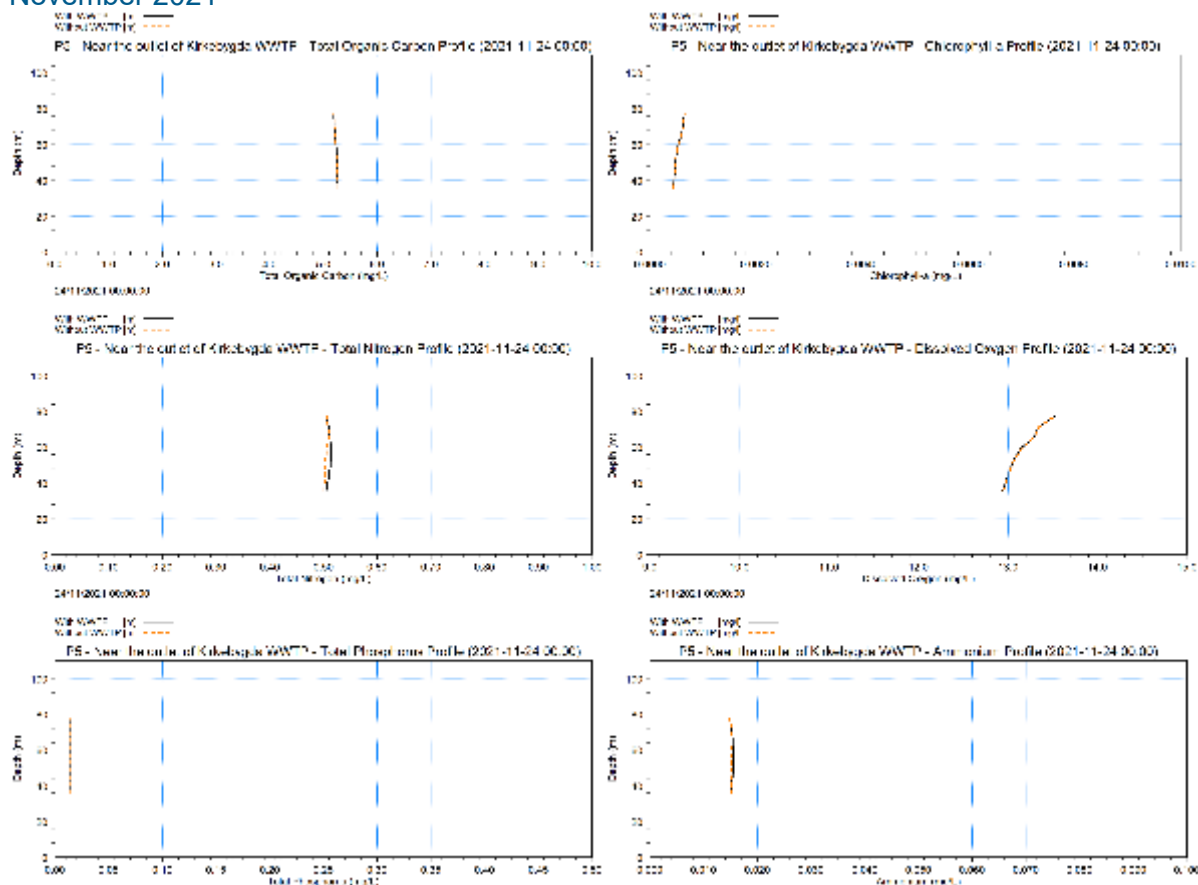
Figur 6-19: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygdas sentralrenseanlegg den 22.09.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Oktober 2021



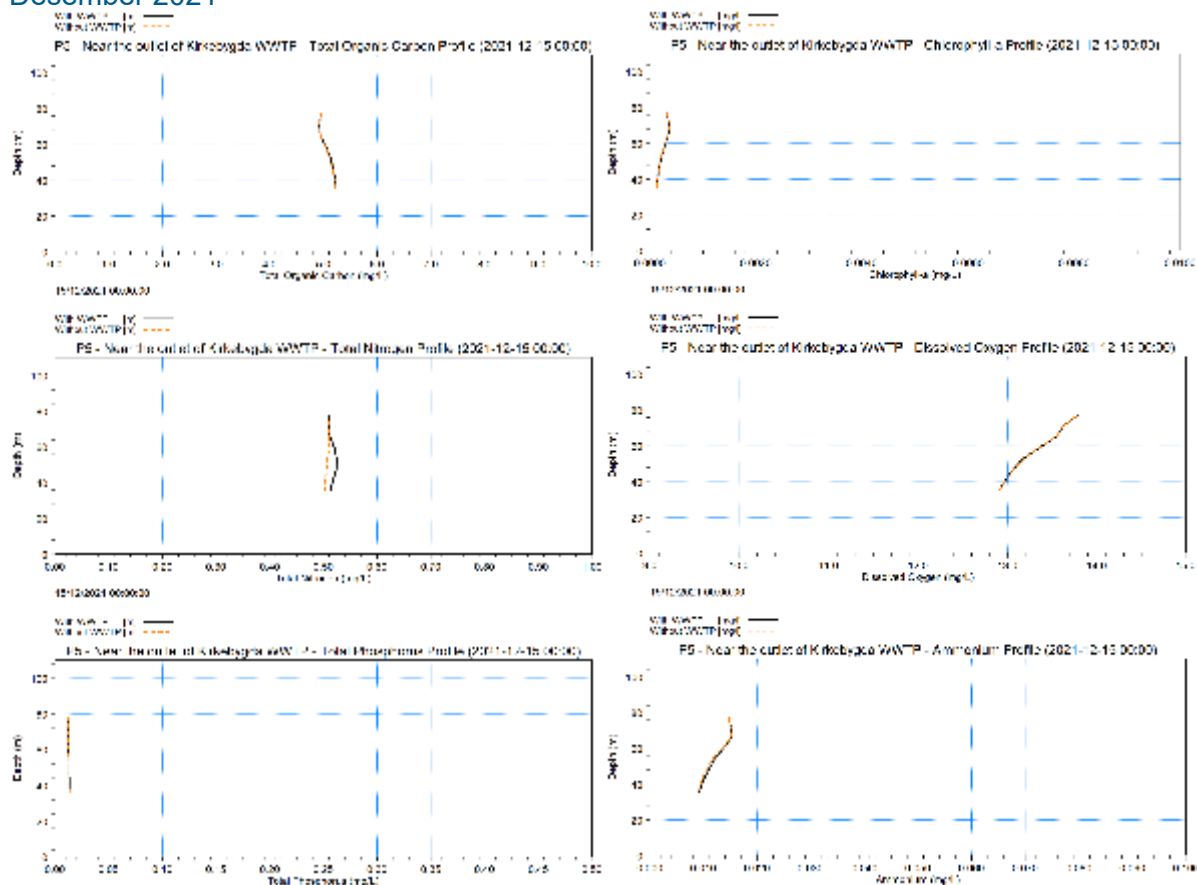
Figur 6-20: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygdas sentralrenseanlegg den 20.10.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

November 2021



Figur 6-21: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebyga sentralrenseanlegg den 24.11.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

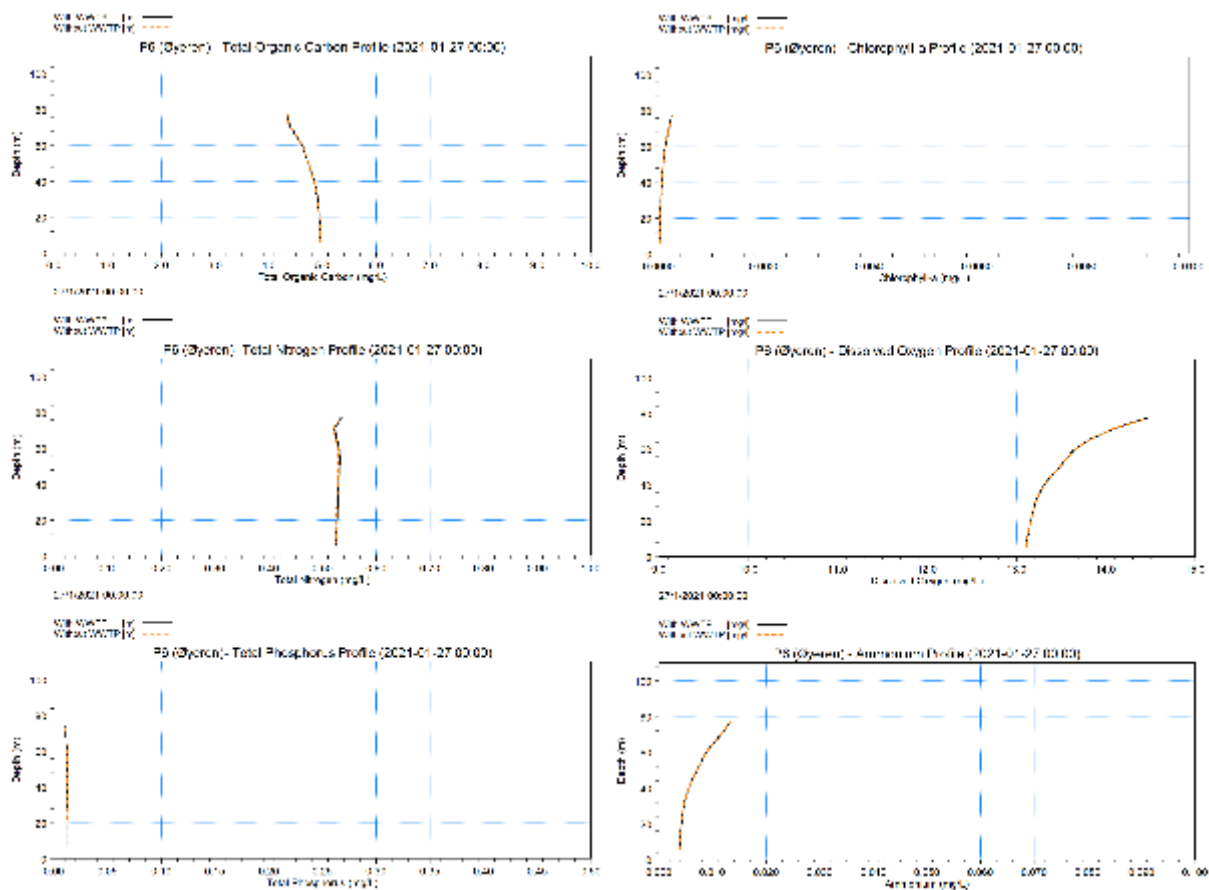
Desember 2021



Figur 6-22: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P5 nær utløpet av Kirkebygård sentralrenseanlegg den 15.12.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

