



LANGTIDSUNDERSØKELSE AV MINIRENSEANLEGG

– vannmengder og driftsstabilitet

UTGITT AV VANNOMRÅDEUTVALGET MORSA

Vannområdeutvalget Morsa

Postadresse: Herredshuset
1592 Våler i Østfold

www.morsa.org
Org.nr: 992 243 708

Design omslag og grafisk profil: Aina Griffin.
Grafisk produksjon: o7 Media.

Forsiden: Dis over Brønnerødtjernet. Foto: Helge Eek.



DESEMBER 2014
VANNOMRÅDEUTVALGET MORSA

ADRESSE COWI AS
Kobberslagerstredet 2
Kråkerøy
Postboks 123
1601 Fredrikstad
TLF +47 02694
WWW cowi.no

LANGTIDSUNDERSØKELSE AV MINIRENSEANLEGG – VANNMENGDER OG DRIFTSSTABILITET

ERIK JOHANNESSEN, PHD – COWI AS
ARILD S. EIKUM, PHD – EIKUM MILJØTEKNOLOGI
TOR GUNNAR JANTSCH, PHD – DRIFTSASSISTANSEN I ØSTFOLD

INNHOOLD

1	Innledning	5
2	Metoder	8
2.1	Vannmengder	8
2.2	Analysemetoder og prøvetaking	8
3	Resultater og diskusjon	9
3.1	Vannmengder	9
3.2	Variasjon i utslipp	14
3.3	Effekt av belastningsvariasjon	21
4	Oppsummering og konklusjoner	23

VEDLEGG

1. Variasjon i vannmengder fra individuelle anlegg (leverandørlogg)
2. Vannmengdedata fra langtidsundersøkelsen
3. Variasjon i utløpskonsentrasjoner – ukentlig
4. Variasjon i utløpskonsentrasjoner – daglig
5. Belastningsvariasjoner (utløpskonsentrasjoner i forhold til vannmengder)

Forord

Denne rapporten, som har *tittelen Langtidsundersøkelser av minirensanlegg – vannmengder og driftsstabilitet*, er en oppsummering av flere års forsknings og utviklingssamarbeid mellom Vannområdeutvalget Morsa, Erik Johannessen COWI, Tor Gunnar Jantsch (DaØ) og professor emeritus Arild Schanke Eikum.

Denne rapporten inngår i FoU-prosjektet ”Optimalisering av fosforfjerning fra rensanlegg i spredt bebyggelse” med Vannområdeutvalget Morsa som oppdragsgiver, og er finansiert av midler fra KLIF, UMB og COWI. I tillegg har Morsa kommunene betalt for tilsyn av anleggene, og Driftsassistansen i Østfold (DaØ) har stilt data til rådighet.

Samarbeidet om rapporten har vært en faglig berikelse for vannområde Morsa, med de ansatte i kommunene og andre medlemmer av temagruppe avløp. Arbeidet har bidratt til en omfattende kunnskapsheving innen fagområdet separate avløpsanlegg, og hvordan disse bør driftes, vedlikeholdes og forvaltes av myndighetene. Forhåpentligvis vil resultatene fra dette omfattende og viktige arbeidet bli gjort kjent og tatt i bruk i hele Norge, i forbindelse med det omfattende arbeidet som er i gang med å oppgradere separate avløpsanlegg for å bedre tilstanden i vann og vassdrag.

Samtidig som jeg retter en stor takk til de tre forfatterne, takker jeg tidligere daglig leder i Morsa, Helga Gunnarsdóttir, som har vært en viktig bidragsyter. Jeg ønsker også å takke Miljødirektoratet som har bevilget tilskudd til dette arbeidet.

Våler desember 2014

Carina R. Isdahl
daglig leder vannområde Morsa

1 Innledning

Høsten 2010 og våren 2011 har tilsyn og kontroll av i alt ca. 800 renseanlegg i spredt bebyggelse vist at det er en del avvik, særlig gjelder dette fosforrensing. Det er derfor kunnskapsbehov på en rekke delområder i tilknytning til denne type avløpsløsninger. Det gjelder prosessmessige forhold i forbindelse med hver enkelt anleggstype så vel som forhold som tildels er uavhengig av anleggstype. Dette gjelder da i første rekke fysisk plassering, ledningsnettets beskaffenhet, feilkoblinger (taknedløp etc.), organisk og hydraulisk overbelastning, feil bruk av anlegget osv. I tillegg har tidligere undersøkelse knyttet til prøvetakingsmetoder også avdekket behov for økt kunnskap og utvikling av surrogatparametere for å redusere kostnader og forenkle prøvetakingen.

Denne rapporten inngår i FoU-prosjektet ”Optimalisering av fosforfjerning fra renseanlegg i spredt bebyggelse” med Vannområdeutvalget Morsa som oppdragsgiver, og er finansiert av midler fra KLIF, UMB og COWI. I tillegg har Morsa kommunene betalt for tilsyn av anleggene, og Driftsassistansen i Østfold (DaØ), som har utført tilsynet, har stilt data til rådighet. Leverandører av minirenseanlegg har også deltatt i prosjektet og har stilt data til rådighet, samt deltatt i møter.

Denne rapporten omhandler langtidsundersøkelse av minirenseanlegg, hvor elementer som døgn/ukevariasjon, vannmengder og anleggenes driftsstabilitet inngår.

Prosjektet er gjennomført av COWI AS, i samarbeid med DaØ, og rapporten er utarbeidet av Erik Johannessen (COWI), Arild S. Eikum (Eikum Miljøteknologi) og Tor Gunnar Jantsch (DaØ).

2 Metoder

2.1 Vannmengder

Vannmengdedata i forbindelse med dette del-prosjektet består av 2 forskjellige datagrunnlag:

- i) Det første datagrunnlaget består av vannmengdedata fra Biovac's anlegg i Hobøl kommune. I forbindelse med tilsyn utført av Morsa, ble det avdekket en del anlegg med relativt dårlig renseeffekt for fosfor. Anlegg i Hobøl kommune ble valgt ut, da man her hadde sikker informasjon om antall beboere som var tilknyttet det enkelte anlegg. Datagrunnlaget består av loggførte vannmengder som servicepersonell har samlet inn ved sine anleggsbesøk.
- ii) Langtidsundersøkelsen omfatter 10 anlegg som er fulgt opp i en seks måneders periode fra januar til juni 2012. Her ble det utført anleggsbesøk med ukentlige og daglige intervaller, og vannmengdedata ble hentet ut fra styringsenheten på det enkelte anlegget.

2.2 Analysemetoder og prøvetaking

I datagrunnlaget inngår ca. 350 parallelle analyser av biokjemisk oksygenforbruk (BOF_5), suspendert stoff (SS), Total-fosfor (TP) og løst reaktivt fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$). BOF_5 er analysert ved Eurofins i Moss iht. NS-EN-1899-1, SS iht. NS-4733-2, TP iht. NS-EN-ISO 15681 og $\text{PO}_4\text{-P}$ iht. NS-EN-ISO 15681-2. Anleggstypene som inngår i dette datasettet er Odin Maskin og Biovac.

All prøvetaking er utført som stikkprøver som beskrevet i rapporten: "Evaluerings av prøvetakingsmetoder for renseanlegg i spredt bebyggelse" (Johannessen m.fl. 2011).

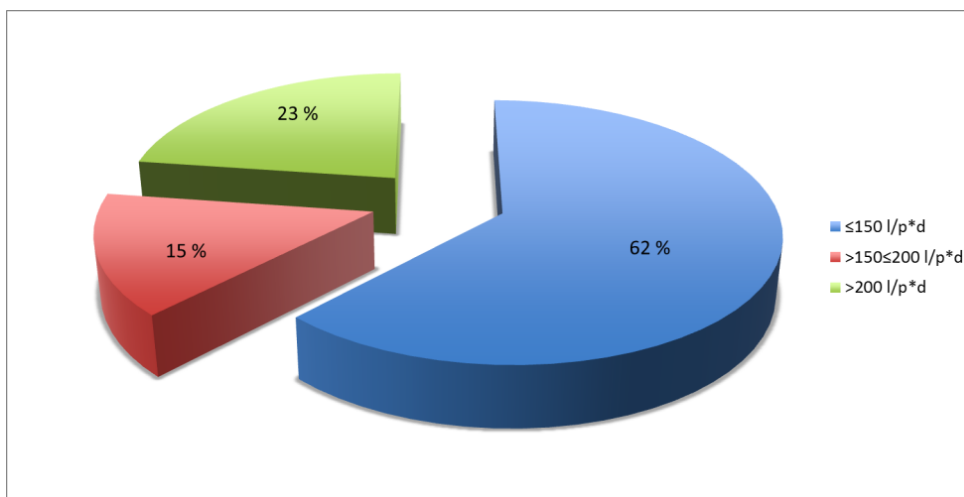
3 Resultater og diskusjon

3.1 Vannmengder

3.1.1 Data fra registreringer ved servicebesøk

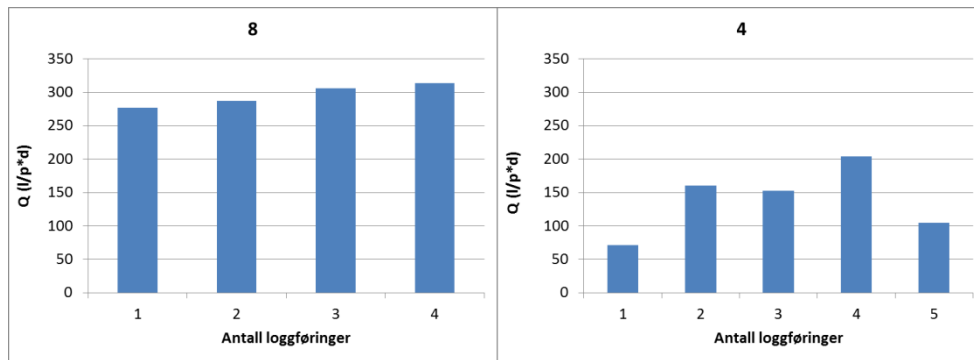
Det er innhentet vannmengdedata fra Biovac's anlegg i Hobøl kommune. Totalt er det ca. 100 Biovac anlegg i kommunen. Det viste seg imidlertid vanskelig å få gode data fra alle disse anleggene i kommunen, og totalt er det 48 anlegg som var loggført med sikre vannmengdedata. For disse anleggene inngår det imidlertid fra 2 til 7 vannmengdeavlesninger, og totalt inngår det derfor 233 enkeltdata i grunnlaget.

Resultatene viser relativt stor variasjon i vannmengdene som blir tilført det enkelte anlegget. I figuren nedenfor er samtlige enkeltdata for loggførte vannmengder vist som liter per person og døgn (l/p*d), oppdelt i grupper hvor blå del er ≤ 150 l/p*d, rød del er mellom 150 og 200 l/p*d og grønn del er de avlesningene som hadde vannmengder større enn 200 l/p*d.



Figur 1. Loggførte vannmengder for 233 enkeltdata (48 anlegg).

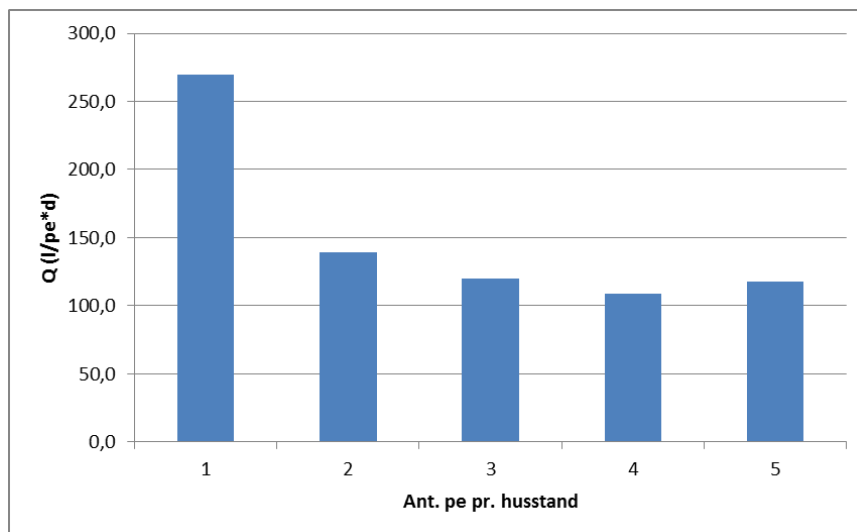
Figur 1 viser at 62 % av de loggførte vannmengdene var lavere enn 150 l/p*d, mens 15 % lå på mellom 150 og 200 l/p*d og 23 % hadde større vannmengder enn 200 l/p*d. Det var relativt stor variasjon mellom anleggene, samt at vannmengdene for det enkelte anlegget kunne variere relativt betydelig. Variasjon på det enkelte anlegg er illustrert ved to stolpediagram nedenfor hvor anlegg "8" har lite variasjon mens anlegg for anlegg "4" varierte de loggførte vannmengdene fra ca. 70 l/p*d til over 200 l/p*d. Tilsvarende stolpediagram for hvert anlegg finnes i Vedlegg 1.



Figur 2. Variasjon i vannmengde for enkelt anlegg.

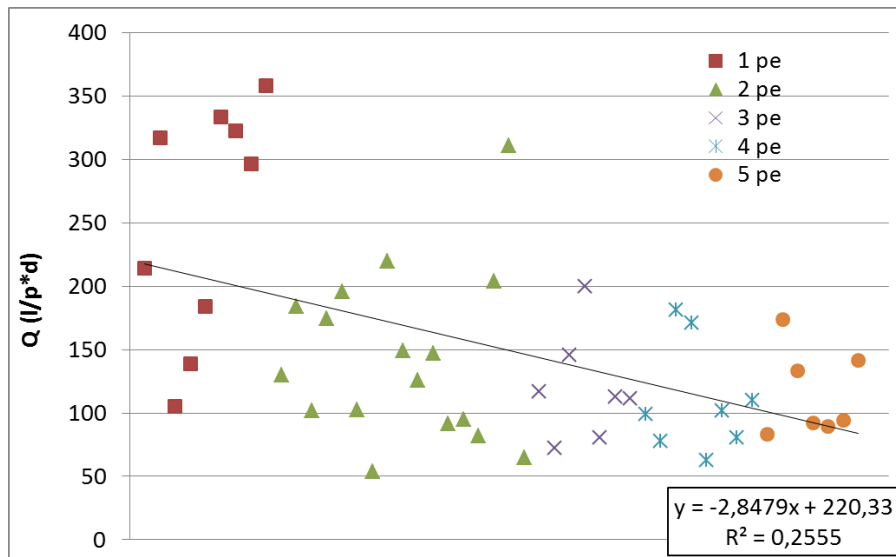
Det må understrekes at datagrunnlaget er loggførte avlesninger med 6 måneders mellomrom i forbindelse med servicebesøk. I en slik sammenheng kan store variasjoner for det enkelte anlegget tyde på at anlegget er utsatt for fremmedvann f.eks. i forbindelse med nedbør eller snøsmelting. En annen forklaring er at det kan ha vært vekslende antall beboere i husstanden i de ulike måleperiodene.

Dersom man sorterte dataene for de enkelte anlegg etter antall beboere tilknyttet anlegget var det en tydelig trend at det var høyere spesifikke vannmengder med færre beboere. Dette kommer frem av figur 3 som viser gjennomsnittlig spesifikk vannmengde for anlegg med 1 til 5 personer i husstanden. Som figuren viser var den spesifikke vannmengden i gjennomsnitt ca. 260 l/p*d med kun én person i husstanden, og noe over 100 l/p*d når det var 4-5 personer tilknyttet.



Figur 3. Spesifikk vannmengde i forhold til antall personer i husstanden.

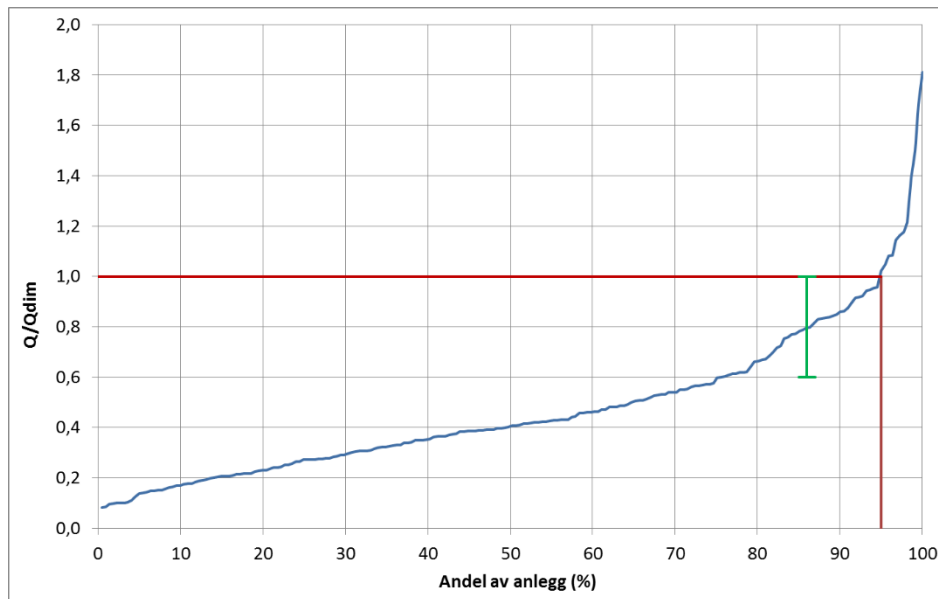
Som nevnt ovenfor var det relativt stor variasjon mellom anleggene. Dette gjelder også for de anleggene som hadde samme antall personer tilknyttet. I figur 4 vises gjennomsnittlige spesifikke vannmengder for alle anleggene i undersøkelsen sortert etter antall personer i husstanden. Som en ser av figuren er variasjonen størst for de anleggene med færrest personer. Figuren viser i tillegg en regresjonslinje som underbygger trenden med at det er høyere spesifikk vannmengde jo færre personer det er som bor i husstanden.



Figur 4. Spesifikk vannmengde per person for alle anlegg fordelt etter personer i husstanden.

Resultatene i figur 3 og 4 viser som nevnt samme trend, og en kan se at spredningen avtar med økende antall beboere i husstanden.

