



Oslo kommune
Fornebuibanen

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra midlertidig anleggsdrift

Dok.nr.: PF-U-070-RA-0029

Revisjon: 01G



Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 2 av 55

Dokumentet er utarbeidet av



Prosjekteringsgruppen Fornebubanen
et COWI og Multiconsult Joint Venture

01G	01.03.2019	Første utgave	L. Henninge/ N. Værøy/ J. Dolven/ T. Loe	G. Grepstad, J.R Andersen, K.O Mikkelsen	L. Vilhelmshaugen
Rev.	Dato	Endringen gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 3 av 55

Innhold:

1. INNLEDNING.....	4
2. VANNKVALITET	4
2.1 GENERELT	4
2.2 NITROGENFORBINDELSER.....	6
2.3 SUSPENDERT STOFF	8
2.4 ORGANISKE MILJØGIFTER	9
2.5 TUNGMETALLER	10
2.6 PH	11
3. RESIPIENTER – STATUS FØR ANLEGGSTART	12
3.1 FROGNERELVA	14
3.1.1 Kjemisk tilstand	15
3.1.2 Økologisk tilstand	20
3.2 HOFFSELVA	21
3.2.1 Kjemisk tilstand	22
3.2.2 Økologisk tilstand	26
3.3 LYSAKERELVA	28
3.3.1 Kjemisk tilstand	29
3.3.2 Økologisk tilstand	33
3.4 OSLOFIJORDEN	34
3.4.1 Kjemisk tilstand og hydrografi.....	34
3.4.2 Viktige naturverdier.....	38
3.4.3 Økologisk tilstand	40
3.4.4 Lysakerfjorden og Bestumkilen	40
3.4.4.1 Frognerkilen.....	42
4. MILJØRISIKOVURDERING AV UTSLIPP TIL RESIPIENT	45
4.1 FROGNERELVA	45
4.2 HOFFSELVA	46
4.3 LYSAKERELVA	46
4.4 SJØ	47
4.5 UTSLIPP TIL AVLØPSNETT	49
4.6 FORSLAG TIL GRENSEVERDIER FOR UTSLIPP TIL RESIPIENT.....	50
4.7 AKSEPTABLE VANNMENGDER	50
5. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	50
6. ENDRINGSLOGG.....	52
7. REFERANSER.....	53

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 4 av 55

1. Innledning

Det planlegges byggestart på den nye T-banestrekningen Fornebubanen i 2020. I byggeperioden planlegges det å etablere åtte anleggsområder langs strekningen fra Majorstuen til Fornebu stasjon. Anleggsvann fra arbeidene vil bli rensset før det slippes til resipient, overvannsnett eller til kommunalt avløpsnett. Rensingen vil for eksempel kunne bestå av sedimentasjon og pH-justering ved behov.

Hensikten med denne miljørisikovurderingen er å se på tilgjengelig litteraturinformasjon om miljøtilstanden til resipientene før byggestart, og vurdere hvilken innvirkning eventuelle utslipp av anleggsvann kan ha på resipientene. I tillegg foreslås det grenseverdier for utslipp av anleggsvann.

For søknad om utslipp av anleggsvann fra midlertidig anleggsdrift, se rapport PF-U-070-RA-0028.

2. Vannkvalitet

2.1 GENERELT

Anleggsvann er gruppert i to hovedkategorier:

- Vann fra tunneldriving (drivevann, innlekkasje tunnel, påboret vann)
- Vann fra byggegroper og riggområder (nedbør og innlekkasjevann)

Vann fra avløp og eventuelle verkstedsområder/vaskehaller i anleggsfasen og utslippsvann fra driftsfasen er ikke inkludert i denne rapporten ettersom dette skal søkes om i egne søknadsprosesser.

Figur 1 viser traséen til Fornebubanen og lokasjonen til stasjonsområder/anleggsområder. Tunnelene planlegges å drives fra fire tverrslag: Fornebu stasjon, Fornebuporten, Vækerø og Madserud. Tverrslaget på Madserud skal etter endt anleggsperiode brukes som rømningsvei, mens de andre tverrslagene blir stasjoner langs den nye T-banetraséen. Anleggsvann fra Flytårnet, Lysaker, Skøyen og Majorstua vil kun bestå av vann fra byggegroper og riggområder, mens anleggsvann fra tverrslagene i tillegg vil inneholde tunneldrivevann. Tabell 1 viser en oversikt over hovedkilder til anleggsvann. Anleggsgjennomføringen er nærmere beskrevet i utslippssøknaden [1].

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 5 av 55



Figur 1. Grov skisse over byggegrøper og utslippsveier for anleggsvann ifm. byggeperioden til Fornebuibanen. Byggegrøpene blir på stasjonsområdene samt ved Madserud. Der tunnelene skal drives fra, er vist med blå ring.

Tabell 1. Oversikt over kilder til vann som skal renses på de ulike lokalitetene.

Type vann	Lokasjon							
	Fornebu st.	Flytårnet	Fornebu-porten	Lysaker	Vækerø	Skøyen	Madserud	Majorstuen
Innlekkasje byggegrøp	x	x	x	x	x	x	x	x
Nedbør i byggegrøp	x	x	x	x	x	x	x	x
Tunnel-drivevann	x		x		x		x	

Mengden og kvaliteten på innlekkasjevann, grunnvann og overvann for omliggende berg vil avhenge av geologiske forhold og nedbør.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 6 av 55

Vannet kan bli påvirket av ulike forurensninger fra;

- Sprengning
- Injeksjonsarbeider
- Betongarbeider
- Ulike forurensninger fra uhellsutslipp ved bruk ulike kjemikalier
- Gravearbeider
- Forurensning fra områder med forurenset grunn
- Utslipp/lekkasjer (av drivstoff, hydraulikkolje, bremsevæske osv.)

Innlekkasjevann fra omkringliggende berg forventes å være rent vann. Unntak fra dette kan være vann som er i kontakt med syredannende berg som kan ha et høyere innhold av metaller enn ordinært grunnvann. Dette blandes imidlertid med produksjonsvann før utslipp. Kvaliteten på anleggsvannet vil variere noe i anleggsperioden på grunn av varierende mengder av innlekkasjevann og eventuelt overvann som fortynner produksjonsvannet. Graden av gjenbruk av produksjonsvann vil også påvirke kvaliteten på anleggsvannet.

I anleggsfase anses følgende parametere å være mest sentrale når det gjelder utslipp av vann:

- Nitrogenforbindelser: totalt nitrogen (tot-N), ammonium (NH₄) og nitrat (NO₃)
- Suspendert stoff (SS)
- Organiske miljøgifter (eks PAH)
- pH
- Tungmetaller
- Oljeforbindelser og kjemikalier

2.2 NITROGENFORBINDELSER

Forurensningen fra sprengningsarbeider er i stor grad knyttet til andelen uomsatt sprengstoff som blir igjen i massene etter detonerings. Her finnes nitrogenforbindelser som under spesifikke forhold kan gi negative effekter på vannkvalitet og kan dermed være uheldige for miljøet. Andelen uomsatt sprengstoff avhenger av mange faktorer, blant annet lokale bergforhold, funksjonsfeil på tennere og generelt søl under ladning.

Når nitrogenforbindelsene lekker videre fra sprengstein til vannresipient, vil dette kunne gi en uønsket algeoppblomstring og eutrofiering i resipienter nedstrøms. Dette gjelder i all hovedsak i saltvann, da fosfor er det begrensende næringsstoffet i ferskvann.

Uomsatt sprengstoff inneholder erfaringsmessig ca. 50% ammoniumforbindelser (NH_x) og 50% nitratforbindelser (NO₃). Ulike nitrogenforbindelser vil også kunne virke toksisk for vannlevende organismer. Toksisiteten vil være avhengig av pH og temperatur i vannet, se Figur 2. Ved høyere pH-verdier (>8) og økende temperatur, vil en større andel av NH_x finnes som ammoniakk (NH₃). Ammoniakk er akutt toksisk for fisk i lave konsentrasjoner, men har ikke langtidseffekt i resipienten.

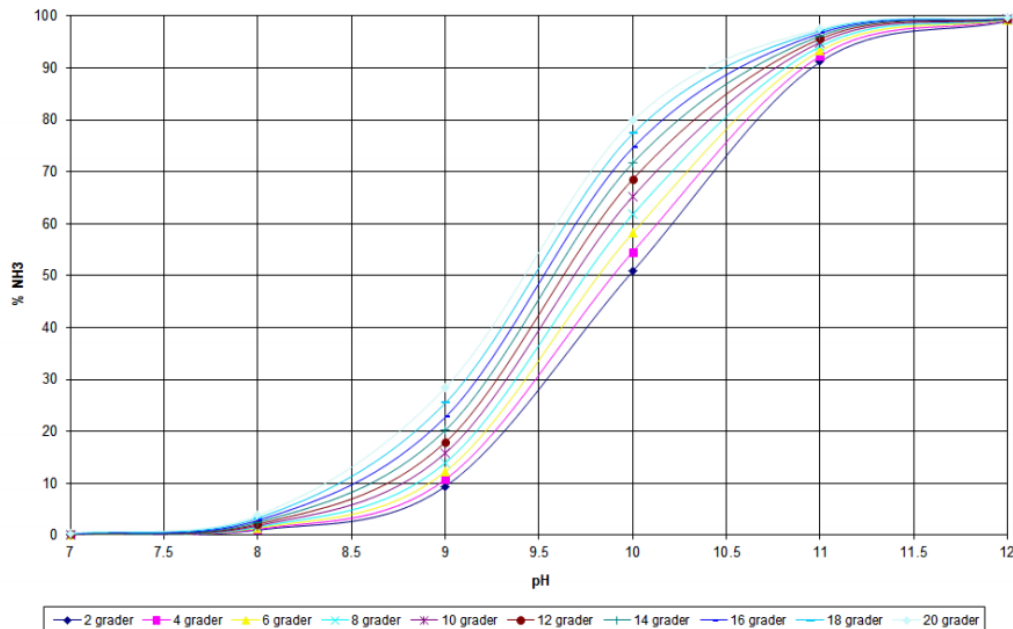
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 7 av 55

For vannlevende organismer har EU satt en PNEC-verdi for ammoniakk på 1 µg/l for både ferskvann og sjøvann [2].



Figur 2. Sammenhengen mellom temperatur og pH for dannelse av ammoniakk fra ammonium i ferskvann og sjøvann [3].

I veileder 02:2018 om klassifisering av miljøtilstand i vann [4] oppgis det klassegrenser for ammonium (NH₄⁺ og NH₃) og fri ammoniakk (kun NH₃). I klassifiseringssystemet representerer klassegrensene en forventet økende grad av skade på organismesamfunnet i vannsøylen og sedimentene. Grensene er basert på tilgjengelig informasjon fra laboratorietester, risikovurderinger og dossierer om akutt og kronisk toksisitet på organismer. Kriteriene for øvre grense for klasse II og III i klassifiseringssystemet er i samsvar med Vanddirektivets miljøkvalitetsstandarder AA-EQS og MAC-EQS. Øvre grense for klasse II tilsvarer AA-EQS, som er grenseverdien for kroniske effekter ved langtidseksponering, og øvre grense for klasse III tilsvarer MAC-EQS, som er grenseverdien for akutt toksiske effekter ved korttidseksponering. Øvre grense for klasse I representerer bakgrunnsverdier, og naturtilstanden der slike data foreligger, se Tabell 2. Klassegrensene for ammonium (NH₄⁺ og NH₃) og fri ammoniakk (kun NH₃) er vist i Tabell 3. Disse gjelder for alle vanntyper.

Tabell 2. Begrunnelse for fastsettelse av klassegrenser for vann og sediment.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} * AF ¹⁾	

1) Sikkerhetsfaktor (Assessment factor)

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 8 av 55

Tabell 3. Klassegrenser for ammonium (NH_4^+ og NH_3) og fri ammoniakk (kun NH_3) i innsjøer og elver [4].

Vanntyper	Parameter	Ref. verdi	Svært god/ God	God/ Moderat	Moderat/ Dårlig	Dårlig/ Svært dårlig
Alle	Fri ammoniakk (NH_3) ($\mu\text{g/l}$) 90 persentil	1	5	10	15	25
Alle	Total ammonium* (NH_4^+ og NH_3) ($\mu\text{g/l}$) 90 persentil	10	30	60	100	160

* gjelder kun ved pH > 8 og temp. > 25°C. Ved lavere pH og temperatur er denne parameteren ikke relevant.

2.3 SUSPENDERT STOFF

Tunnelarbeider vil kunne generere betydelige mengder partikler, og anleggsvannet vil i perioder kunne ha høyt innhold av suspendert materiale i form av blant annet knust stein. Tabell 4 er hentet fra rapport fra Norsk forening for fjellsprengeingsteknikk [5] og viser effekter av forhøyede konsentrasjoner av naturlig eroderte partikler på fiske over en lengre tids eksponering. Disse verdiene refererer til naturlige partikler som eroderes fra jordbruksarealer og elveleier.

Tabell 4. Effekt av partikler fra naturlig erodert material på fisk (retningslinjer fra den europeiske innlandsfiskekommisjonen) [6].

Suspendert stoff	Effekt
< 25 mg/l	Ingen skadelig effekt
25-80 mg/l	Godt til middels godt fiske. Noe redusert avkastning.
80-400 mg/l	Betydelig redusert fiske.
>400 mg/l	Meget dårlig fiske, sterkt redusert avkastning.

En annen konsekvens av høye konsentrasjoner av suspendert stoff i vann kan være nedslamming av planter og bunnområder. I vassdrag har dette blant annet effekt på gyteområder, hvor fiskeegg kan bli tildekt av sedimenterte partikler. Videre vil utslipp av anleggsvann med høyt innhold av suspendert stoff gi visuell forurensning med synlig blakking i elva, og vil ved langvarige utslipp kunne forårsake redusert fotosyntese som følge av redusert lysgjennomtrengning. Indirekte virker partiklene ved å slamme til bunnområder, vegetasjon og vannmassene i elver, innsjøer og fjordområder. Leveområdene for planter og dyr kan da bli betydelig forringet; lystilgangen for plantene reduseres, i elver blir det en stadig skuring mot bunnsstrat og vegetasjon (begroing og annen vegetasjon), bunnsstratet tettes til og ødelegger tilholdssted for bunndyr og dekker til gyteplasser for fisk. I tillegg gir dette redusert næringstilgang for bunndyr og fisk, og derved mindre produksjon. Denne situasjonen må i større eller mindre grad forventes i alle resipienter med avrenning fra tunneler og massedeponier, men også som følge av annen anleggsvirksomhet. Tiltak for å redusere partikkeltilførselen til vassdragene kan i betydelig grad redusere skadeomfanget.

Det er i prinsippet snakk om to typer partikler med forskjellig skadepotensiale:

1. Nydannede skarpe, flisige eller nåleformede partikler fra sprengning, tunneldriving og knusing. Partikkeltypen avhenger av bergarten. Flisige og nåleformede partikler har vist seg å kunne gi skader ved forholdsvis lave konsentrasjoner.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 9 av 55

- Naturlige avrundede partikler som eroderes fra jordbruksarealer og elveleier. Gravearbeider i naturlige masser i eller nært vassdrag kan gi høye konsentrasjoner. Økt tilførsel av naturlig avrundede partikler kan også være en problemfaktor under oppriggingsfasen hvor vegetasjon fjernes for opprigging av anleggsutstyr og i forbindelse med forberedende ryddeaktiviteter.

For borestøv og partikler fra sprengning og fullprofilboring, er bergartenes type avgjørende for den direkte virkningen på faunaen. Bløte bergarter som knuses til fibrige nåleformet støv, kleberstein/grønnstein, etc., synes mest skadelige [7]. Metamorfe leirskifer kan også tenkes å gi flisige, nåleformede skadelige partikler, mens vulkanske bergarter som porfyrer, granitter, syenitter, samt grunnfjell som gneis, synes mindre skadelig. De skarpe partiklene penetrerer gjelleepitel hos fisk og bunndyr. Dette forårsaker slimutsondring på gjellene, "åndenød" og/eller infeksjoner. I enkelte tilfeller kan dette føre til massiv fiskedød [8].

2.4 ORGANISKE MILJØGIFTER

Jord- og vannresipienter vil kunne bli påvirket av diesel- og oljesøl, samt eventuelle løsemidler fra anleggsmaskiner. Ved større anleggsarbeider er det muligheter for oljespill og utslipp av andre kjemikalier. Tunnel-vann inneholder også oljerester fra boreolje og fra uomsatt sprengstoff, men mest som finfordelte partikler i vannmassen. Her finnes også PAH, rester etter ufullstendig forbrenning ved sprengninger og eksos fra anleggsmaskiner [9]. Oljesøl kan gi virkninger i selve vannmassene ved at oljen finfordeles inn i vannmassene i turbulente elver og øker konsentrasjonen av de mest vannløselige komponentene. Oljeforurensninger vil kunne gjøre skade på organismer i vann- og jordresipienter. Særlig utsatt er laksefisk i elver. Ellers vil virkningen stort sett være tilgrising av strender langs elver, innsjøer og fjorder med skader på båter, fiskeredskap, jordbruksprodukter (vanning), rekreasjon, fugleliv osv. Dersom det vil bli benyttet akseleratorer i sprøytebetong kan dette ved uhell vaskes ut i resipienter og medføre betydelig skade på fiskebestander [10].

Fjerning av partikler fra utslippsvannet vil føre til reduksjon av konsentrasjonen av organiske forurensninger i det rensede anleggsvannet.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 10 av 55

2.5 TUNGMETALLER

Metaller kan løses ut i forbindelse med tunnelarbeid og komme ut i resipienter via tunnelvannet. Berggrunnen inneholder langt mer metaller per volumenhet enn vannet i resipientene gjør, og partikkelholdig vann kan derfor inneholde relativt høye metallkonsentrasjoner. Det er kun metaller i løsnings, dvs. ikke partikkelbundet metall, som er biotilgjengelig og kan føre til negative konsekvenser i resipienten. Ifølge undersøkelser utført av Prosjekteringsgruppen Fornebubanen vil man på Vækerø og i traséen mellom Skøyen og Majorstua kunne påtreffe alunskifer eller annet syredannende berg [11]. Alunskifer, eller reaktiv syredannende skifer, inneholder mye jernsulfid (FeS₂, pyritt). I kontakt med oksygen forvitrer den, og jernsulfid oksideres slik at svovelsyre dannes. Prosessen går raskere og vil til dels være uavhengig av oksygen, ved lav pH. Ifølge kjemiske analyser av alunskifer fra kjerneboringer utført av Prosjekteringsgruppen Fornebubanen [11] er det i traséen påvist alunskifer med et relativt høyt innhold av bly, nikkel, arsen og kobber og uran ved Skøyenparken og Skøyen skole. Det er ikke forventet at tunnelen drives gjennom forvitret syredannende berg siden tunnelen skal gå dypt, og langt under grunnvannstand. Man kan derfor anta at påboret vann vil være basisk, men ha et noe høyere innhold av metaller enn grunnvann i områder uten syredannende berg. Igangsettelse av forvitningsprosessen tar normalt måneder/år.

Miljødirektoratet har oppgitt tilstandsklasser for en del tungmetaller, som vist i Tabell 5. Det finnes ikke tilstandsklasser for uran, men WHO bruker en grenseverdi på 30 µg/l for drikkevann. Tidligere lå grensen på 15 µg/l [12].

Tabell 5. Tilstandsklasser (TKL) for tungmetaller i ferskvann og kystvann [4].

Resipient	Tungmetall	Øvre konsentrasjon i tilstandsklasse (µg/l)				
		Klasse I "Bakgrunn"	Klasse II "God"	Klasse III "Moderat"	Klasse IV "Dårlig"	Klasse V "Svært dårlig"
Ferskvann	Arsen	0,15	0,5	8,5	85	>85
	Bly	0,02	1,2	14	57	>57
	Kadmium ¹⁾	0,003				
	Kobber	0,3	7,8	7,8	15,6	>15,6
	Krom	0,1	3,4	3,4	3,4	>3,4
	Kvikksølv	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14
	Nikkel	0,5	4	34	67	>67
	Sink	1,5	11	11	60	>60
Kystvann	Arsen	0,15	0,6	8,5	85	>85
	Bly	0,02	1,3	14	57	>57
	Kadmium ¹⁾	0,03	0,2			
	Kobber	0,3	2,6	2,6	5,2	>5,2
	Krom	0,1	3,4	36	358	>358
	Kvikksølv	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14
	Nikkel	0,5	8,6	34	67	>67
	Sink	1,5	3,4	6	60	>60

1) Klassegrensene er avhengig av vannets hardhet

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 11 av 55

2.6 PH

Det er planlagt bruk av PE-skum, -plater eller -membran, og sprøytebetong. Den ferske betongen vil reagere med anleggsvannet og øke pH-en i vannet til 10-12,5. Ved høy pH vil større deler ammonium omdannes til giftig ammoniakk (se kap. 2.2).

Det er påvist alunskifer i deler av området der Fornebubanen skal drives. Alunskifer er syredannende og ved tilgang på luft og fuktighet vil skiferen kunne forvitne og føre til sur avrenning. Grunnvann som er i kontakt med alunskifer kan ha et høyt innhold av bl.a. sulfat og noen metaller, men er ikke nødvendigvis spesielt surt med mindre det kommer oksygen til som fører til kjemisk forvitring. Erfaring tilsier at det kan ta lang tid før ferskt utsprengt alunskifer gir sur avrenning (opptil flere år). Eventuelt sulfid i grunnvannet vil raskt oksidere til sulfat i kontakt med oksygenrikt vann. Det er derfor ikke stor fare for at alunskifer i eventuelle byggegroper vil kunne påvirke pH-verdien i anleggsvannet nevneverdig.