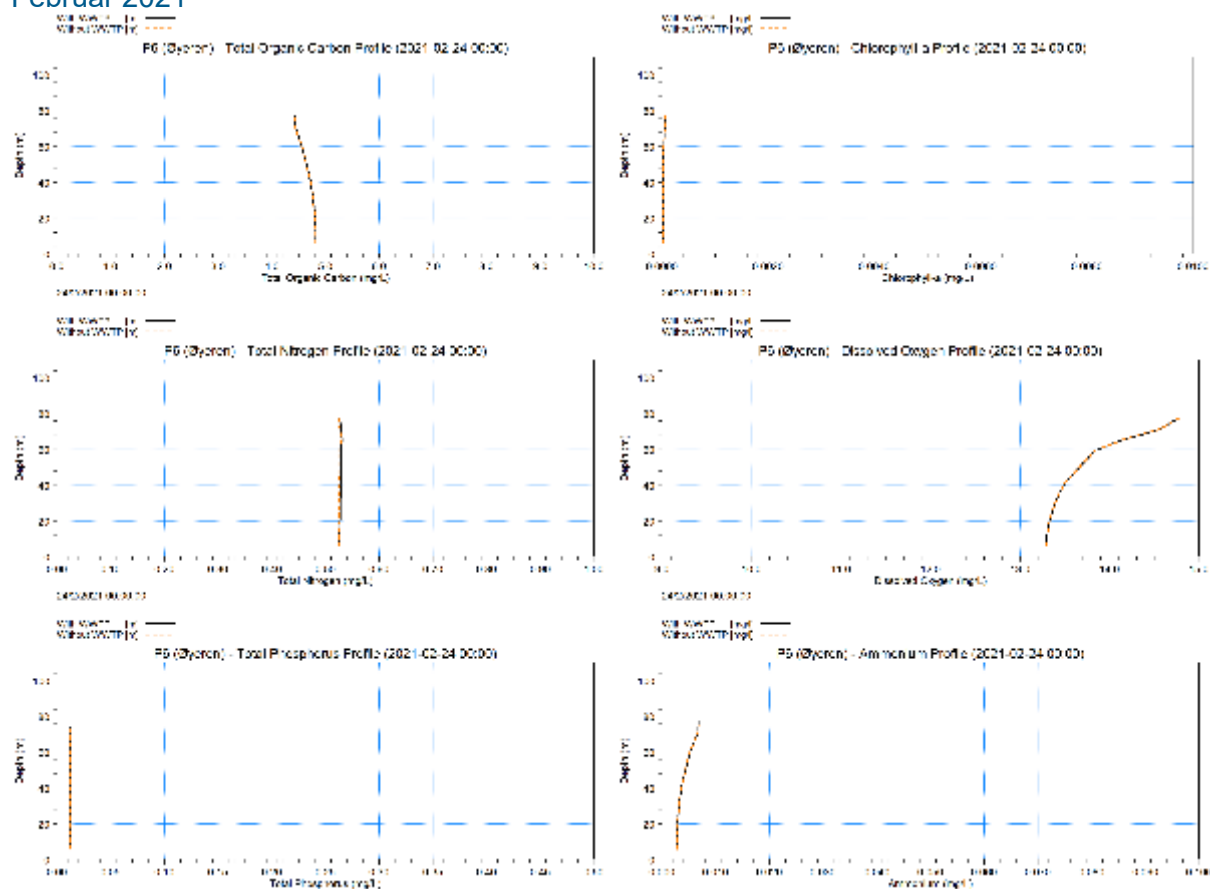
D.4.2 Vertikalprofil P6 – P-ØSØY1 Øyeren

Januar 2021



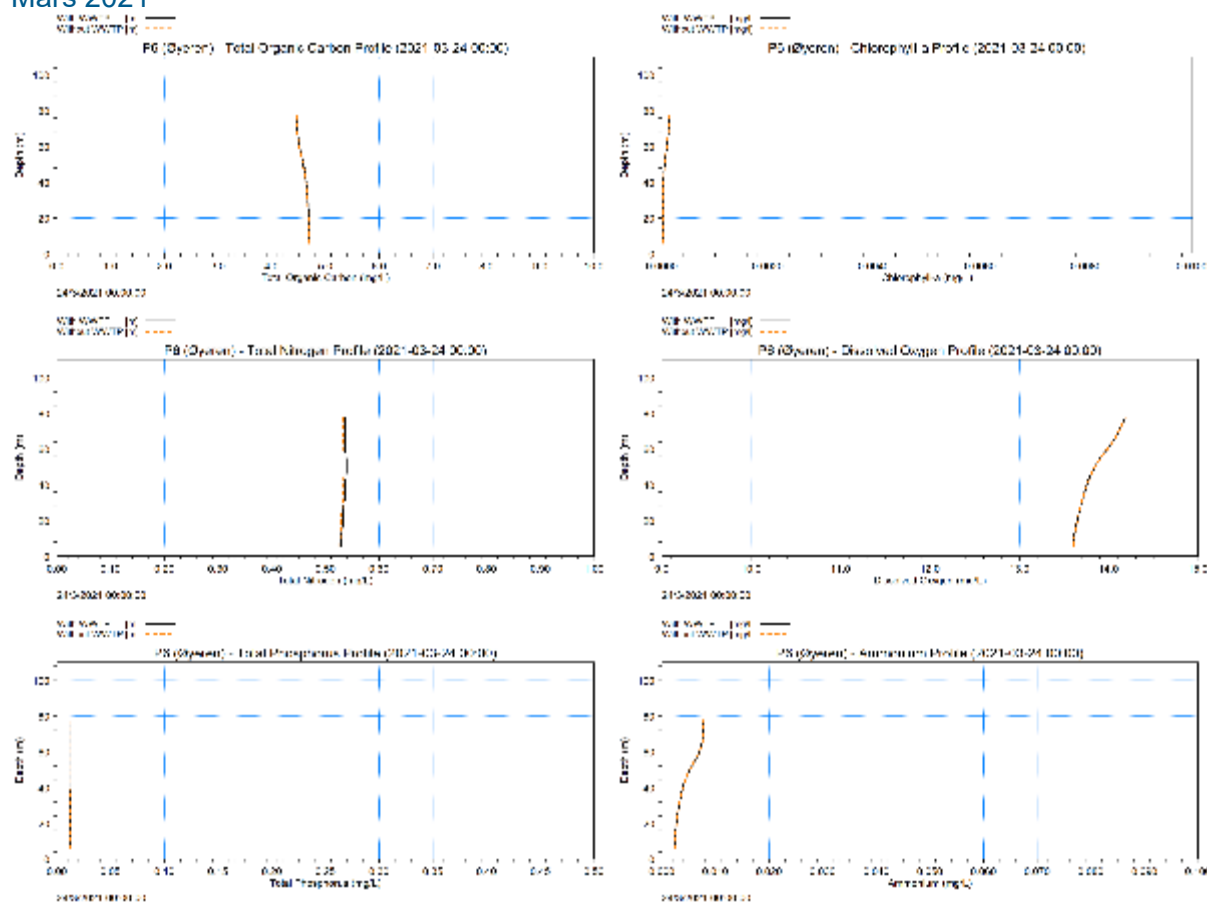
Figur 6-23: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 27.01.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Februar 2021



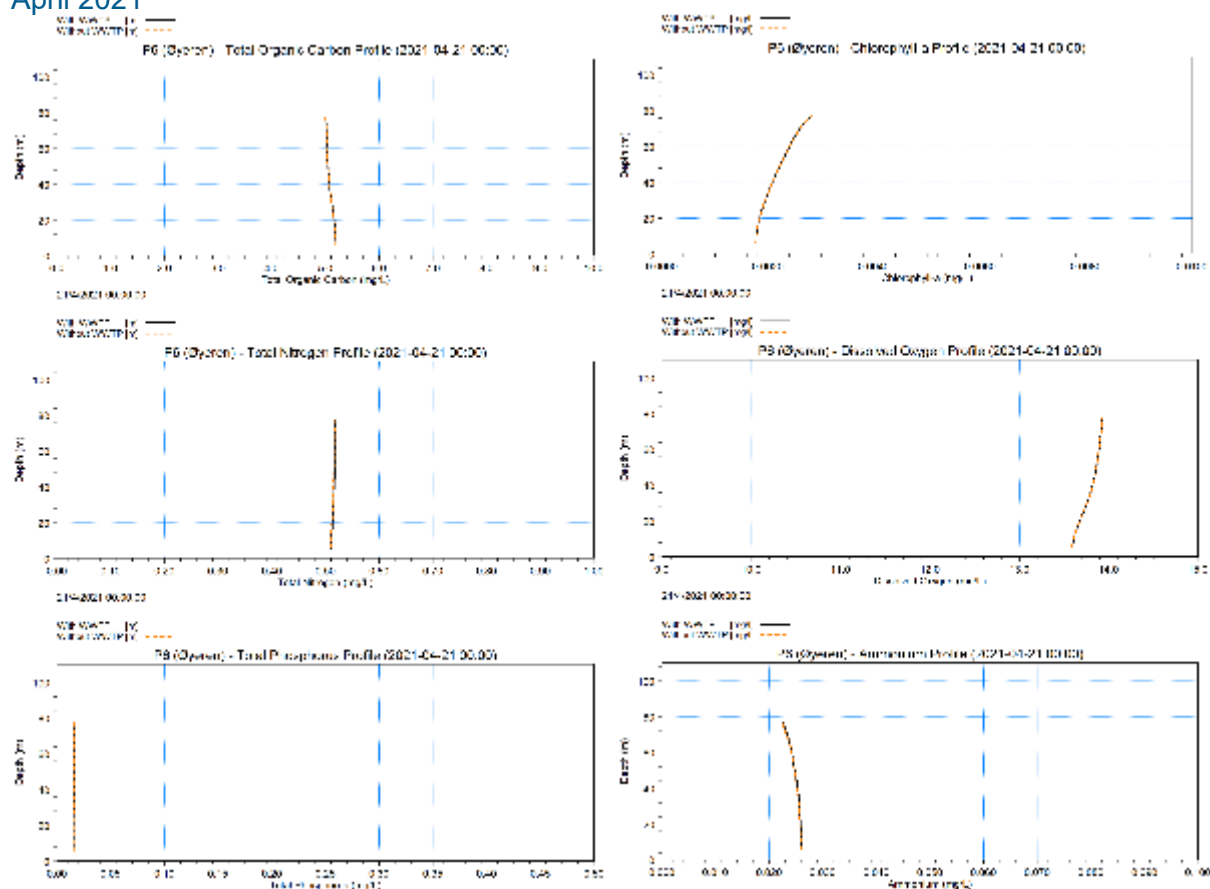
Figur 6-24: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 24.02.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Mars 2021