Som nevnt ovenfor var disse anleggene plukket ut med bakgrunn i at det alle hadde dårlig renseevne mht. fosfor. En forklaring på dette kunne derfor være at de var hydraulisk overbelastet. Dersom man tar utgangspunkt i at et anlegg er dimensjonert for 150 $l/p \cdot d$ vil et enkelthus anlegg ha en dimensjonerende vannmengde på 750 $l/p \cdot d$, et 2-hus anlegg 1500 $l/p \cdot d$, osv. Vi har derfor gjennomgått alle registrerte vannmengder (Q) og dividert med dimensjonerende vannmengde (Q_{dim}). Dersom svaret er under 1,0 opplever anlegget i teorien en lavere belastning enn hva det er dimensjonert for, mens det er teoretisk overbelastet dersom tallet er høyere enn 1. I figur 5 har vi sortert alle registreringer på de 48 anleggene (totalt 233 registreringer) i en varighetskurve og sortert dem etter stigende registrert vannmengde / dimensjonerende vannmengde forhold (Q/Q_{dim}). Ved $Q/Q_{dim} = 1$ mottar anlegget like mye vann som det er dimensjonert for.



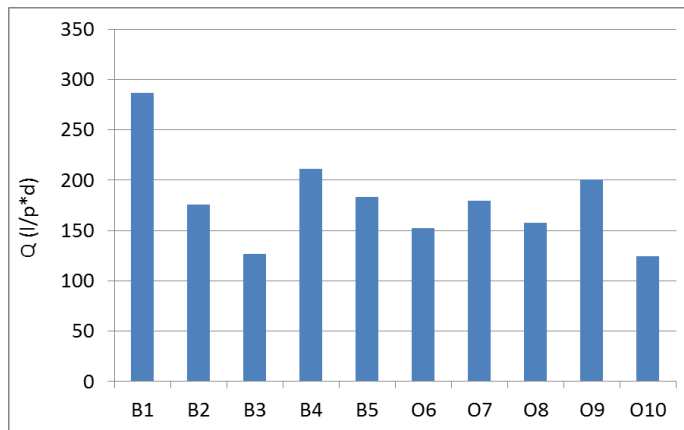
Figur 5. Varighetskurve for registrert vannmengde / dimensjonerende vannmengde (Q/Q_{dim}).

Som det kommer frem av figur 5 er det ca. 5 % av registreringene som er over dimensjonerende vannmengde, dvs. $Q/Q_{dim} > 1,0$. Det betyr imidlertid ikke at det kun er 5 % av anleggene som er overbelastet. Som nevnt ovenfor er disse avlesningene utført i forbindelse med servicebesøk, dvs. ca. hver 6 mnd. Det betyr at svært mange av de anleggene som er i nærheten av $Q/Q_{dim} = 1,0$ med stor sannsynlighet også har tidvis Q/Q_{dim} over 1,0. Det er dermed grunn til å tro at en betydelig andel av anleggene som har dokumentert dårlig renseevne for fosfor er negativt påvirket av hydraulisk overbelastning. Dette er det med vårt datagrunnlag imidlertid ikke mulig å tallfeste nøyaktig.

Dersom en imidlertid beregner relativt standardavvik for samtlige anlegg, finner man at dette ligger på ca. 24 %. Dvs. at i snitt er forventet variasjon i vannmengder fra disse anleggene ± 24 %. På figuren ovenfor er relativt standardavvik (variasjonsområdet) merket med grønt for det punktet hvor vannmengdenes variasjon kan forventes å overstige $Q/Q_{dim} = 1$. Som en kan se ligger dette om lag ved 85 % percentilen. Dette antyder at om lag 15 % av anleggene tidvis har høyere hydraulisk belastning enn hva de er dimensjonert for.

3.1.2 Vannmengdedata fra langtidsundersøkelse

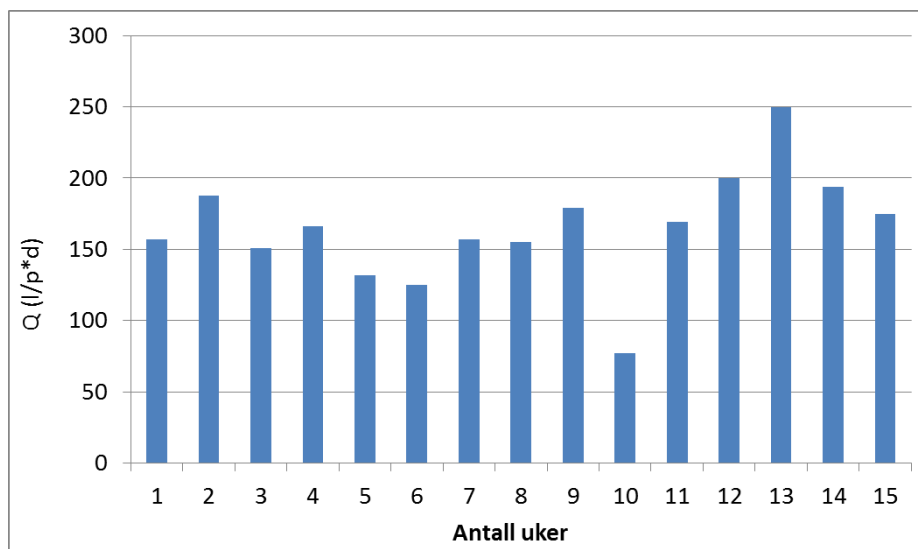
Som nevnt ovenfor består registreringene av ukentlige og daglige intervaller. Det er gjennomført 15 uke-registreringer og 3 intensivuker med daglige registreringer gjennom alle ukedagene. Registrerte vannmengder for samtlige anlegg finnes i Vedlegg 2. Som en vil se i de ulike figurene i Vedlegg 2 er det noen vannmengdedøgn som mangler. Dette har sin årsak i at det for enkelte anlegg ikke var registrert vannmengder, dvs. at belastningen var så lav at pumper ikke hadde slått inn. For andre anlegg var styringsenheten nullet ut, slik at registrering måtte startes på nytt. Gjennomsnittlige spesifikke vannmengder for de enkelte anlegg er vist i figur 6.



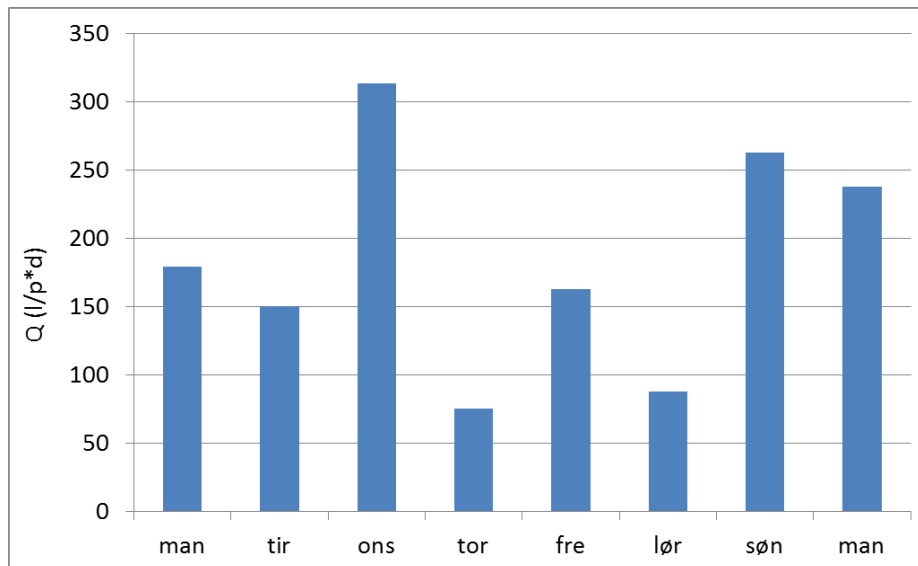
Figur 6. Gjennomsnittlige spesifikke vannmengder for anlegg i langtidsundersøkelsen.

Som figuren viser er det også her relativt stor variasjon mellom anleggene. I figuren er anleggene angitt med prefiks "B" Biovac anlegg, mens anlegg "O" er Odin anlegg. Dersom man ser på anleggstypene isolert sett var vannmengde belastningen for Biovac anleggene i gjennomsnitt 197 l/p*d og for Odin anleggene 163 l/p*d. I gjennomsnitt var det 1,8 personer pr. husstand for Biovac anleggene mot 4,2 for Odin anleggene. Dvs. trenden for disse anleggene med høyere spesifikk vannmengde jo færre personer som bor i husstanden samsvarer med funnene i datagrunnlaget fra anleggsleverandørens servicelogg (jfr. kap. 3.1.1).

Det enkelte anlegg viste også her relativt stor variasjon både på uke- og dagnivå. Dette er illustrert i figur 7 og 8 hvor henholdsvis uke- og dagvariasjon er vist for anlegg O7.



Figur 7. Ukevariasjon i spesifikk vannmengde for anlegg O7.

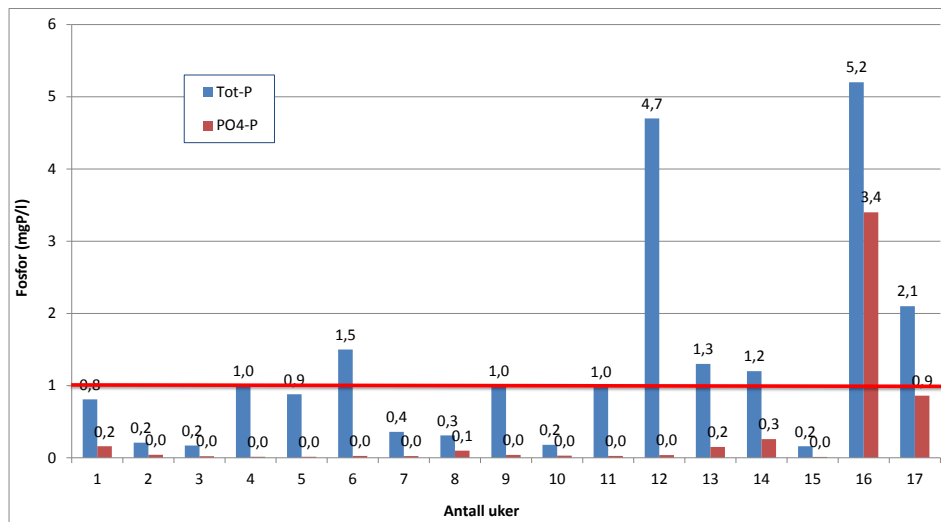


Figur 8. Dagvariasjon for intensivuke nr. 1 for anlegg O7.

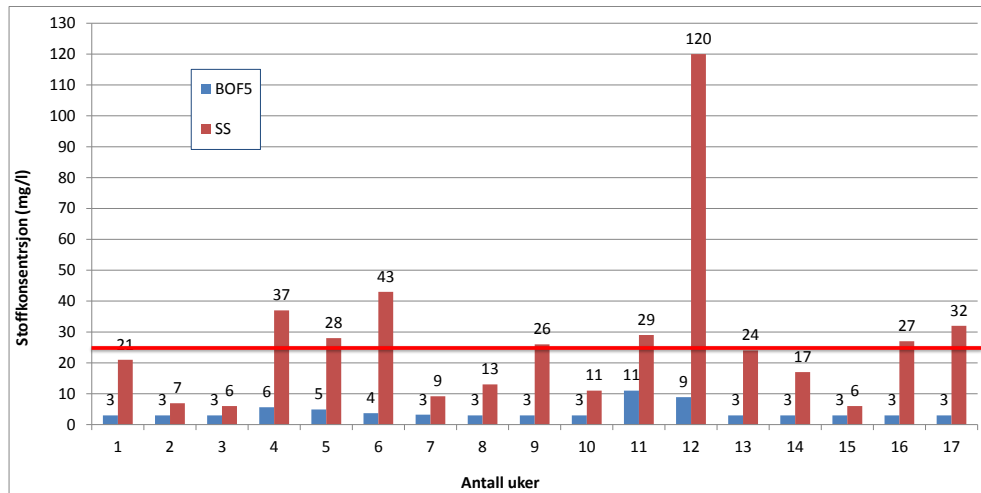
3.2 Variasjon i utslipp

3.2.1 Ukevariasjon

Gjennom det meste av langtidsundersøkelsen ble det foretatt ukentlige anleggsbesøk, hvor vannmengder ble registrert og prøver tatt for analyse av de aktuelle parameterne. Til sammen ble det tatt prøver ved 17 anleggsbesøk. Resultater fra samtlige anlegg foreligger i Vedlegg 3, og i figurene nedenfor er resultatene for ett anlegg vist som eksempel.



Figur 9. Variasjon i utløpskonsentrasjon for fosfor fra uke til uke for anlegg nr. B3 (rød strek viser utslippsgrensen på 1,0 mg Tot-P/l).

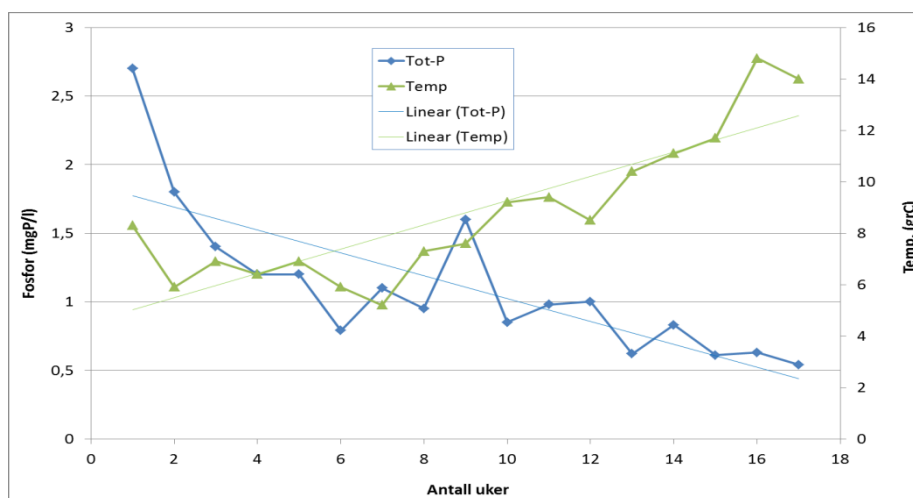


Figur 10. Variasjon i utløpskonsentrasjon for BOF₅ og SS fra uke til uke for anlegg nr. B3 (rød strek viser utslippsgrensen for BOF₅).

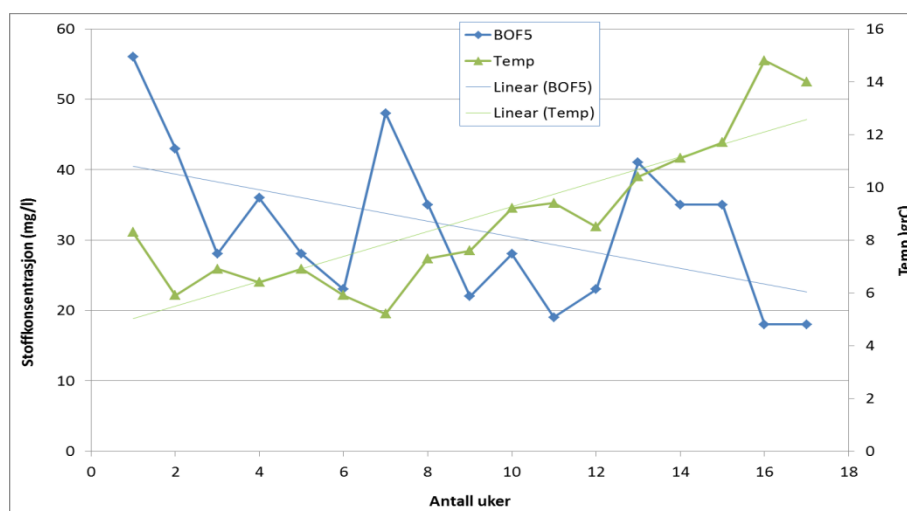
Det var ulikt variasjonsmønster for det enkelte anlegget, noe som kan observeres ved å sammenligne diagrammene i Vedlegg 3. Det var også ulike årsaker til variasjonene. Eksempelvis ser vi av diagrammene ovenfor at det i uke 12 var høyt samtidig utslipp av suspendert stoff (SS) og totalfosfor (Tot-P) mens det var fortsatt lav konsentrasjon for løst reaktivt fosfor (PO₄-P). Ukene før og etter var det relativt sett en god del lavere konsentrasjoner for dette anlegget. Dette skyldes sannsynligvis at man for dette anlegget hadde en midlertidig driftsforstyrrelse som førte til slamflukt. Så ser man økt utslippskonsentrasjon av både Tot-P og PO₄-P i uke 16-17, samtidig med relativt lav SS konsentrasjon. Dette tyder ikke på slamflukt, men peker mer i retning av at anlegget i disse ukene hadde problemer med kjemikalietilsettingen.

Tilsvarende mønster ser man for andre anlegg også, hvor man i perioder har midlertidige prosessrelaterte problemer. Tilsynelatende er problemene knyttet til slamflukt og/eller problemer med den kjemiske fellingen mht. fosfor.

Også temperatur ser ut til å ha en viss innvirkning på resultatene. Dette gjelder for både fosfor og organisk stoff. Trender for det enkelte anlegget mht. temperatur er også vist i Vedlegg 3, og ett eksempel er vist i figur 11 og 12.



Figur 11. Sammenheng mellom temperatur og Tot-P konsentrasjon for anlegg nr. O6.



Figur 12. Sammenheng mellom temperatur og BOF₅ konsentrasjon for anlegg nr. O6.

Trenden er relativt entydig for både fosfor og organisk stoff, hvor renseeffekten øker med økende temperatur. Dette er jo ikke overraskende mht. organisk stoff, men det er interessant at det også er så entydig og har så stor effekt mht. reduksjon av fosfor. Hele 8 av 10 anlegg viser denne trenden.

Som det kommer frem av diagrammene i Vedlegg 3 stiger temperaturen relativt jevnt utover våren for alle anlegg. Som eksempel på dette er det gjennomført en enkel følsomhetsvurdering. Denne er basert på at gjennomsnittstemperaturen for de første 9 ukene sammenlignes med de siste 8 ukene, hvor man samtidig har sett på gjennomsnittlig utslippskonsentrasjon for fosfor. Resultatene av dette er vist i tabell 1 nedenfor. I dette datagrunnlaget er anlegg nr. B4 fjernet av årsaker som kommer frem nedenfor, anlegg O3 som hadde midlertidige problemer med slamflukt og kjemisk felling (jfr. beskrivelse ovenfor), samt anlegg O10 som gjennomgående hadde slamflukt som påvirket resultatene.