Vannlevende organismer kan bli påvirket av variasjoner i pH. Veilederen for klassifisering av økologisk tilstand i vann [4] oppgir pH- grenser for innsjøer og elver, men disse er fokusert på problemer med forsurening og anses dermed som lite aktuelle i dette tilfellet. Artsrikdom tenderer til å synke i begge ender av pH- skalaen. For å unngå skadelige effekter i resipienten bør derfor vannet som slippes til elva ha en pH i området 6 til 8,5 [13]. Tabell 6 viser en generell fremstilling av effekten variasjonen av pH har på fisk, her er det snakk om eksponering over lengre tid [14]. Det som må vurderes i forhold til anleggsarbeidet er kombinasjonen av pH, temperatur og ammoniumforbindelser (NH_x). Som vist i Figur 2 ved pH-verdier >8, vil NH_x finnes som ammoniakk (NH₃). Ammoniakk er akutt toksisk for fisk i lave konsentrasjoner, men har ikke langtidseffekt i resipienten. For vannlevende organismer har EU satt en PNEC-verdi for ammoniakk på 1 µg/l for både ferskvann og sjøvann [2].

Tabell 6. Effekt av variasjoner på pH i fisk [14].

pH	Effekt på fisk
5-9	Normalt ingen skadelige effekter
9.0-9.5	Sannsynligvis skadelig for laksefisk og abbor over lengre tids eksponering.
9.5-10.0	Dødelig for laksefisk over lengre tids eksponering. Fisken er motstandsdyktig overfor slike pH-verdier i korte periode. Kan være skadelig ovenfor enkelte fiskearters utviklingsstadier
10.0-10.5	Laksefisk og mort kan være motstandsdyktige mot slike pH-verdier i korte perioder, men fisken dør ved lengre tids eksponering
10.5-11.0	Laksefisk dør i løpet av kort tid. Forlenget eksponering gjør at også karpe, gjedde, gullfisk og suter dør.
11.0-11.5	Alle fiskearter dør i løpet av kort tid.

Dersom renseprosessen av anleggsvann også inkluderer pH-justering, er det derfor viktig at ikke pH blir for lav eller høy. Klassegrensene for pH i innsjøer/elver uten anadrom fisk er satt forskjellig avhengig av innholdet av kalsium og TOC (total organisk karbon). Grensene er kun satt for kalkfattige og svært kalkfattige elver. De tre elvene Frognerelva, Lysakerelva og Hoffselva er alle (moderat) kalkrike. Generelt sett bør derfor ikke pH i ferskvann bli lavere enn 6 eller høyere enn 8,5. pH 8,5 er også det som er høyeste målte verdi i Frognerelva.

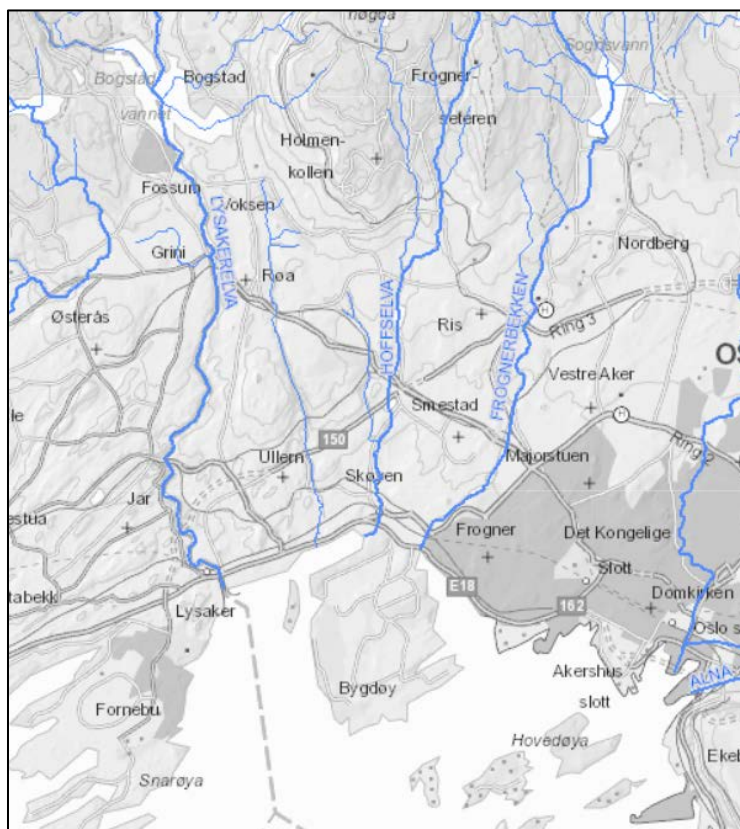
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 12 av 55

3. Resipienter – status før anleggsstart

Under følger en beskrivelse av dagens status for kjemisk og økologisk tilstand for resipientene som potensielt kan bli påvirket av anleggsvirksomheten forbundet med Fornebubanen. Figur 3 viser et oversiktskart over de aktuelle elvene og Lysakerfjordens plassering, mens Figur 4 viser plasseringen til Oslo kommunes prøvestasjoner. En oversikt over de aktuelle resipienter med vannforekomst ID, vanntype, nasjonal vanntype, kalsiumklasse, humus og turbiditet er gitt i Tabell 7.



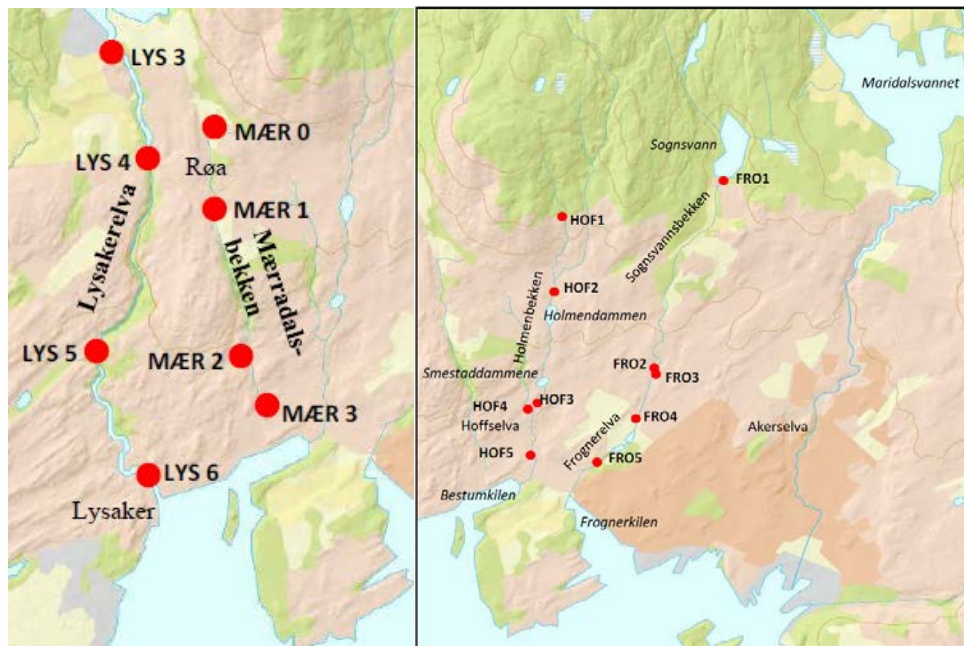
Figur 3. Nærliggende elver og bekker i Oslo området [15].

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 13 av 55



Figur 4. Venstre: Prøvestasjoner i Lysakerelva [16]. Høyre: Prøvestasjoner i Hoffsselve og Frognerelva [17].

Tabell 7. Informasjon om de tre elvene samt Oslofjorden som kan bli påvirket av anleggsvann [15].

	Lysakerelva	Frognerelva	Hoffselva	Oslofjorden
Vannforekomst ID	007-12-R	006-67-R (Nedre del av Frognerassdraget)	007-47-R (Nedre del av Hoffselva inkludert Makrellbekken)	0101020601-C
Vanntype	Små, moderat kalkrik, humøs	Middels, kalkrik, klar (TOC2-5)	Middels, kalkrik, klar (TOC2-5)	Moderat eksponert kyst
Vanntypekode	REL1321	REL2411	REL2411	CS2722112
Nasjonal vanntype	8	9	9	
Kalsium	Moderat kalkrik (Ca > 4 - 20 mg/l, Alk 0.2-1 mekv/l)	Kalkrik (Ca > 20 mg/l, Alk > 1 mekv/l)	Kalkrik (Ca > 20 mg/l, Alk > 1 mekv/l)	
Humus	Humøse (30-90 mg Pt/l, TOC 5-15 mg/l)	Klare (< 30 mg Pt/l, TOC 2 – 5 mg/l)	Klare (< 30 mg Pt/l, TOC 2 – 5 mg/l)	
Turbiditet	Klare (STS < 10 mg/l (uorganisk andel minst 80%))	Klare (STS < 10 mg/l (uorganisk andel minst 80%))	Klare (STS < 10 mg/l (uorganisk andel minst 80%))	

Oslo kommune ved VAV har som Figur 4 viser flere prøvestasjoner i alle de tre elvene hvor det foregår kartlegging av kjemisk tilstand. Prøvetakingsomfanget varierer både fra sted til sted og i tid. Resultatene fra disse undersøkelsene danner utgangspunktet for vurdering av kjemisk tilstand i resipientene.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 14 av 55

Det er gjort flere undersøkelser av økologisk tilstand i både Frognerelva, Hoffselva og Lysakerelva av både NIVA og Naturhistorisk museum (NHM). NHM gjennomførte en undersøkelse av tilstand for bunndyr og fisk i Hoffselva og Sognsvannbekken-Frognerelva i 2016, se Figur 4 [17]. Det ble foretatt innsamling av bunndyr og utført elektrofiske på tilsammen fem lokaliteter i hvert av de undersøkte vassdragene. Dette er i hovedtrekk de samme prøvestasjonene som benyttes av Oslo vann- og avløpsverk til kjemiske målinger. Det er derfor et godt kunnskapsgrunnlag som ligger til grunn for miljørisikovurderingen. Det samme ble gjort i Lysakerelva i 2014, se Figur 4 [16]. Resultater fra disse to undersøkelsene danner status for elvenes tilstand før anleggsstart. Det er valgt å bruke kun bunndyr i miljørisikovurderingen da fisk ikke ble klassifisert i disse undersøkelsene. Resultatene vil likevel brukes som sammenligningsgrunnlag når før- undersøkelsene settes i gang.

Metodene som brukes for å beskrive vannforekomstens tilstand basert på bunndyr er som oftest EPT- og ASPT-indeksen. EPT- indeksen er oppkalt etter tre ordner av akvatiske insekter som er vanlige i det bentiske makroinvertebratsamfunnet; døgnfluer (ephemeroptera), steinfluer (plecoptera) og vårfluer (tricoptera). EPT-indeksen er basert på premisset om at vannforekomster med god kvalitet vanligvis har størst artsrikdom. ASPT-indeksen (Average Score per Taxon) baserer seg på tålegrenser for ulike grupper og arter [4]. Denne indeksen har verdier fra 1-10 hvor grensen mellom moderat og god økologisk tilstand er satt til 6, og verdier over dette er tilstandsmål for alle vassdrag. ASPT-verdiene vurderes opp mot den generelle referanseverdien for vanntypen. Forholdet mellom målt verdi og referanseverdi kalles EQR (Ecological Quality Ratio) og for å få indeksene for alle biologiske kvalitetselementer på samme skala beregnes det en «normalisert» EQR (nEQR) som brukes for å klassifisere økologisk tilstand.

3.1 FROGNERELVA

Frognerelva (også kalt Frognerbekken/sognsvannsbekken) har sin kilde i Åklungen ved Ullevålseter. Bekken kalles Pinabekken ned til Sognsvannet og Sognsvannsbekken videre til Gaustad, hvor den skifter navn til Frognerelva. Fra Gaustad renner elva ned til Frøen videre gjennom Frognerparken før den renner ut i Frognerkilen. Fra Frøen og ned til Frognerparken, samt fra Drammensveien og ned til Frognerkilen renner elva i kulvert.

Frognerelva er registrert med vannforekomst-ID 006-67-R, Nedre del av Frognervassdraget i Vann-Nett. Frognerelva klassifisert med dårlig økologisk tilstand, med unntak fra krav om miljømål ved § 9: Utsatt frist, uforholdsmessig kostnadskrevende.

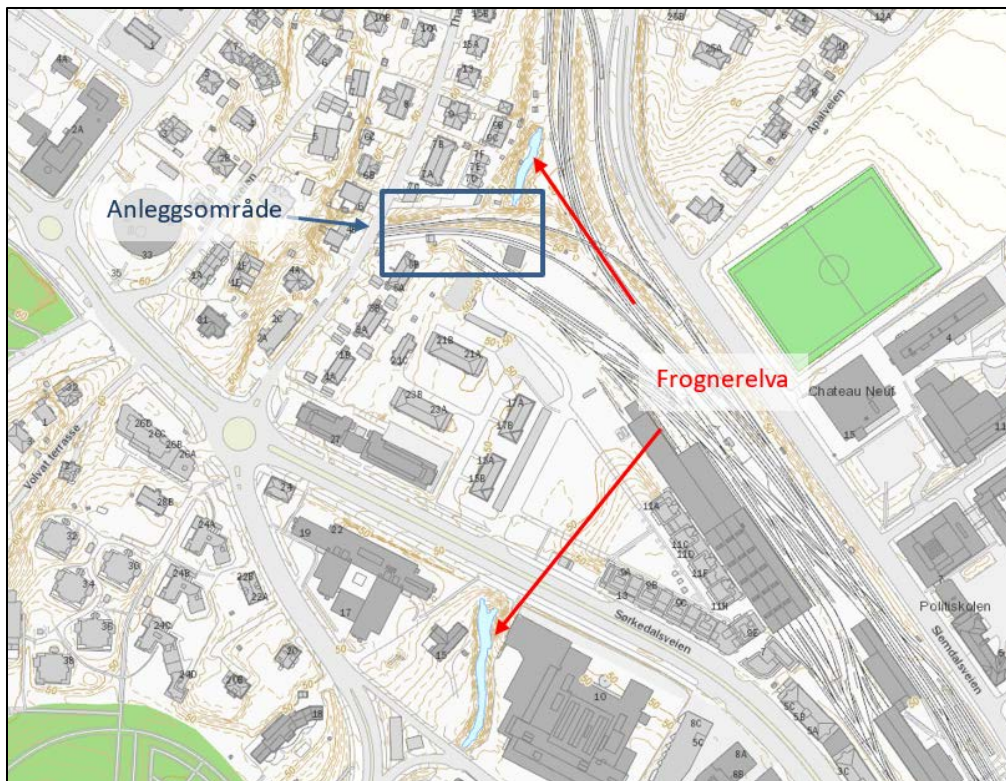
Vassdraget har et nedbørsfelt på 23,7 km² hvorav 11,9 km² ligger i bysonen. Vannføringen måles og registreres kontinuerlig i en målestasjon nederst i vassdraget. Midlere vannføring er 380 l/sekund [18]. Midlere vannføring ved Majorstua er estimert til 350 l/s ved bruk av lavvannskart, og 23 l/s som alminnelig lavvannføring.

Elva krysser T-banelinja ved Majorstua stasjon. Elva renner åpent rett nord for tiltaksområdet, men går så i kulvert de neste 250 meterne før den åpner seg igjen sør for Sørkedalsveien, som vist i Figur 5. I forbindelse med tiltaket som skal gjøres ved Majorstua stasjon må elva legges om.

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 15 av 55



Figur 5. Frognerelvas løp i forhold til planlagt anleggsområde på Majorstua [19].

3.1.1 Kjemisk tilstand

Det er registrert flere aktuelle målestasjoner oppstrøms og nedstrøms Majorstua stasjon: FRO2 og FRO3 i henholdsvis Sognsvannsbekken og Gaustadbekken ligger oppstrøms anleggsområdet, mens FRO4, ved innløpet til kulverten ved Fridtjof Nansen vei og ved innløpet til Frognerdammene, og FRO5, mellom Nedre Frognerdam og innløp til kulvertrør ved Drammensveien, ligger nedstrøms, se Figur 6. FRO5 er en hovedmålestasjon i elva som driftes av Oslo kommune Vann- og avløpsetaten. Her tas det vannproporsjonale blandprøver ukentlig. FRO4 ligger nærmest der Fornebubanen vil krysse. Denne stasjonen driftes også av Oslo kommune Vann- og avløpsetaten, men her er det kun utført kjemisk analyse av elvevannet fire ganger per år i årene 2007, 2009, 2011 og 2013.

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 16 av 55



Figur 6. Målestasjoner i Frognerelva [20].

Måleresultater for hovedmålestasjonen FRO5 er vist i Tabell 8. pH-målingene viser akseptable nivåer for vannlevende organismer. Det er også målt tidvis meget høye nivåer av ammonium noe som tilsvarer tilstandsklasse V (svært dårlig). Innholdet av total nitrogen varierer mye og er flere ganger i tilstandsklasse V (svært dårlig). Innholdet av suspendert stoff er som oftest <60 mg/l.

Resultatene viser også tidvis høye konsentrasjoner (ikke god) av bly, kadmium, krom, kobber, nikkel og sink. Ved de nyeste målingene var bly- og kadmiuminnholdet i tilstandsklasse III (moderat), kobber i tilstandsklasse IV (dårlig) og krom og nikkel i tilstandsklasse II (god).

For arsen var det kun ett måleresultat: As 0,6 µg/l (ikke god). Skillet mellom "god" og "ikke god" er satt ved øvre grense i tilstandsklasse II, dvs i grensen mellom ingen toksiske effekter og kroniske effekter ved lang tids eksponering (Tabell 2).

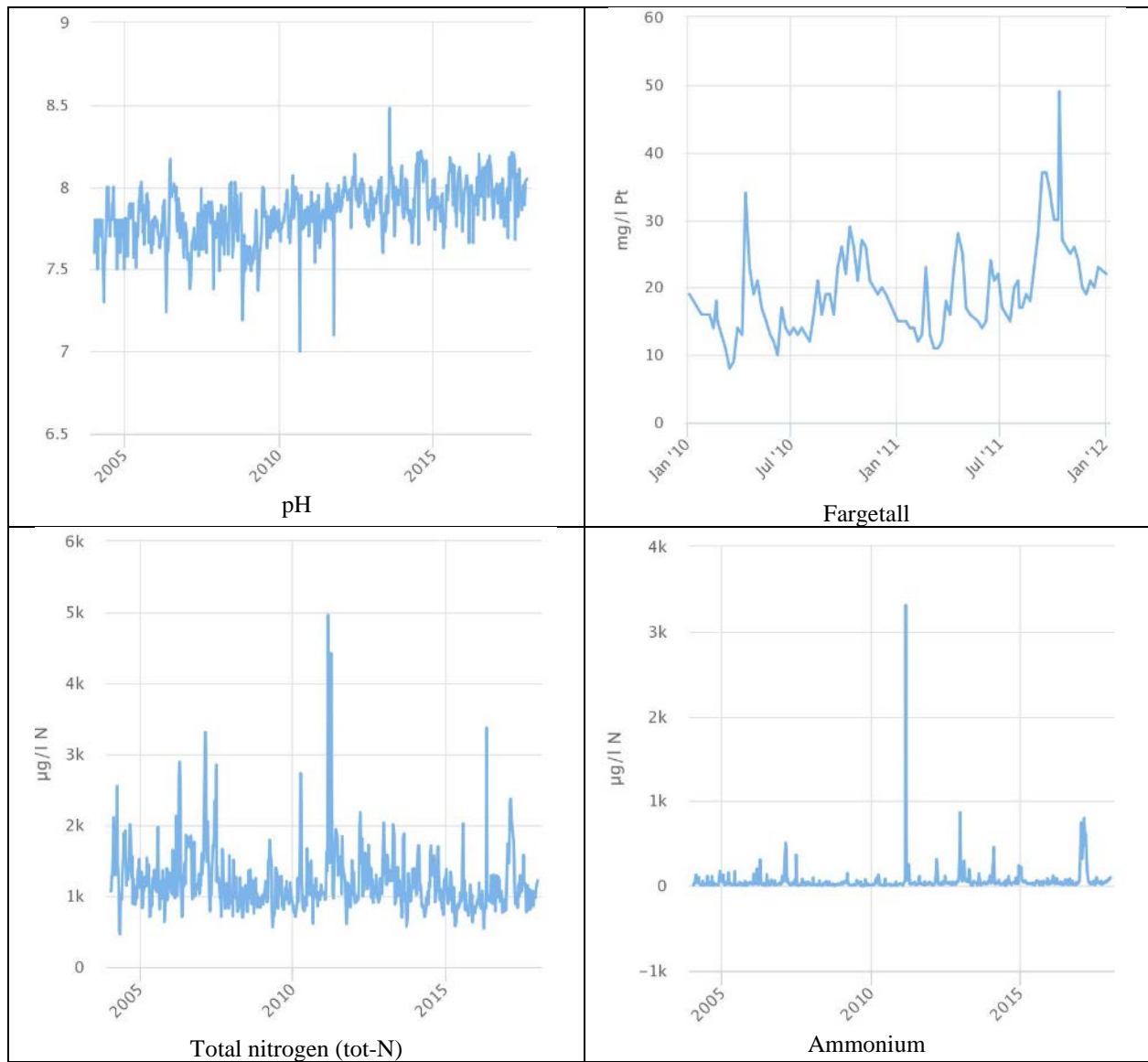
Det ble målt konsentrasjoner i tilsvarende tilstandsklasser i FRO4 for ammonium, krom, nikkel og total nitrogen. For parameterne bly og kadmium ble det målt konsentrasjoner som var en tilstandsklasse lavere, dvs. tilstandsklasse II (god). Kobber ble målt i en tilstandsklasse høyere, dvs. tilstandsklasse V (svært dårlig).