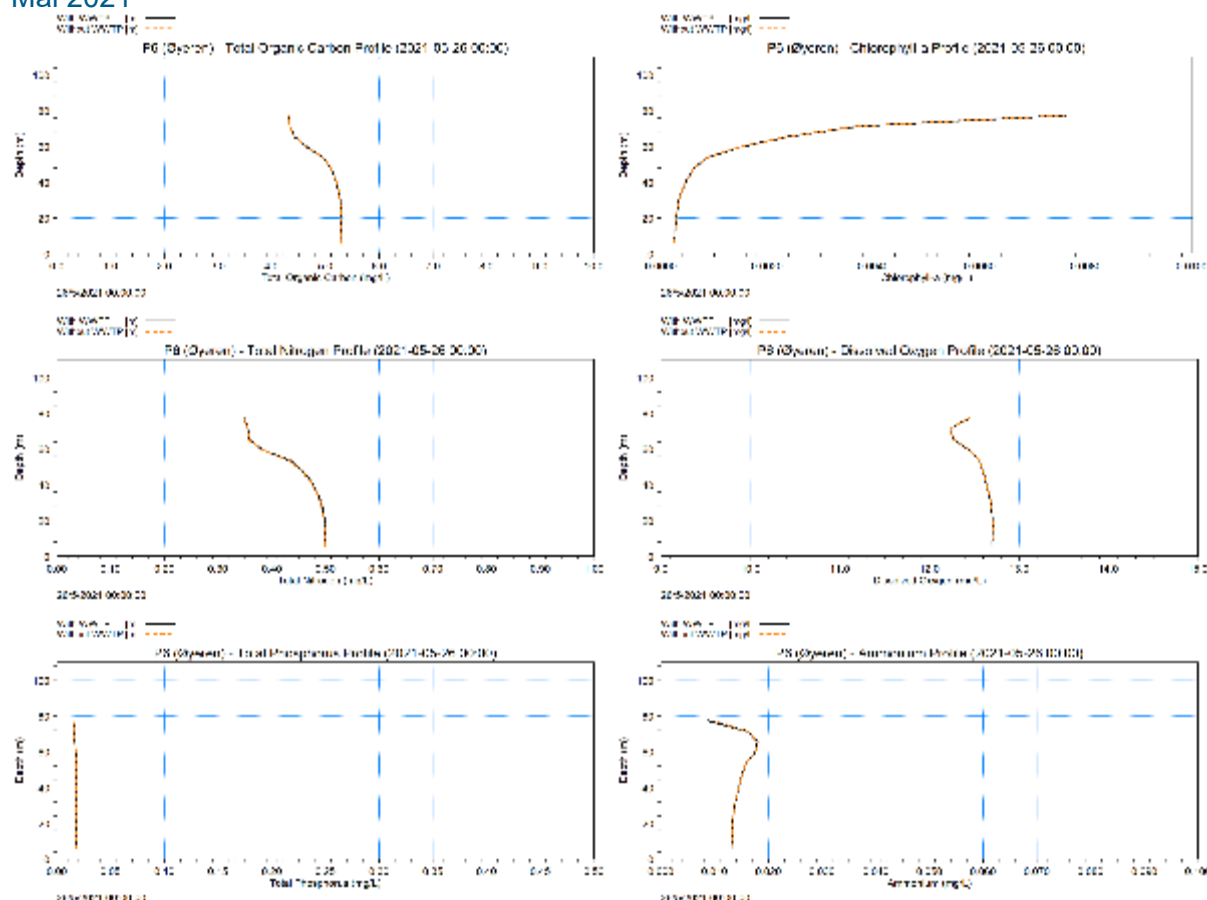
Figur 6-25: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 24.03.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

April 2021



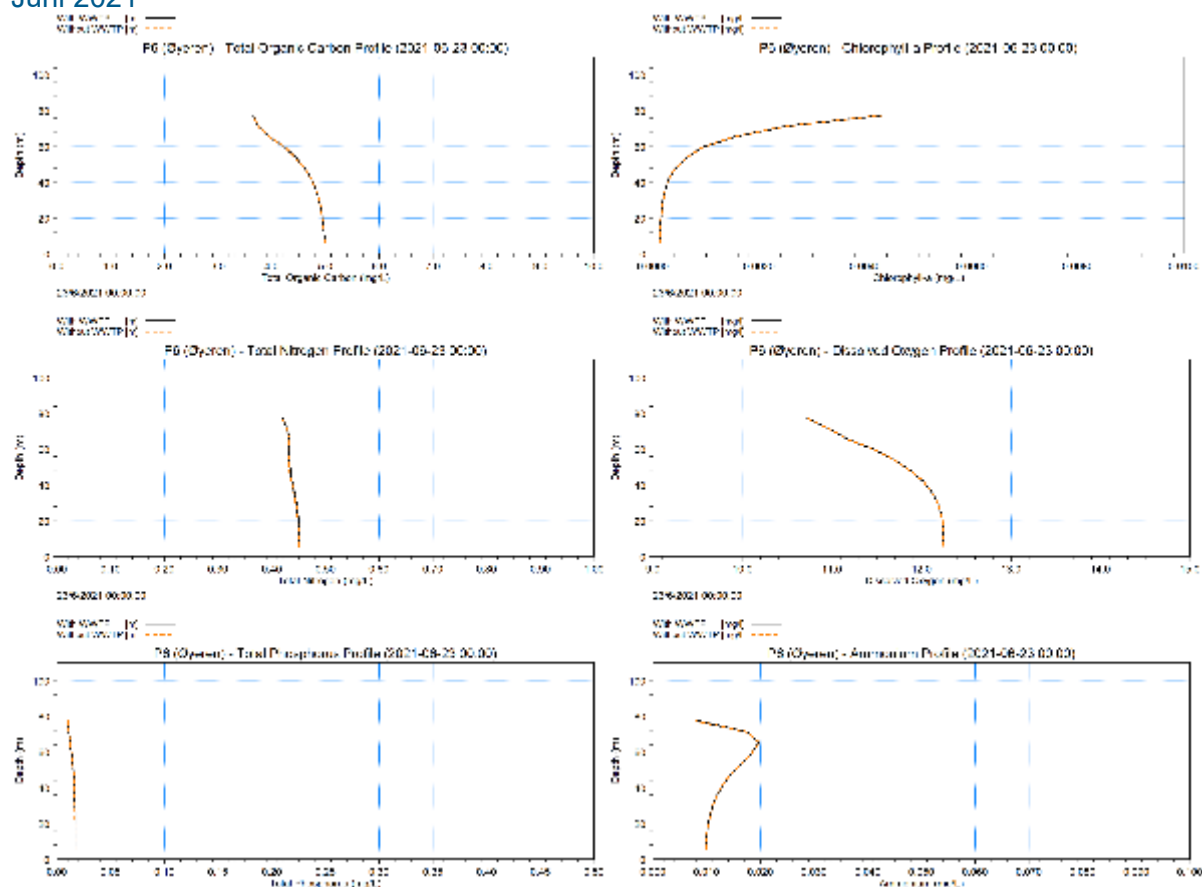
Figur 6-26: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 21.04.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Mai 2021



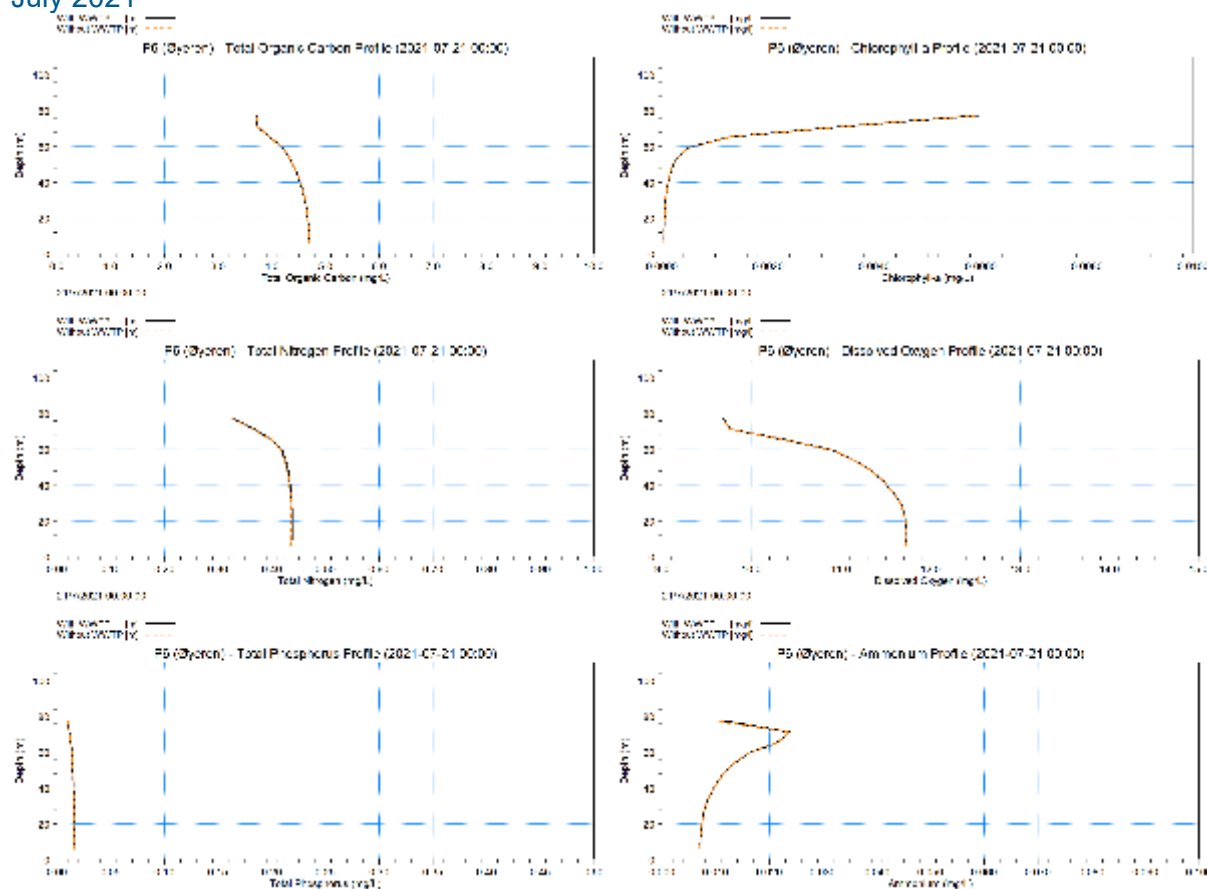
Figur 6-27: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 26.05.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Juni 2021