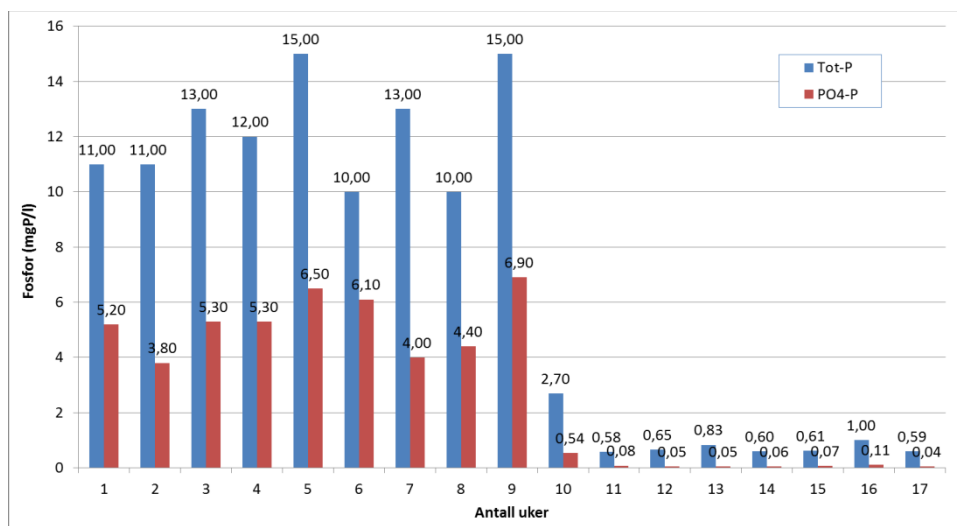
Tabell 1. Oversikt over temperaturens innvirkning på Tot-P konsentrasjon for 7 anlegg.

Anlegg	Temperatur (gr. C)		Tot-P (mgP/l)		ΔT	ΔP	%
	Uke 1-9	Uke 10-17	Uke 1-10	Uke 10-18			
B1	6,5	9,3	0,1	0,1	2,8	0,02	17,3
B2	5,2	8,1	0,9	0,4	2,8	0,5	52,8
B5	4,2	8,2	0,2	0,2	4,0	0,01	4,0
O6	6,7	11,1	1,4	0,8	4,4	0,7	46,5
O7	6,7	11,1	1,4	0,8	4,4	0,7	46,5
O8	7,0	10,0	5,4	4,2	3,0	1,3	23,8
O9	3,3	7,3	2,1	0,8	3,9	1,3	61,2
Snitt	5,7	9,3	1,7	1,0	3,6	0,6	36,0

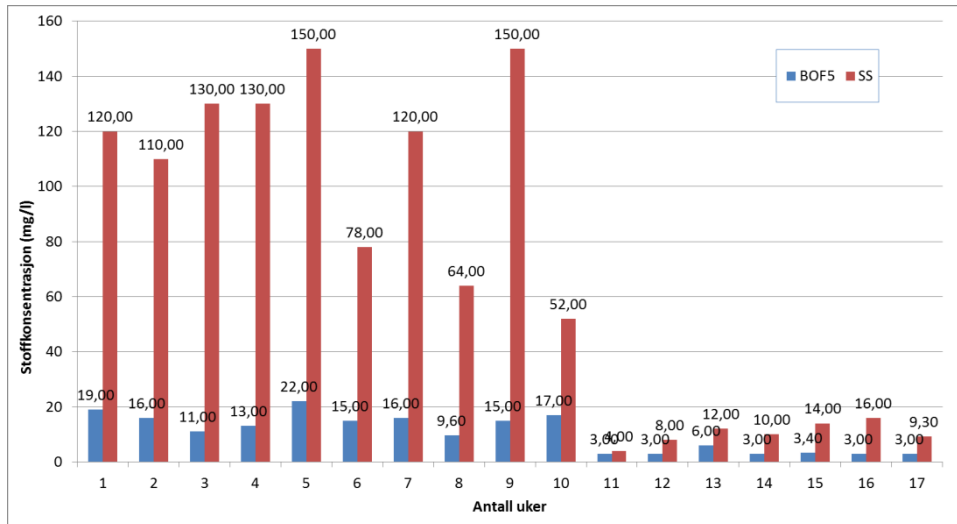
* $\Delta T/\Delta P$ = forskjell i temperatur/fosfor fra første periode (uke 1-9) til andre periode (uke 10-17)

Som tabellen viser ble utslippskonsentrasjonene for Tot-P i gjennomsnitt redusert med 36 % ved en gjennomsnittlig temperaturøkning på 3,6 °C. Som man også kan se av tabellen er anleggene med gjennomgående med god renseseffekt, dvs. anlegg B1 og B3 minst påvirket av temperaturøkningen, med henholdsvis 17,3 og 4,0 % ytterligere lavere konsentrasjon. Relativ prosentvis reduksjon i de øvrige anleggene varierte fra 23,8 til 61,2 %, med et gjennomsnitt på 46,2 %. Dette indikerer at en økning i temperaturen på 3,6 °C tilsvarer ca. 50 % lavere utslippskonsentrasjon for fosfor.

En annen meget interessant observasjon ble gjort i forbindelse med anlegg nr. B4. Stolpediagram for dette anlegget er vist nedenfor. Som diagrammene viser hadde dette anlegget stabilt meget høye utslippskonsentrasjoner for alle parametre fra uke 1 til og med uke 9, for deretter å ha stabilt lave utslippskonsentrasjoner i resten av prøveperioden. Dette skyldes at man i uke 9 ble oppmerksom på at det var problemer med kjemikaliedoseringen på dette anlegget. Faktisk så var det ingen dosering overhodet i uke 1-9 da sugeslangen til doseringspumpen ikke var ført ned i kjemikaliebeholderen. Dette ble rettet på i uke 9, og resultatene ble umiddelbart gode. Dette er således et meget godt eksempel på hvilken effekt korrigerende tiltak gir med hensyn til denne type anleggs ytelse.



Figur 13. Variasjon i utløpskonsentrasjon for fosfor fra uke til uke for anlegg nr. B4.

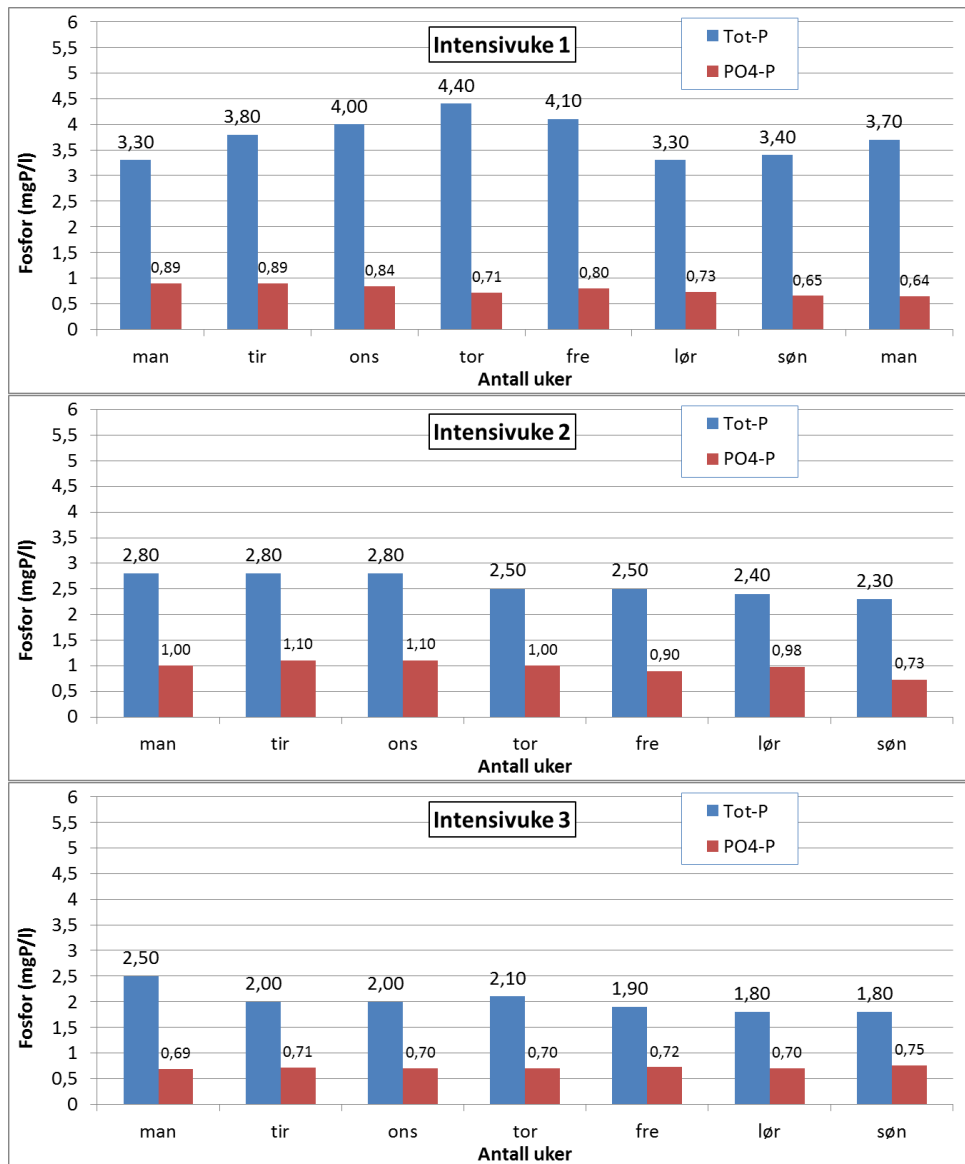


Figur 14. Variasjon i utløpskonsentrasjon for BOF₅ og SS fra uke til uke for anlegg nr. B4.

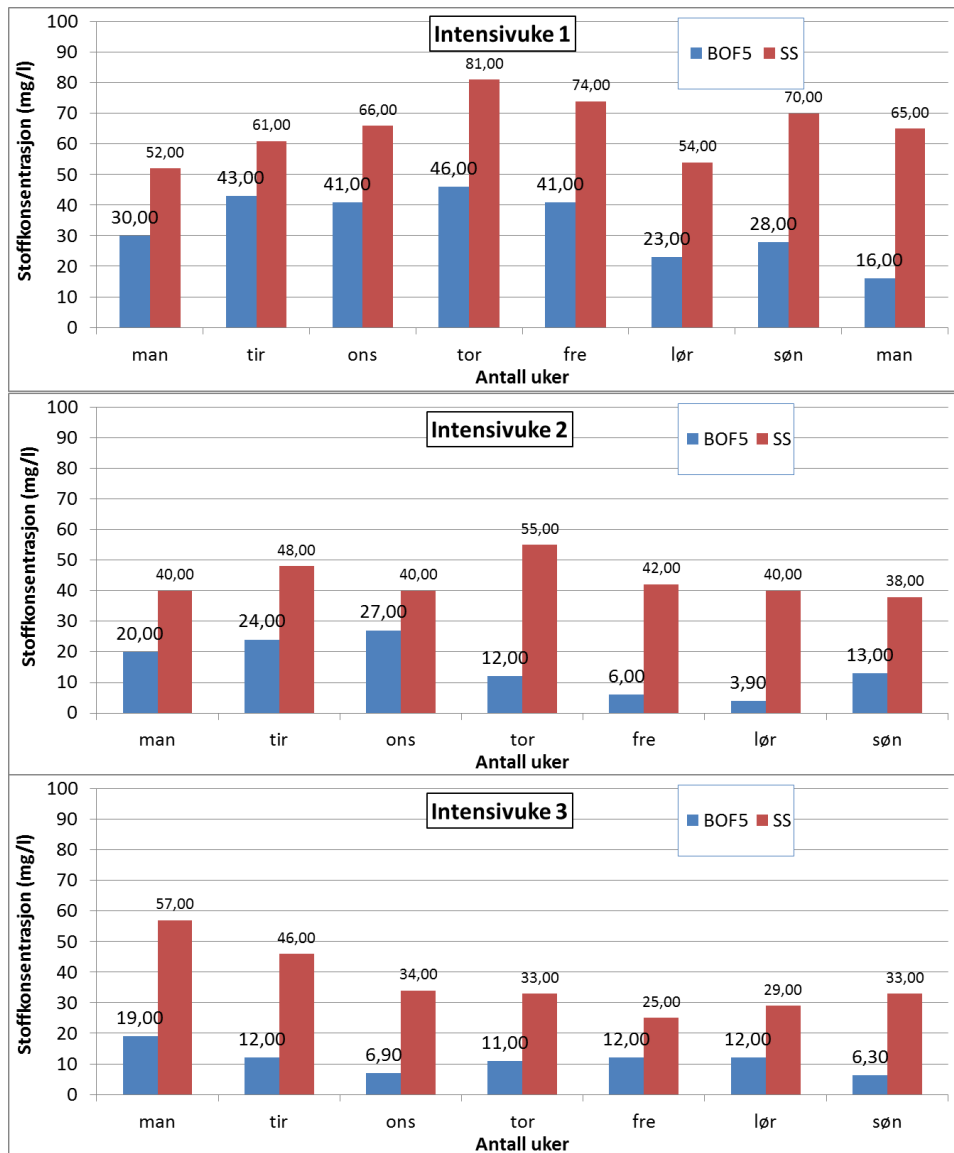
Et annet prosessfaglig poeng blir også meget godt belyst av disse diagrammene. Som en kan se av figur 14 er utslippskonsentrasjonene for BOF₅ stort sett gode gjennom hele prøveperioden. Det skjer riktignok en reduksjon av BOF₅ når feilen ble rettet, men anlegget var hele tiden under utslippskravet. Dette viser at det biologiske rensetrinnet i utgangspunktet fungerer tilfredsstillende for dette anlegget. Videre illustrerer dette meget godt at biologisk rensing og kjemisk rensing er 2 enhetsprosesser som er tilnærmet uavhengig av hverandre. Det åpenbare reduksjonen av BOF₅ er knyttet til avskilling av partikler, som først ble effektiv når den kjemiske fellingen ble bragt i orden. Dvs. forskjellen skyldes at resterende organisk stoff var i partikulær form.

3.2.2 Dagvariasjon

Det er gjennomført 3 intensivuker, hvor daglige vannmengder er registrert og prøver tatt for analyse. Til sammen ble det tatt prøver ved 22 anleggsbesøk i disse 3 periodene. En utfordring i forbindelse med såpass hyppig prøvetaking var at det i hus med få beboere ikke var produsert nok avløpsvann til at prøvebeholderen var fylt opp. Dette gjaldt kun Biovac-anleggene som pumper 250 liter i hver syklus. Disse dagene var det dermed ikke mulig hverken å registrere vannmengder eller ta prøver for analyse. Resultater fra samtlige anlegg foreligger i Vedlegg 4, og i figurene nedenfor er resultatene for ett anlegg vist som eksempel.



Figur 15. Utløpskonsentrasjoner for fosfor i 3 intensivuker for anlegg B10.



Figur 16. Utløpskonsentrasjoner for BOF₅ og SS i 3 intensivuker for anlegg B10.

Diagrammene ovenfor illustrerer et mønster man ser for de aller fleste anleggene: Gjennom uken er det relativt beskjeden variasjon fra dag til dag, mens det kan forekomme relativt stor variasjon mellom ukene. Dvs. det er tilsynelatende ikke så stor variasjon gjennom én uke, mens det kan være relativt stort forskjell fra uke til uke.

Dette antyder at det gjennomgående ikke er noe mønster å spore mht. hvilken ukedag prøvene er tatt ut på. En skulle kanskje antatt at en kunne se effekter av f.eks. helger i forhold til arbeidsdager, men disse resultatene gir ikke noe grunnlag for en slik hypotese.

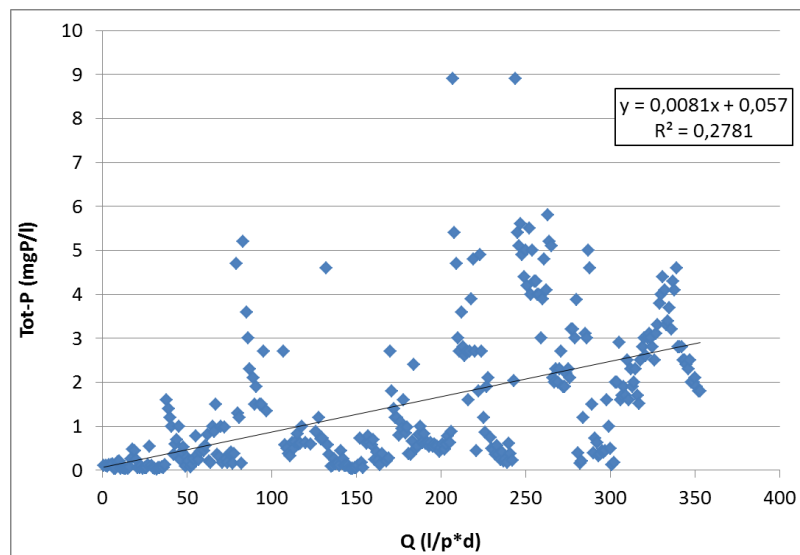
Sammenholder man disse resultatene med resultatene fra ukevariasjonsdataene i kap. 3.2.1 og resultatene fra en tidligere undersøkelse vedr. prøvetaking (Johannessen m. fl. 2011) er det tilsynelatende en trend hvor anleggenes variasjon er proporsjonal med tidsperioden mellom hver prøvetaking. Dette tyder på at anleggene er relativt stabile innenfor kortere tidsrom, mens det kan forekomme lengre perioder med samme gode eller dårlige ytelse.

Det forekommer svingninger som er mer fremtredende enn for anlegget som er vist i figurene ovenfor. Her gir imidlertid datagrunnlaget tilleggsinformasjon, og som for ukevariasjonsseriene er det midlertidige problemer knyttet til slamflukt og/eller kjemisk felling som viser seg å ha størst innvirkning på resultatene.

Dette er også synlig i diagrammene i figur 14 og 15 hvor man kan se at nivået er høyere i intensivuke 1 sammenlignet med uke 2 og 3, noe som antyder at det var større problemer med slamflukt i den første uken sammenlignet med de to siste. Dette kan også være påvirket av temperatur, hvor det i intensivuke 1 var en gjennomsnittstemperatur på 6,1 °C, mot henholdsvis 12,5 og 13,2 °C i uke 2 og 3. Dette underbygger argumentasjonen fra ukevariasjonsdataen at temperatur har relativt stor innvirkning på avskilling og den kjemiske fellingen.