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 17 av 55

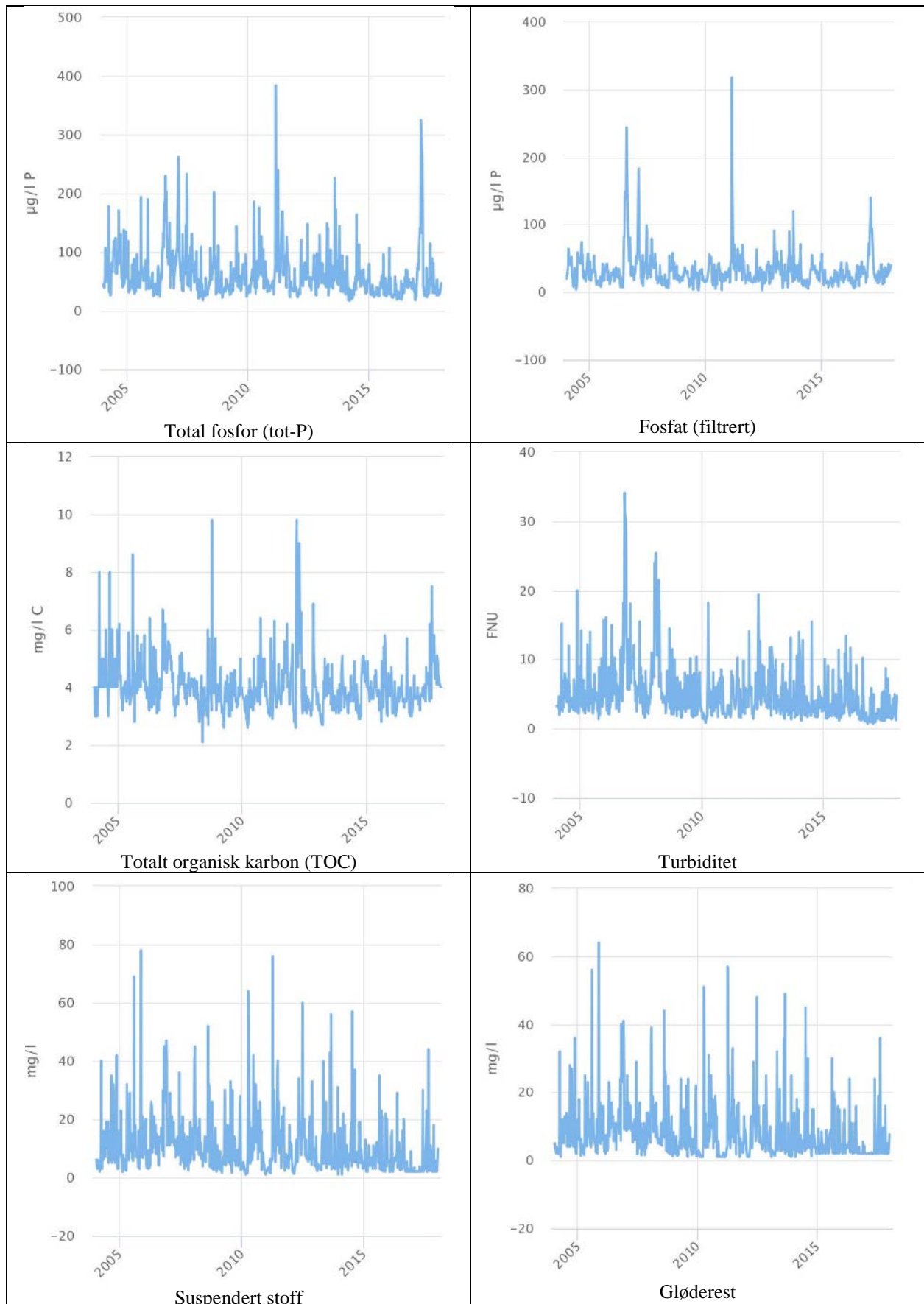
Tabell 8. Oversikt over konsentrasjoner av utvalgte parametere målt på hovedmålestasjon FRO5 [21]. Grensen mellom "God" og "Ikke god" er satt som øvre grense i tilstandsklasse 2, se Tabell 5.



Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 18 av 55

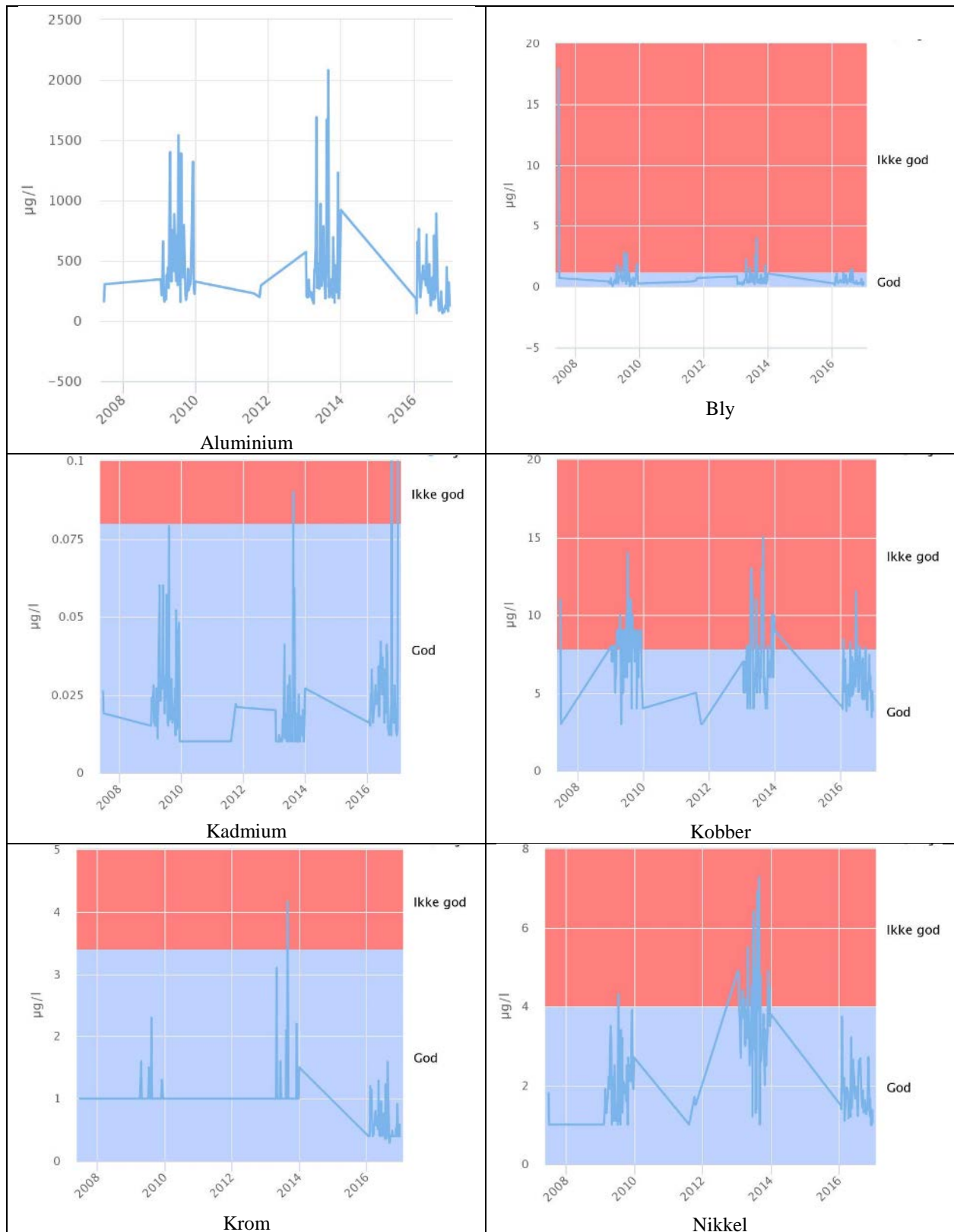


Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 19 av 55

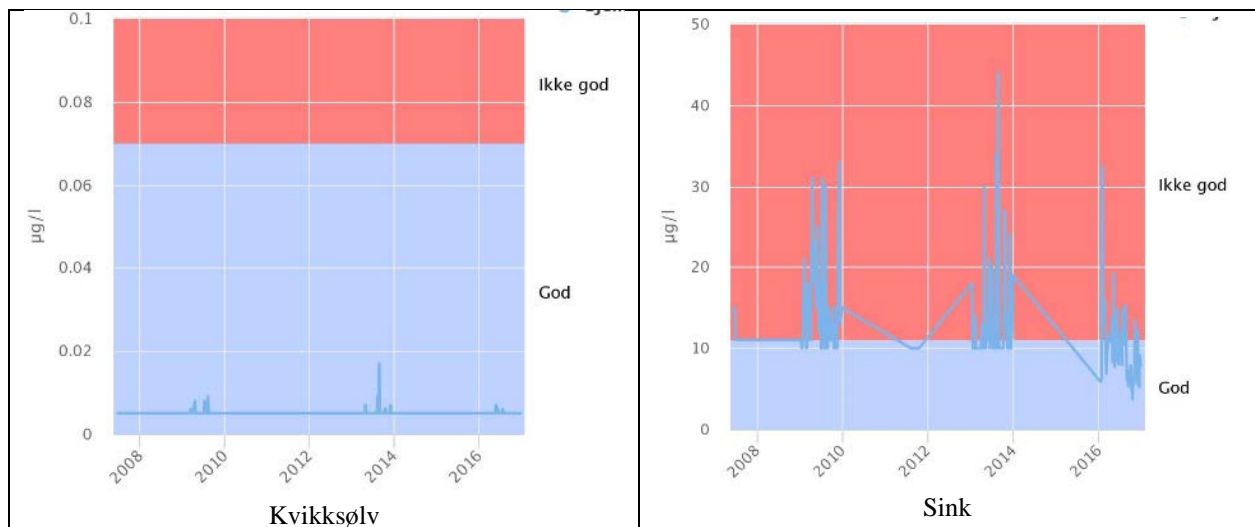


Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

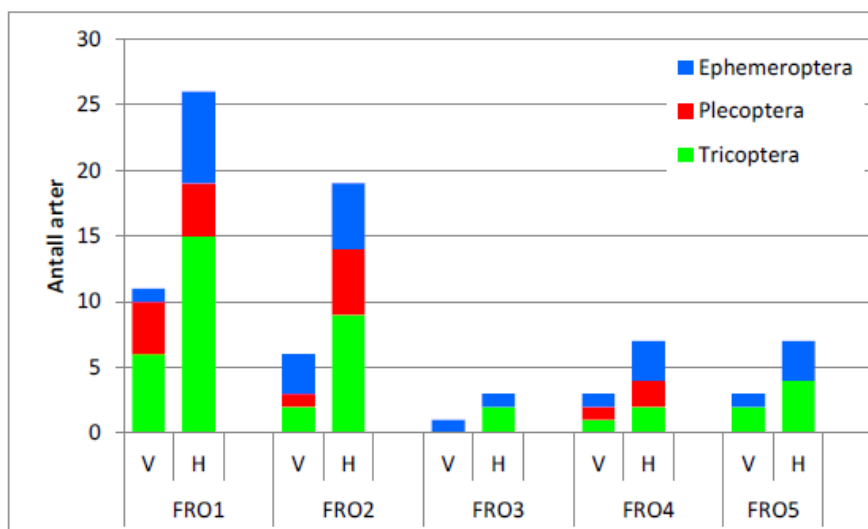
Side: 20 av 55



3.1.2 Økologisk tilstand

Prøvestasjonene FRO2 og FRO3 kan brukes som referansestasjoner oppstrøms anleggsarbeidet nå før byggestart.

Undersøkelsene utført av Saltveit m.fl. i 2016 viste at EPT-verdiene generelt sett var lave på alle stasjoner i april, men langt høyere i september. Både i april og september var det en markant reduksjon i EPT-verdi nedover vassdraget og reduksjonen finner sted før innløp Gaustadbekken (FRO3). EPT-indeksverdien avtar markert ned til stasjon FRO2, for så å synke dramatisk på stasjonen ved innløp Frognerdammene (FRO4). FRO4 og FRO5 har den samme verdien vår og høst, henholdsvis 3 og 7, men stein-fluer mangler på FRO5. Den øverste stasjonen hadde høye EPT-verdier på høsten, som vist i Figur 7 [17].



Figur 7. Antall EPT-arter - døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) for Sognsvannsbekken og Frognerelva (FRO1 – 5) og for Gaustadbekken (FRO3) vår og høst 2016 [17].

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 21 av 55

ASPT-Indeks og n-EQR-verdiene var relativt høye øverst i elva (FRO1 og FRO2) både vår og høst, og verdiene på høsten indikerte god økologisk tilstand. På våren beregnes det på begge stasjoner «Moderat» økologisk tilstand. Det var ingen endring i økologisk tilstand ned til stasjon FRO2. En betydelig endring i tilstand finner sted etter samløp med Gaustadbekken. På FRO4 og FRO5 beregnes «Dårlig» økologisk tilstand både vår og høst. På FRO4 var imidlertid den økologiske tilstanden «Svært dårlig» både vår og høst 2013, og verdiene her er noe høyere enn på FRO5. Gaustadbekken (FRO3) hadde svært lave ASPT-verdier, og den økologiske tilstanden er «Svært dårlig» både vår og høst. Tabell 9 viser en oppsummering av resultatene fra Saltveit m.fl. for Sognsvannsbekken-Frognerelva. Resultatene viser at den økologiske tilstanden er svært dårlig og dårlig i den nedre delen av elva.

Tabell 9. ASPT, EQR og n-EQR verdier og økologisk tilstandsklasser for ulike stasjoner i Sognsvannsbekken-Frognerelva vår og høst 2016 [17].

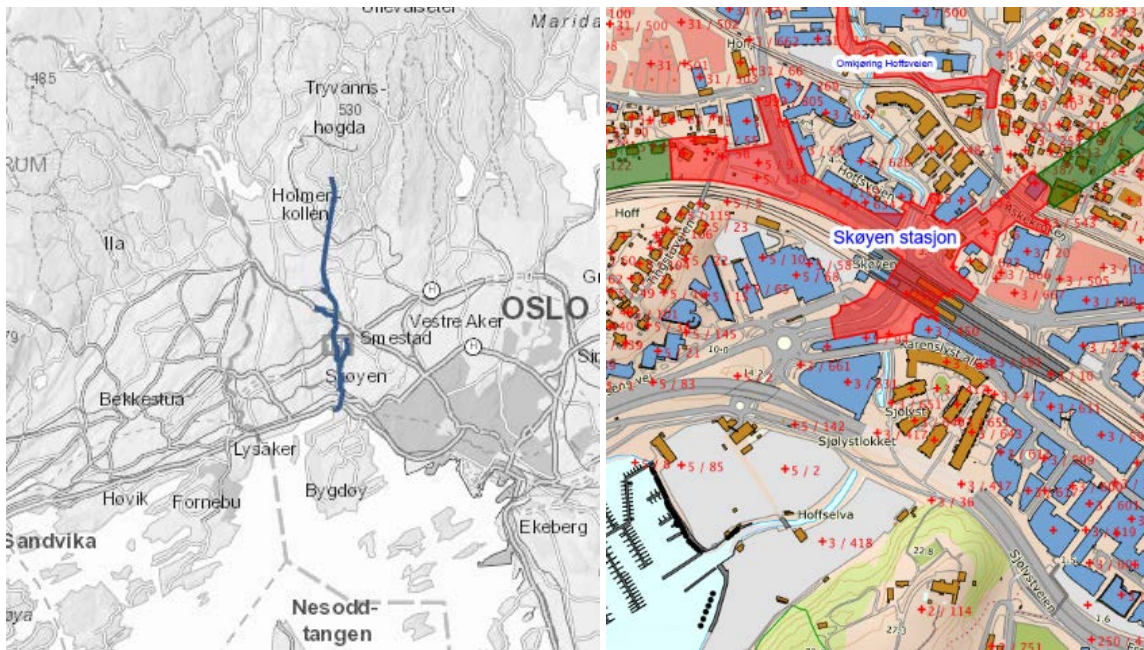
	Sognsvannsbekken-Frognerelva 2016				
	FRO1	FRO2	FRO3	FRO4	FRO5
ASPT VÅR	5,33	5,50	2,50	4,80	3,89
EQR VÅR	0,77	0,80	0,36	0,70	0,56
N-EQR VÅR	0,44	0,48	0,11	0,30	0,18
Tilstandsklasse	Moderat	Moderat	Svært dårlig	Dårlig	Svært dårlig
ASPT HØST	6,68	6,64	4,20	4,87	4,69
EQR HØST	0,97	0,96	0,61	0,71	0,68
N-EQR HØST	0,76	0,75	0,19	0,32	0,27
Tilstandsklasse	God	God	Svært dårlig	Dårlig	Dårlig

3.2 HOFFSELVA

Hoffselva starter ved Tryvannshøgda og renner via Skådalen og Styggedalen inn i Holmendammen og videre gjennom Smedstaddammene. Nedstrøms Smedstadsdammen renner den sammen med Makrellbekken før den renner videre via Sjølyst og Skøyen hvor den munner ut i Bestumkilen.

Hoffselva går gjennom kulverter under jernbanen på Skøyen og under E18 ved Sjølyst. Beregninger viser at kulverten under E18 har dykket innløp når vannføringen i elven er over 13 m³/s, noe som tilsvarer en flom med gjentaksintervall på 20 år. Hoffselva forårsaker jevning flomsituasjoner på Skøyen. Elva er ca. 10 km lang og har et nedbørsfelt på 14,3 km². Middelvannføringen er estimert til på 200 l/s (lavvannskart), med alminnelig lavvannsføring på 8,4 l/s. Det er betyr at det er store variasjoner i elva som må hensyntas. I vann-nett [15] er Hoffselva registret med vannforekomst-ID 007-47-R, og har dårlig økologisk tilstand.

Den nye t-banestasjonen vil ligge i samme område som jernbanestasjonen på Skøyen. Elva vil krysse under stasjonsområdet som vist i Figur 8.



Figur 8. Venstre: Hoffselva [15]. Høyre: Planlagt plassering av tunnel og stasjon ved Hoffselva (kilde: norgeskart.no og Fornebubanen)

3.2.1 Kjemisk tilstand

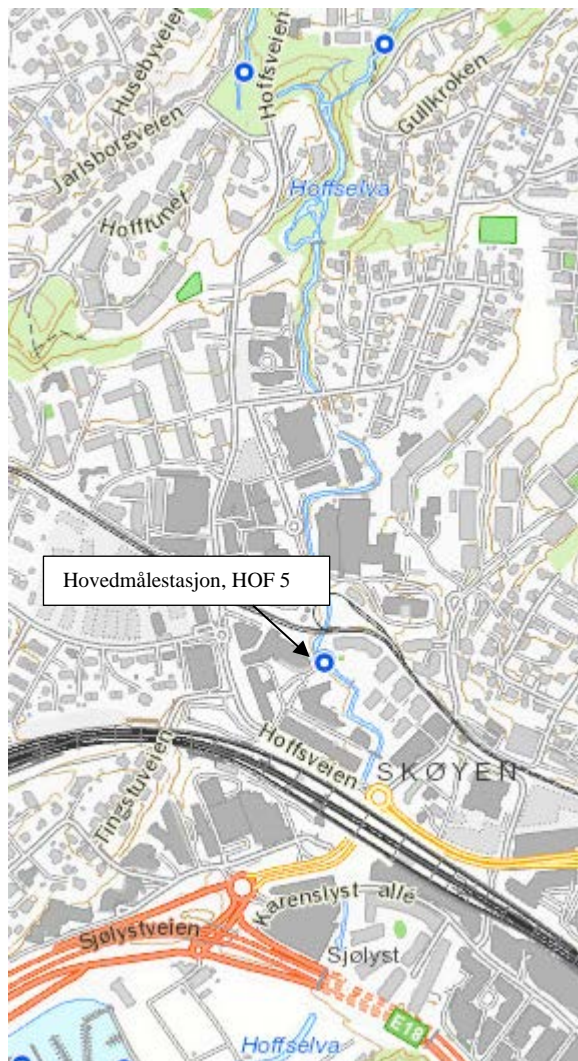
Det har vært gjort søk i Vannmiljødatabasen til Miljødirektoratet og det er registrert en hovedmålestasjon rett oppstrøms stasjonsområdet: HOF5, se Figur 9.

Hoffselvas hovedmålestasjon HOF5, drives av vann- og avløpsetaten i Oslo kommune. Målestasjonen tar automatiske vannføringsproporsjonale blandprøver som hentes inn hver uke. Parametere som det måles på varierer fra år til år.

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon:**01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 23 av 55



Figur 9. Målestasjoner i Hoffselva [20].

Resultater for utvalgte parametere målt i Hoffselva ved målestasjon HOF5 er vist i Tabell 10. For tungmetaller viser resultatene bl.a. tidvis høye konsentrasjoner, tilstand «ikke god» for bly, kadmium, krom, kobber, nikkel, kvikksølv og sink. Grensen mellom "god" og "ikke god" er satt ved øvre grense for tilstandsklasse II. For beskrivelse av tilstandsklassene, se Tabell 2. Tungmetaller har vært målt hvert fjerde år, og ved siste prøverunde (2016) lå verdiene for krom, nikkel og kvikksølv i tilstandsklasse II (god). Innholdet av bly lå i tilstandsklasse III (moderat), mens konsentrasjonene av kobber og sink lå i tilstandsklasse IV (dårlig).