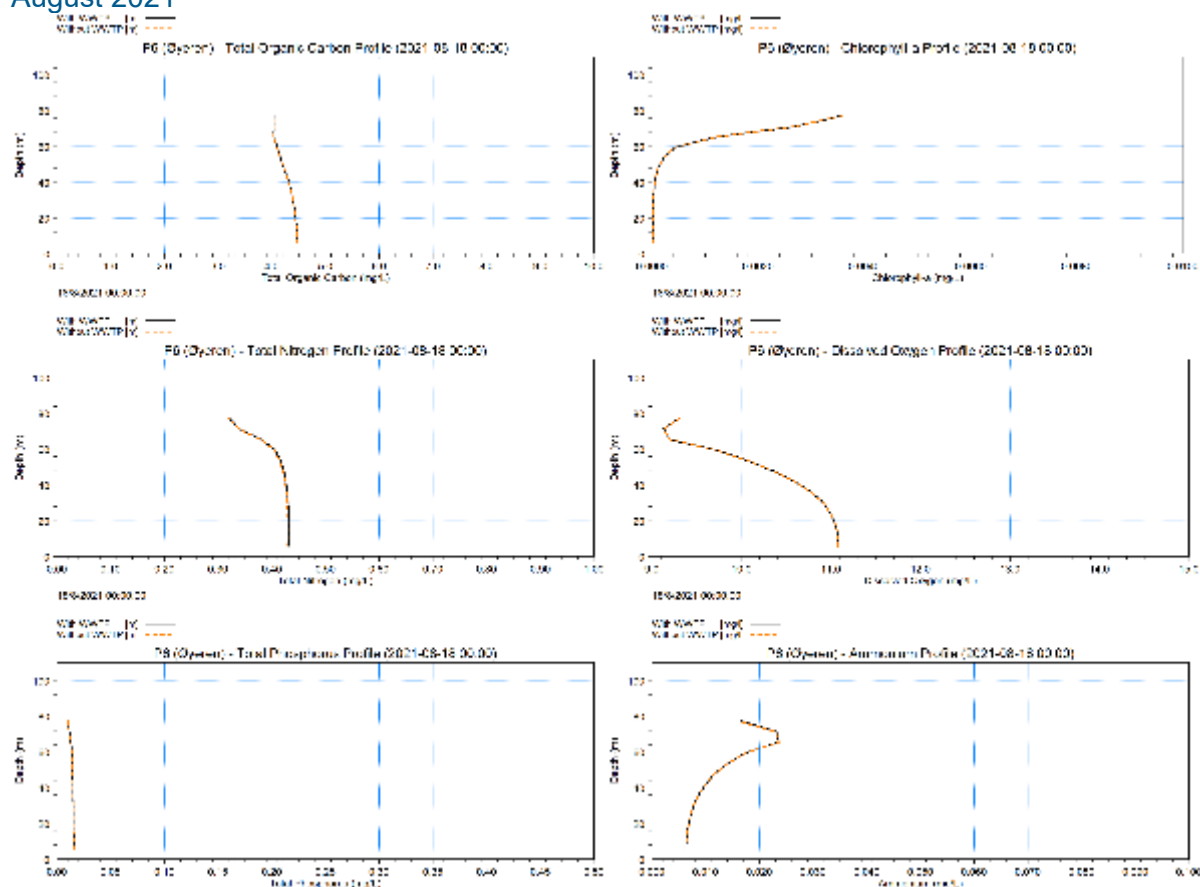
Figur 6-28: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 23.06.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

July 2021



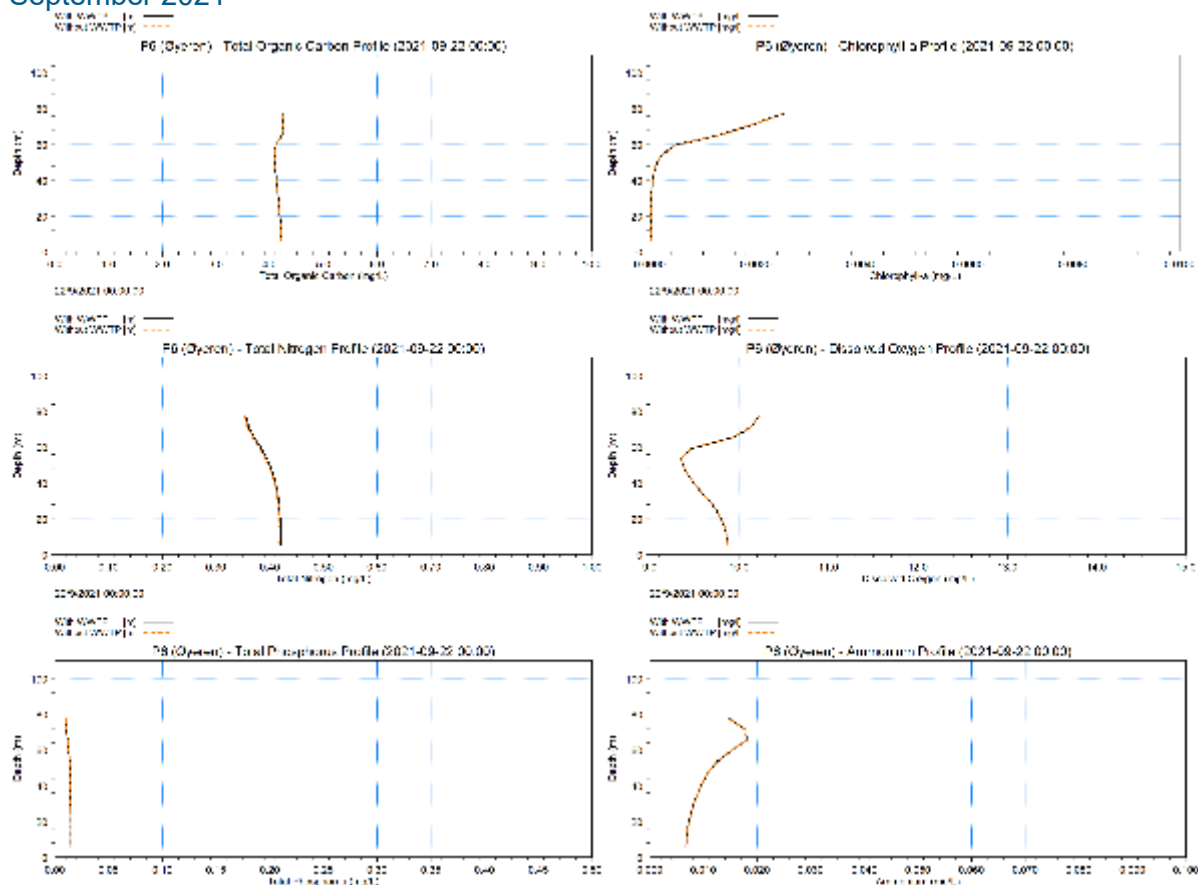
Figur 6-29: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 21.07.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

August 2021



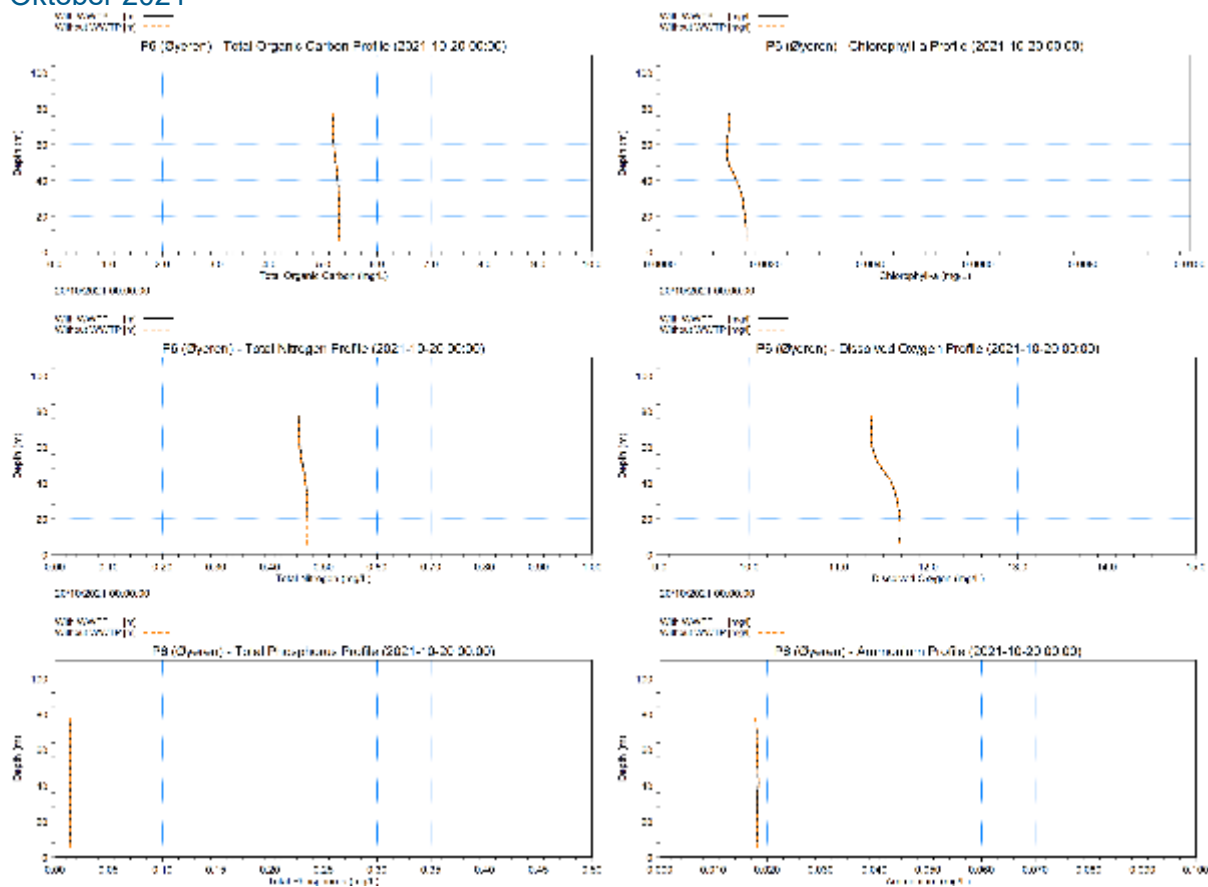
Figur 6-30: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 18.08.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