3.3 Effekt av belastningsvariasjon

Som vist ovenfor er det en viss variasjon i renseresultatene både fra uke til uke og fra dag til dag. Dette gjelder både utslippskonsentrasjoner og vannmengder. Et interessant spørsmål er da hvordan anleggenes ytelse er påvirket av den hydrauliske belastningen. I figur 17 er utslippskonsentrasjonen for Tot-P vist som en funksjon av registrerte vannmengder. Datagrunnlaget består i både ukentlige målinger og data fra intensivukene. Resultater fra de første 9 ukene for anlegg nr. B4 er ikke med i datagrunnlaget, av årsaker som fremkommer ovenfor.

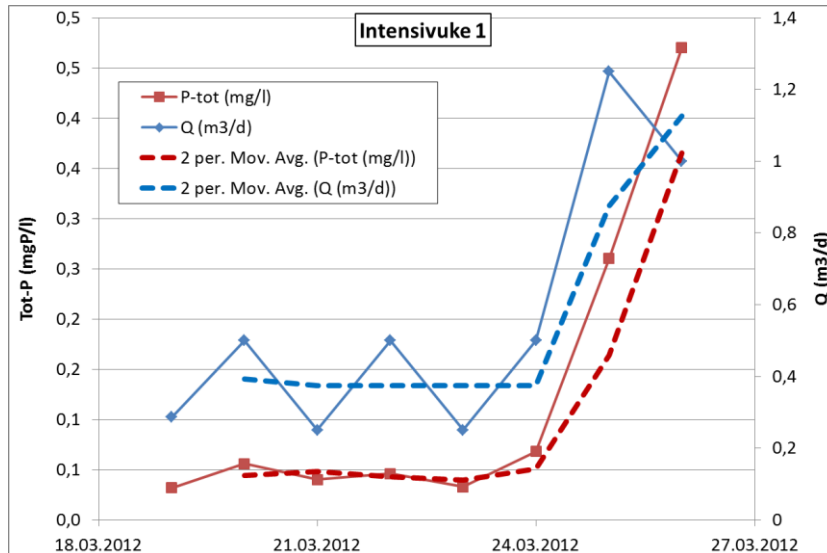


Figur 17. Utløpskonsentrasjon av totalfosfor (Tot-P) som funksjon av vannmengde.

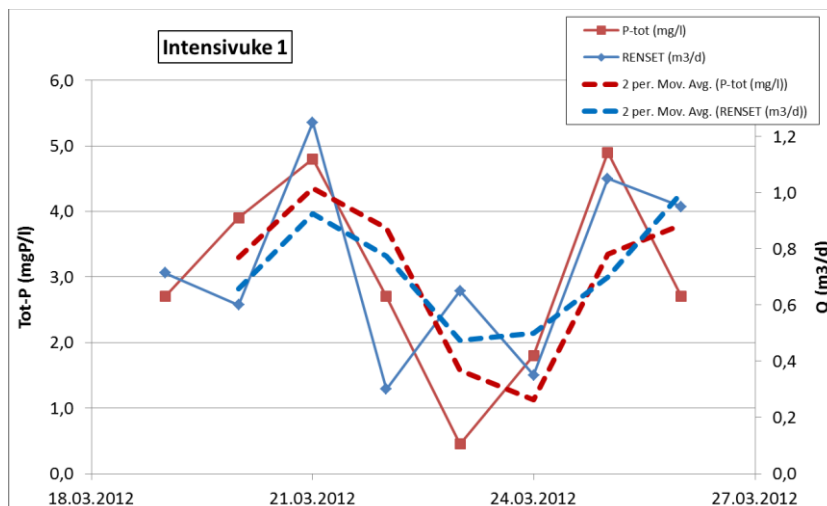
Som en kan se av figuren er det som ventet en positiv korrelasjon mellom utslippskonsentrasjoner og vannmengde. Korrelasjonen er imidlertid svak, noe som skyldes enkelte anlegg som hadde svært god ytelse selv om den spesifikke belastningen var relativt høy. Dette kan ytterligere forklares ved at det disse anleggene hadde få beboere (1-2 personer) slik at de var relativt langt unna dimensjonerende belastning.

Det var uansett av interesse å se hvordan det enkelte anleggets renseresultater var påvirket av vannmengdene gjennom renseanlegget. For hvert anlegg er derfor intensivukene nærmere analysert mht. variasjon i utløpskonsentrasjon sett i sammenheng med vannmengdevariasjon. Kurver for alle anlegg er vist i Vedlegg 5, og eksempler på dette er vist i figur 18 og 19.

Kurvene viser på reelle data og bevegelige gjennomsnitt. Et bevegelig gjennomsnitt gir trendinformasjon som et enkelt gjennomsnitt av alle de reelle verdiene ville skjule. I tillegg brukes bevegelig gjennomsnitt vanligvis for tidsseriedata for å glatte ut kortsiktige svingninger og markere langsiktige trender eller sykluser. I denne applikasjonen vil disse kurvene tydeligere markere hvorvidt vannmengder og utløpskonsentrasjoner svinger i takt, noe som evt. vil antyde at utløpskonsentrasjonene er påvirket av vannmengden. I figurene nedenfor er bevegelig gjennomsnitt markert med stiplede linjer.



Figur 18. Variasjon av Tot-P og vannmengde i intensivuke 1 for anlegg nr. B1.



Figur 19. Variasjon av Tot-P og vannmengde i intensivuke 1 for anlegg nr. O7.

Figurene ovenfor illustrerer godt at utløpskonsentrasjonene svinger i takt med vannmengdene. Av de 10 anleggene som inngikk i undersøkelsen viste 5 av de at det var sammenheng i variasjonsmønsteret. Det skal tillegges at denne sammenligningen ikke kunne gjennomføres for 3 av Biovac anleggene pga. for lite vannføring (jfr. beskrivelse ovenfor). Dvs. at av de anleggene man hadde tilstrekkelige data for å kunne vise denne sammenhengen (7 stk) viste altså 5 av dem den samme trenden, dvs. utløpskonsentrasjonen svinger i takt med vannmengden. Dette gir en klar indikasjon på at også vannmengdene har effekt på renseresultatene.

4 Oppsummering og konklusjoner

Vannmengdedata fra leverandørenes egne registreringer er innhentet og analysert. En viktig trend fra disse dataene er at den spesifikke vannmengden er omvendt proporsjonal med antall beboere i husstanden. Dvs. jo færre personer som er tilknyttet anlegget jo høyere spesifikk vannmengde. Det er videre interessant å merke seg at det er relativt sett lavere variasjon i vannmengdene for husstander med flere personer i.

Samtlige anlegg som inngår i datagrunnlaget for loggførte vannmengder hos leverandørene (jfr. kap. 3.1) hadde relativt høye utløpskonsentrasjoner mht. Tot-P ($> 4,0$ mgP/l), og vannmengdene var i første omgang innhentet for å se om høye vannmengder hadde innvirkning på renseresultatene. Dersom man ser på alle registreringer var kun ca. 5 % av vannmengdene høyere enn hva anleggene var dimensjonert for. Viktig i denne sammenhengen er dog at disse avlesningene er foretatt ved hvert servicebesøk, dvs. det er ca. 6 mnd. intervall mellom dem. Ser man dette i sammenheng med de variasjonene de øvrige undersøkelsene avdekker, er det derfor relativt tydelig at langt fler enn 5 % av anleggene er påvirket av tidvis for høye vannmengder. Datagrunnlaget gir dessverre ikke grunnlag for å tallfeste dette.

For flere anlegg var denne variasjonen så stor at det er grunn til å tro at anlegget tidvis mottar fremmedvann, f.eks. fra taknedløp eller innlekking av smeltevann/grunnvann. Dette er uheldig og vil kunne ha stor innvirkning på ytelsen for disse anleggene.

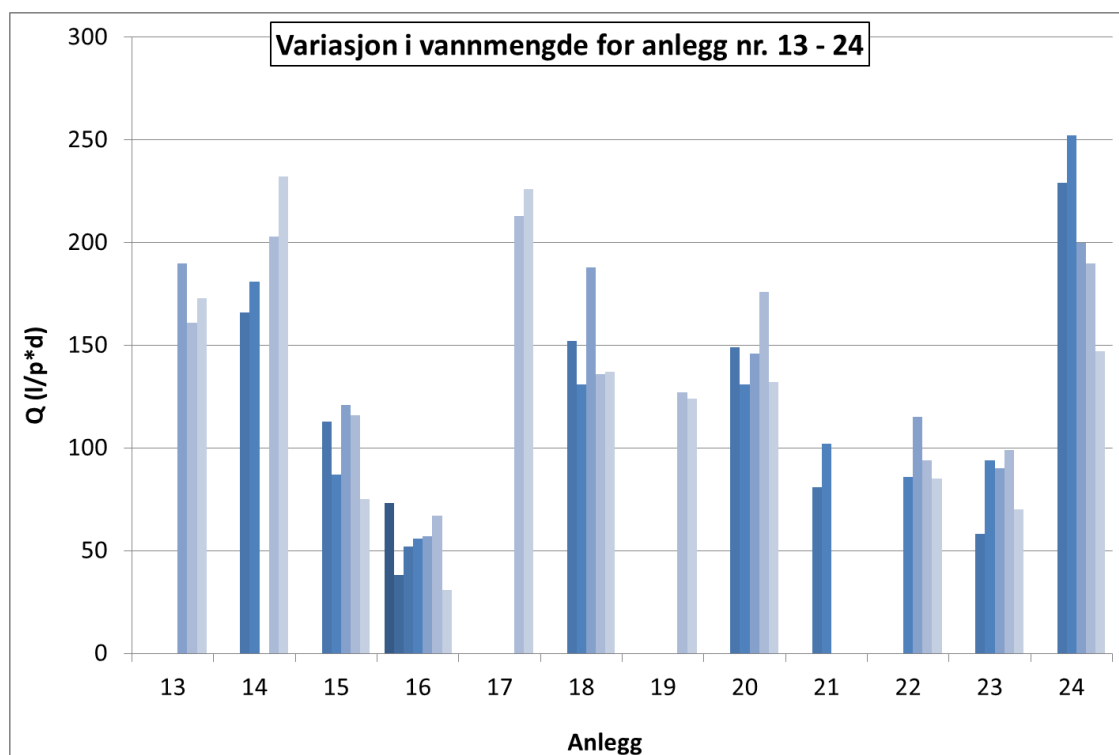
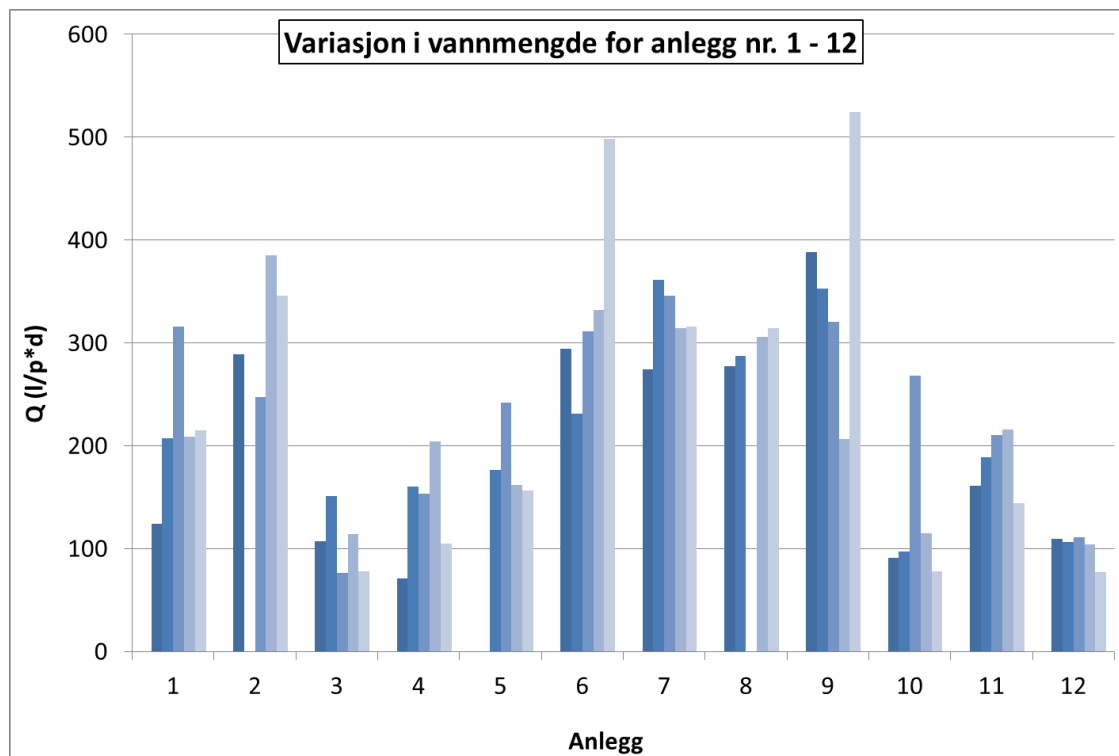
Resultatene fra langtidsundersøkelsen viste også relativt store variasjoner i vannmengder, både fra uke til uke og fra en dag til en annen. Samtidig analyse av utløpskonsentrasjoner og vannmengder viser at det er en klar sammenheng mellom utløpskonsentrasjonen og vannmengdene. For flertallet av anleggene man hadde tilstrekkelige data fra svingte utløpskonsentrasjonen i takt med vannmengdene, noe som tyder på at anleggene er påvirket av vannføringen.

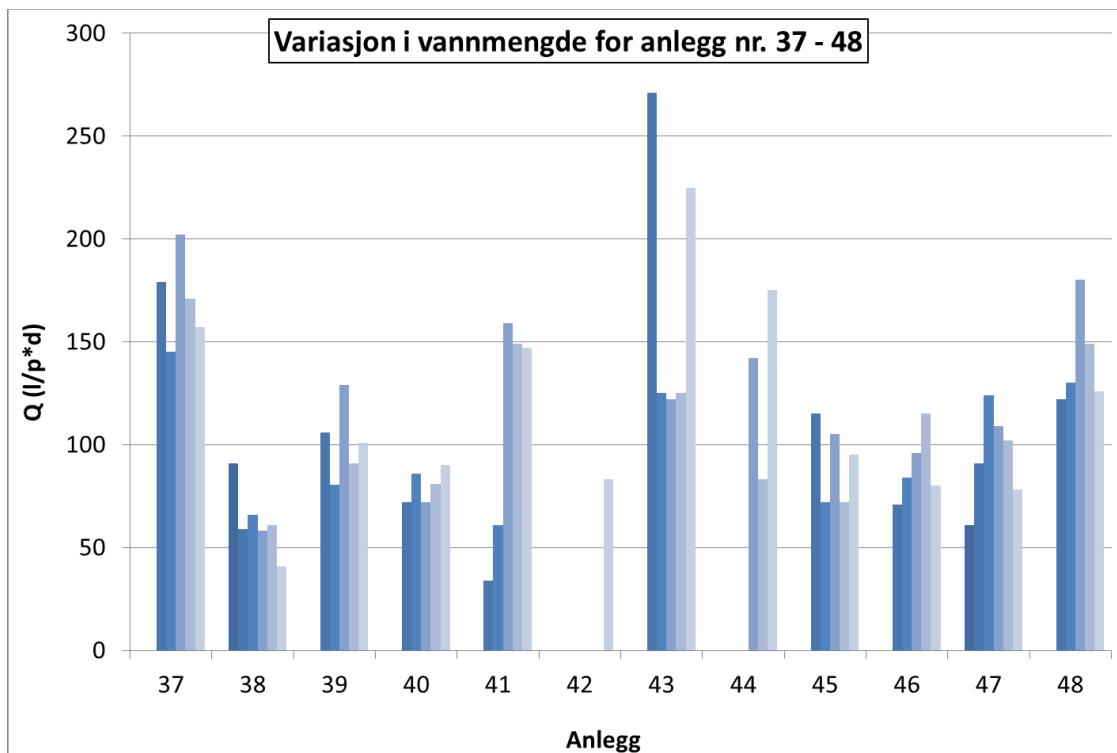
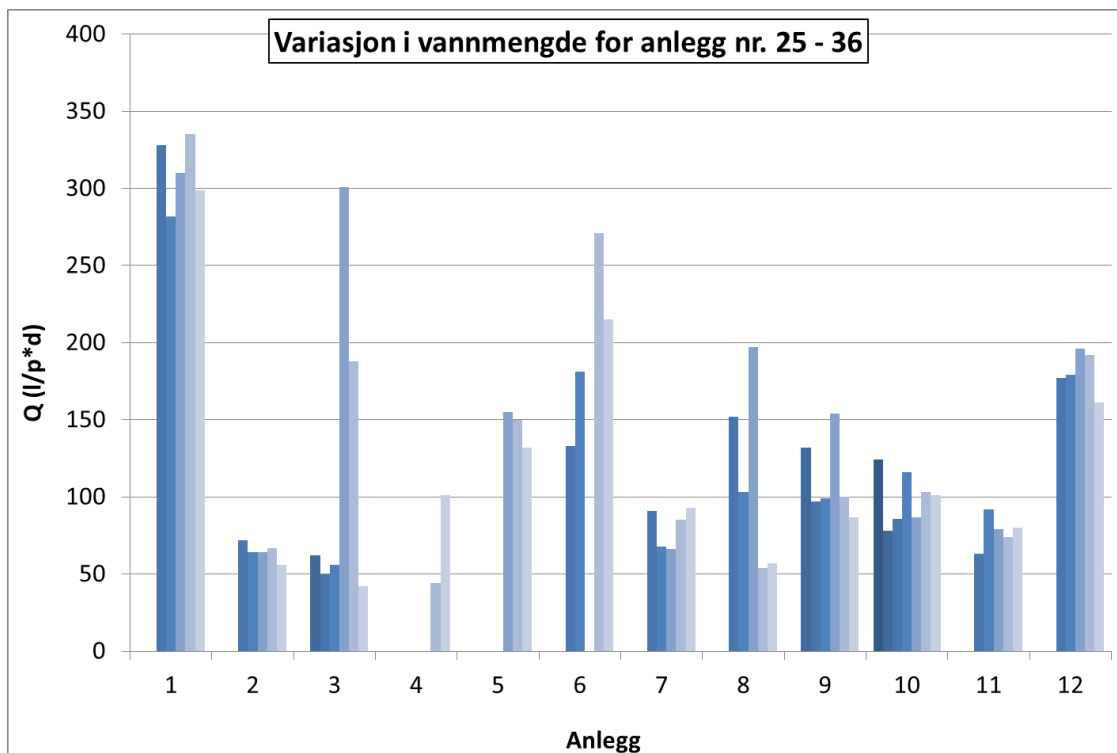
Utslippene varierte relativt betydelig når prøvetakingsintervallet var ukentlig. Når prøvetakingsintervallet var daglig var det ikke like stor daglig variasjon. Dette tyder på at når disse anleggene får problemer med ytelsen, vil dette vare over lengre perioder. Motsatt kan det sies at i kortere tidsperspektiver er disse anleggene relativt stabile mht. utslipp.