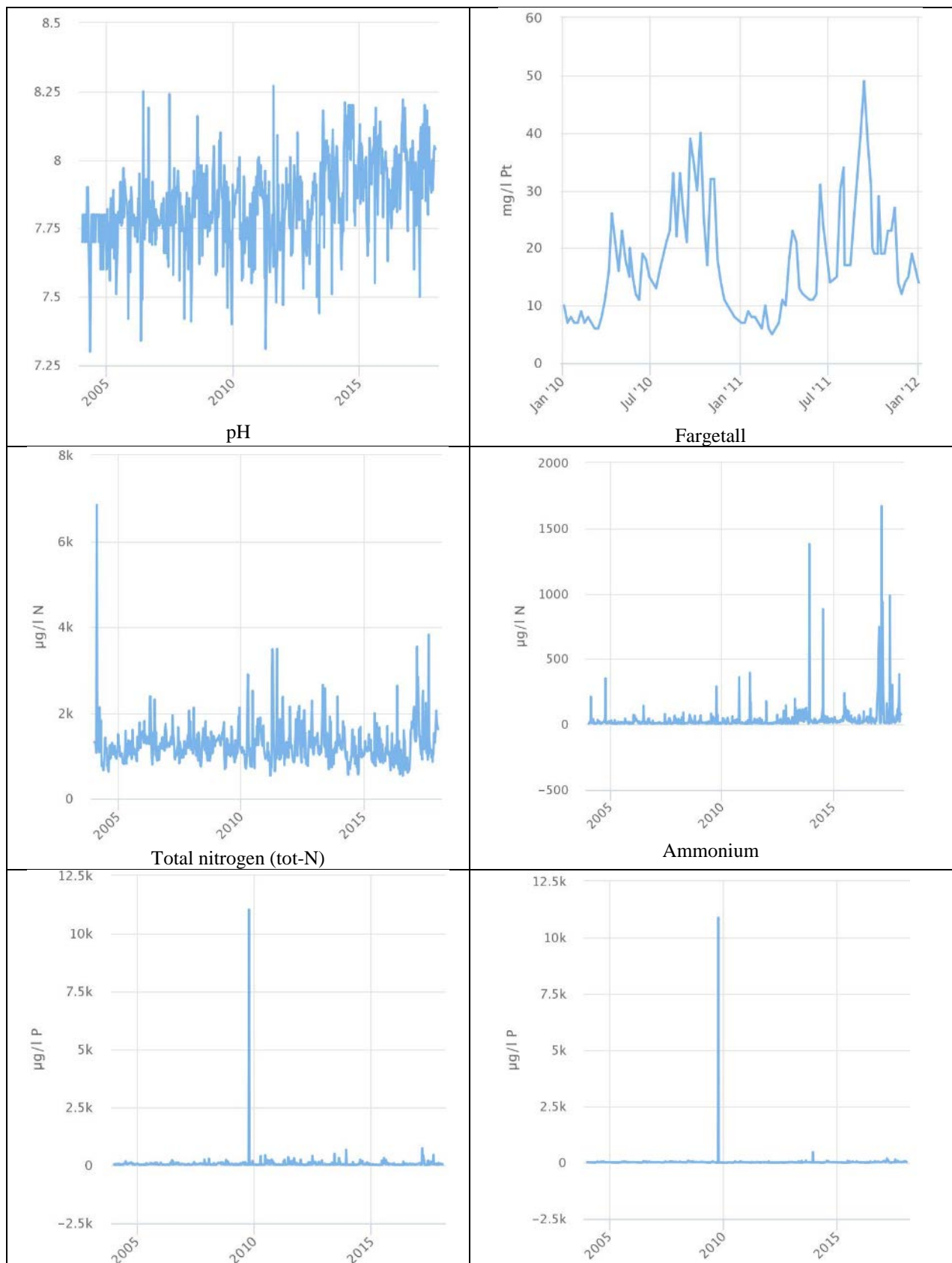
For parameterne pH og nitrogen derimot, viser elva god kjemisk tilstand; I løpet av de siste 13 årene har alle pH-målinger vært innenfor området 7,25 – 8,25 noe som er gunstig for organismer som lever i vannet, og total nitrogen har vært <4 mg N/l de siste ti årene, noe som er innenfor normale bakgrunnsnivåer for slike elver. Ammoniumnivåene er også svært gode. De høyeste målte konsentrasjonene for suspendert stoff var ca. 300 mg/l.

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 24 av 55

Tabell 10. Oversikt over konsentrasjoner av utvalgte parametere målt på målestasjon HOF5 i Hoffselva [22]. Grensen mellom "God" og "Ikke god" for metaller er satt som øvre grense i tilstandsklasse II, se Tabell 5.

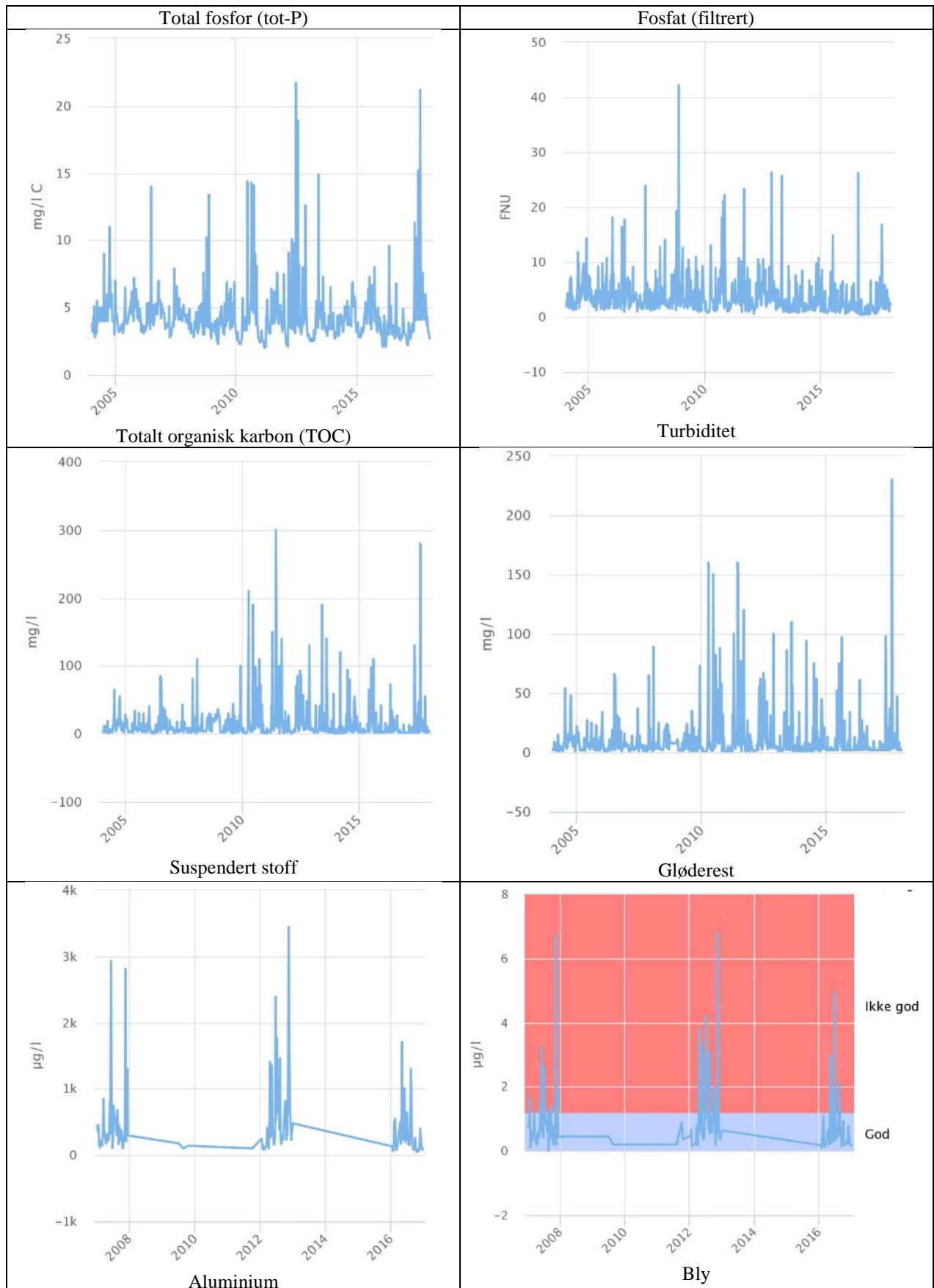


Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

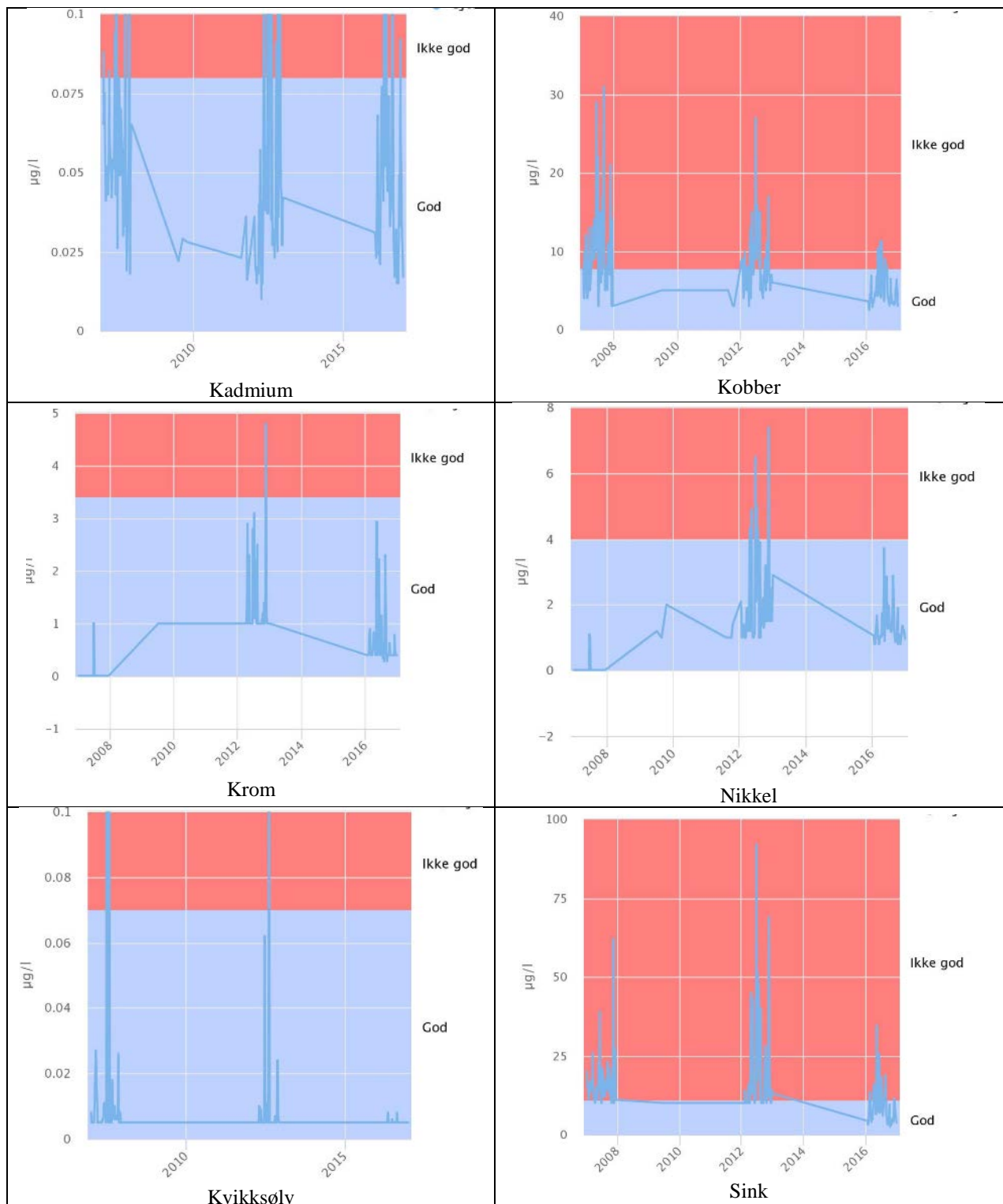
Side: 25 av 55



Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 26 av 55

**3.2.2 Økologisk tilstand**

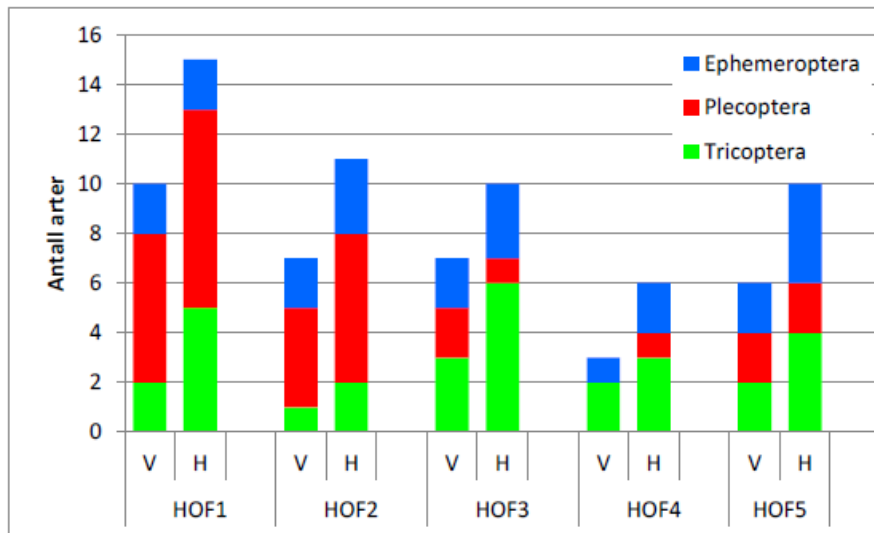
Antall EPT-arter - døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) for Holmenbekken og Hoffselva (HOF1-5) og for Makrellbekken (HOF4) vår og høst 2016 er vist i Figur 10 [17]. Generelt sett var EPT-verdiene lave på alle stasjoner i april, og langt høyere i september (Figur

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 27 av 55

10). Det var en markant reduksjon i EPT-verdi fra HOF1 til HOF2 både i april og september. Denne besto av en reduksjon i antall steinfluer, og i september av en nedgang i antall arter vårfluer. EPT-verdien endres ikke fra stasjon HOF2 til HOF3 og videre ned til stasjon HOF5. Endringen består her i at antall arter steinfluer reduseres, mens antall arter vårfluer øker på HOF3 og antall døgnfluer øker på HOF5. Makrellbekken (HOF4) hadde den laveste EPT-indeksverdien.



Figur 10. Antall EPT-arter - døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) for Holmenbekken og Hoffselva (HOF1-5) og for Makrellbekken (HOF4) vår og høst 2016 [17].

Tabell 11 viser en oppsummering av resultatene for Hoffselva mht. bunndyr [17].

ASPT-indeks og N-EQR verdiene (ref. kap.3) var relativt høye øverst i elva (HOF1 og HOF2) både vår og høst, og verdiene indikerte god økologisk tilstand (Figur 10 og Tabell 11). En betydelig endring i økologisk tilstand fant sted nedover elva, og på stasjon HOF3 beregnes «dårlig økologisk tilstand» både vår og høst. Verdiene på høsten var nær verdien for «moderat tilstand». På HOF5 ble det beregnet moderat økologisk tilstand i april 2016 og dårlig økologisk tilstand i september. Også her var verdien på høsten nær verdien for «moderat tilstand». Makrell-bekken (HOF4) hadde lave ASPT-verdier, og den økologiske tilstand var «svært dårlig» om våren og moderat om høsten [17].

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 28 av 55

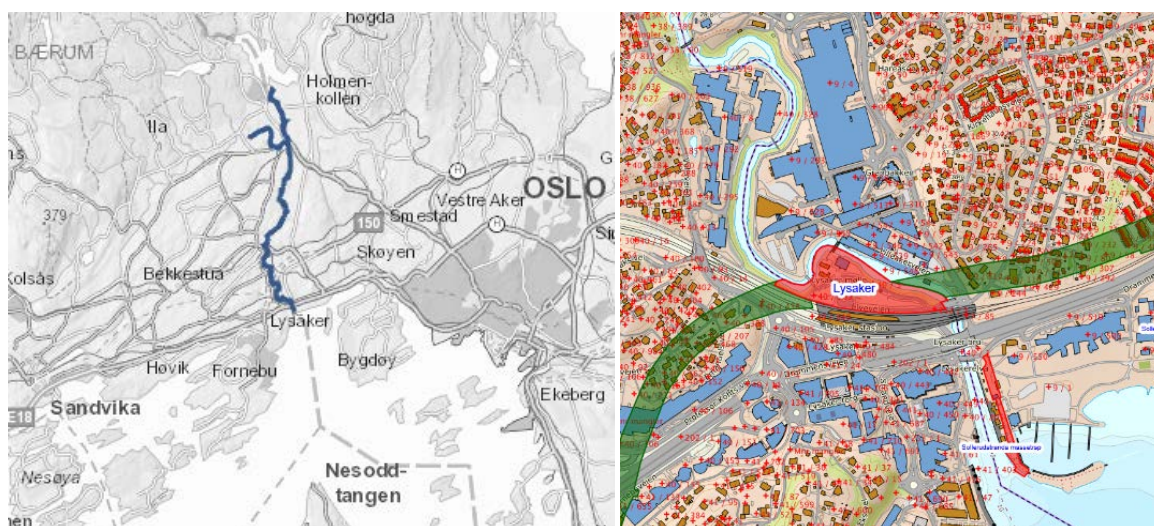
Tabell 11 ASPT, EQR og N-EQR verdier og økologisk tilstandsklasser for ulike stasjoner i Holmenbekken-Hoffselva vår og høst 2016 [17].

	Holmenbekken-Hoffselva 2016				
	HOF1	HOF2	HOF3	HOF4	HOF5
ASPT VÅR	6,75	5,92	4,62	3,50	5,18
EQR VÅR	0,98	0,86	0,67	0,51	0,75
N-EQR VÅR	0,78	0,58	0,25	0,16	0,40
Tilstandsklasse	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	Dårlig
ASPT HØST	6,47	6,08	5,11	4,85	5,11
EQR HØST	0,94	0,88	0,74	0,70	0,74
N-EQR HØST	0,71	0,62	0,38	0,31	0,38
Tilstandsklasse	God	God	Dårlig	Dårlig	Dårlig

3.3 LYSAKERELVA

Lysakerelva renner fra Bogstadvannet i Oslo/Bærum og munner ut i Oslofjorden mellom Snarøya og Bygdøy, i det som også kalles Lysakerfjorden ved Lysaker. Kilden er området Heggelivann og Storflåtan. Hovedløpet er 7,7 km langt mens total lengde er 38,9 km. Nedbørsfeltet er på 177,1 km² og middelvannføringen er på 4200 l/s [18]. Lysakerelva er registrert i vann-nett med vannforekomst-ID 007-12-R, og moderat økologisk tilstand.

Lysaker stasjon vil ligge på vestsiden helt inntil elva og tunnelen, og tunnelen vil gå under elva rett i forkant, se Figur 11.



Figur 11. Venstre: Lysakerelva [15]. Høyre: Planlagt plassering av tunnel og stasjon ved Lysakerelva (norgeskart.no)

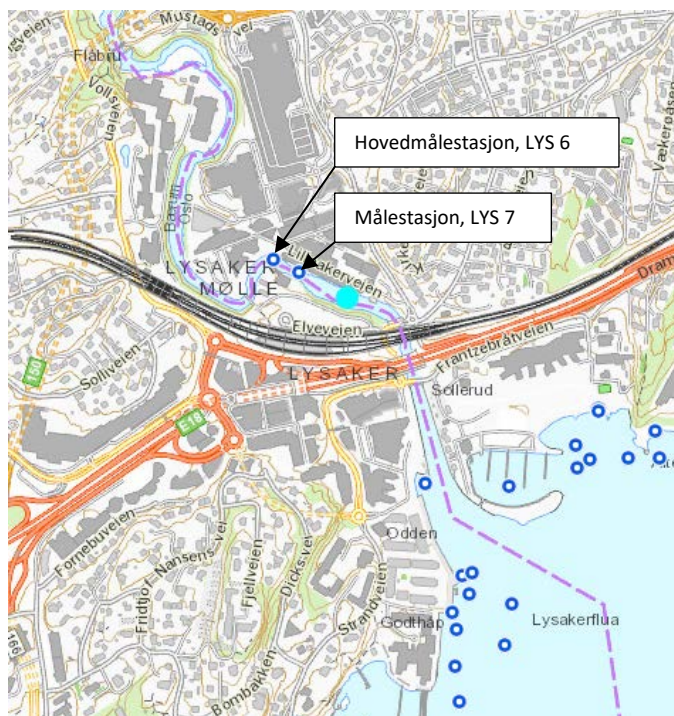
Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 29 av 55

3.3.1 Kjemisk tilstand

Det har vært gjort søk i Vannmiljødatabasen til Miljødirektoratet og det er registrert to målestasjoner i nærområdet til Fornebuibanens planlagte anleggsområder: LYS6 og LYS7.

Lysaker hovedmålestasjon LYS6 drives av vann- og avløpsetaten i Oslo kommune (VAV).

Målestasjonen tar automatiske vannføringsproporsjonale blandprøver som hentes inn hver uke. Av kartet kan det se ut som at målestasjonen ligger rett ved der nye Lysaker t-banestasjon skal etableres, se Figur 12.



Figur 12. Målestasjoner i Lysakerelva (vannmiljødatabasen)

Resultater for utvalgte parametere målt i Lysakerelva ved målestasjon LYS6 er vist i Tabell 12. pH havner innenfor det akseptable område organismer som lever i vann. Nivåene for totalt nitrogen og ammonium er også tilsvarende referanseverdier. De høyeste verdiene for suspendert stoff er målt til ca. 80 mg/l.

Tungmetaller i vann måles ca. hvert fjerde år, og resultatene viser bl.a. tidvis høye konsentrasjoner av bly, kadmium, kobber og sink. Konsentrasjonene av bly havner i tilstandsklasse III (moderat) ved siste prøverunde. Tilsvarende havner konsentrasjonene av sink i tilstandsklasse IV (dårlig) og kadmium i tilstandsklasse V (svært dårlig).

I 2010 ble det målt høye konsentrasjoner av kobber i vannet, tilsvarende tilstandsklasse V (svært dårlig), men ved målinger etter 2014 var konsentrasjonene betydelig forbedret og havnet i tilstandsklasse II (god).