September 2021



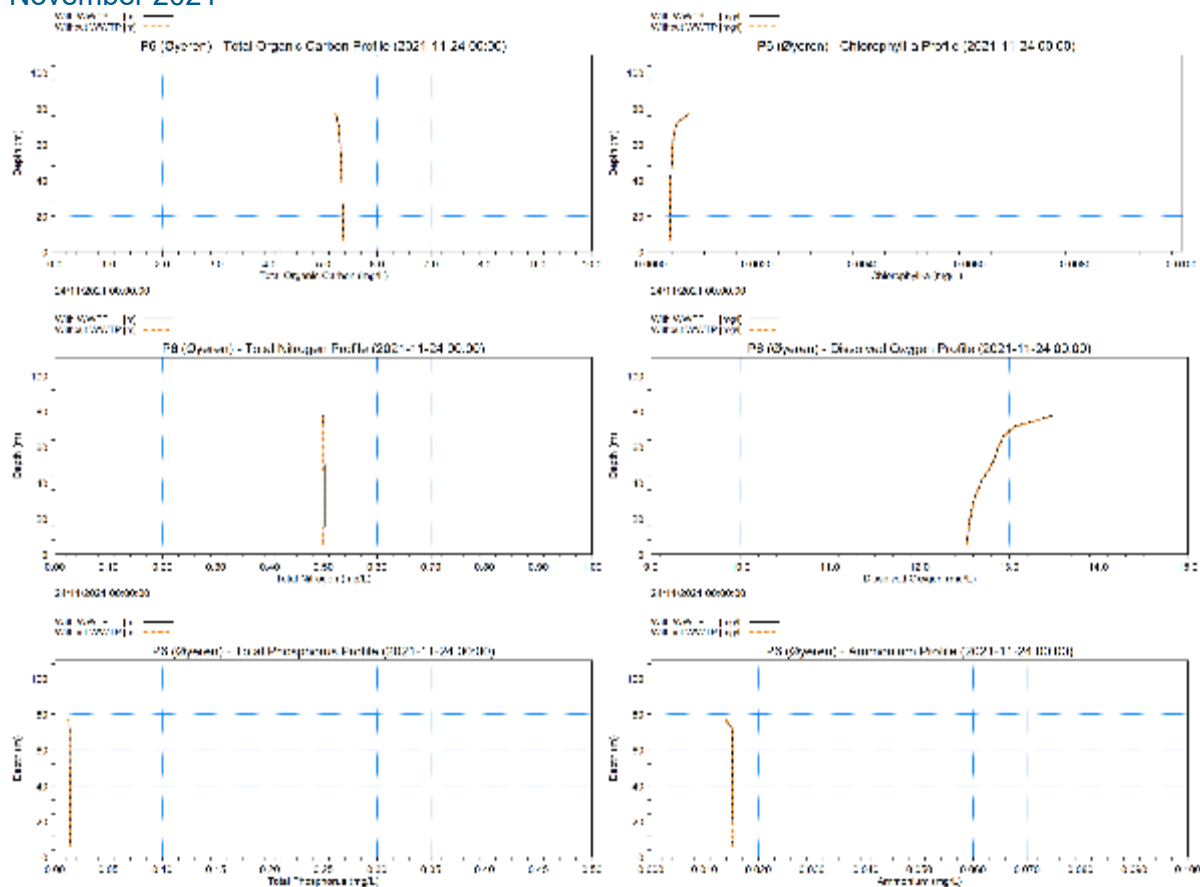
Figur 6-31: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 22.09.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Oktober 2021



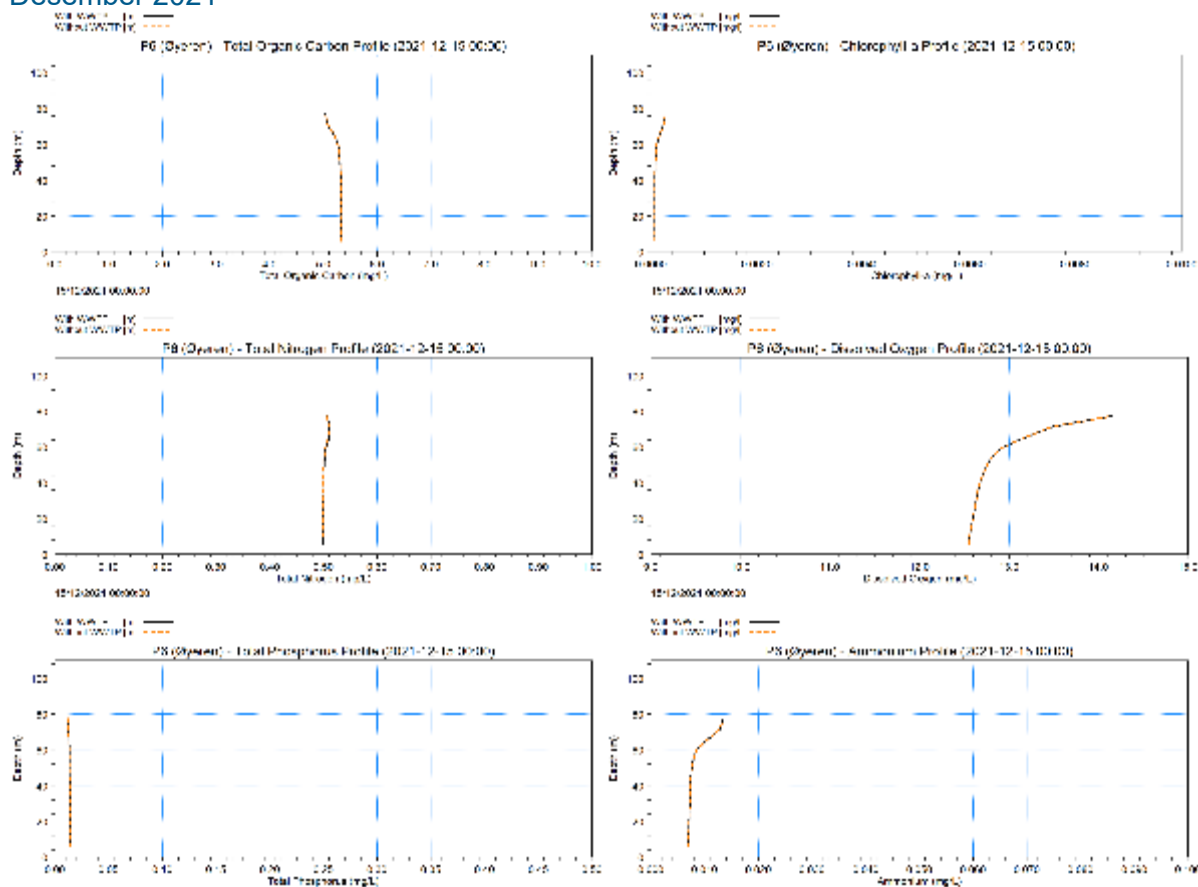
Figur 6-32: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 20.10.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

November 2021



Figur 6-33: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 24.11.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

Desember 2021

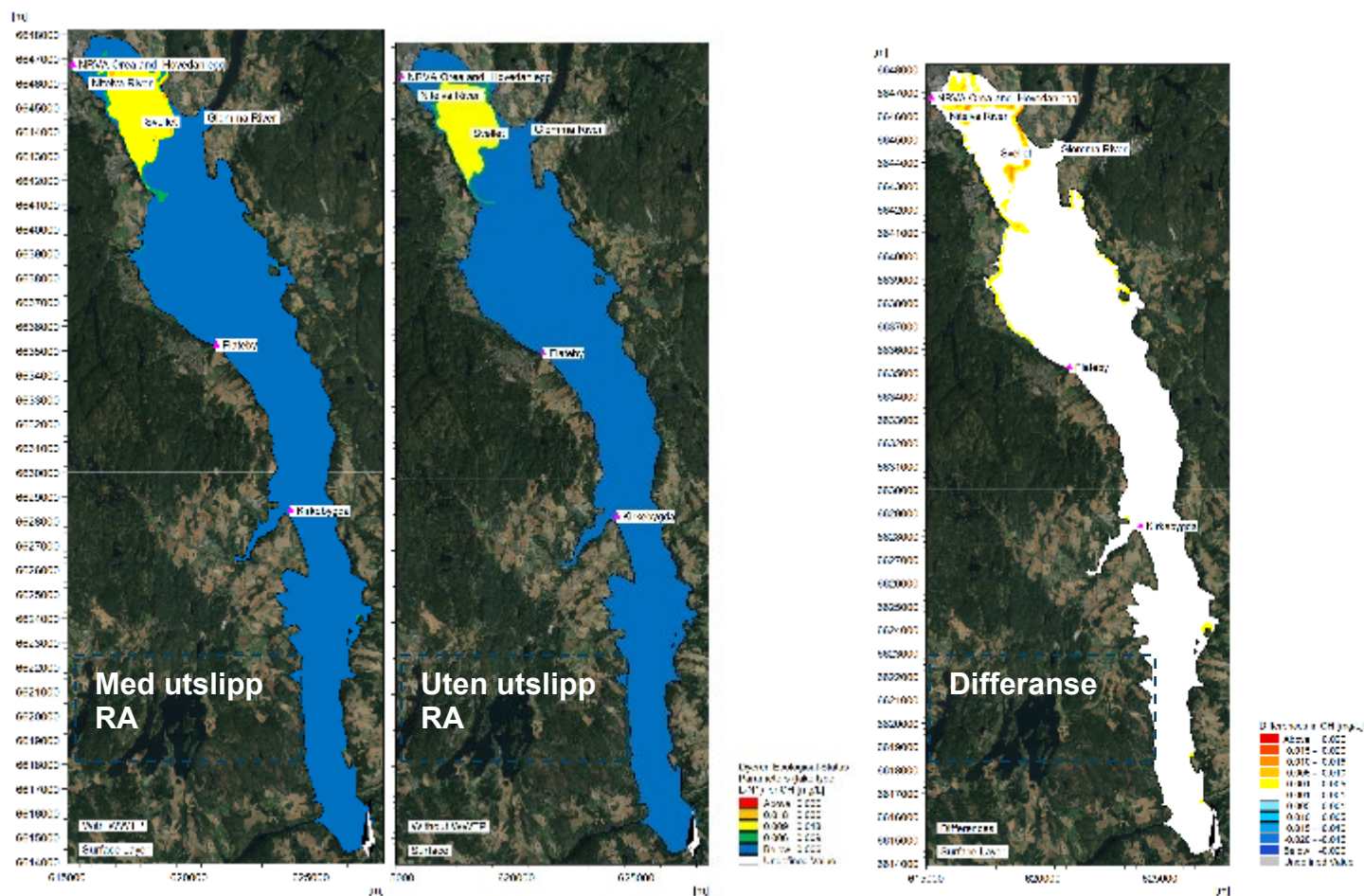


Figur 6-34: TOC (topp venstre), Tot-N (midten venstre), Tot-P (bunn venstre), klorofyll a (topp høyre), oksygen bunnvann (midten høyre) og ammonium (bunn høyre) ved P-ØSØY1 Øyeren den 15.12.2021 00:00. Y-aksen viser dybden (~78 m tilsvarer overflaten).