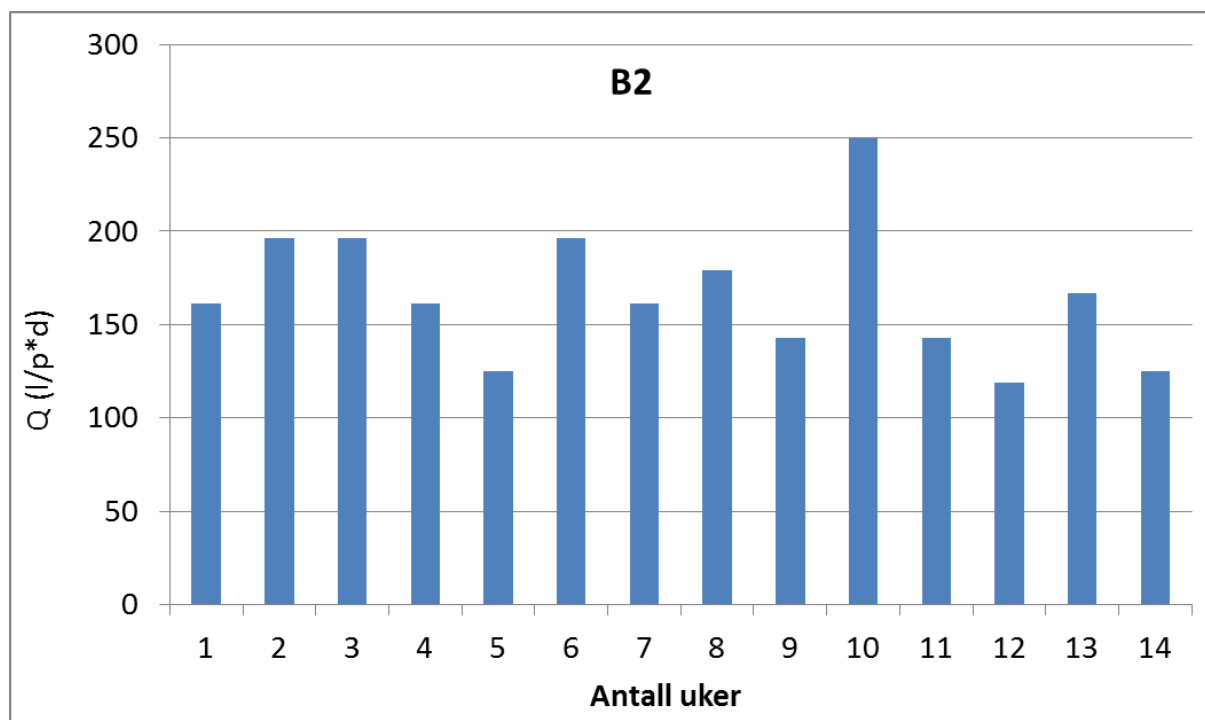
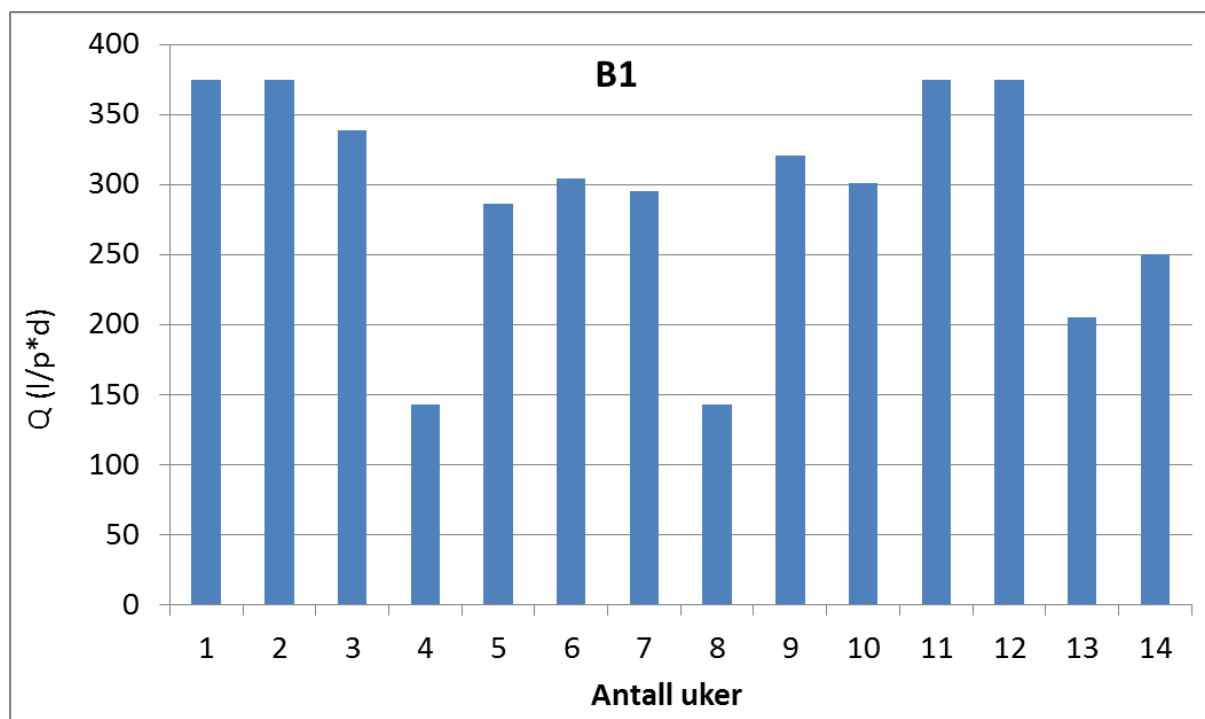
Flere anlegg viste tydelige tegn til midlertidige problemer med slamflukt og kjemisk felling. Disse problemene var synlige i både tidsmessig kort og lang skala. Ved anlegg som korrigerende tiltak ble gjennomført, ble det umiddelbart observert forbedring i renseresultatene. Dette viser viktigheten av behovet for både regelmessig oppfølging i forbindelse med service, men også at tilsyn vil ha positiv innvirkning på renseresultatene på denne typen anlegg.

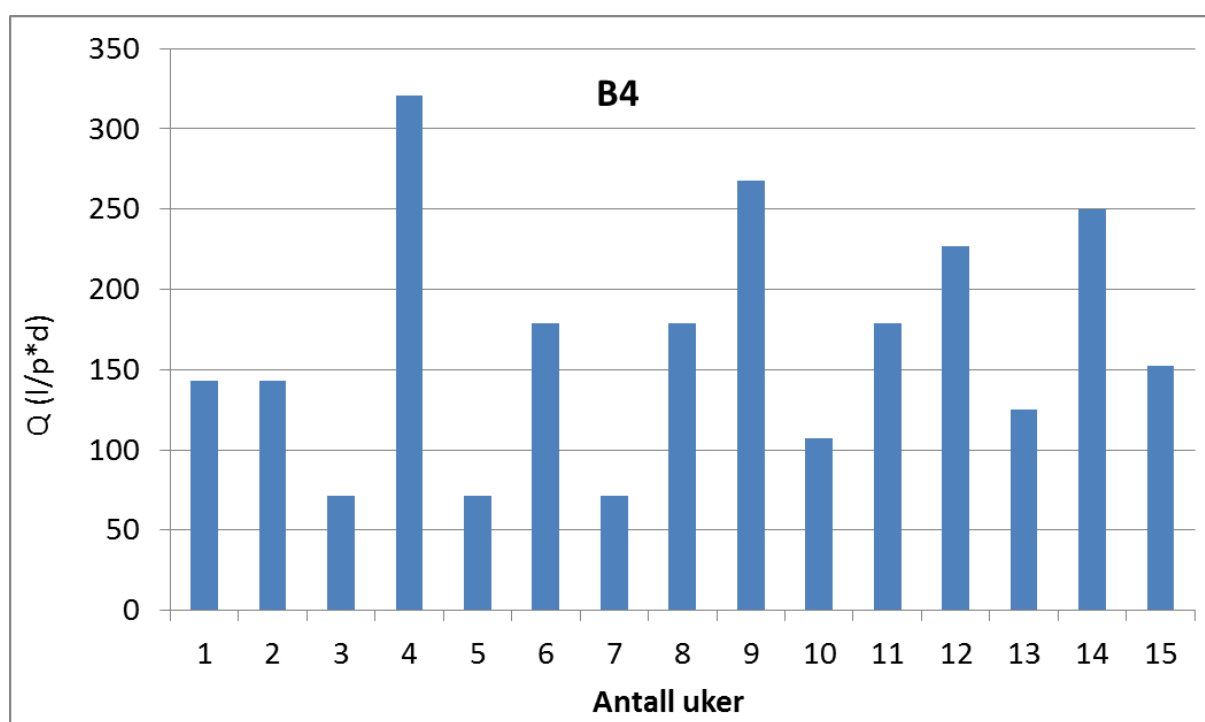
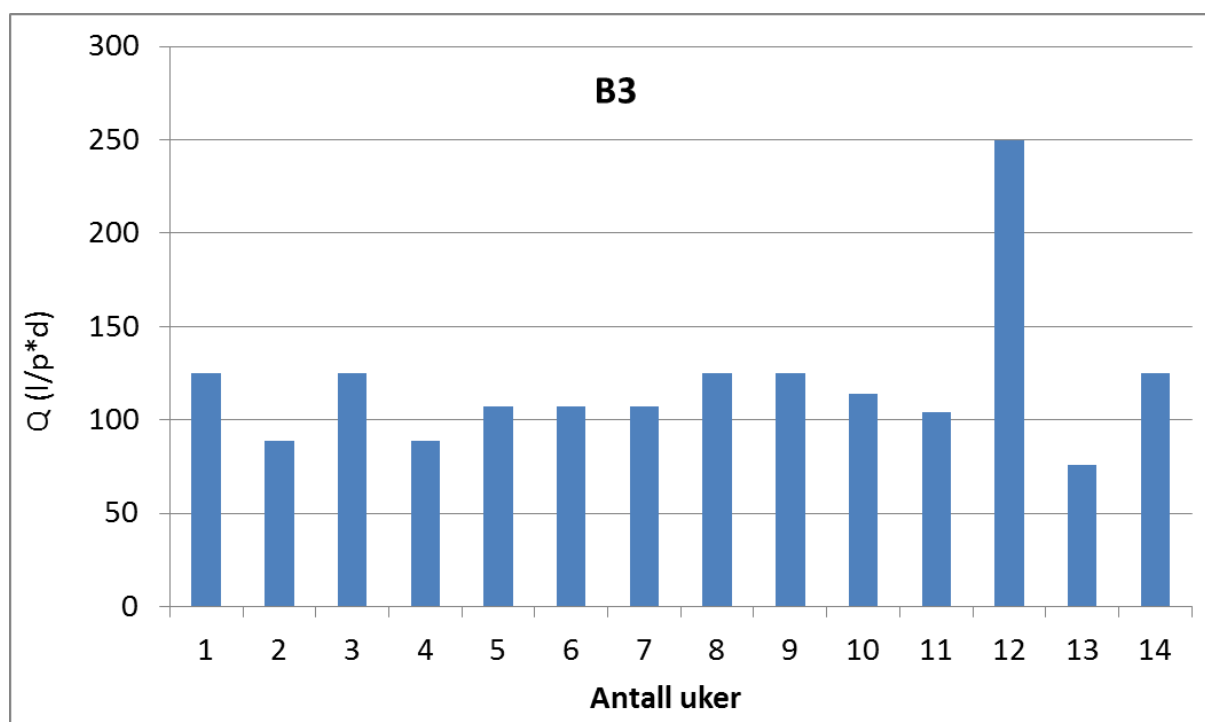
Temperatur har tilsynelatende større innvirkning på den kjemiske renseprosessen enn tidligere antatt. Hele 8 av 10 anlegg hadde en tydelig trend hvor utløpskonsentrasjonene ble lavere jo høyere vanntemperatur man målte. Undersøkelsen viser videre at ved en gjennomsnitt temperaturøkning på $3,6$ °C reduseres utløpskonsentrasjonen med nærmere 50 % for anlegg som ikke kunne vise til svært god rensing ved lave temperaturer. For anlegg som også fungerte meget godt ved lavere temperaturer var effekten mer beskjeden.

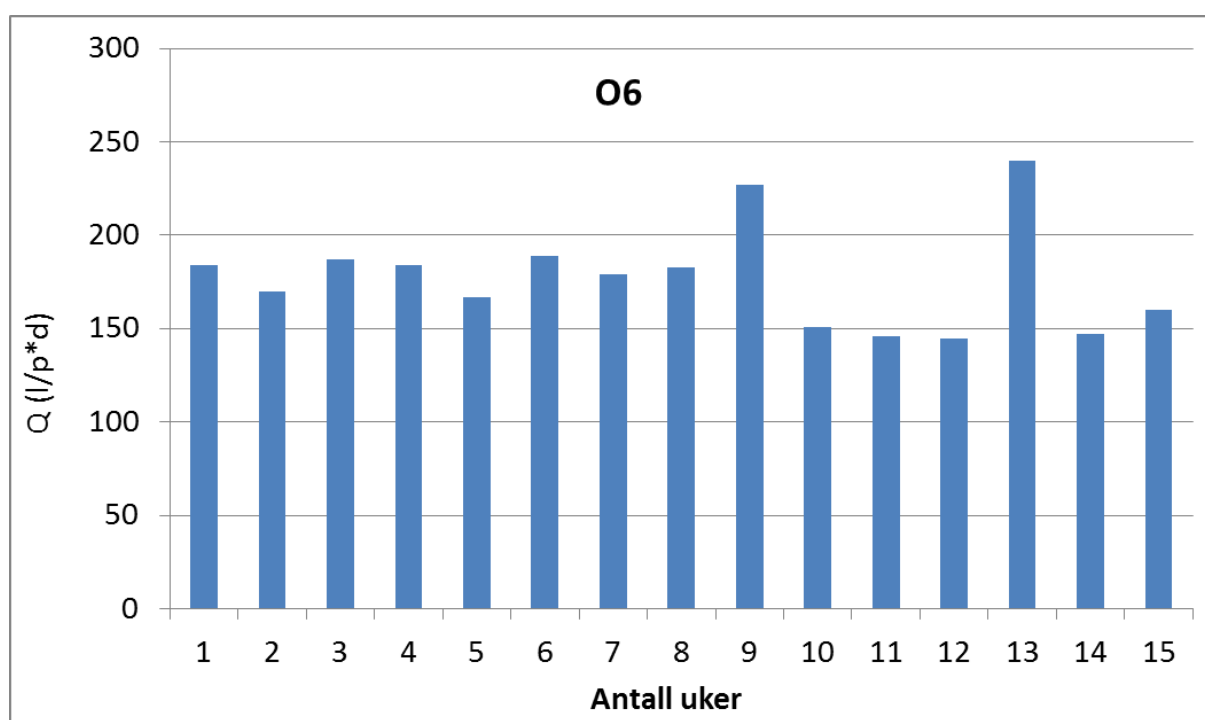
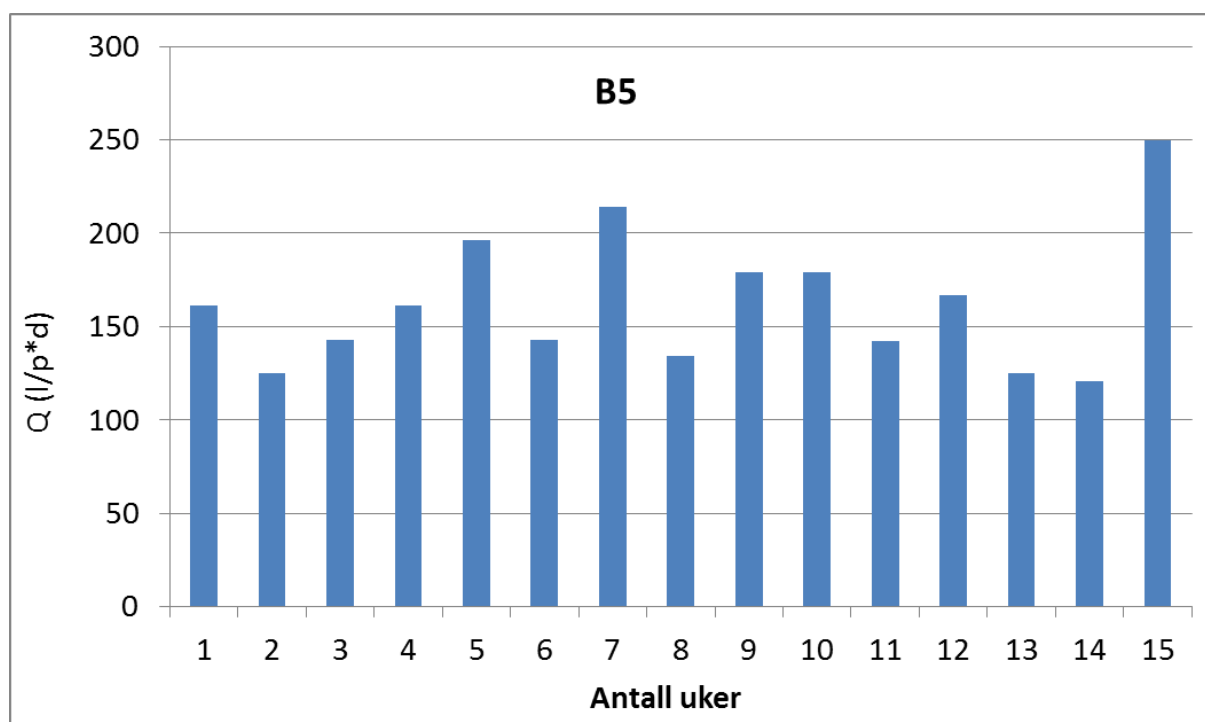
Disse resultatene viser at kontinuerlig oppfølging av separate renseanlegg er svært viktig. I tillegg vil det være en naturlig variasjon i anleggenes ytelse, slik at ved tilsyn bør det brukes skjønn i forhold til å følge opp eventuelle avvik som registreres. Det er også slik at større variasjoner i vannmengder påvirker renseresultatene, og her bør servicepersonell være aktsomme dersom svært høyt vannforbruk registreres. Slike tilfeller kan tyde på feilkoblinger, slik at fremmedvann tilføres anlegget.