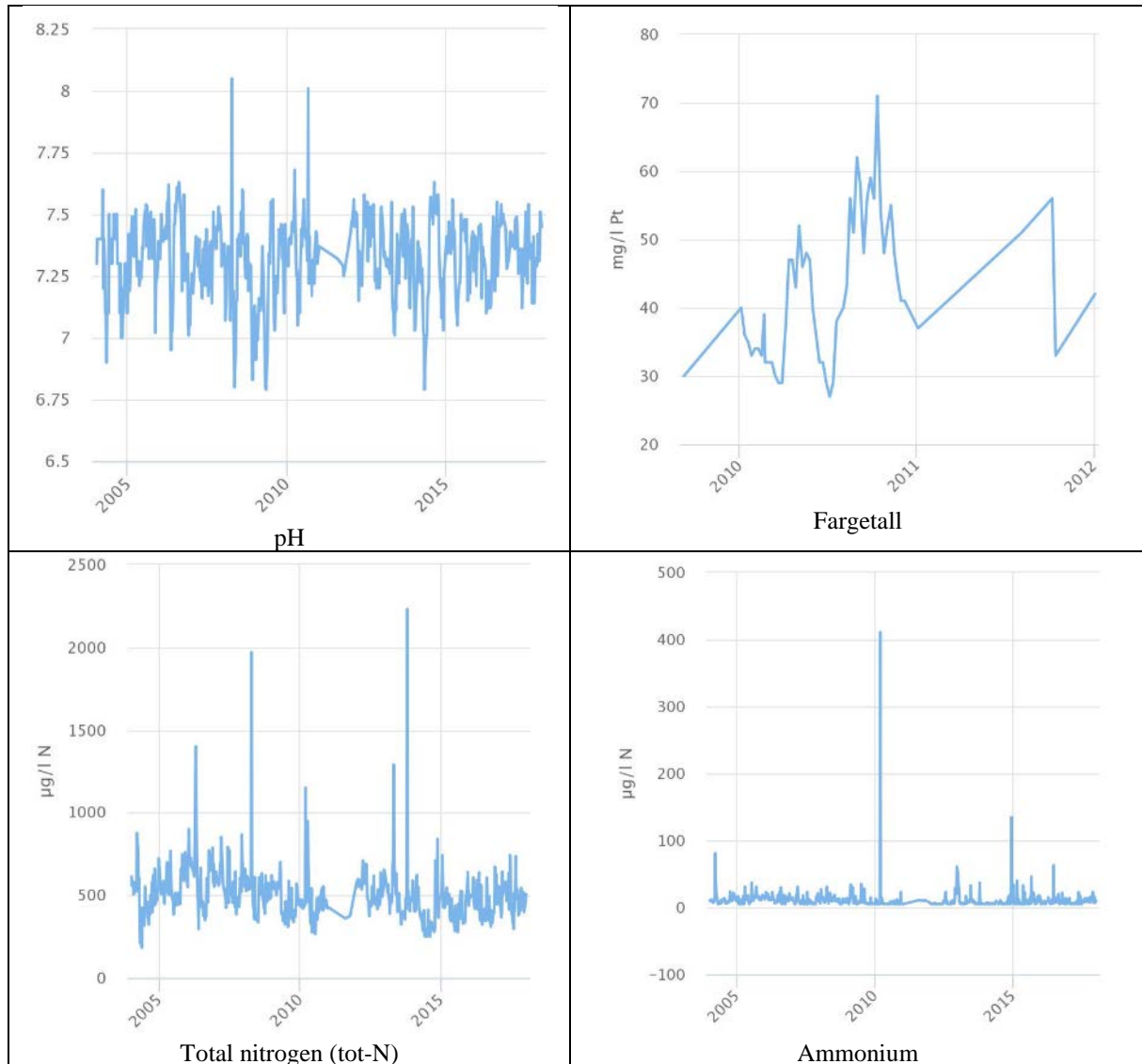
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 30 av 55

Krom og nikkel har ikke hatt høye verdier de siste ti årene. Arsen er ikke målt. I figurene i Tabell 12 er grensen mellom "god" og "ikke-god" satt som øvre grense for tilstandsklasse II.

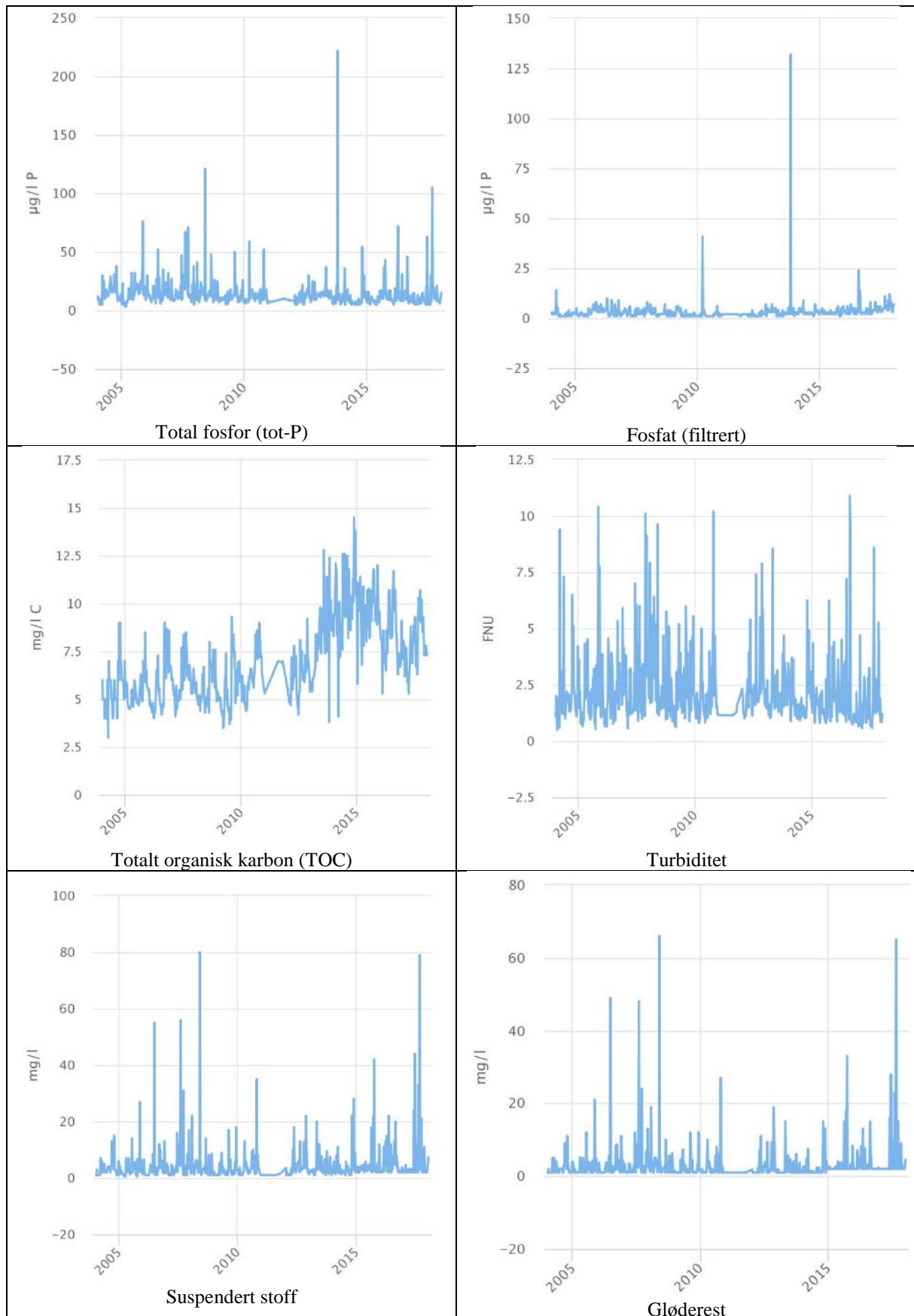
Tabell 12. Oversikt over konsentrasjoner av utvalgte parametere målt på hovedmålestasjon LYS 6 [23]. Grensen mellom "God" og "Ikke god" er satt som øvre grense i tilstandsklasse II, se Tabell 5.



Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 31 av 55

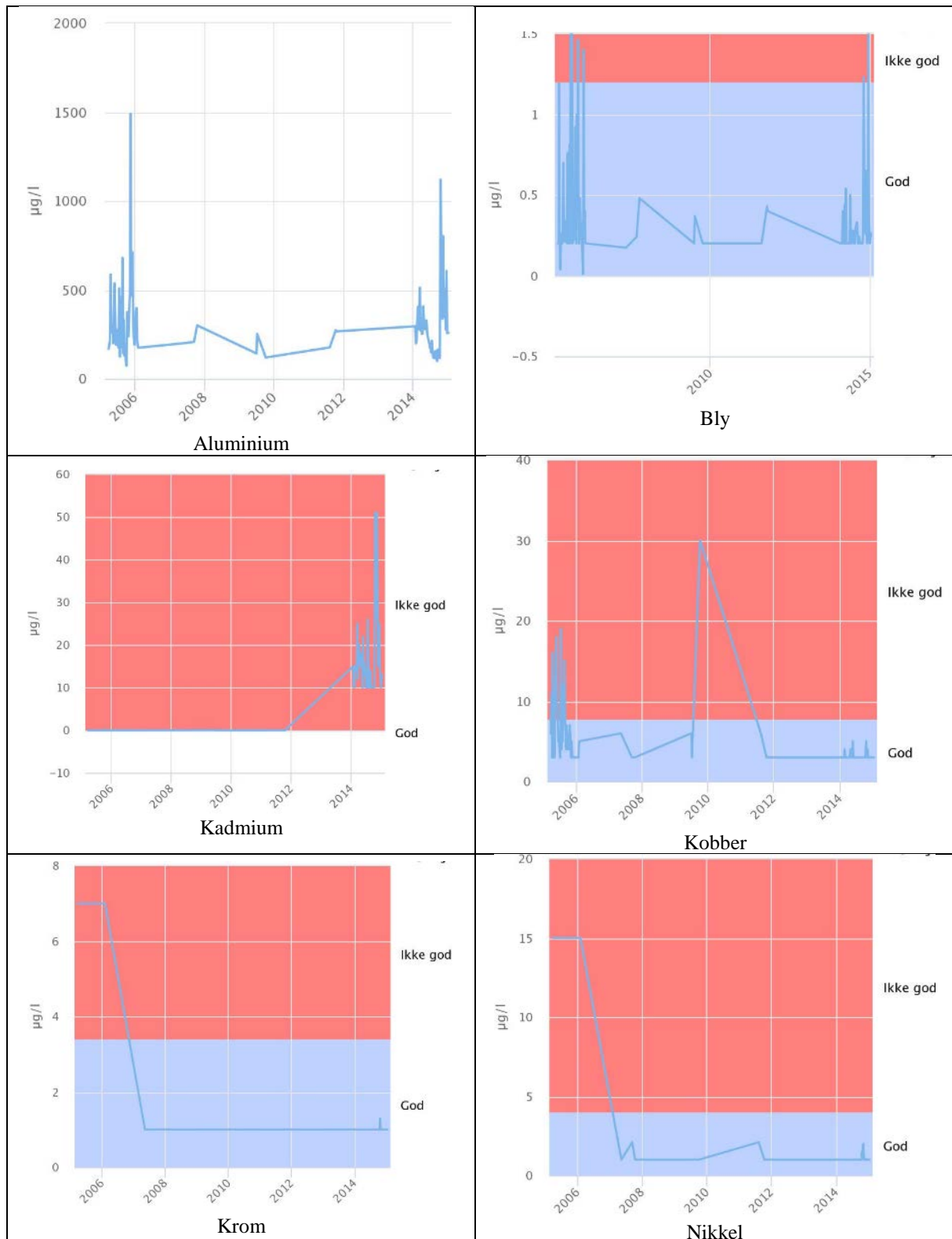


Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 32 av 55

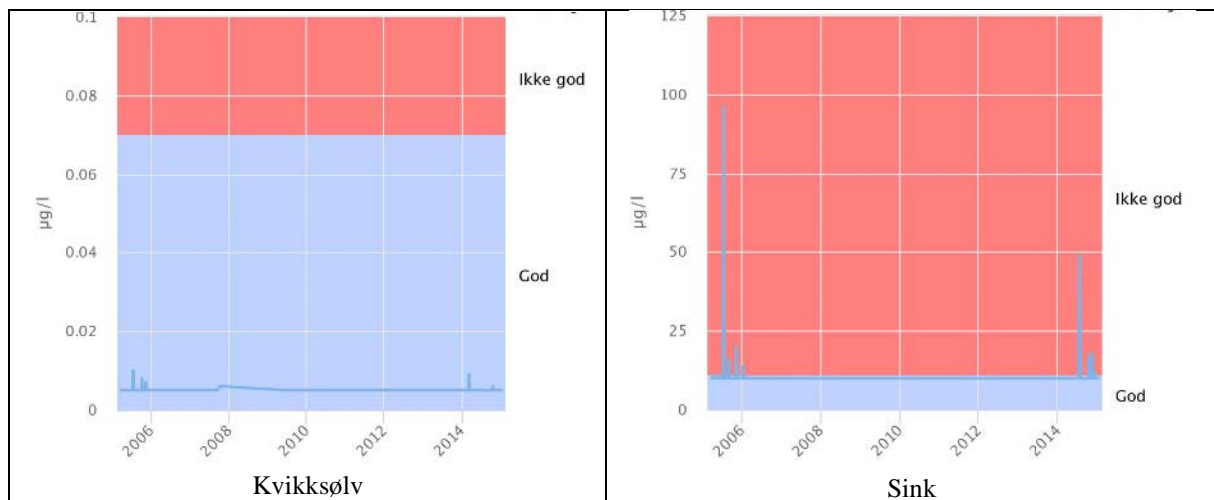


Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

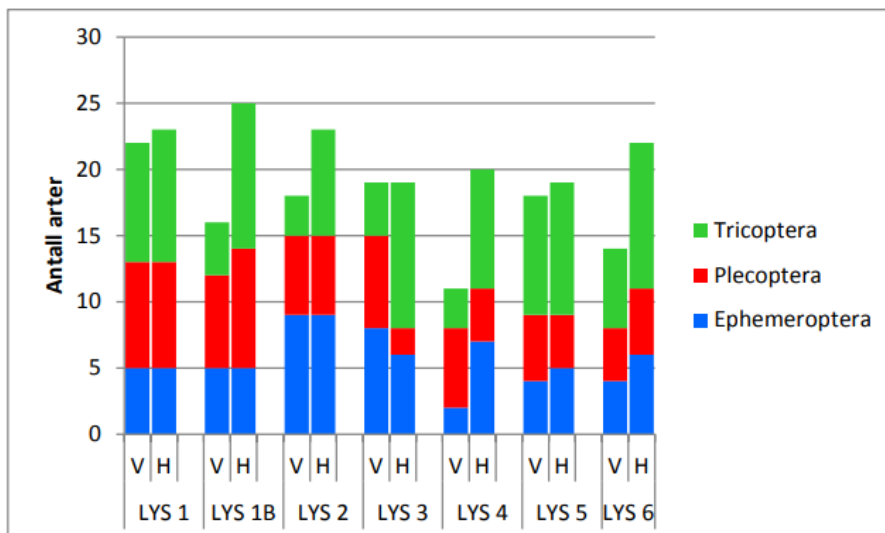
Dato: 01.03.2019

Side: 33 av 55



3.3.2 Økologisk tilstand

Figur 13 viser fordelingen av EPT-verdier i Lysakerelva. Alle stasjonene hadde høye EPT-verdier, men enkelte av stasjonene hadde lavere verdier på våren enn om høsten. På stasjon LYS1B, LYS2 og LYS4 skyldes det færre arter av vårfluer. På LYS4 også døgnfluer. LYS2 hadde relativt mange arter døgnfluer, mens det på LYS3 var få steinfluer på høsten.



Figur 13. Antall EPT arter, døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera), på ulike lokaliteter i Lysakerelva vår og høst 2014 [16].

Tabell 13 viser ASPT, EQR og nEQR for undersøkte lokaliteter i Lysakerelva vår og høst 2014. Det ble dokumentert «God» økologisk eller «svært god» økologisk tilstand på alle stasjonene i Lysakerelva høsten 2014 (Ref. kap. 3). «Svært god» økologisk tilstand ble da beregnet på LYS1 og

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 34 av 55

LYS1B, mens LYS1B og LYS2 hadde «svært god» økologisk tilstand på våren. På våren beregnes det «moderat» økologisk tilstand på stasjon LYS3, 4 og 5.

Tabell 13 ASPT, EQR og N-EQR verdier og økologiske tilstandsklasser for ulike stasjoner i Lysakerelva vår og høst 2014 [16].

LYSAKERELVA 2014							
	LYS 1	LYS 1B	LYS 2	LYS 3	LYS 4	LYS 5	LYS 6
VÅR ASPT 2014	6,63	6,9	6,89	5,72	5,27	5,75	6,64
EQR VÅR	0,96	1,00	1,00	0,83	0,76	0,83	0,96
N-EQR-VÅR	0,75	1,00	0,97	0,53	0,42	0,54	0,75
Tilstandsklasse	God	Svært god	Svært god	Moderat	Moderat	Moderat	God
HØST ASPT 2014	6,85	6,9	6,60	6,13	6,05	6,33	6,27
EQR HØST	0,99	1,00	0,96	0,89	0,88	0,92	0,91
N-EQR-HØST	0,86	1,00	0,74	0,63	0,61	0,68	0,66
Tilstandsklasse	Svært god	Svært god	God	God	God	God	God

3.4 OSLOFJORDEN

Stasjonene Fornebu stasjon, Flytårnet, Fornebuporten, Lysaker, (Vækerø) og Skøyen vil ha utslipp til sjø via ledninger som legges ut på 20 meters vanddyp i Lysakerfjorden (Figur 23 og Tabell 1). I tillegg vil det være et begrenset utslipp fra Majorstuen stasjon til sjø via Frognerelva. Under følger en beskrivelse og diskusjon av tilgjengelig informasjon for resipientene Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen. Da Bestumkilen er relativt grunn (<7 m vanddyp) vil rørledningen fra anleggsarbeidet på Vækerø og Skøyen måtte forlenges ut i Lysakerfjorden på større dyp (>20 meter). Diskusjonen rundt denne resipienten er derfor noe redusert.

3.4.1 Kjemisk tilstand og hydrografi

I Vannmiljødatabasen [20] til Miljødirektoratet er det få registrerte målepunkter for vannundersøkelser i Lysakerfjorden, kun et prøvepunkt som inkluderer prøvetaking av hydrografi, næringsalter og klorofyll a i stasjon Bn1 ytterst i Lysakerfjorden (Figur 14). Denne stasjonen er del av Indre Oslofjord overvåkingsprogrammet til "Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord". Prøvene i dette punktet representerer hele dybdeprofilen fra overflaten og ned til ca. 83 m dyp.

Eksempel på salinitetsmålinger gjennom vannsøylen i Bn1 viser at Lysakerfjorden er ferskvannspåvirket i overflatevannet store deler av året (Figur 15). Det finnes langtidsserier fra Bn1 stasjonen som er gode å ha iht. informasjon om bakgrunnskonsentrasjoner for fjorden, men avstanden til planlagte utslippspunkter vurderes for lang for direkte å kunne se konsekvenser av utslipp av forurenset anleggsvann.

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

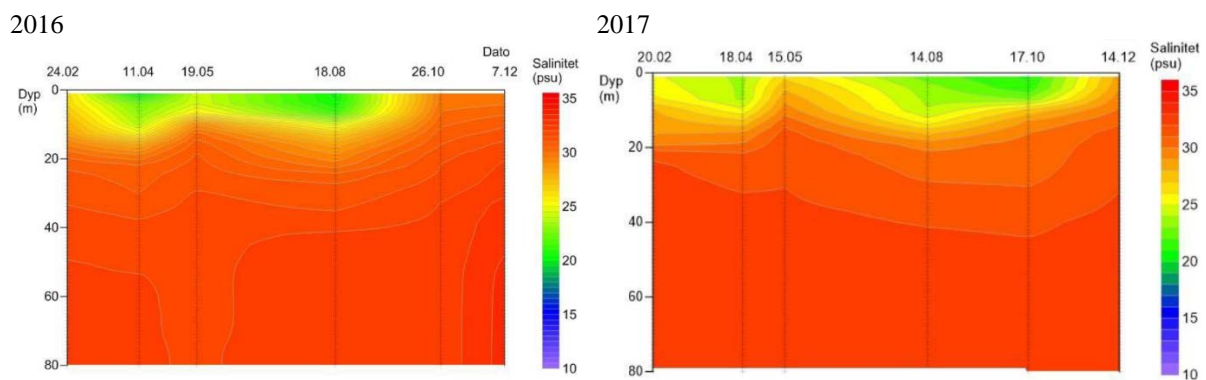
Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 35 av 55



Figur 14. Utklipp av registrerte målepunkter rundt Fornebu i Vannmiljødatabasen til Miljødirektoratet [20]. Prøvepunkt Bn1 er merket med rødt. Kartet er hentet fra Vannmiljødatabasen.



Figur 15. Eksempel på salinitetsprofil ved Bn1 fra 2016 [24] og 2017 [25] viser at de øverste deler av vannsøylen er ferskvannspåvirket store deler av året. Siden Bn1 ligger forholdsvis langt ut i fjorden er det fornuftig å anta at området lenger inn i fjorden, nær utløpet av Lysakerelva, er ytterligere ferskvannspåvirket.