D.5 Øyeren 2D-kart

Basert på resultater fra simuleringer med den 3-dimensjonale vannkvalitetsmodellen av Øyeren er det laget 2D-kart som viser variasjonen av konsentrasjonen til ulike parametere i horisontalplanet. Kartene viser ulike statistiske tall for perio ulike parametere iht. . Det er laget kart basert på simuleringer med og uten utslipp fra renseanleggene og differansekart. Kartene viser konsentrasjonene både i overflaten og bunnen av Øyeren.

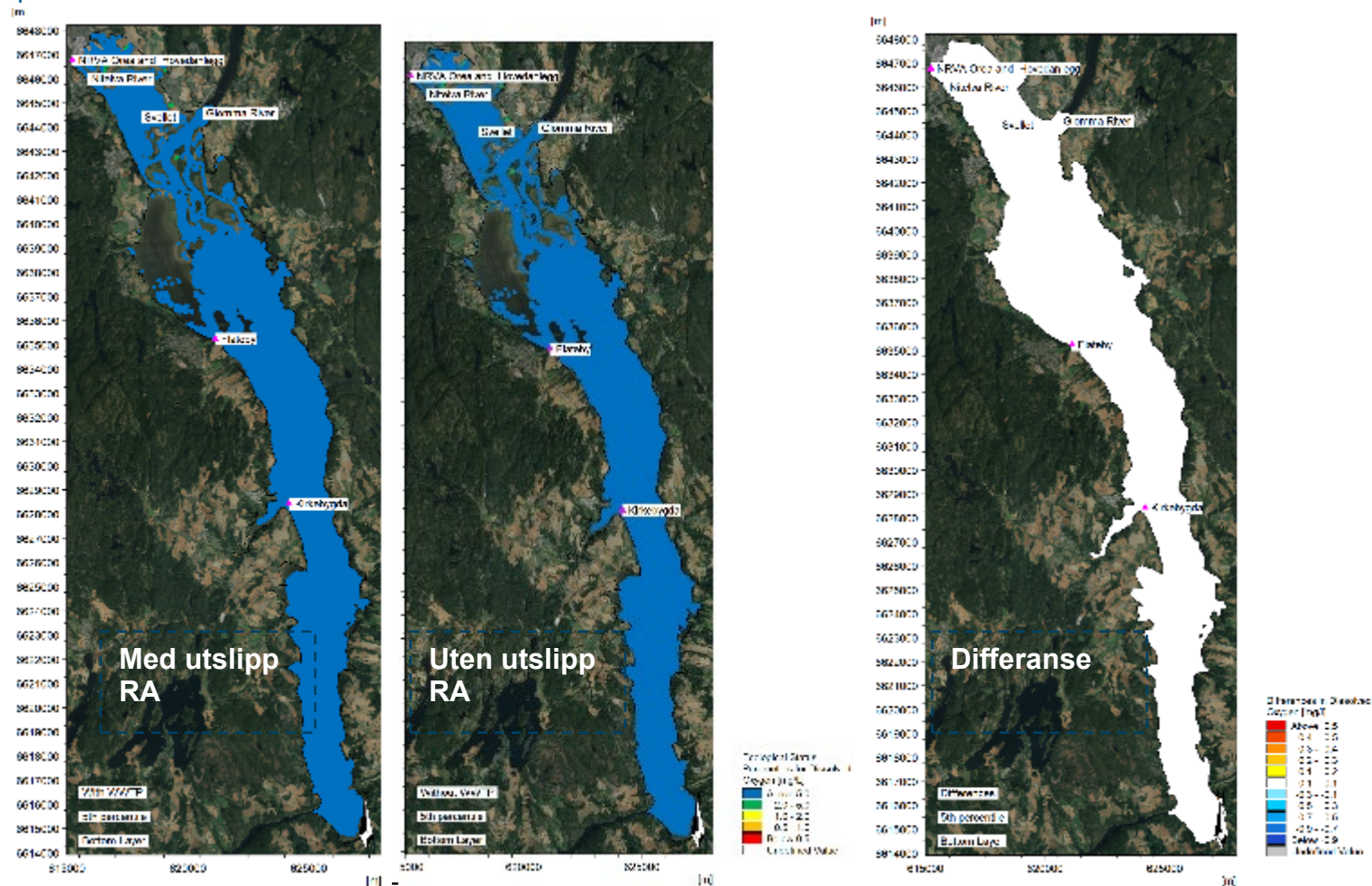
D.5.1 Klorofyll a – middelværði i overflaten 2017-2022



Chlorophyll-a	Svært god	God 0.006 – 0.009 mg/L	Moderat 0.009 – 0.0018 mg/L	Dårlig 0.018 – 0.036 mg/L	Svært dårlig >0.036 mg/L
----------------------	-----------	---------------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------------

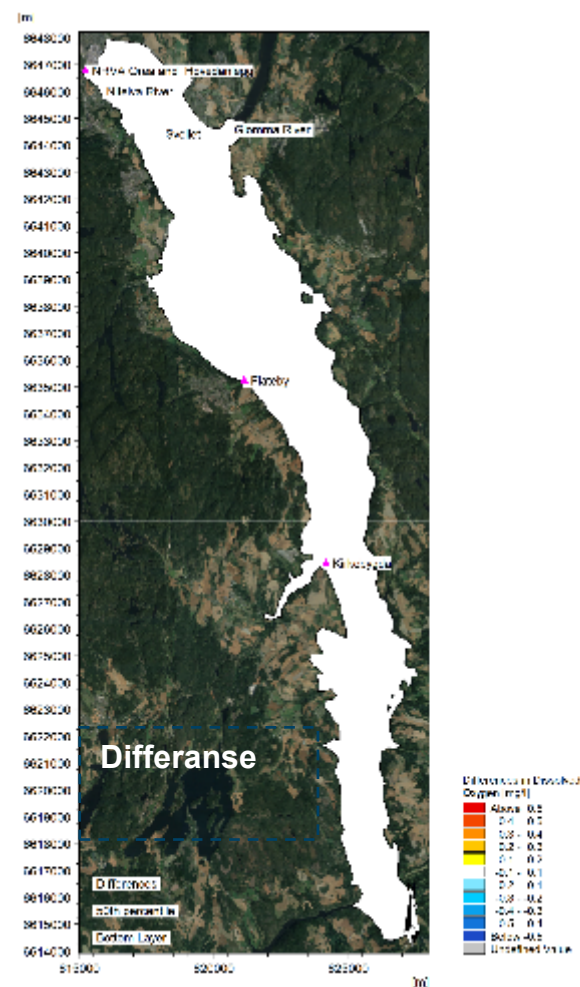
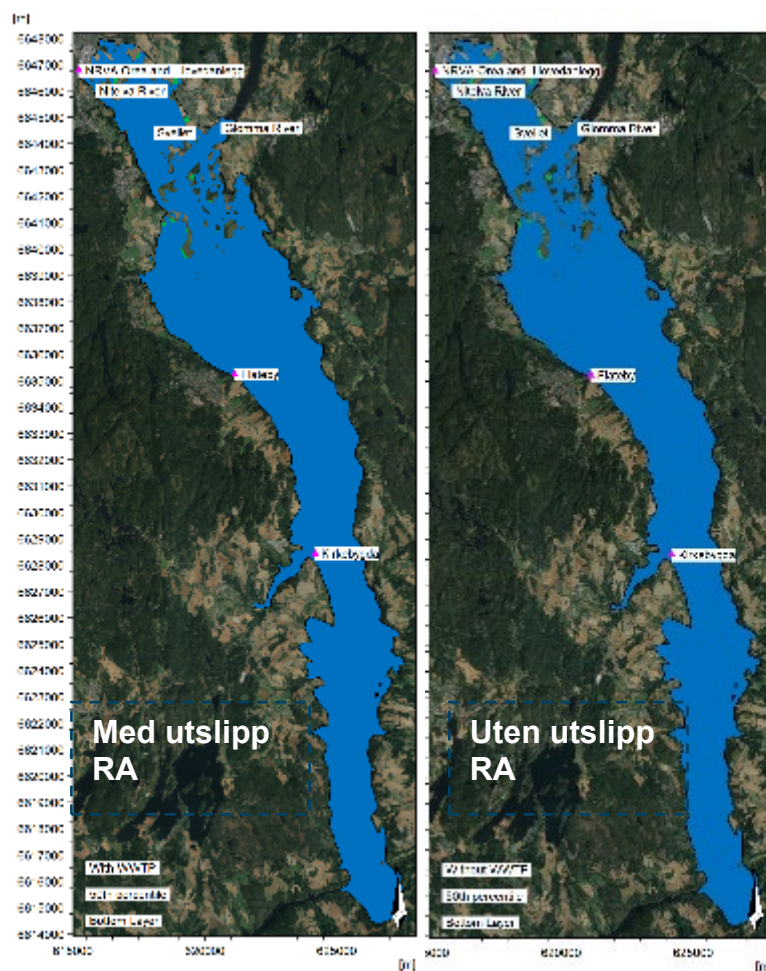
D.5.2 Oksygen bunnvann 5- og 50-persentil 2017-2022

5-persentil



Oksygen bunnvann elver og innsjø type L107 og R109 5-persentil	Svært god >5 mg/L	God 2-5 mg/L	Moderat 1-2 mg/L	Dårlig 0.5 – 1 mg/L	Svært dårlig <0.5 mg/L
--	----------------------	-----------------	---------------------	------------------------	---------------------------