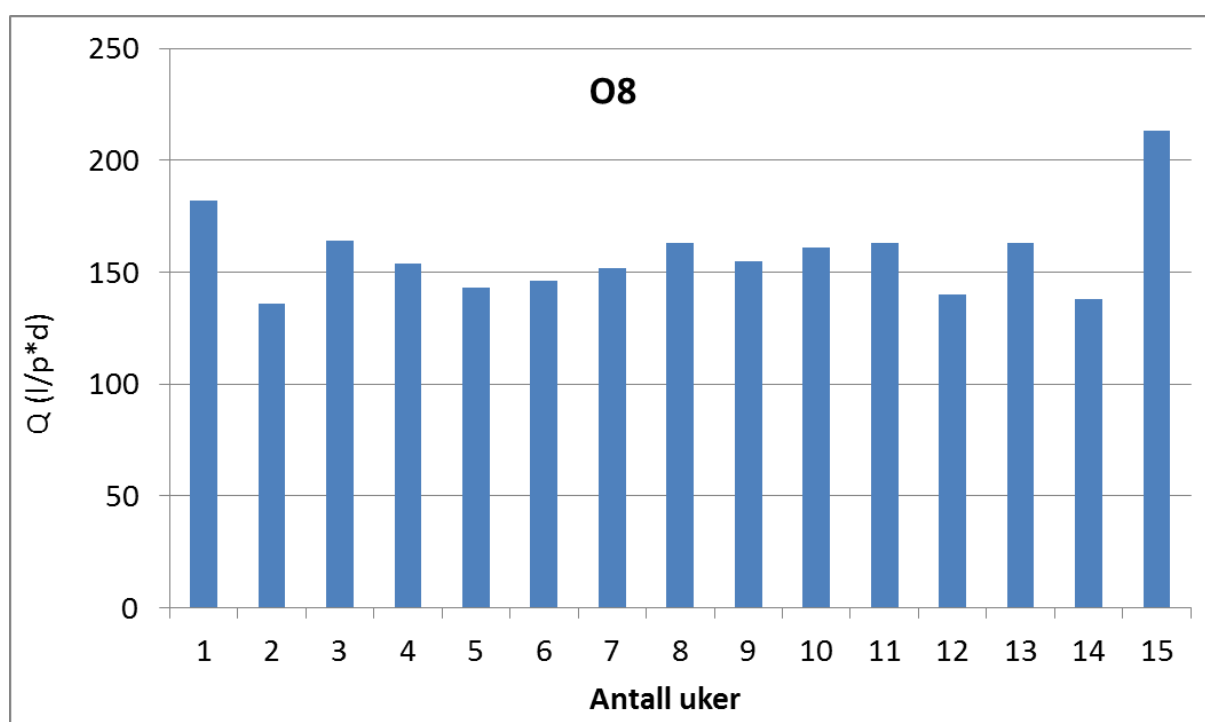
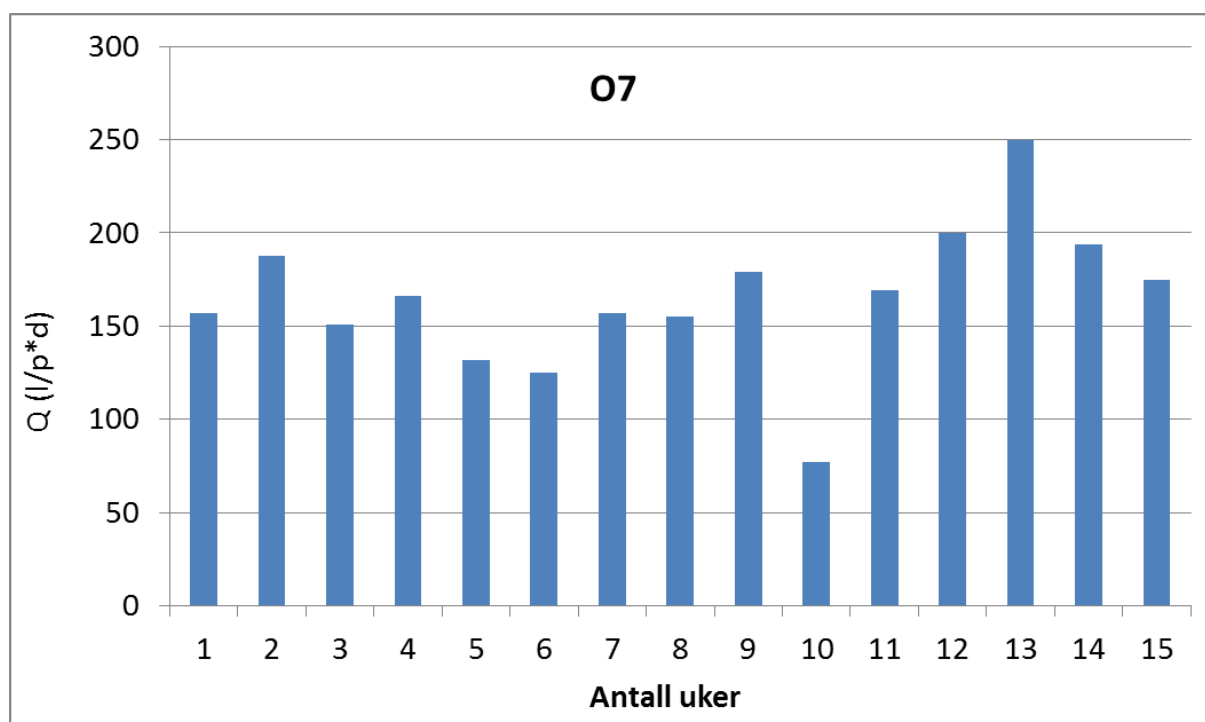
VEDLEGG 1

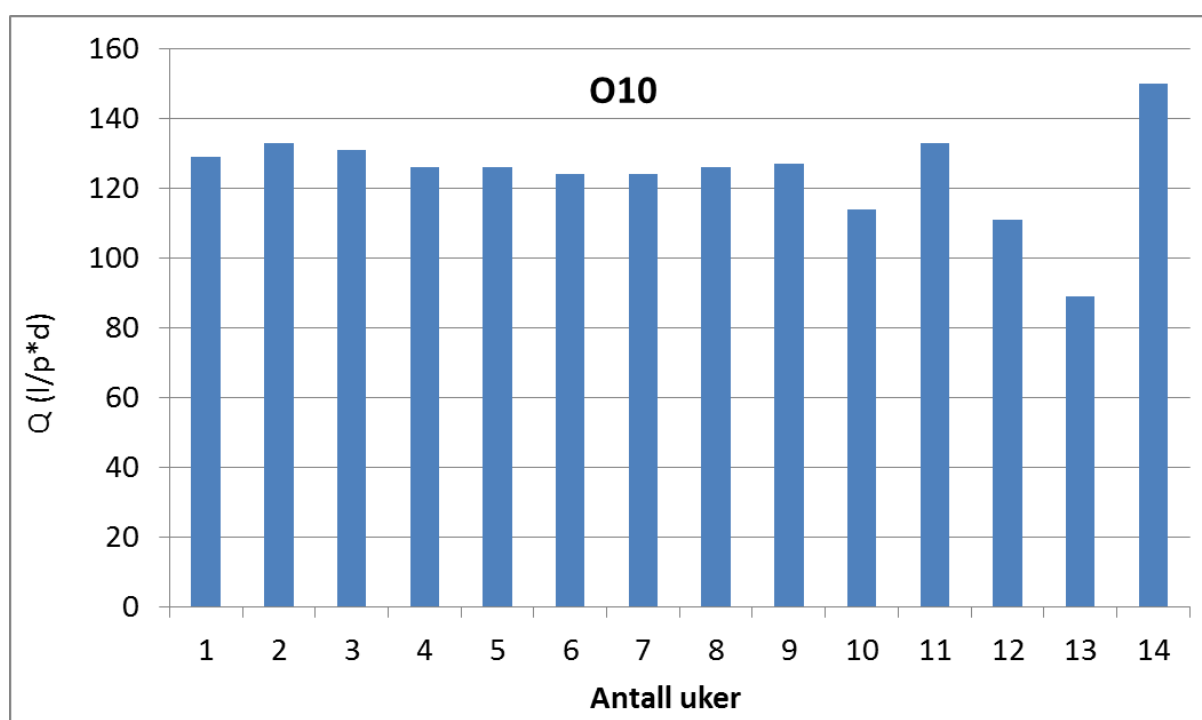
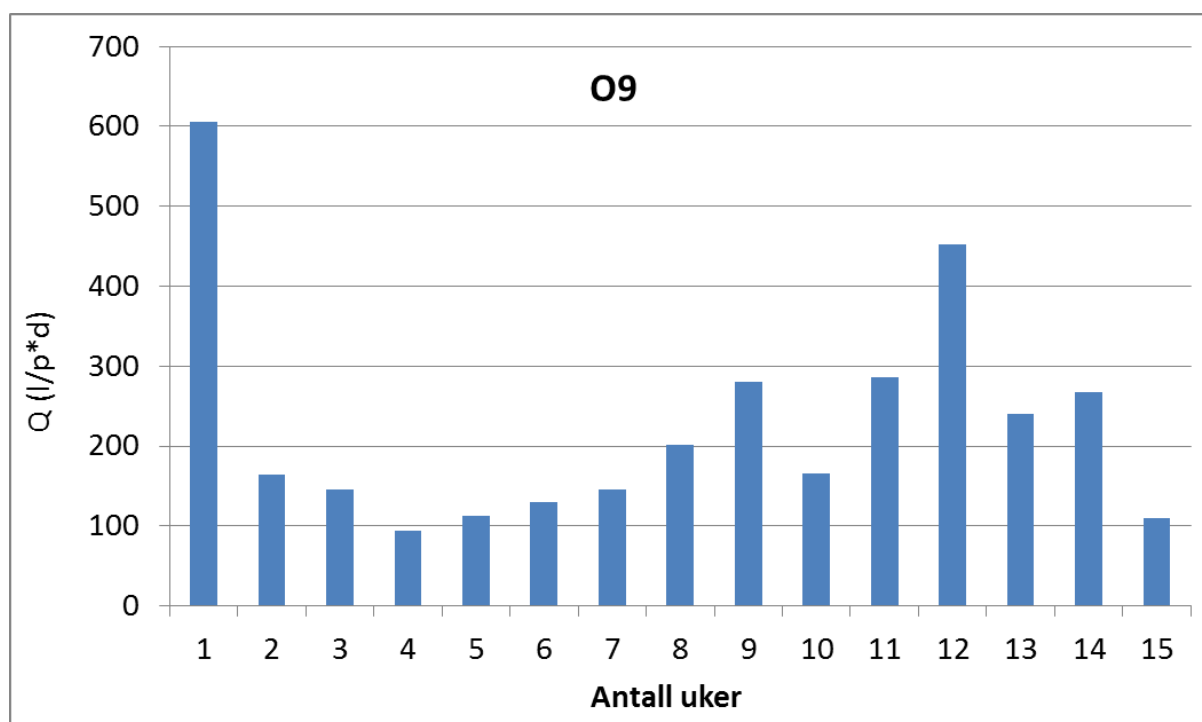


VEDLEGG 2 – Vannmengdedata fra langtidsundersøkelse**1. Ukevariasjon**

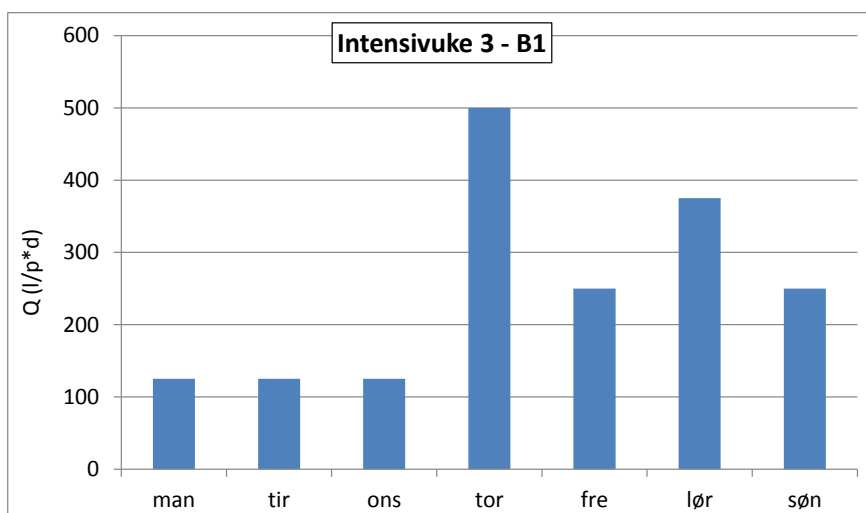
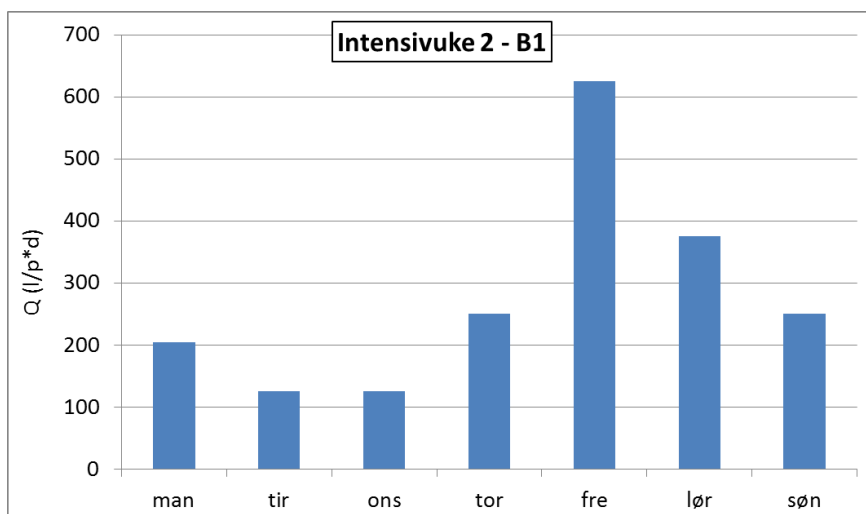
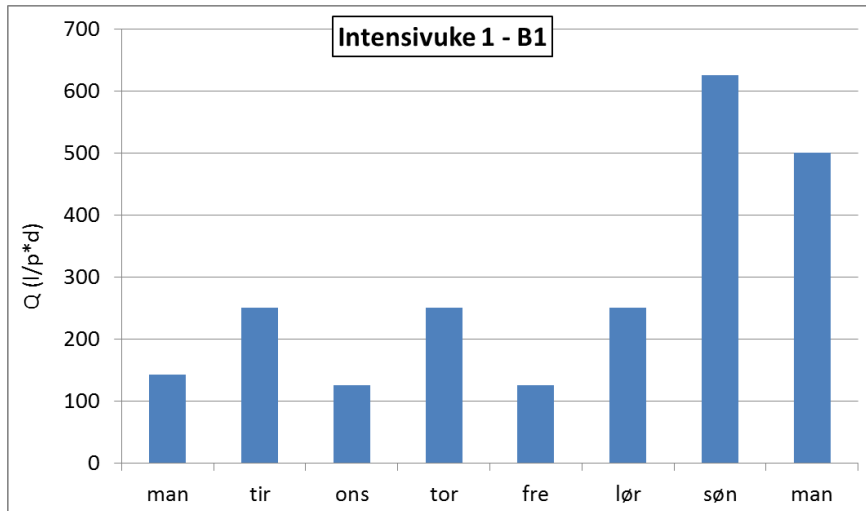


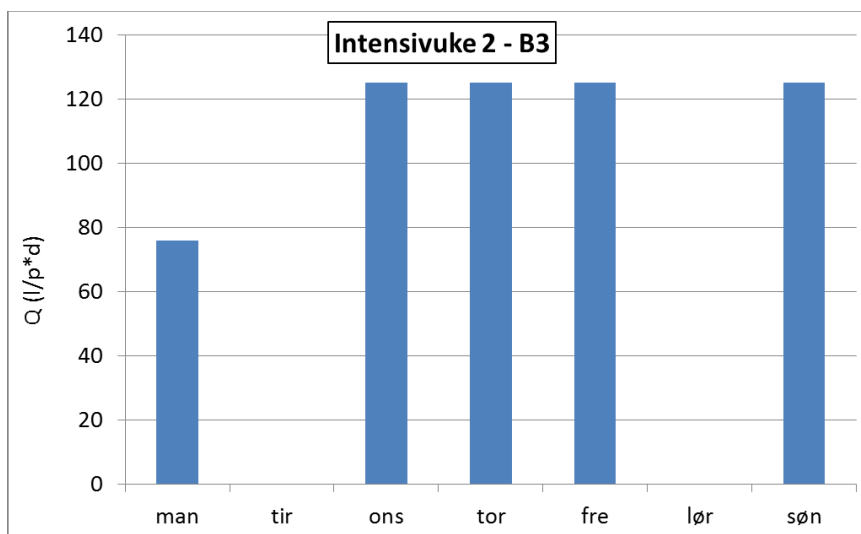
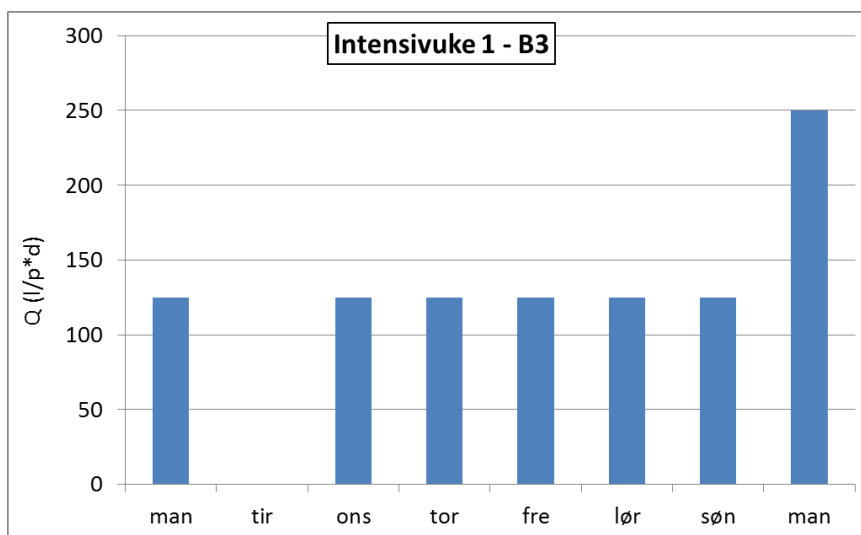
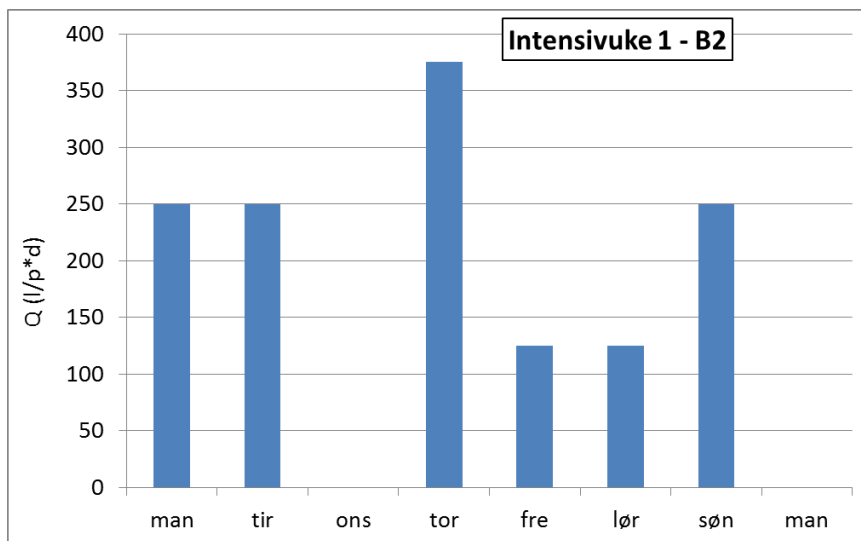