Den fysisk-kjemiske tilstanden i prøvepunktet Bn1 er vist i Tabell 14. Innholdet av total nitrogen er stort sett i tilstandsklasse I eller II (Svært god eller god). Av figurene kan det også se ut til at nitrat+nitritt havner i tilstandsklasse I og II. Disse nivåene varierer mye med årstiden der de høyeste

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

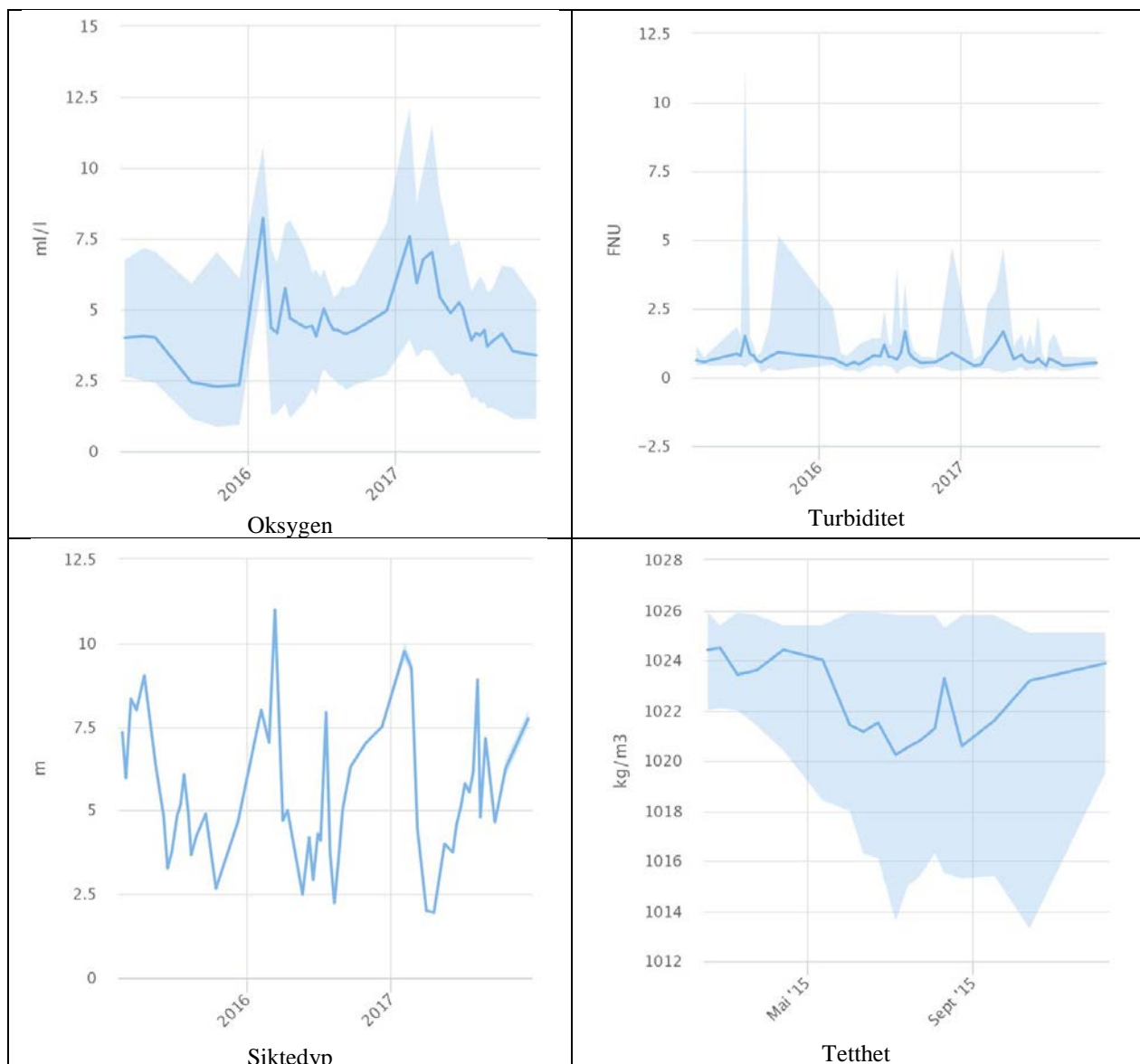
Dato: 01.03.2019

Side: 36 av 55

konsentrasjonene er vanlig i vinterhalvåret. Ammoniumnivåene ligger også i tilstandsklasse I og II med unntak av en måling i 2015 som var i tilstandsklasse III (moderat).

For total fosfor viser målingene noen høye verdier tilsvarende tilstandsklasse V (svært dårlig). Tilsvarende er høyeste verdier for fosfat i tilstandsklasse IV (dårlig).

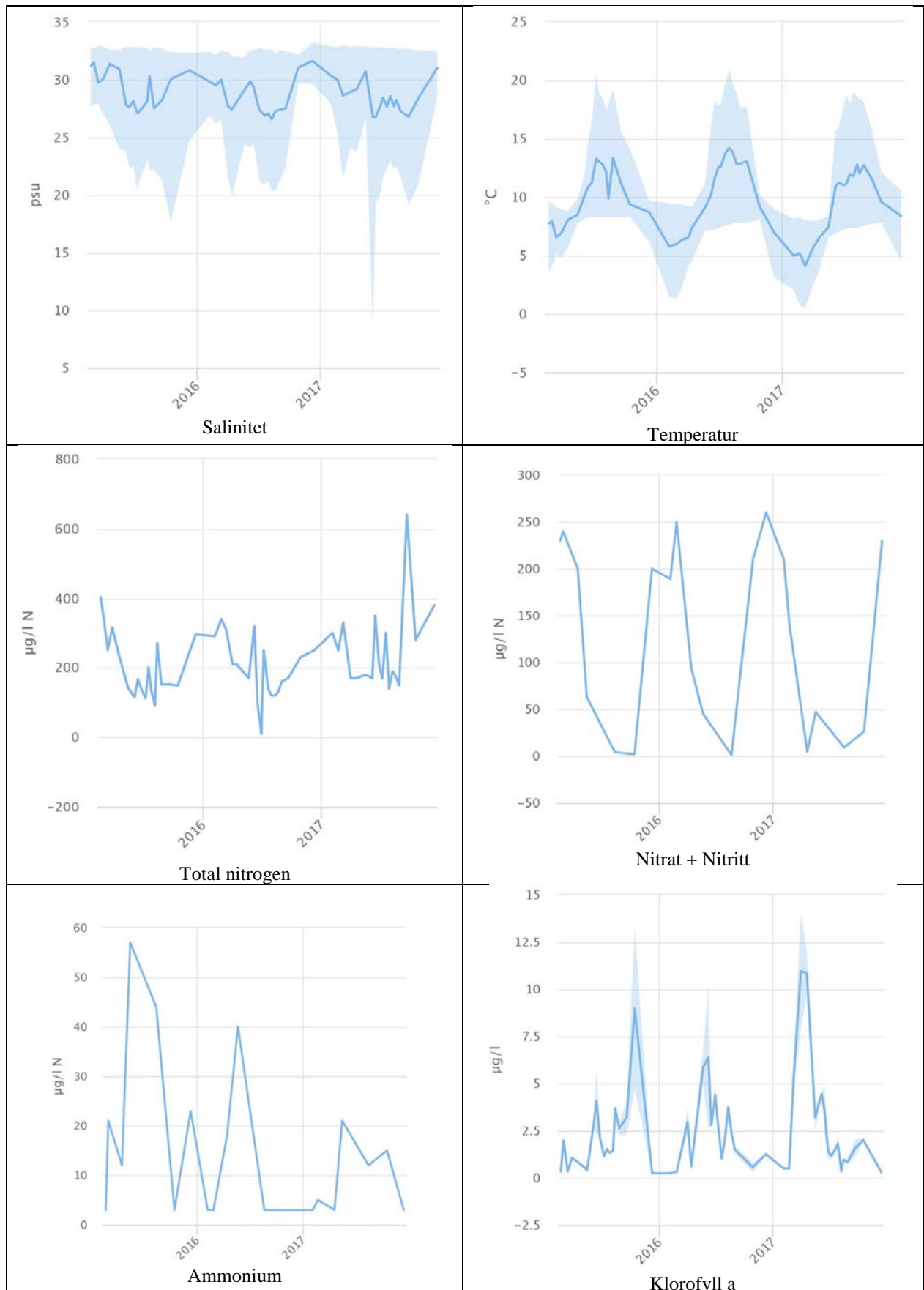
Tabell 14. Oversikt over konsentrasjoner av utvalgte parametere målt på målestasjon Indre Oslofjord, Bn1. Alle målinger er gjort i saltvann og er målt som dybdeprofil fra overflaten og ned til 83 m dyp [26].



Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

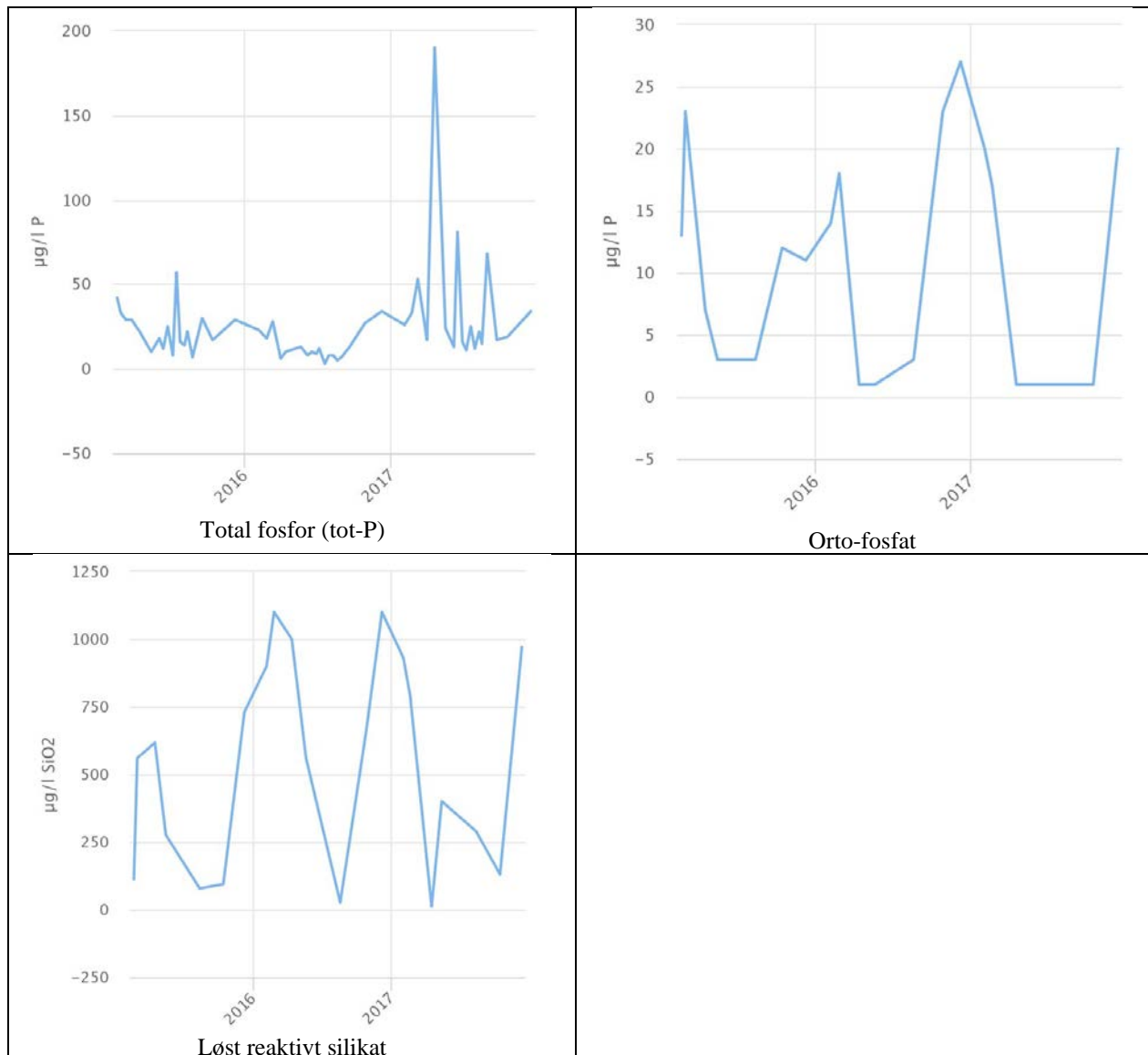
Side: 37 av 55



Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 38 av 55

**3.4.2 Viktige naturverdier**

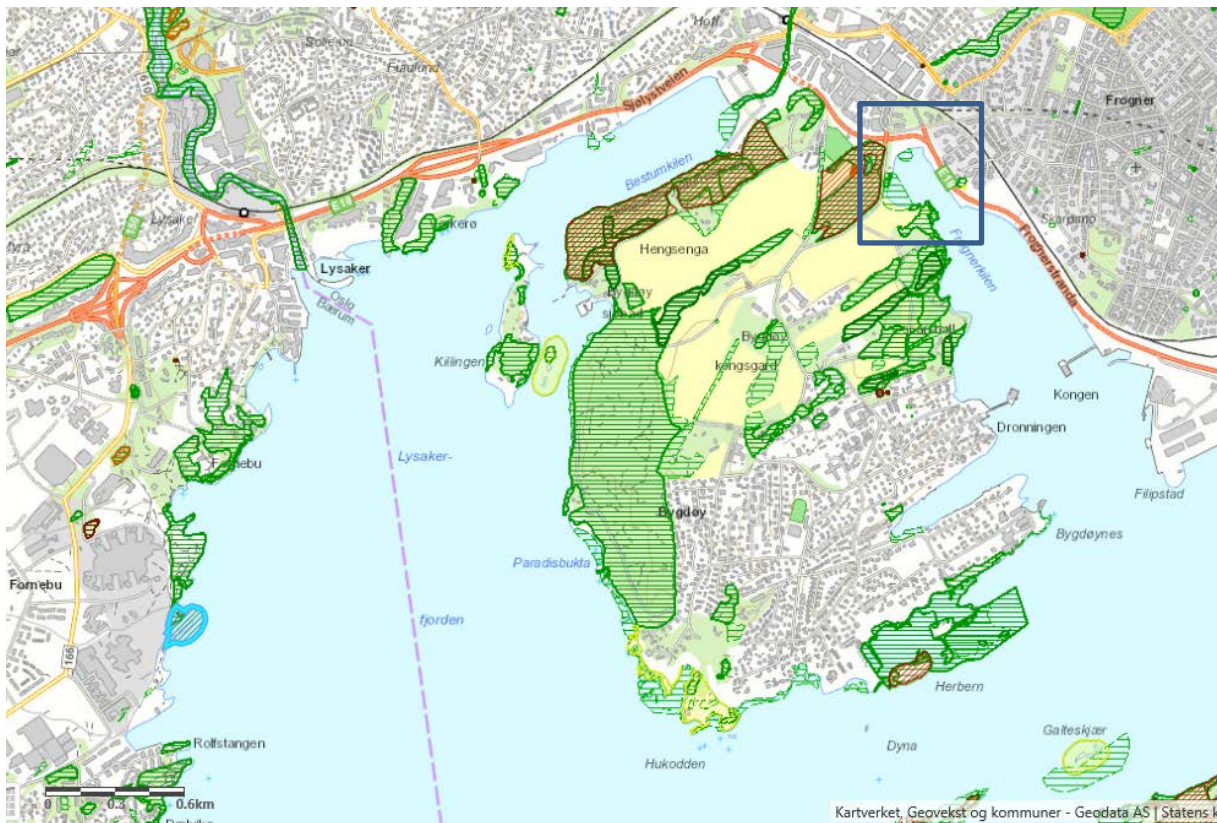
Det er flere naturtyper og enkelte verneområder på land og i sjø rundt Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen (Figur 16- Figur 17). Siden det meste av utslippsvann fra bygging av Fornebuibanen er planlagt ført ut til 20 meters vandndyp i sjø er det lite sannsynlig at disse naturtypene og verneområdene vil bli påvirket direkte. I Frognerkilen, hvor anleggsvannet ønskes tilført i Frognerbekken er det potensiell mulighet for påvirkning av to lokalt viktige naturtyper (begge har verdikode C), dvs. en østersforekomst og en strandeng/-sump (Figur 17). Særskilte avbøtendetiltak ved uhellutslipp bør beskrives i beredskapsplanen.

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon:01G

Dato: 01.03.2019

Side: 39 av 55



Figur 16. Registrerte naturtyper på land og i sjø i Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen [27]. Den blå firkanten viser plassering av kartutsnittet i Figur 17.



Figur 17. Plassering av østersforekomst (rød skravur) og strandeng/strandsump (lys grønn skravur) i sjø i Frognerkilen [27].

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 40 av 55

3.4.3 Økologisk tilstand

Utslipp av anleggsvann til nærliggende elver/bekker, avløp- og overvannsystemer i bygging av Fornebubanen vil kunne påvirke nærliggende resipienter i sjø. Det er derfor nødvendig å ha kartlagt dagens tilstand og vurdert denne opp mot miljømål før tiltaket igangsettes. Det er viktig at de mest sårbare kvalitetselementene overvåkes. Iht. økt tilførsel av næringssalter og dermed mulighet for økt eutrofiering er det bunndyr (bløtbunnsfauna) som vil være mest sensitive for lokale endringer, og til dels også makroalger i strandsonen dersom utslippet vil skje i overflatevann. Overvåkingens hovedvekt i sjø bør derfor legges på disse økologiske kvalitetselementene i tillegg til overvåking av næringssalter i vannmassene. Fokus i sjø er satt på følgende resipienter; Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen. I og med at anleggsvann i de fleste tilfeller er planlagt ført via rør ut i sjø på 20 m vanddyb, dvs. under den sonen hvor de fleste planteplanktonene oppholder seg, vil tilførte næringssalter trolig ha redusert effekt her. Men dersom det er mye partikler i utslippsvannet vil dette kunne medføre nedslamming av planter og dyr på sjøbunnen. I Frognerelva, hvor anleggsvann sannsynligvis føres direkte i elva, vil økte tilførsler av næringssalter kunne gi økt eutrofiering i resipienten og nedslamming av evt. bunnlevende organismer, så rensing av anleggsvann er påkrevd før utslipp til elva.

Et sammendrag av tilgjengelig informasjon innhentet fra pågående eller tidligere (nylig) overvåking i Indre Oslofjord er sammenfattet nedenfor. Indre Oslofjord overvåkes kontinuerlig av bl.a. Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid som bl.a. finansieres av Oslo kommune. Denne overvåkingen har pågått tilbake til 1970-tallet. Gjennom Indre Oslofjordovervåkingen samles det jevnlig (månedlig til årlig) inn data av ulike økologisk parametere for klassifisering av økologisk tilstand. Dataene ligger tilgjengelig i vannmiljø-databasen til Miljødirektoratet [20] og på Vann-nett.no [15]. Norconsult har i 2018, på vegne av Statens vegvesen, gjennomført en forundersøkelse hvor det er samlet inn data for næringssalter, utvalgte miljøgifter i sjøvann og sediment, bløtbunnsfauna og strandsonkartlegging i Lysakerfjorden i forbindelse med et ønske om utbygging av E18. Disse dataene vil bli tilgjengeliggjort av Statens Vegvesen i 2019 og vil inkluderes som grunnlagsdata i inneværende prosjekt.

3.4.4 Lysakerfjorden og Bestumkilen

Både Lysakerfjorden og Bestumkilen ligger i vannforekomst "Oslofjorden 0101020601-C" som i Vann-nett er klassifisert til moderat økologisk tilstand (Tilstandsklasse III) og et miljømål om å oppnå god økologisk tilstand i perioden 2021-2027. I undersøkte kvalitetselementer inngår: bløtbunnsfauna, planteplankton (klorofyll a) og makroalger.

Bløtbunnsfauna: Innlagte data i Vann-nett.no viser (des. 2018) god tilstand iht. bløtbunnsfauna (data 2015). Men det er ikke beskrevet hvor bløtbunnsfaunadataene er innhentet, og vannforekomst Oslofjorden er stor, så det er usikkert om disse dataene er representative og relevante for Lysakerfjorden og Bestumkilen. I 2003 og 2009 ble det samlet inn bløtbunnsfaunadata fra stasjon Bn11 som ligger omtrent midt i Lysakerfjorden [28]. Resultatene viste tilstandsklasse svært dårlig i 2003 og tilstandsklasse moderat i 2009 basert på NQ1_{stasjon}. Det ble i 2018 samlet inn bløtbunnsfauna-prøver vest for Fornebu og gjennomført en hardbunnsundersøkelse i Lysakerfjorden av Norconsult, i forbindelse med en forundersøkelse relatert til prosjektering av ny E18 for Statens Vegvesen. Disse resultatene vil inkluderes så snart de foreligger.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 41 av 55

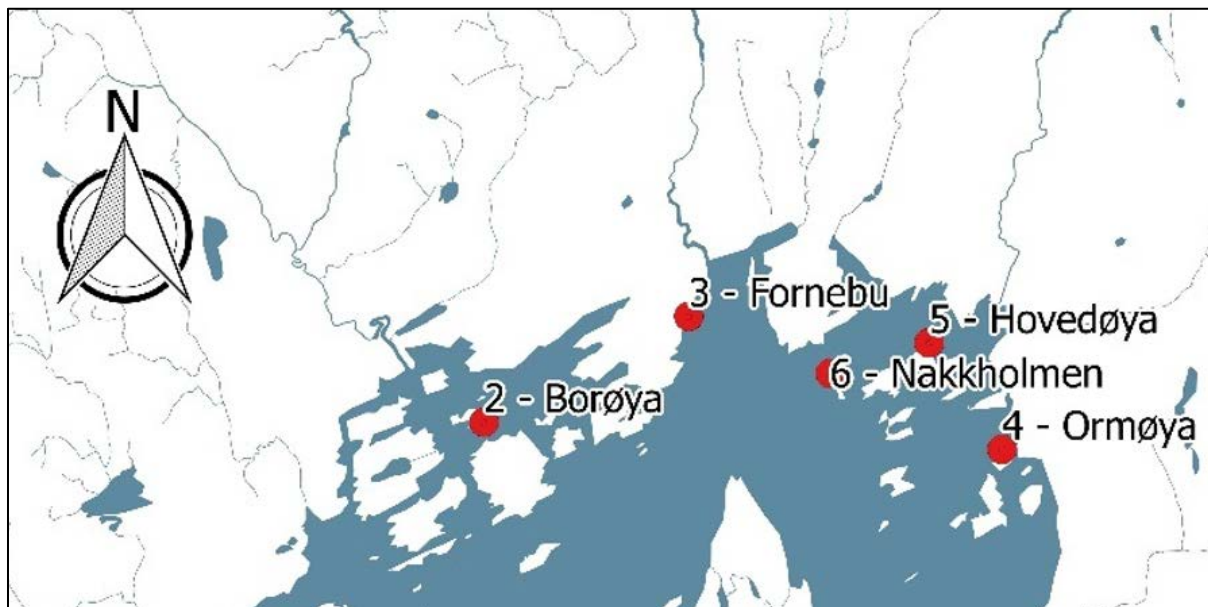
I 2009 og 2017 ble det gjennomført undersøkelser av økologisk tilstand basert på levende foraminiferer i Lysakerfjorden [29]. Resultatene viste henholdsvis god (2003) og moderat (2017) økologisk tilstand ved stasjon Bo2-1 (like sørvest for Bygdøy). Naturlig tilstand-undersøkelser basert på foraminiferer på samme stasjon viser god økologisk tilstand på 1800-tallet [30].

Planteplankton: Klorofyll a-data fra vannforekomst Oslofjorden viser god økologisk tilstand (Tabell 15; data fra 2015-2017 i Indre Oslofjord-overvåkingen er hentet fra Norconsult [25]). I innværende oppdrag vil det være mest relevant å sammenlikne med data fra Bn1 (Tabell 14).