50-persentil



Oksygen bunnvann elver og innsjø type
L107 og R109 50-persentil

Svært god
>9 mg/L

God
5-9 mg/L

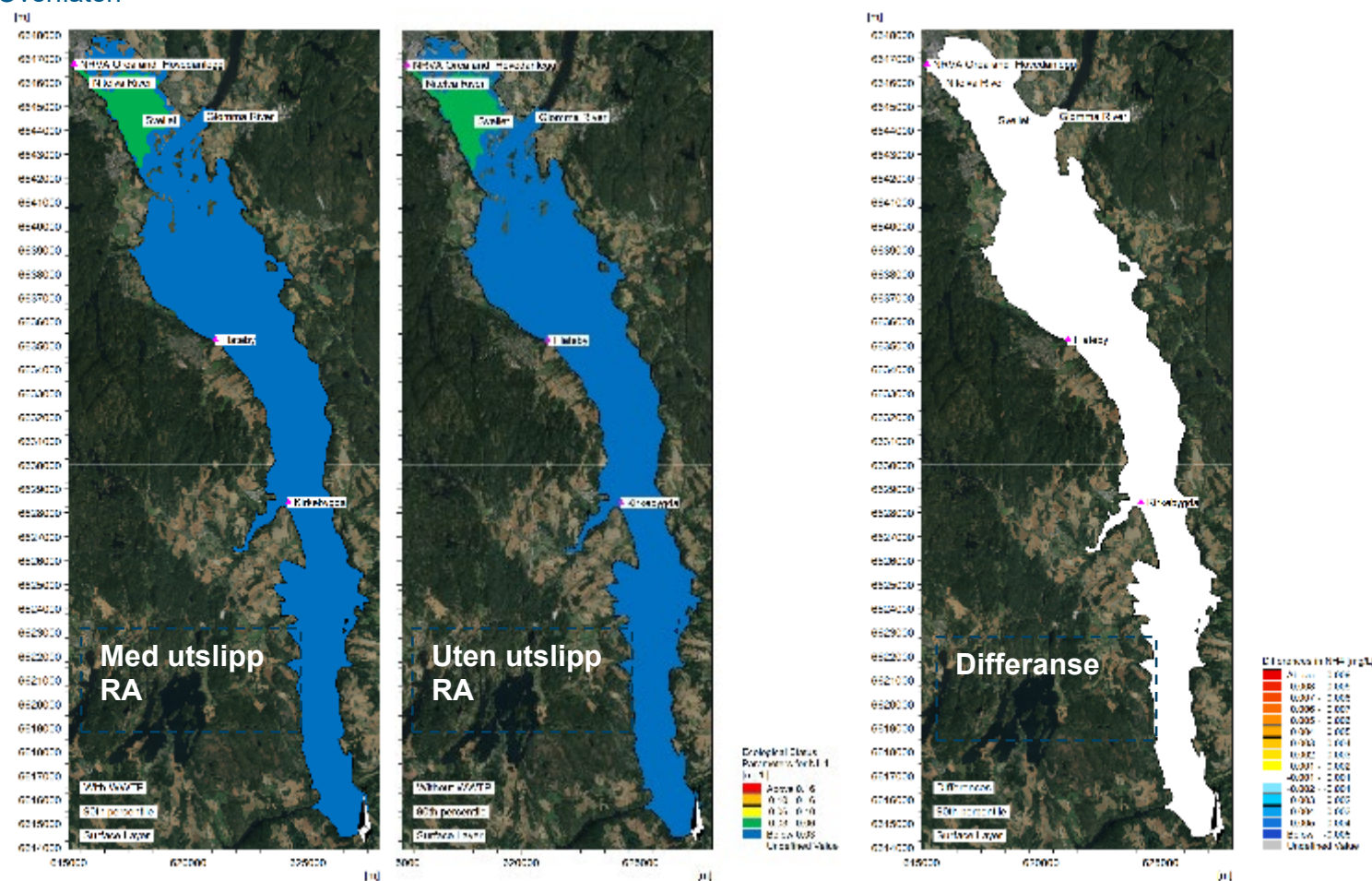
Moderat
2-5 mg/L

Dårlig
1 – 2 mg/L

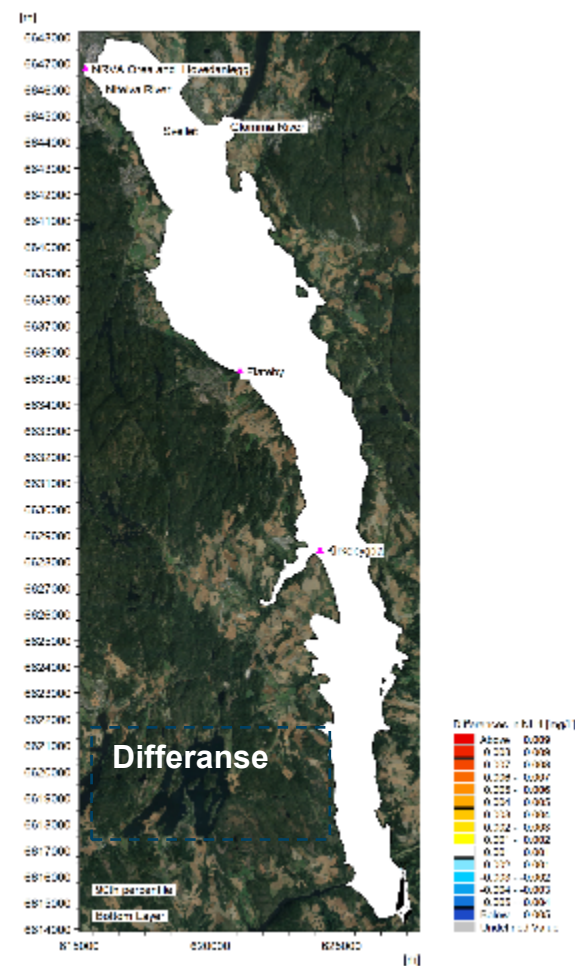
Svært dårlig
<1 mg/L

D.5.3 Ammoniakk og ammonium 90-persentil 2017-2022

Overflaten



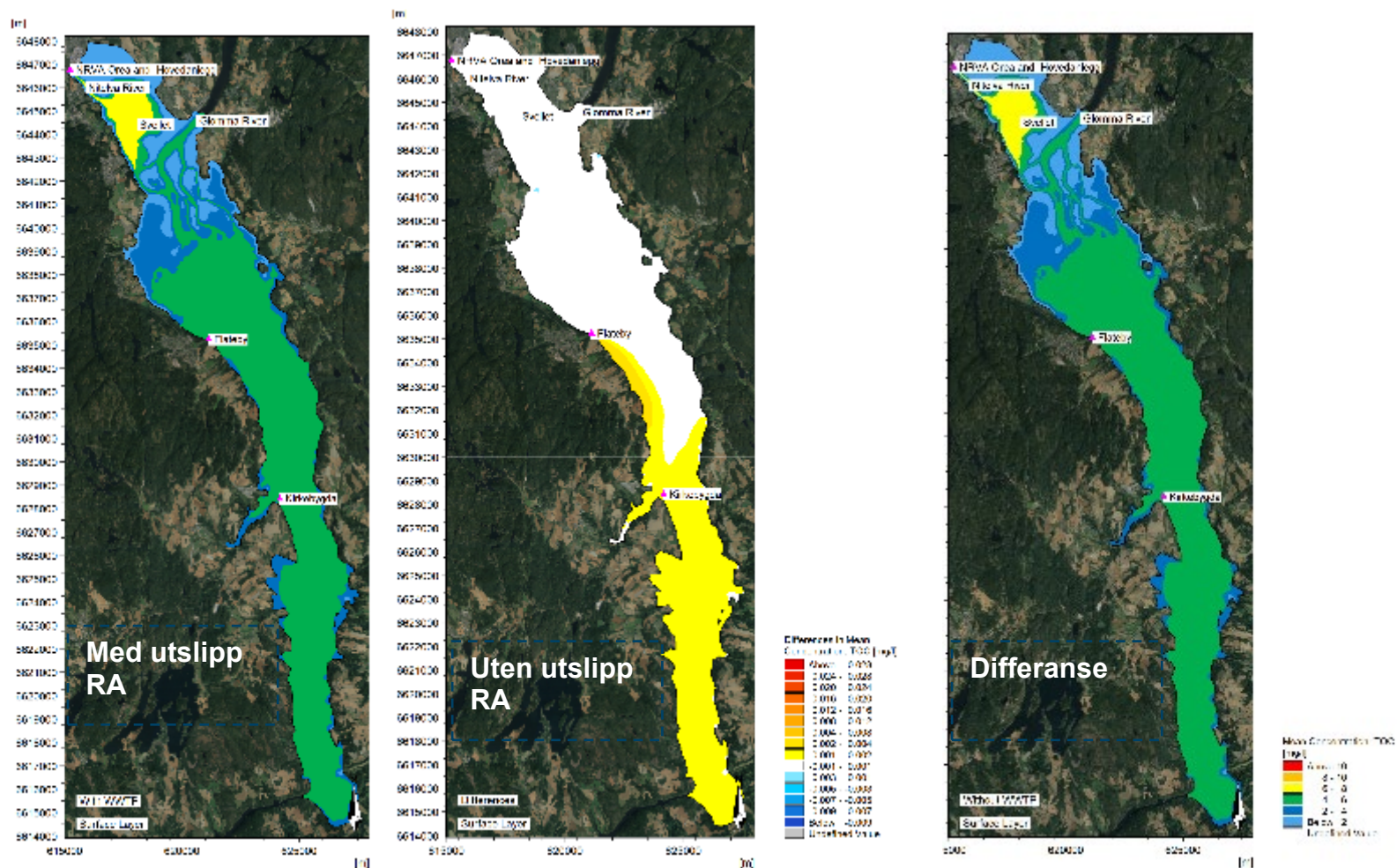
NH ₃ +NH ₄ (alle elver og innsjøer) 90-persentil	Svært god 0.03 mg/L	God 0.03-0.06 mg/L	Moderat 0.06 -0.1 mg/L	Dårlig 0.1 – 0.16 mg/L	Svært dårlig >0.16 mg/L
--	------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------