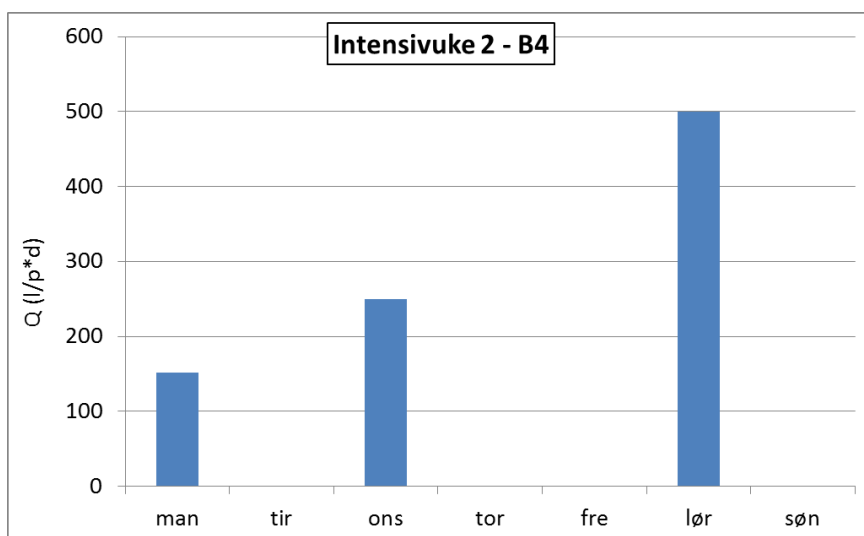
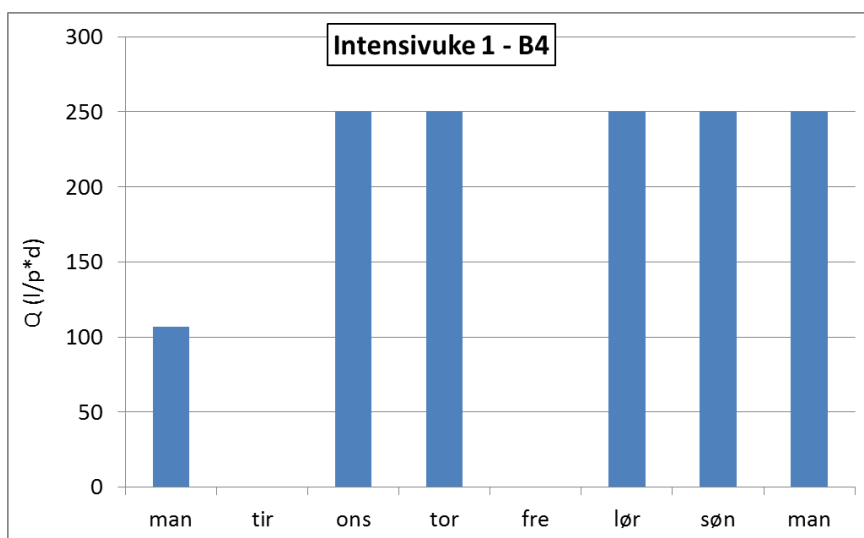
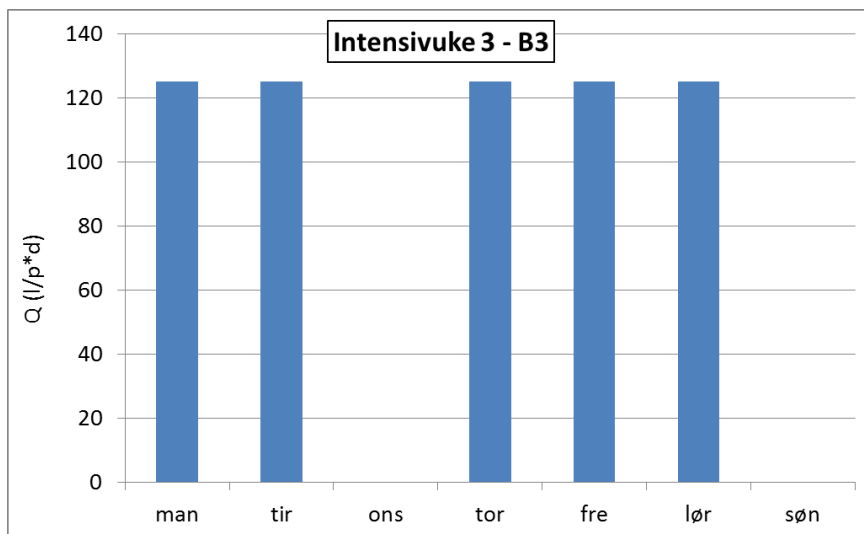


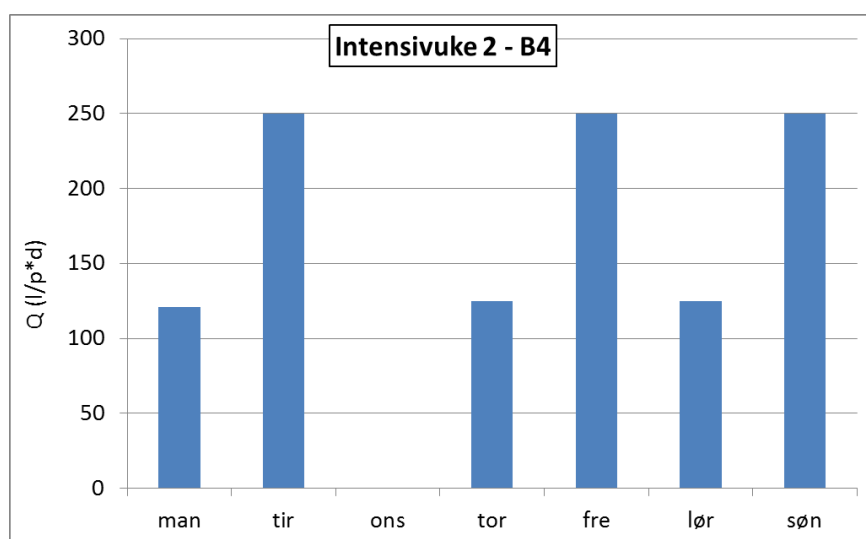
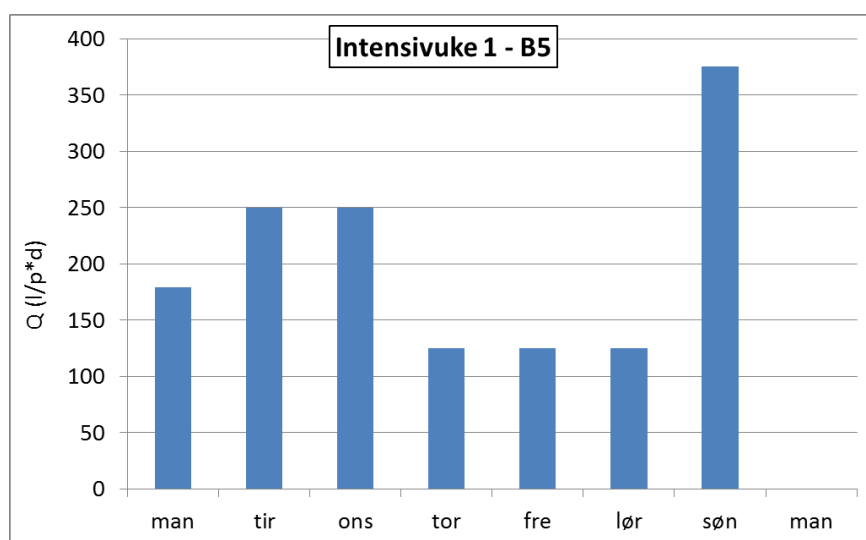
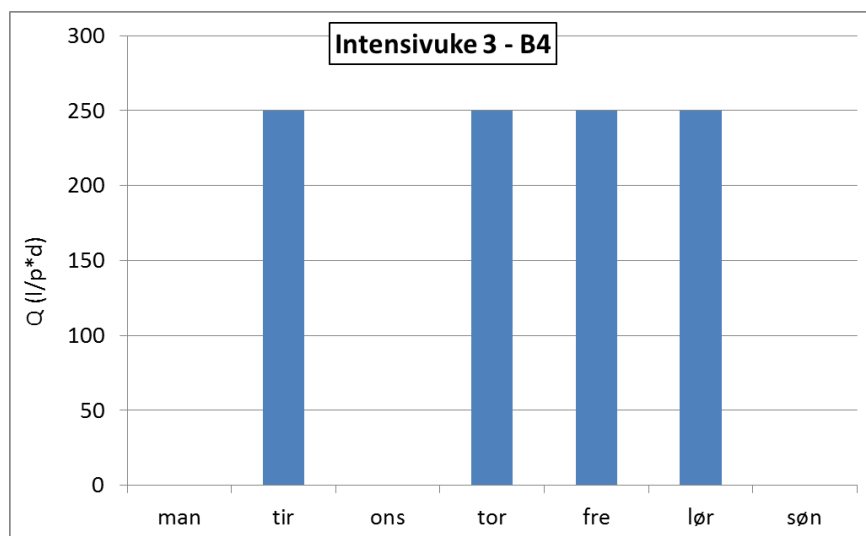


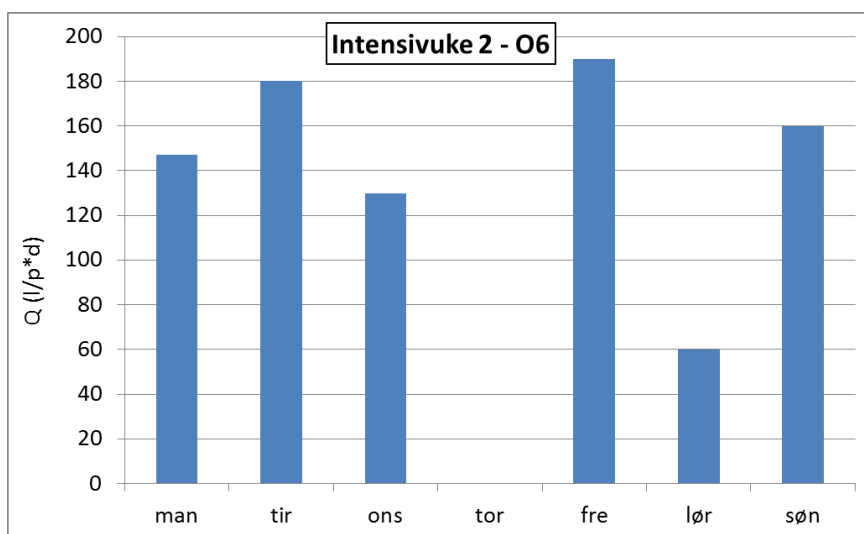
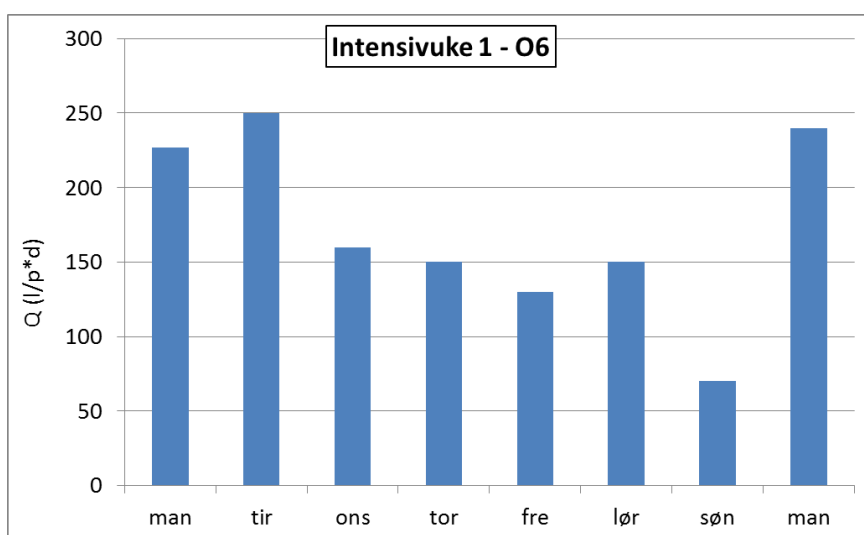
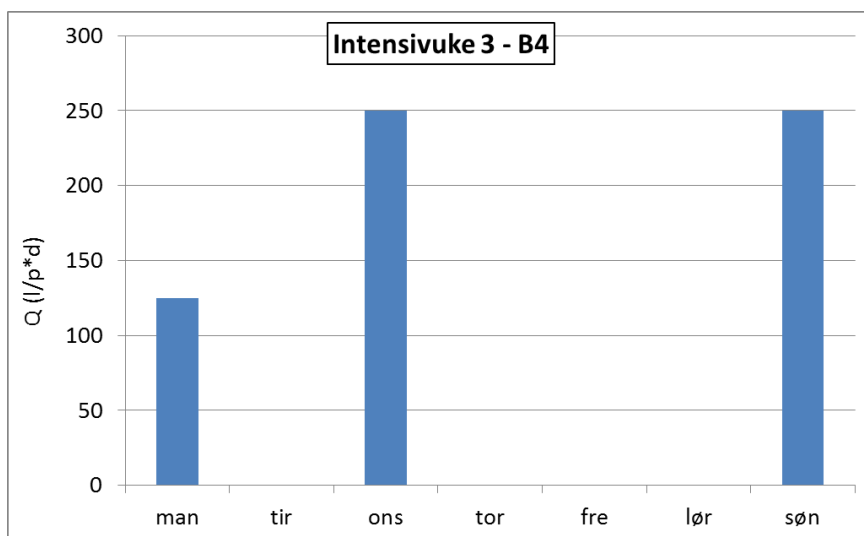
2. Dagvariasjon

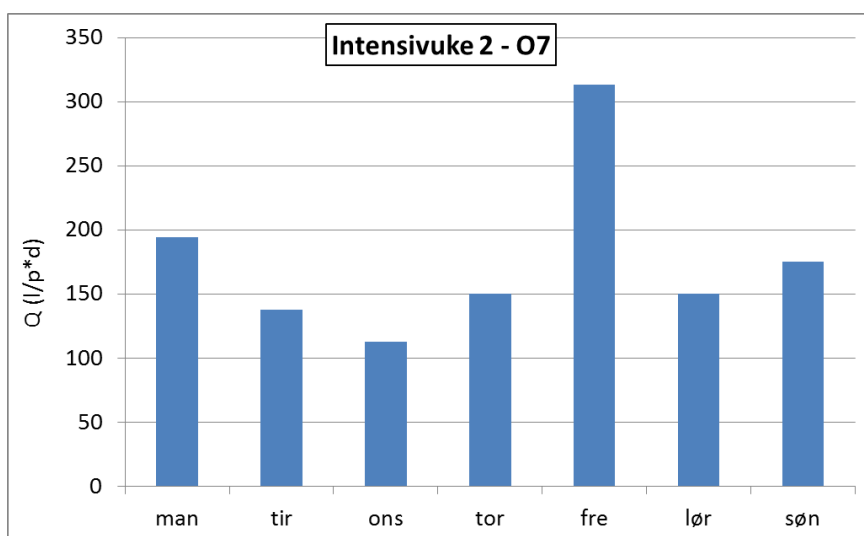
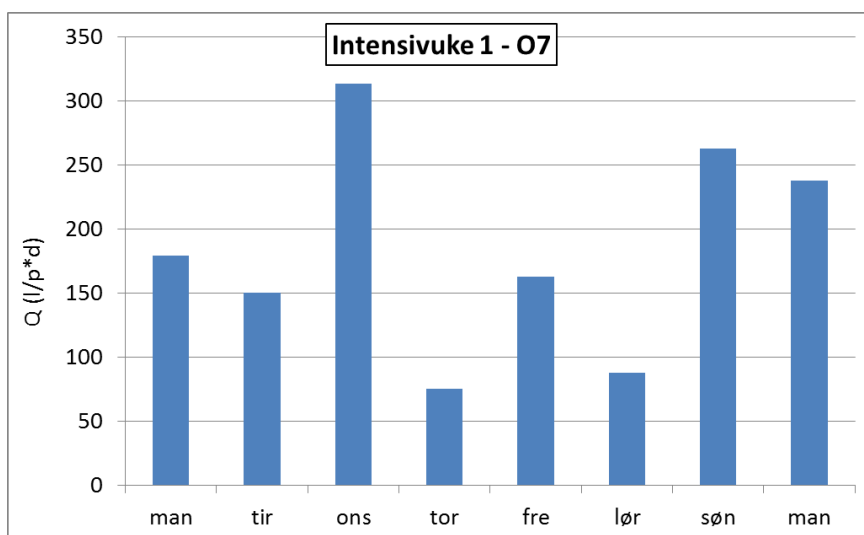
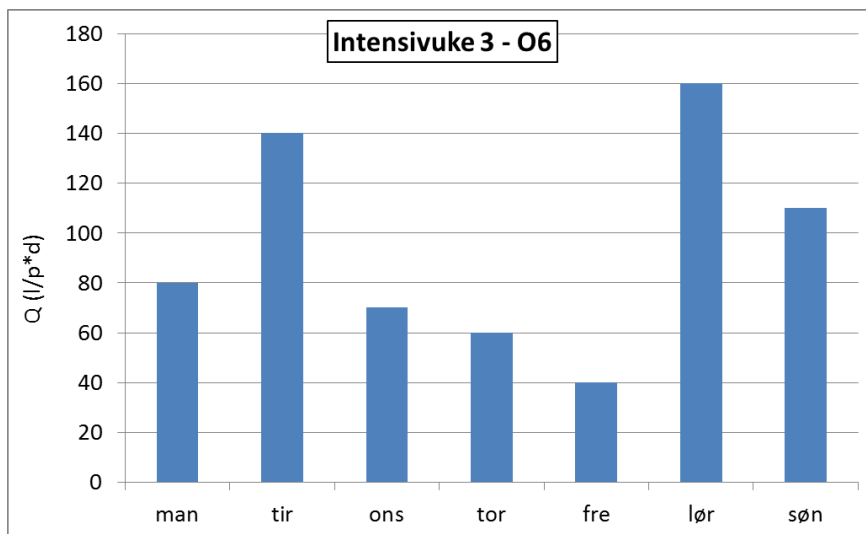