Tabell 15. Klassifisering av klorofyll a i vannforekomst "Oslofjorden" 2015-2017 inklusive data fra bl.a. Bn1 i Lysakerfjorden [25]. Dataene er klassifisert etter Direktorsgruppen Veileder 02/2013 revidert 2015.

Vannforekomst	Vanntype	Prøvetakingstasjon	Verdier i vekstsesong Chl a (90-persentil)				nEQR
			2015	2016	2017	2015-2017	2015-2017
Oslofjorden (Vestfjorden)	S2	Dk1, F11, Gk1, Bn1	3,65	4,86	5,62	4,90	0,64

Makroalger: I 2017 ble det undersøkt nedre voksegrense samt endringer i flora- og faunasammensetning på ulike stasjoner i Indre Oslofjord (Figur 18), inklusive ved Fornebu [25]. Undersøkelsene ble gjennomført av DNV/Norconsult. Disse undersøkelsene gjennomføres hvert andre år fremover (dvs. 2020 og 2022 osv.) i Indre Oslofjord-overvåkingen og vil kunne være relevante dataserier som kan inkluderes også for Fornebubane-prosjektet.



Figur 18. Lokalisering av stasjon 3 for undersøkelse av nedre voksegrense og flora- og faunasamfunn [25].

Beregnete nEQR-verdier basert på nedre voksegrenser ved Fornebu viser i 2017 tilstandsklasse moderat (III)(Tabell 16). I enkelte år var det for få arter tilstede for å kunne beregne tilstandsklasse.

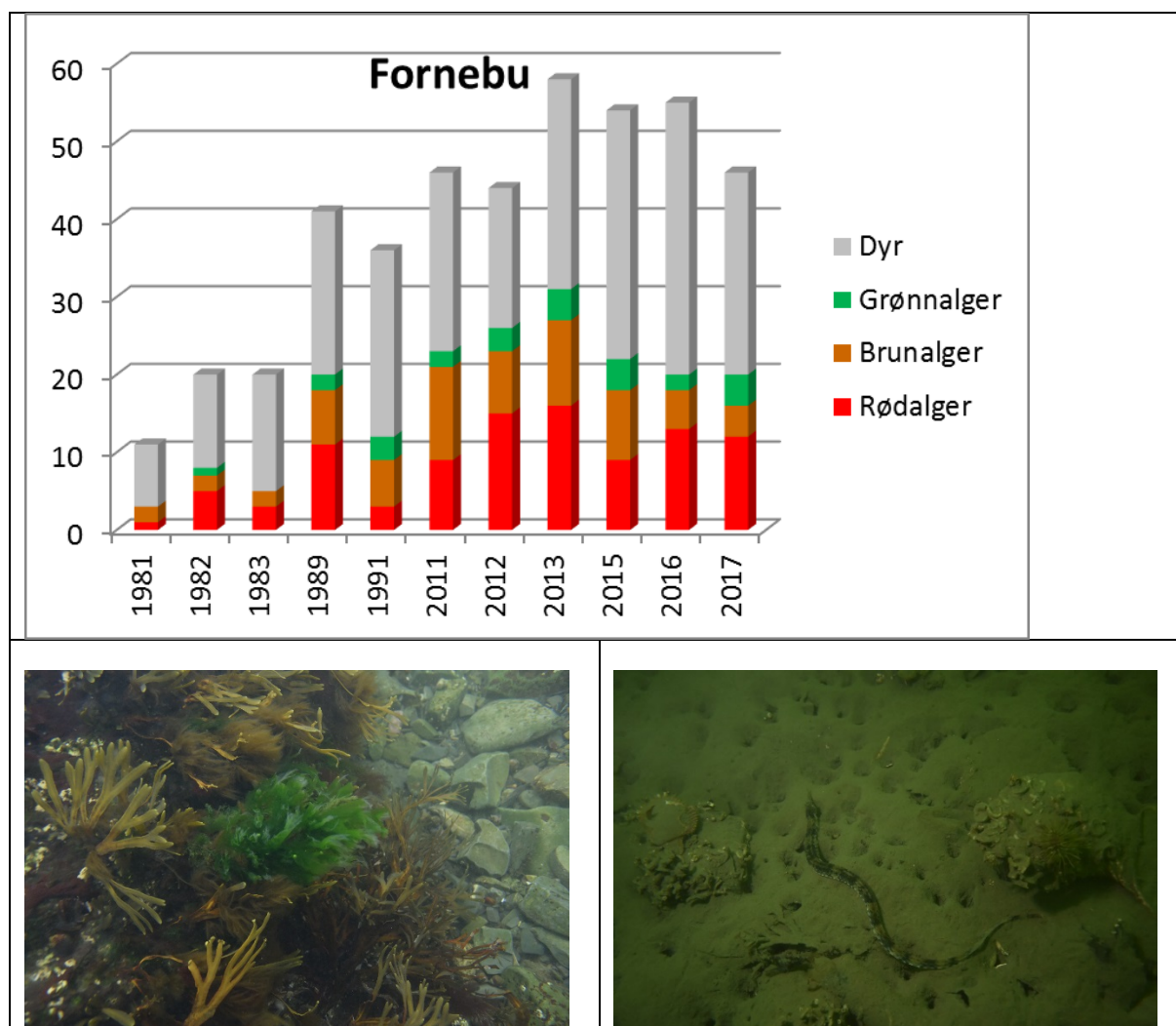
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 42 av 55

Tabell 16. Viser beregnede nEQR verdier basert på nedre voksegrense av 8 utvalgte opprette alger. Klassegrenser og farger iht. Veileder 02/2013 revidert 2015. NB: Vær oppmerksom på at kriterier for bedømming av nedre voksegrense er endret etter 2013. n.a = nEQR har ikke blitt beregnet da det er registrert færre enn 3 av artene (data hentet fra Norconsult [25]).

Stasjon	1981	1982	1983	1989	1991	2011	2012	2013	2015	2016	2017
Fornebu	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	n.a.	0,73	0,73	0,67	n.a.	n.a.	0,53



Figur 19. Antall arter/taxa av rødalger, brunalger, grønnalger og dyr ved Fornebu årene 1981, 1982, 1983, 1989, 1991, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 og 2017 (figur og bilder hentet fra Norconsult [25]).

Antall arter alger og dyr ved Fornebu i 2017 er vist i Figur 19 sammen med data tilbake til 1981. Det var i 2017 dårlig sikt og alger og berg var tydelig nedslammet nedover i dypet. Det ble gjort enkelte registreringer av stillehavsøsters (svartlistet art).

3.4.4.1 Frognerkilen

Frognerkilen ligger i vannforekomst "Bekkelagsbassenget 0101020702-2-C" som er karakterisert som vanntype "beskyttet kyst/fjord". I Vann-nett er vannforekomsten klassifisert med dårlig økologisk

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 43 av 55

tilstand (tilstandsklasse IV), men har som miljømål å oppnå god økologisk tilstand i perioden 2021-2027. Vannforekomsten Bekkelagsbassenget (sammen med vannforekomsten "Oslo havn og by") strekker seg over et stort bynært område og er dermed påvirket av avrenning/forurensning fra Oslo by.

Det finnes lite data i Vannmiljø og Vann-nett som kan gi informasjon om økologisk tilstand inne i Frognerkilen. Det finnes i Vannmiljø noe data over tidligere undersøkelser av miljøgifter i organismer innsamlet i forbindelse med prosjekter som "Miljøgifter i en urban fjord" (i regi av Miljødirektoratet) og "Supplerende tiltaksovervåking i Indre Oslofjord" (i regi av UiO). Slike data kan brukes som informasjon om bakgrunnskonsentrasjoner før tiltaket startet. Data fra Miljødirektoratets overvåkingsprogram "Urban fjord" som har lang tidshorisont fremover vil i tillegg kunne brukes som supplerende overvåkingsdata under tiltak.

Det er gjennom Indre Oslofjordovervåkingen (i regi av Fagrådet) gjennomført jevnlig fjæreundersøkelser av 5 tangarter som har forskjellig respons på forurensning. I 2017 var det registrert "vanlig forekomst" til dominans av gjelvtang (en forurensningstolerant tangart) i Frognerkilen og Bestumkilen og Lysakerfjorden (Figur 20).



Figur 20. Plassering av Frognerkilen i Bekkelagsbassenget vannforekomst.

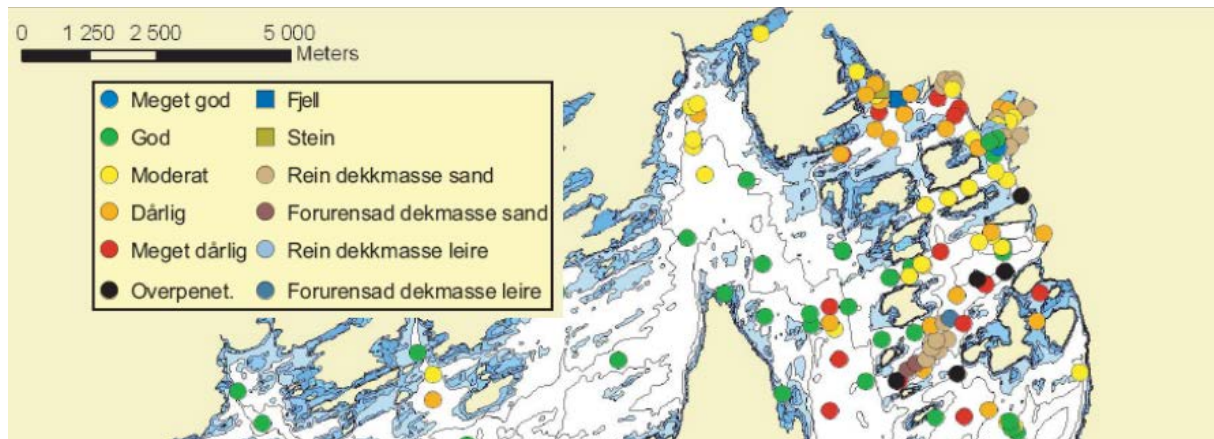
Det er i offentlig tilgjengelige databaser (Vannmiljø, Vann-nett m.fl.) ikke registrert data for økologisk kvalitetselementer inne i Frognerkilen. Bløtbunnsfaunadata innsamlet like nordøst Bygdøy (stasjon Ap3-2) i inn/utløpet til Frognerkilen i 1993 [31] viser "svært dårlig" økologisk tilstand og anoksiske sedimenter.

Det ble i 2008-2009 gjennomført en inngående sedimentprofilograferings (SPI)-undersøkelse i Indre Oslofjord av NIVA på oppdrag av Fagrådet i Indre Oslofjord (Figur 21; [32]). Sediment og bløtbunnsfauna ble da klassifisert gjennom en visuell kartlegging, bildeanalyse og beregning av en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index, BHQ). Resultatene viser tilstandsklasse moderat til dårlig i Frognerkilen og i all hovedsak moderat i Bestumkilen og Lysakerkilen.

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 44 av 55



Figur 21. Undersøkte SPI-stasjoner fra 2008 og 2009 med tilstandsklasser (utsnitt fra NIVA rapport [32]).

Oppsummering og vurdering av datagrunnlaget for sjø

Det samlede datagrunnlaget for økologisk tilstand for Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen er svært varierende og delvis mangelfullt (spesielt i Bestumkilen og Frognerkilen). Både Lysakerfjorden, Bestumkilen og Frognerkilen er områder som ligger bynært og er allerede svært påvirket av menneskelig aktivitet. Det er få registrert viktige naturtyper (C: lokalt viktige), men iht. Naturmangfoldloven skal aktsomhet og "føre var prinsippet" tas høyde for i tilfeller hvor kunnskapsgrunnlaget om naturmiljøet er mangelfullt.

I henhold til å si noe om nåværende økologisk tilstand i Lysakerfjorden, kan man benytte data fra bløtbunnsfauna-, makroalge- og foraminiferundersøkelser innsamlet i perioden 2017-2018. Det er i tillegg noe SPI-data fra 2009 som kan gi en indikasjon på tilstand. De fleste av de økologiske kvalitetselementene viser tilstandsklasse III (Moderat) noe som tilsier at økologien i området er moderat påvirket. I Bestumkilen og Frognerkilen har man ingen nyere informasjon om økologisk tilstand, kun SPI-data fra 2009 som indikerer tilstandsklasse III-IV (Moderat til Dårlig). Det er verd å merke seg at Bestumkilen og Frognerkilen og til dels også Lysakerfjorden er svært ferskvannspåvirket pga. tilførsel av ferskvann via elv- og bekker. I slike ferskvannspåvirkede områder vil fauna/flora potensielt allerede være stresset, og det er viktig at det gjennomføres grundige forundersøkelser for å dokumentere nåtilstanden i forkant av tiltaket.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 45 av 55

4. Miljøriskovurdering av utslipp til resipient

Det er generelt et ønske fra Oslo og Bærum kommunes side at alt av rensert anleggsvann skal sendes til resipient eller infiltreres lokalt. Dette fordi avløpsnettene i kommunene er presset med hensyn på kapasitet. Det vil være vanskelig å infiltrere vann lokalt, og det er derfor utført en vurdering av mulige resipienter for utslipp i nærheten av anleggsområdene. De enkelte resipientenes kapasitet kommenteres under sammen med potensiell påvirkning av anleggsarbeidene.

Gjennomsnittlig og minimumsvannføring i elvene er vist i Tabell 17. For utslipp til fjorden anbefaler EUs Technical Guidance Document [33] at det benyttes en initiell fortynningsfaktor på 10 for utslipp i kystnære områder. Fortynningsgraden for elvene må derimot sees i sammenheng med vannføringen.

Tabell 17 Oversikt over resipientene og vannføring.

Anleggsområde	Vannføring i nærliggende resipient		
	Middelvannføring (l/s)	Laveste vannføring (l/s)	Resipient
Majorstuen	350	33	Frognerelva
Madserud	380	33	Frognerelva
Skøyen	200	8,4	Hoffselva
Vækerø	Ikke relevant	Ikke relevant	Ingen tilgang pga. E18, må til VEAS
Lysaker	4200	300	Lysakerelva
Fornebuporten	Ikke relevant	Ikke relevant	Lysakerfjorden
Flytårnet	Ikke relevant	Ikke relevant	Lysakerfjorden
Fornebu st	Ikke relevant	Ikke relevant	Lysakerfjorden

4.1 FROGNERELVA

Arbeidene ved tverrslaget på Madserud og ved Majorstua stasjon er planlagt å foregå samtidig i en periode på ca. 2,5 år. Frognerelva har en middelvannføring på 380 l/s [18], men ifølge vannmiljø er det registrert vannføring så lav som 33 l/s. Behovet for utslipp av anleggsvann fra tverrslaget på Madserud vil være større enn fra anleggsområdet på Majorstua, og samlet vil trolig utslippet være på linje med laveste målte vannføringa i elva. Fra tverrslaget vil anleggsvannet inneholde en del ammoniumforbindelser grunnet sprengningsarbeidene. Selv om pH senkes til <8, hvor innholdet av giftig ammoniakk vil være lavt, vil en overskridelse av pH, ved et uhell, kunne føre til at konsentrasjonen av giftig ammoniakk vil kunne ytterligere forringe den økologiske tilstanden i elva. Betongarbeidene fra tunnelen vil lett kunne øke pH-en i anleggsvannet til >12. Et utslipp av vann med så høy pH vil kunne ta livet av bunndyr og fisk som finnes der.

I tillegg til fare for ammoniakkforgiftning og høy pH fra utslipp fra Madserud vil tunneldrivingen føre til at urensert anleggsvann vil ha et høyt innhold av suspendert stoff. Et utslipp av anleggsvann med høyt innhold av suspender stoff vil kunne både føre til alvorlig tilslamming av resipienten samt være til fare for ørreten i elva.

Fra arbeidene ved Majorstua stasjon vil det kun være nødvendig med utslipp av anleggsvann fra byggegrop. Mengden vann som må slippes ut vil derfor være langt lavere enn fra Madserud. Her er laveste estimerte vannføring 33 l/s. Anleggsvannet vil ikke inneholde nitrogen og det vil derfor ikke være fare for utslipp av ammoniakk, og det suspenderte stoffet som er i vannet vil ikke bestå av skarpe korn fra sprengning, men av avrundede partikler fra løsmassene i området. Ved dette

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 46 av 55

anleggsområdet vil det trolig også bli noe betongarbeider som vil kunne føre til høy pH i anleggsvannet, men kvaliteten på anleggsvannet fra arbeidene på Majorstua vil ikke skille seg fra anleggsvann fra andre «vanlige» byggeprosjekter. Det vil ikke være mulig å legge ledning i elven, grunnet lang avstand til sjø.

Vi anbefaler derfor at tunnel- og anleggsvann fra Madserud går til kommunalt renseanlegg etter rensing. På Majorstua vil det kun være utslipp av anleggsvann. Dersom overvåkningsprogrammet av resipient og anleggsvann, slik det er beskrevet av PGF følges [34], samt grenseverdiene i kapittel 4.6 ikke overskrides, ser vi det som forsvarlig at rensset anleggsvann fra Majorstuen slippes til Frognerelva. Akseptable vannmengder er beskrevet i kapittel 4.7.

4.2 HOFFSELVA

Hoffselva har en stamme sjøørret som tidligere ble redusert med 50% grunnet utslipp av fosforsyre [35]. Utslipet slo også ut bunndyrsamfunnet. Anleggsvann fra anleggsområdet til Skøyen stasjon vil være aktuelt å slippe ut i Hoffselva. Det vil ikke drives tunnel fra dette området, og anleggsvannet vil derfor kun inneholde innlekkasjevann og vann fra nedbør. Det er ikke forventet at dette vannet inneholder økte mengder med nitrogen / ammonium. På Skøyen er det planlagt byggegropp med et areal på ca. 13 000 m² noe som kan medføre at regnvann og innsig av vann tidvis kan føre til vannmengder >20 l/s som må renses og slippes ut. Siden Hoffselvas middelvannføring er ca. 200 l/s anbefales det at utslippshastigheten av anleggsvann ikke overstiger 10 l/s ved normal vannføring. Ved lav vannføring (ned mot 8,4 l/s) vil anbefalt utslippshastighet være maks 5 l/s. Det er både fisk og bunndyr i elva som må tas vare på, i tillegg til sterke interesser knyttet til elven i nærområdet. Ved anleggsområdet vil det trolig også bli noe betongarbeider som vil kunne føre til høy pH i anleggsvannet. Grunnet den lave vannføring i Hoffselva i forhold til nødvendighet utslippshastighet og mengde, vil derfor ikke utslipp av rensset anleggsvann være forenlig med bevaring av resipienten. Det anbefales derfor at det legges ledning i elva til sjø. Hoffselva har utløp i Bestumkilen, men siden denne er relativt grunn, anbefales det at utløpsledningen legges ut til Lysakerfjorden på ca. 20 m dyp, hvis mulig.

4.3 LYSAKERELVA

Anleggsvann fra anleggsområdet til Lysaker stasjon vil være aktuelt å slippe ut i Lysakerelva. Det vil ikke drives tunnel fra dette området, og anleggsvannet vil derfor kun inneholde innlekkasjevann og vann fra nedbør. Det er ikke forventet at dette vannet inneholde økte mengder med nitrogen / ammonium da det ikke vil foregå sprengning på anleggsområdet. Ved anleggsområdet vil det trolig bli noe betongarbeider som vil kunne føre til høy pH i anleggsvannet. Dette vil være uheldig å slippe ut i elva.

Lysakerelva er et anadromt vassdrag, her går både laks og ørret opp for å gyte. Lysakerelva er derfor spesielt sårbare i forhold til utslipp av anleggsvann.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 47 av 55

Grunnet lav vannføring i Lysakerelva i forhold til nødvendig utslippshastighet og mengde, vil derfor ikke utslipp av rensset anleggsvann være forenlig med bevaring av resipienten. Det anbefales derfor at det legges ledning i elva til sjø.

4.4 SJØ

Fra arbeidene på Fornebu (tre stasjoner), Lysaker og Skøyen anbefales det at anleggsvannet føres via rørledning til sjø med utslipp på > 20 m dyp. Da Bestumkilen er svært grunn, må ledningene for anleggsvann fra Skøyen forlenges ut i Lysakerfjorden for å oppnå stort nok vanddyb (>20 m). Holtekilen er også svært grunn og det anbefales at anleggsvann fra Fornebuporten stasjon føres til Lysakerfjorden. Dette vil kreve egen pumpeledning som må krysse under Snarøyveien for påslipp til kommunal overvannsledning ved Fornebuporten tverrsalg og som vil gå videre til >20 meters dyp. I forbindelse med utlegging av sjøledninger må Kystverket varsles og det bør etableres sjømerker i grunne farvann. Anleggsvann fra arbeid på Majorstua vil slippes i Frognerelva og videre ut i sjø. Rensing og fjerning/reduksjon av finpartikulært materiale før utslipp i elv/sjø er påkrevd og forutsettes gjennomført kontinuerlig under tiltaket.