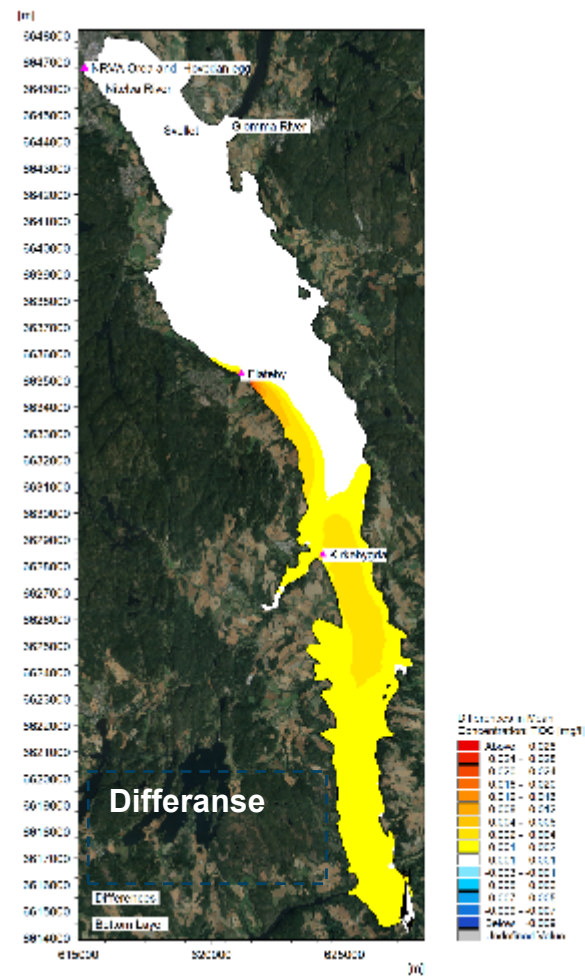


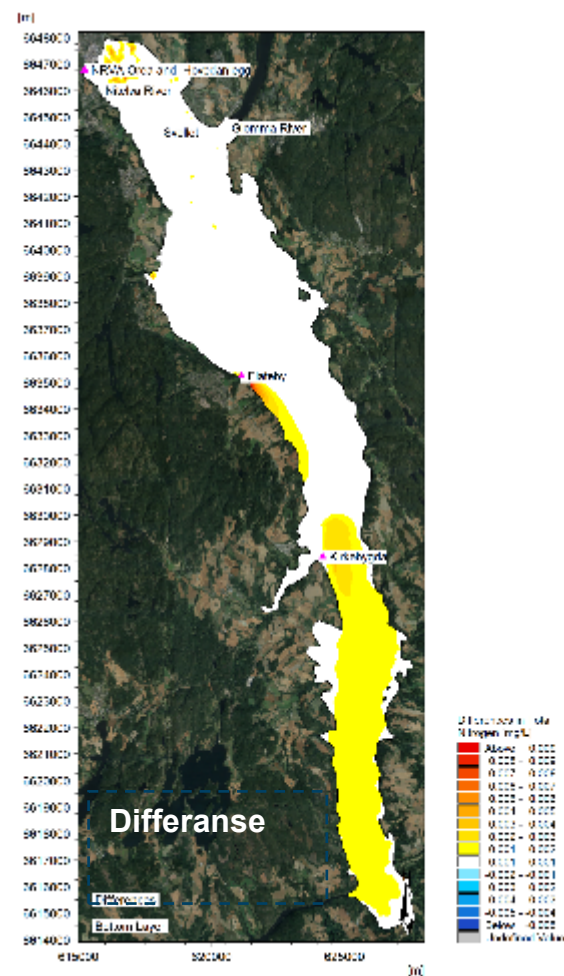
NH3+NH4 (alle elver og innsjøer) 90-percentile	Svært god 0.03 mg/L	God 0.03-0.06 mg/L	Moderat 0.06 -0.1 mg/L	Dårlig 0.1 – 0.16 mg/L	Svært dårlig >0.16 mg/L
--	------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------

D.5.4 Totalt organisk karbon – middelverdi 2017-2022

Overflaten





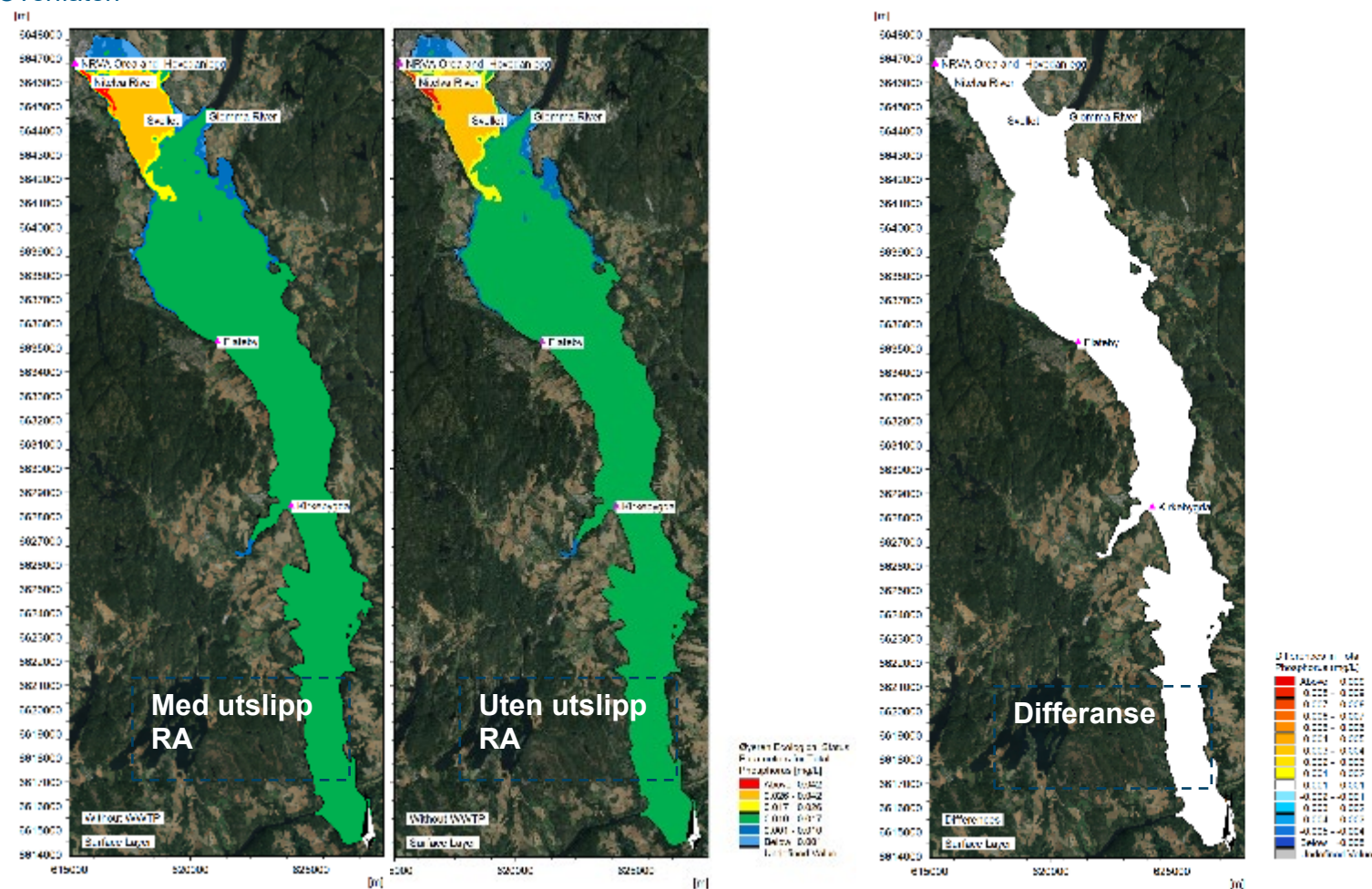


8.7

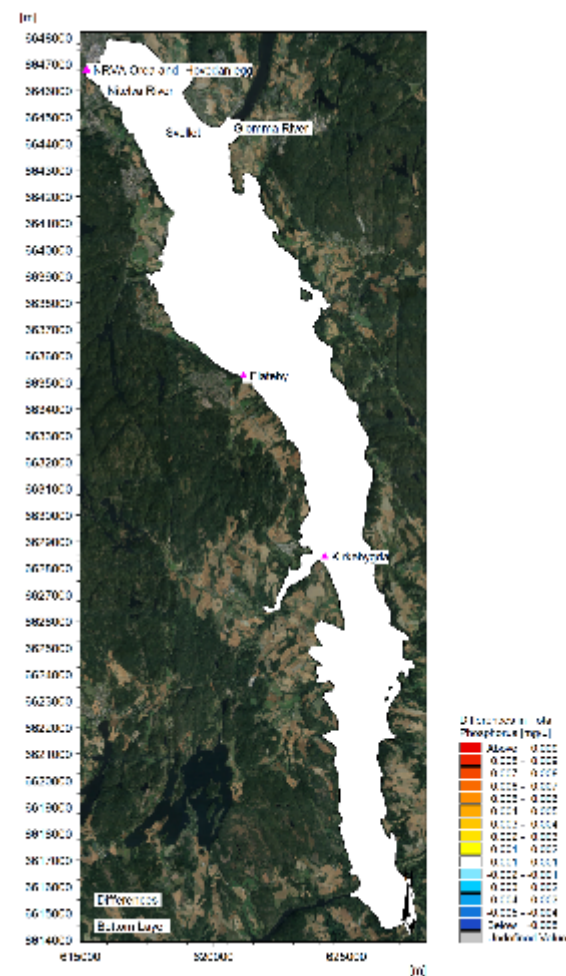
Totalt nitrogen (Øveren)	Svært god 0.001 – 0.425 mg/L	God 0.425-0.675 mg/L	Moderat 0.675 -0.950 mg/L	Dårlig 0.950 – 1.425 mg/L	Svært dårlig >1.425 mg/L
-------------------------------------	---------------------------------	-------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------

D.5.6 Totalt fosfor – middelverdi 2017-2022

Overflaten



Totalt fosfor (Øyeren)	Svært god 0.001 -0.01 mg/L	God 0.01-0.017 mg/L	Moderat 0.017 -0.026 mg/L	Dårlig 0.026 – 0.042 mg/L	Svært dårlig >0.042 mg/L
------------------------	-------------------------------	------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------



Totalt fosfor (Oyeren)	Svært god 0.001 -0.01 mg/L	God 0.01-0.017 mg/L	Moderat 0.017 -0.026 mg/L	Dårlig 0.026 – 0.042 mg/L	Svært dårlig >0.042 mg/L
-------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