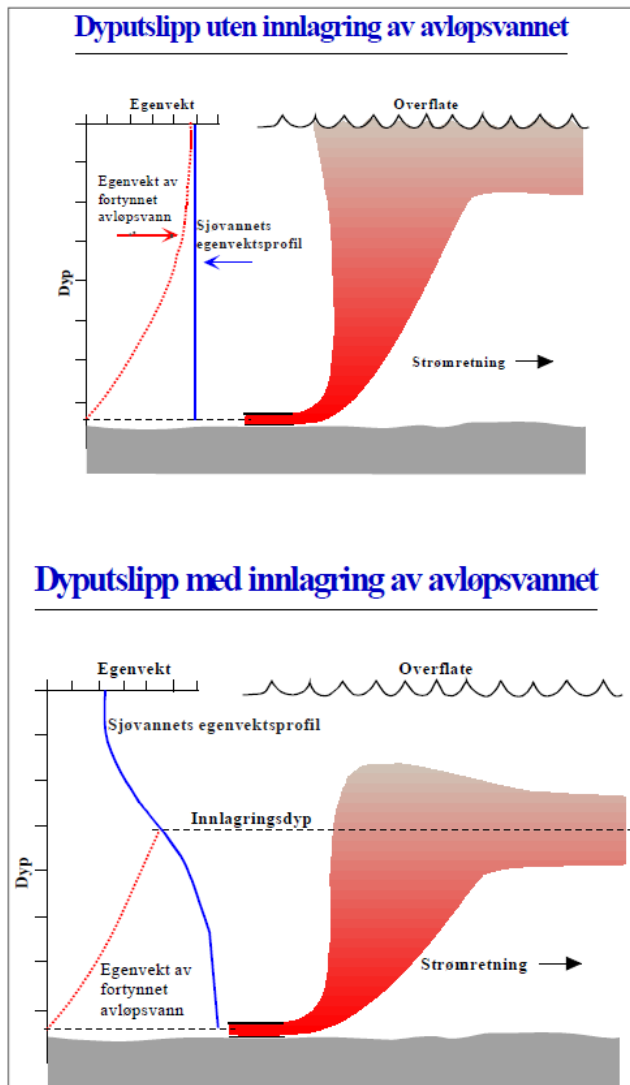
Lysakerfjorden er allerede ferskvannspåvirket i øvre del av vannsøylen (de øverste 0-20 meter; se eksempel fra Bn1 i Figur 15). Ferskvann som føres ut på dypere vann i sjøvann vil pga. egenvekt stige opp og blandes inn i en såkalt innlagringssone, som vist i Figur 22. I Lysakerfjorden, hvor det normalt sett er en stratifisering av vannmassene (pga. tilført ferskvann i overflatevannet) vil innlagringen trolig skje i de mellomliggende vannmasser. Men "innblandingssonen" vil også kunne påvirkes av andre hydromorfologiske egenskaper som strømningsmønster, temperatur (sesongbetont) samt bunnens bredde, form og beskaffenhet. Strømningsmønsteret i mellomliggende og dypereliggende vannlag i Lysakerfjorden er ikke kjente.

Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen

Revisjon: 01G

Dato: 01.03.2019

Side: 48 av 55



Figur 22. Dyputslipp med og uten innlagring av utslippsvann. Øverste figur viser en situasjon uten vertikal sjiktning i vannmassene (sjøvann med konstant egenvekt) hvor utslippsvannet når overflaten. Nederste figur viser en situasjon med vertikal sjiktning (egenvekten av sjøvannet øker med dyp) og innlagring av utslippsvann i mellomliggende vannmasser [36].

Suspendert stoff: Ved tilførsel av forhøyede konsentrasjoner av suspendert stoff på sjøbunnen (ved 20 m. vanddyb) vil det kunne skje en nedslamming av bunnhabitater og organismene som lever der. Dette vil ha stor effekt på fastsittende alger og ulike typer bunndyr, spesielt filtrerende organismer og organismer som ikke har mulighet til å flytte seg bort (rømme). Selv om mange av organismene uttraderes under tiltaket vil sannsynligvis samme type organismer rekolonisere området igjen når tiltaket er ferdig, forutsatt at substrattypen ikke er endret i større grad. Finpartikulært materiale (silt og leir) vil potensielt også kunne bli med opp i vannmassene og påvirke fisk som lever der. Spesielt er fiskenes gjeller, fiskeegg og yngel sårbare. Det er ikke registrert noen spesielt verneverdige gyteområder i Lysakerfjorden, men det oppfordres likevel til at det tas hensyn under for eksempel laksevandringstiden til og fra Lysakerelva. Basert på erfaringer av suspendert stoff i elver og innsjøer som gir effekter på fisk anbefales det at konsentrasjonen i resipienten holdes under 80 mg/l for å unngå et betydelig redusert fiske (Tabell 4) og for å beskytte sårbare marine fiskearter (eksempelvis kysttorsk som er en truet bestand i Indre Oslofjord).

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 49 av 55

Partikkelform: Fornebubanen vil i all hovedsak "brytes" i Kambro-silur bergarter som består av vekslende kalkstein og skifer, og enkelte ganger ("sill" og "dykes") av basalt og rombeporfyr. Det vil kunne dannes skarpe, flisige eller nåleformede partikler fra sprengning, tunneldriving og knusing, som har vist seg å kunne gi skader på fisk og andre organismer ved forholdsvis lave konsentrasjoner. Dersom dette likevel skulle vise seg å være problematisk bør ytterligere tiltak igangsettes for å redusere partikkelspredning til sjø.

Nitrogenforbindelser: Teknisk rapport 09, fra Norsk forening for Fjellsprengningsteknikk, [5] viser eksempel på miljøriskovurdering hvor rensset tunnelanleggsvann har en maksimalkonsentrasjon på 10 mg/l. Med en antatt fortykning i sjø på 1:10 gir dette konsentrasjoner på 1 mg/l noe som tilsvarer tilstandsklasse V [4]. Tilførsel av store mengder nitrogen til sjø, spesielt i øvre vannlag, vil kunne medføre overgjødsling og algeoppblomstringer (dersom andre abiotiske faktorer slik som temperatur og sollys er på plass), både av planteplankton og større algevekster i strandsonen (ettårige grønnalger). Dette kan gi redusert vannkvalitet og strender dekket med glatte algelag, noe som gjør fritidsaktiviteter mindre tiltalende. Ved høy pH (>8,2) og temperatur (20°C) vil det også kunne dannes giftig ammoniakk i sjø (ref. Figur 2). For vannlevende organismer har EU satt en PNEC-verdi for ammoniakk på 1 µg/l for sjøvann [2]. Tilførsel av anleggsvann på dypt vann i sjø er derfor et godt tiltak for å redusere muligheten for algeoppblomstringer (da de fleste planteplankton og makroalger trives best i overflatevann) og for å unngå dannelse av ammoniakk (lavere temperaturer og pH lenger ned i vannsøylen enn i overflatevann).

pH: Sjøvann har generelt svært høy bufferkapasitet. Utslipp av anleggsvann under 20 meter forventes derfor ikke å kunne påvirke pH i betydelig grad i resipienten.

Miljøgifter og oljeforbindelser: Anleggsvann kan føre med seg flere typer miljøgifter (tungmetaller, PAH og PCB) og oljeforbindelser som kan være toksiske eller svært skadelige i forhøyede konsentrasjoner for vannlevende organismer i sjø. Store utslipp av oljeforbindelser kan i tillegg medføre oksygensvinn i vannmassene. En betydelig andel miljøgifter er partikulært bundet. Fjerning/kraftig reduksjon av partikler fra utslippsvannet redusere dermed risiko for spredning av partikkelbundne miljøgifter til sjø.

4.5 UTSLIPP TIL AVLØPSNETT

Fra Madserud og Vækerø anbefales det at rensset anleggsvann slippes til avløpsnettets ettersom man ikke ser noen andre løsninger. Anleggsvannet fra Madserud vil bestå av både tunneldrivevann og anleggsvann fra byggegrøp. Utslipp av denne type vann er ikke forenelig med ivaretagelse av Frognerelva. På Vækerø er det ikke teknisk mulig å sende vann til annen resipient grunnet mangel på overvannsnett i nærheten for å lede vannet til sjø. For å hindre overløp til sjø på Vækerø fra avløpsnettets (på grunt vann) legges det opp til fordrøyning i byggegrøp/tunnel i større nedbørsperioder. Ved Madserud antas det at det ikke fare for overløp siden byggegrøpen har begrenset størrelse.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 50 av 55

4.6 FORSLAG TIL GRENSEVERDIER FOR UTSLIPP TIL RESIPIENT

Basert på den innledende risikovurderingen av Frognerelva og sjøen er det foreslått en rekke grenseverdier for kvaliteten av rensed tunnel- og anleggsvann. En sammenstilling av disse grenseverdiene er vist i Tabell 18. Grenseverdiene for suspendert stoff som slippes til elvene er satt til tilsvarende nivå som er naturlig i elvene (se informasjonen i kapitlene om kjemisk tilstand). For sjø er det satt utslippsgrense på 200 mg/l for suspendert stoff. pH er satt utfra tålegrensen for biologiske organismer som lever i ferskvann, mens i sjøvann er bufferkapasiteten mht. pH svært høy. Eventuelle begrensninger på pH til sjø vil komme fra begrensninger fra kommunen for bruk av kommunalt nett. Utslipet av løste tungmetaller bør være såpass lave at konsentrasjonene ikke vil overstige tilstandsklasse III etter fortyning med ellevann/sjø eller føre til forverring av eksisterende kjemisk og biologisk tilstand (iht. Miljøsmål).

Tabell 18. Forslag til grenseverdier for anleggsvann for utslipp til henholdsvis Frognerelva og sjø.

Resipient Parameter	Anleggsvann til Frognerelva		Anleggsvann til sjø	
	Gjennomsnitt*	Maksimum enkeltverdier	Gjennomsnitt	Maksimum enkeltverdier
pH	6-9	5,5-9	***	***
Suspendert stoff **(mg/l)	100	200	100	200
Oljeforbindelser (mg/l)**	10	20	20	40

*90% av tiden/90% av prøvene

** Ukeblandprøve

*** Avhenger av evt. begrensninger til ledningsnett

Metaller, PAH og PCB må overvåkes iht. overvåkingsprogram [34]. Resultatene skal vurderes av personell med miljøfaglig kompetanse og må vurderes mot vannføring i resipient og tilstandsklassene i vannforskriften. Ved lav vannføring (<100 l/s) i Frognerelva må grenseverdiene i gitt i Tabell 18 revurderes.

4.7 AKSEPTABLE VANNMENGDER

Basert på vannføring og en anbefalt fortynningsgrad på 1/10 foreslås det at det maksimalt bør slippes ut 10 l/s for Frognerelva. For utslipp til sjø vil kapasiteten til ledningsnett være begrensende med tanke på vannmengder.

5. Oppsummering og konklusjon

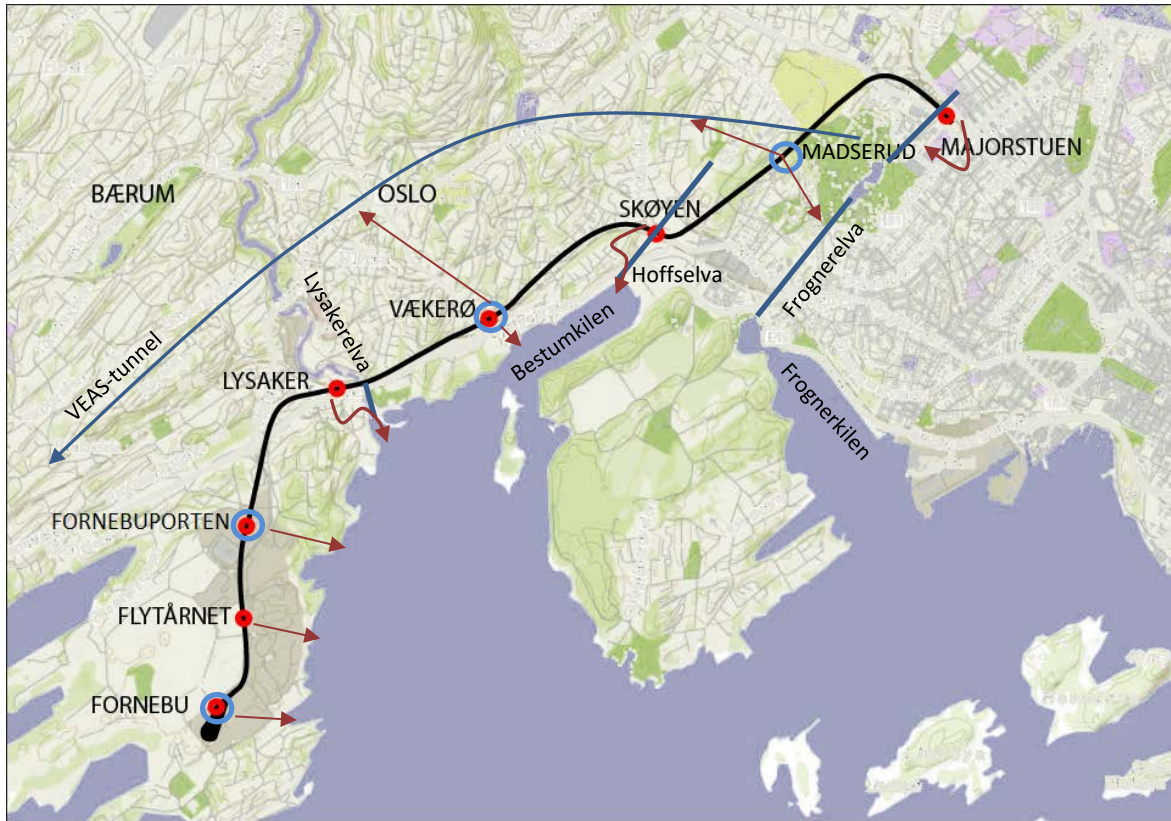
Fornebubanen planlegges å drives fra fire lokasjoner: Fornebu stasjon, Fornebuporten, Vækerø og Madserud. Vann fra Vækerø og Madserud planlegges sluppet på fellesavløpsnett (AF-ledningen) som går til VEAS, men i perioder med mye nedbør vil deler av vannet fra Vækerø kunne gå i overløp til sjø. Anleggsvann fra Flytårnet, Lysaker, Skøyen og Majorstua vil kun bestå av vann fra byggepropp

Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasenRevisjon: **01G**

Dato: 01.03.2019

Side: 51 av 55

og riggområder, og er planlagt sluppet til resipient etter rensing. En oversikt over anleggsområder og utslippspunkter er vist i Figur 23. Tabell 19 viser en oversikt over hovedkilder til anleggsvann samt hvor det rensede vannet planlegges sluppet ut.



Figur 23. Grov skisse over anleggsområder og utslippsveier for anleggsvann ifm. byggeperioden til Fornebuibanen. Byggegrøpene blir på stasjonsområdene samt ved Madserud. Der tunnelene skal drives fra, er vist med blå ring. De brune pilene viser foreslått på/utslippspunkt for anleggsvann via overvannsnett, i elver eller til VEAS-tunnelen.

Renset anleggsvann anbefales å slippes ut til følgende resipienter/reanseanlegg:

- Fra Majorstua anbefales det at rensert anleggsvann slippes til Frognerelva. Det er ansett som lite sannsynlig at utslipp fra arbeid på Majorstua stasjon via Frognerelva til sjø vil ha store effekter på livet i Frognerkilen. Men det anbefales at partikkelinnholdet (suspendert stoff) i utslippsvannet holdes så lavt som mulig. Ved stor tilførsel av finpartikulært materiale (utslippshell) bør det settes inn avbøtende tiltak for å skjerme lokalt viktige naturtyper innerst i Frognerkilen.
- På Madserud må vannet slippes på spillvannsnett til VEAS.
- På Vækerø må anleggsvann slippes på spillvannsnett til VEAS i tørrværsperioder. I nedbørsperioder vil vannet kunnet gå i overløp til sjø.
- For stasjonsområdene på Fornebu stasjon, Flytårnet, Fornebuporten, Lysaker og Skøyen vil utslipp gå via ledning og videre ut i Lysakerfjorden og slippes ut på 20 meters dyp. At utslippsvannet føres ut på 20 m vanddyb reduserer muligheten for påvirkning av strandsonen

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 52 av 55

samt økt eutrofiering/planteplanktonvekst (som følge av økt næringssalttilførsel til fjorden). Negative effekter ved en slik løsning er at bunnlevende planter og dyr som lever i nærheten av utslippspunktene vil kunne nedslammes eller påvirkes negativt (eks. toksiske effekter) av tilførte miljøgifter og oljeforbindelser. Mengde suspendert stoff bør holdes på minimumsnivå da dette vil redusere muligheten for både nedslamming og spredning av partikkelbundne miljøgifter. Bunnfaunaen ved utslippspunktene bør overvåkes (før, under og etter) for å vurdere effekter av tiltak, sammen med overvåking av turbiditet i utslippsvannet. Tabell 19 gir en oppsummering av lokaliteter, type vann og utslippspunkter.

Tabell 19. Oversikt over kilder til vann som skal renses på de ulike lokaliteter samt utslippspunkter.

Type vann	Lokasjon							
	Fornebu st.	Flytårnet	Fornebuporten	Lysaker	Vækerø	Skøyen	Madserud	Majorstuen
Innlekkasje byggegrop	x	x	x	x	x	x	x	x
Nedbør i byggegrop	x	x	x	x	x	x	x	x
Tunnel-drivevann	x		x		x		x	
Utslipp av rensert vann	Sjø via OV-ledning	Sjø via OV-ledning	Sjø via OV-ledning	Sjø via ledning i Lysakerelva	VEAS (og OV til sjø)	Sjø via ledning i Hoffselva	VEAS (og Frognerelva via OV-nett)	Frognerelva

6. Endringslogg

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01G	01.03.2019		Første utgave

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 53 av 55

7. Referanser

- [1] «Søknad om utslipp av vann fra midlertidig anleggsdrift,» Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, dok.nr. PF-U-070-RA-0028 , 2019.
- [2] «Substance evaluation report,» European Chemicals Agency EC Number(s): 213-668-5, 2015.
- [3] «Miljøriskovurdering for ferskvannsforekomster ved utbygging av dobbeltsporet jernbane gjennom Follo,» NIVA, rapport nr. 6530-2013, 2013.
- [4] «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver,» Direktoratgruppen for gjennomføring av vannforskriften, 2018.
- [5] «Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg,» Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk, 2009.
- [6] «Effects of sediment on fish and their habitat,» Fisheries and Oceans, Canada, 2000.
- [7] D. Hessen, «Uorganiske partikler i vann; effekter på fisk og dyreplankton, rapport nr. O-89179,» NIVA, 1992.
- [8] P. Jacobsen, K. J. Aanes, M. Grande, H. Kristiansen og S. Andersen, «Vurdering av årsak til fiskedød ved G.P. Jægtvik A.S., Langstein.,» NIVA-rapport nr. 2038, 1987.
- [9] T. Bækken og T. Tjomsland, «Utslipp av tunnelvann til Kortenbekken. Virkninger på sediment og biologi u Kortenbekken, Homannsbekken og Ilene naturreservat,» NIVA-rapport 4948, 2005.
- [10] F. Kroglund, E. Kleiven og K. J. Aanes, «Vurdering av årsak til fiksedød i Kleivsbekken, Kvinesdal kommune,» NIVA-rapport nr. 5083, 2005.
- [11] «Kjerneloggingsrapport - innledende geokjemisk vurdering av syredannende bergarter,» Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, dok.nr. PF-U-660-RB-0001 , 2018.
- [12] «Uranium in Drinking-water. Background document for development of WHO guidelines for Drinking-water Quyality,» WHO, 2004.
- [13] J. Kallf, Limnology, Prentice Hall PTP ISBN 0-13-033775-7, 2001.
- [14] J. S. Alabaster og R. Lloyd, Water quality criteria for freshwater fish., Butterworth-Heinemann ISBN: 9781483163116, 1982.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljøriskovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 54 av 55

- [15] Miljødirektoratet, «Vann-nett,» [Internett]. Available: <https://vann-nett.no/portal/>.
- [16] S. J. Saltveit, T. Bremnes, Å. Brabrand og H. Pavels, «Tilstand for bunndyr og fisk i Lysakerelva og Mærradalsbekken i 2014,» UiO Naturhistorisk museum, rapport nr. 44, ISBN nr. 978-82-7970-060-9, 2015.
- [17] S. J. Saltveit, T. Bremnes, H. Pavels og Å. Brabrand, «Tilstand for bunndyr og fisk i Hoffselva og Sognsvannsbekken-Frognerelva i 2016,» UiO Naturhistorisk museum, rapport nr 59, ISBN nr. 978-82-7970-078-4, 2017.
- [18] «VAV 03 Faktaark 2018 Oslos byvassdrag,» Oslo kommune, 2018.
- [19] «Kartverket,» [Internett]. Available: <https://kart.kystverket.no/>.
- [20] Miljødirektoratet, «Vannmiljø,» [Internett]. Available: <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>.
- [21] Miljødirektoratet, «Faktaark Vannregistreringer og måledata,» [Internett]. Available: <https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/54458>.
- [22] «Faktaark Vannregistreringer og måledata,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: <https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/51734>.
- [23] «Vannlokalitet: Lysakerelva hovedmålestasjon, LYS6,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: <https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/56495>.
- [24] «Overvåkning av Indre Oslofjord 2016. Vedleggsrapport. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord,» Norconsult, 122 s., 2017.
- [25] «Overvåkning av Indre Oslofjord 2017. Vedleggsrapport. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord, 131 sider,» Norconsult, 2018.
- [26] «Vannlokalitet: Indre Oslofjord, Bn1. Faktaark Vannregistreringer og måledata.,» Miljødirektoratet, 2019. [Internett]. Available: <https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/81446>.
- [27] Miljødirektoratet, «Naturbase,» 17 12 2018. [Internett]. Available: <https://kart.naturbase.no/>.
- [28] J. Berge, R. Amundsen, B. Bjerkeng og m. fler, «Overvåkning av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2010,» NIVA-rapport; 6181, 2011.
- [29] J. K. Dolven, S. Hess, K. Hylland og E. Alve, «Forminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord,» Fagrådets rapport 114, 25 sider, 2018.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-070-RA-0029
Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen	Revisjon: 01G
	Dato: 01.03.2019
	Side: 55 av 55

- [30] J. K. Dolven og E. Alve, «Naturtilstanden i Indre Oslofjord.,» Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord. Rapport no. 106. ISBN 978-82-91885-39-1. 86 sider., 2010.
- [31] F. Olsgard, «Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 7. Bløtbunnsfauna i Oslo havneområde. (Overvåkingsrapport nr 563/94. TA-nr. 1076/94),» NIVA, 1994.
- [32] J. Berge, R. Amundsen, B. Bjerkeng, E. Bjerknes og m. fler, «Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2009.,» NIVA, rapport nr. 5985, 147 s., 2010.
- [33] «Technical Guidance Document on Risk Assessment, TGD PArt III,» European Chemicals Bureau, Institute for Health and Consume Protection, 2003.
- [34] «Overvåkningsprogram for vannresipienter og anleggsvann,» Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, dok.nr. PF-U-070-RA-0030, 2019.
- [35] S. J. Saltveit og Å. Brabrand, «Fiskeddød i Hoffselva, Oslo kommune,» Naturhistorisk museum, Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), rapport nr. 274, 2009.
- [36] «Veileder for fastsetting av innblandingssoner,» Miljødirektoratet, M-46/2013, 2013.