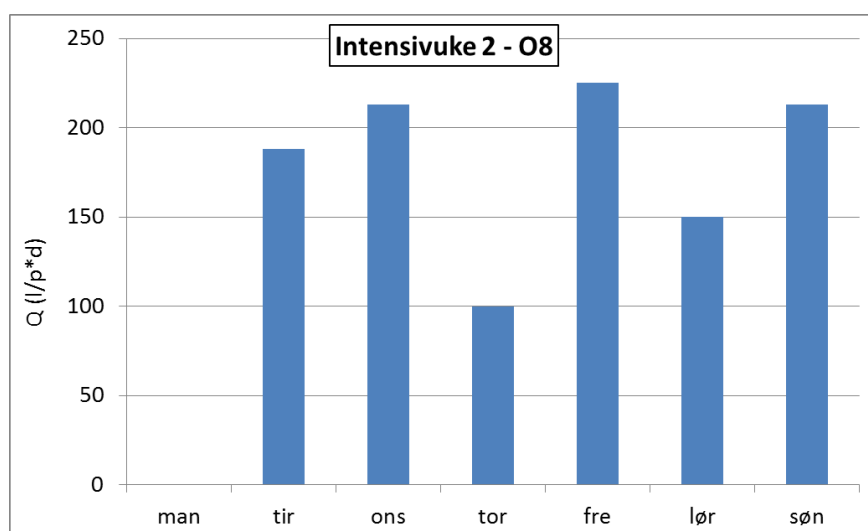
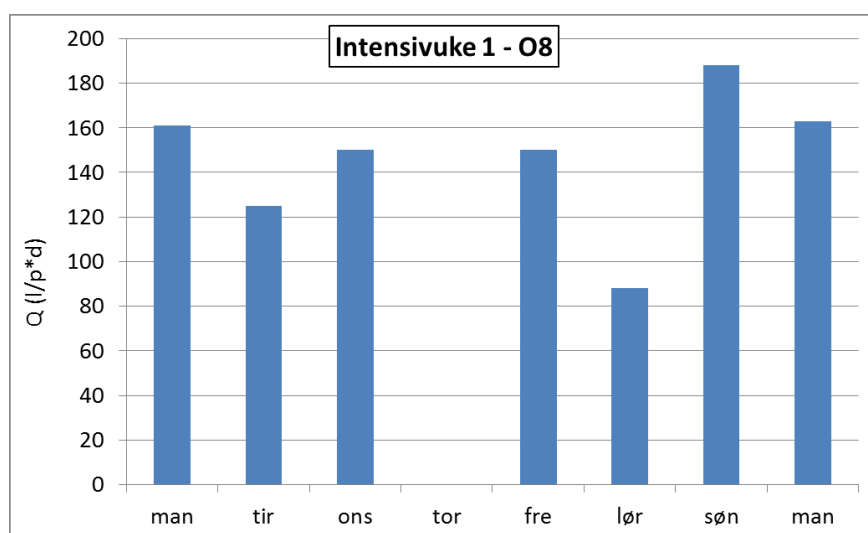
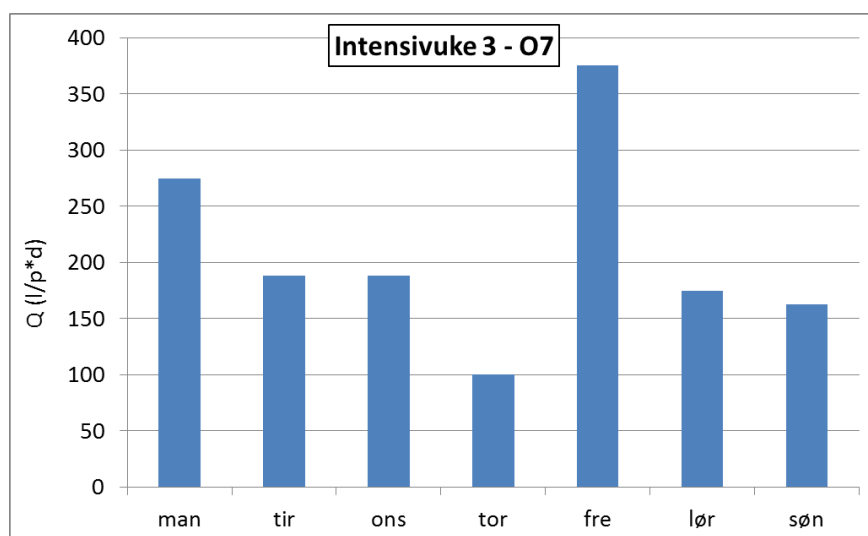


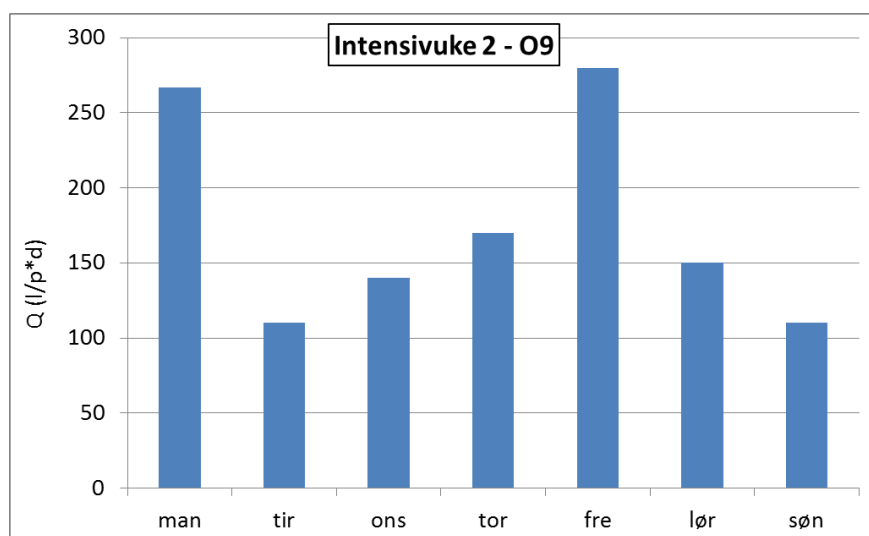
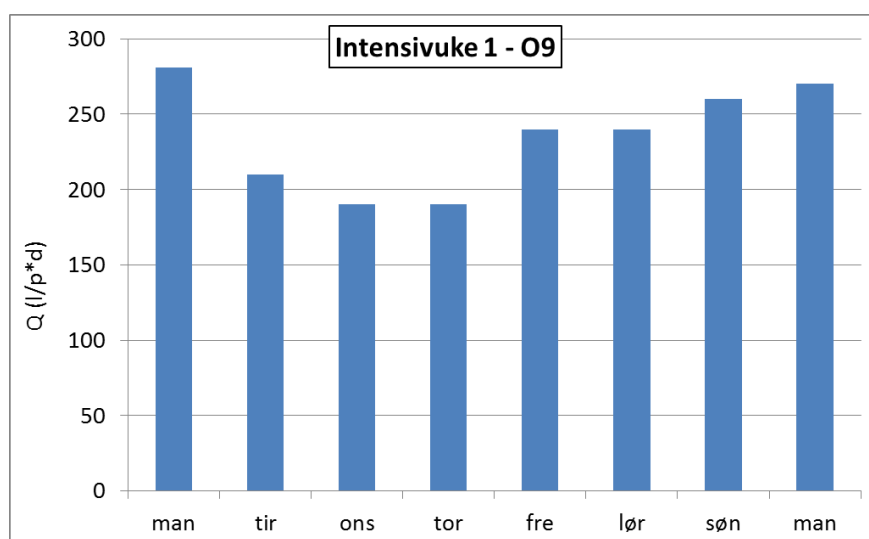
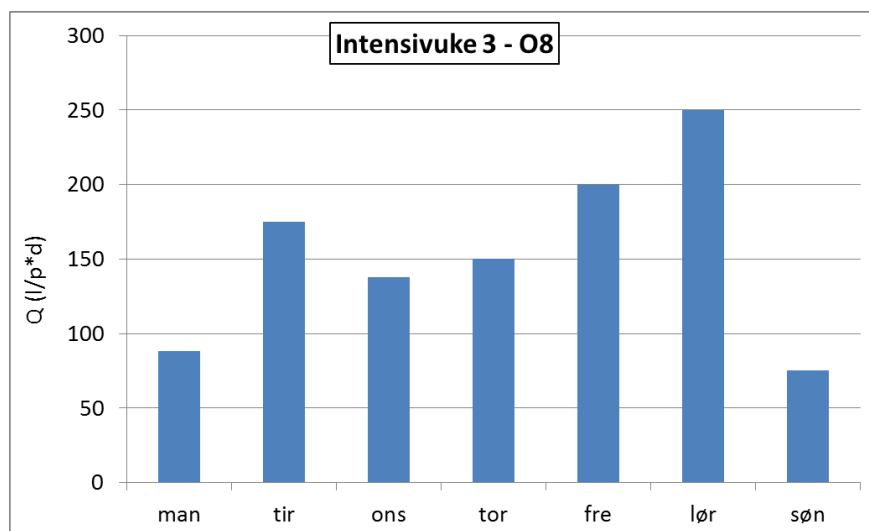


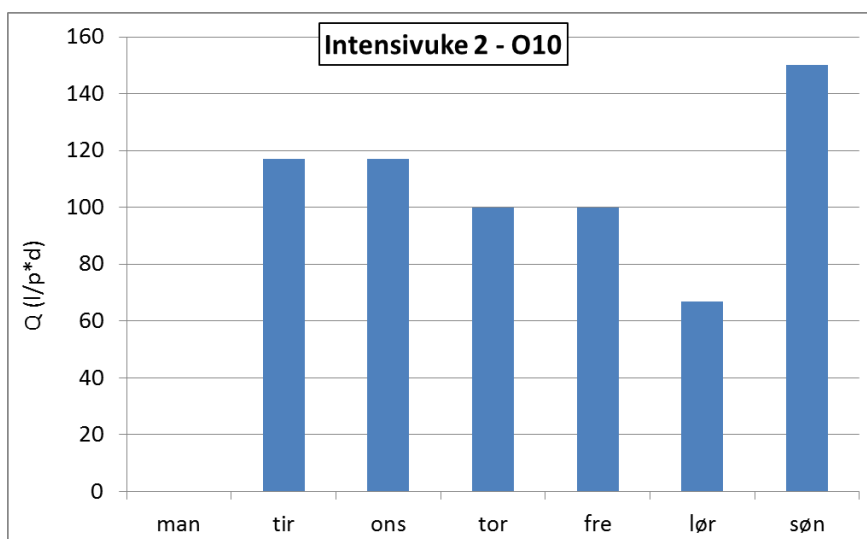
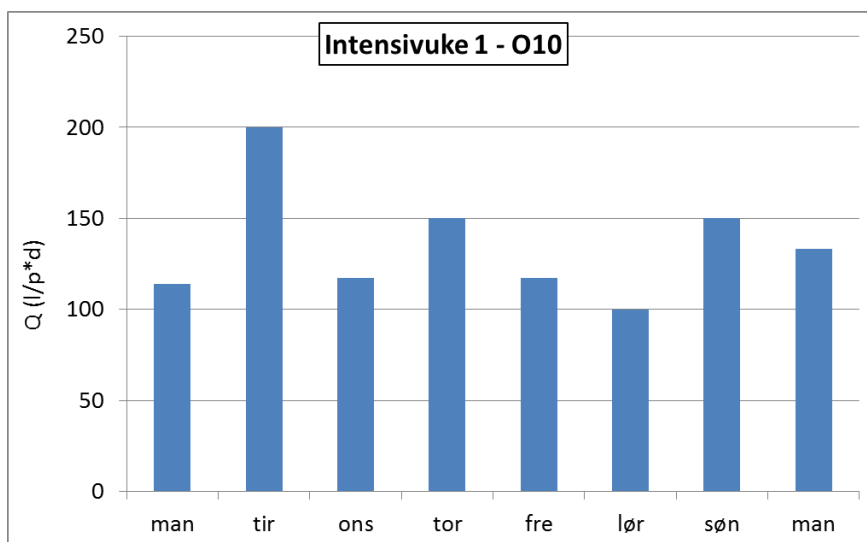
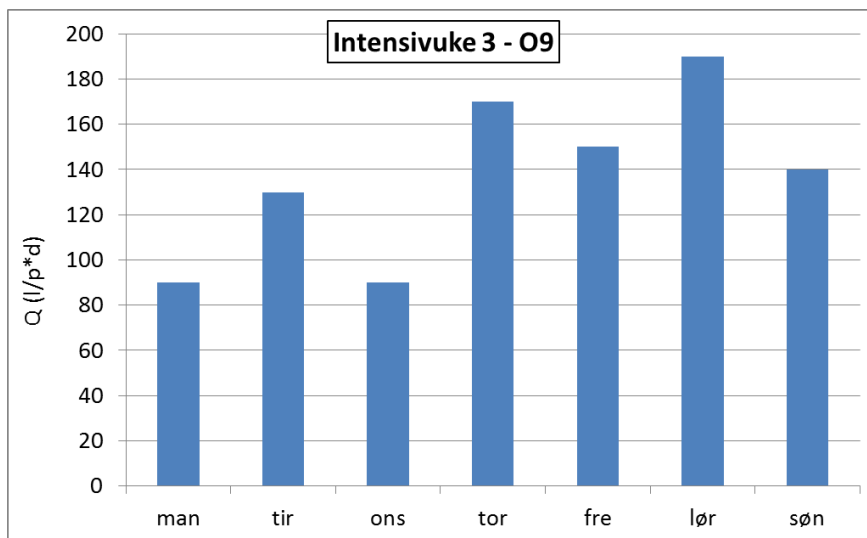


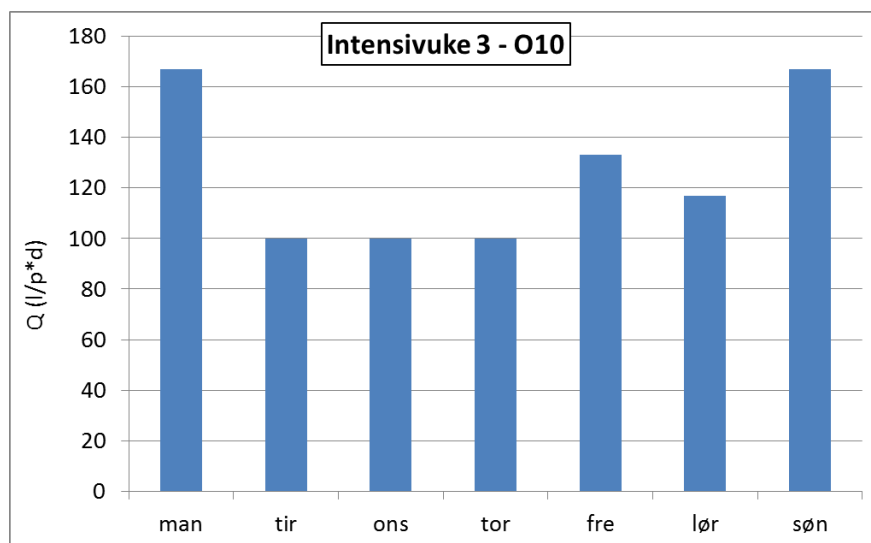


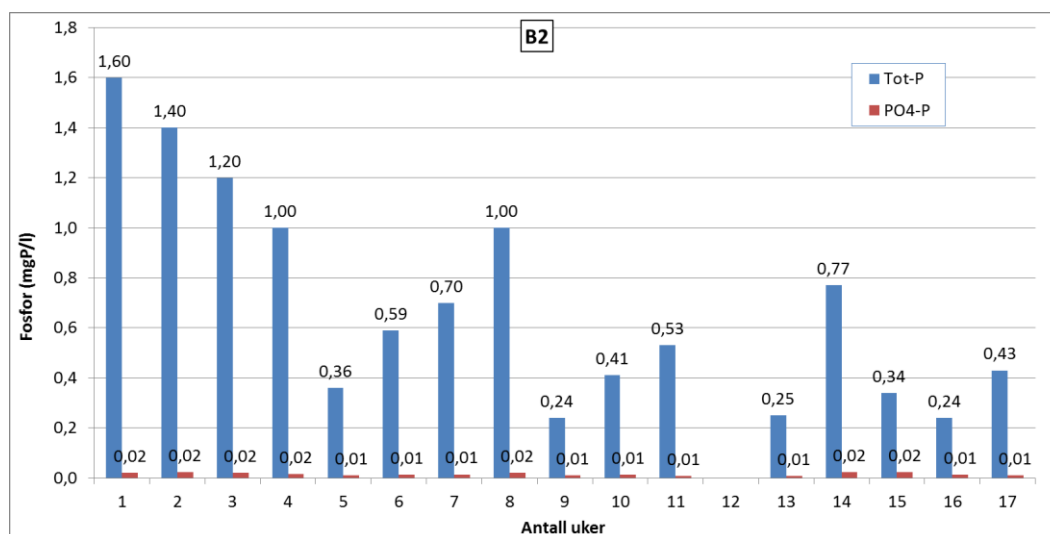
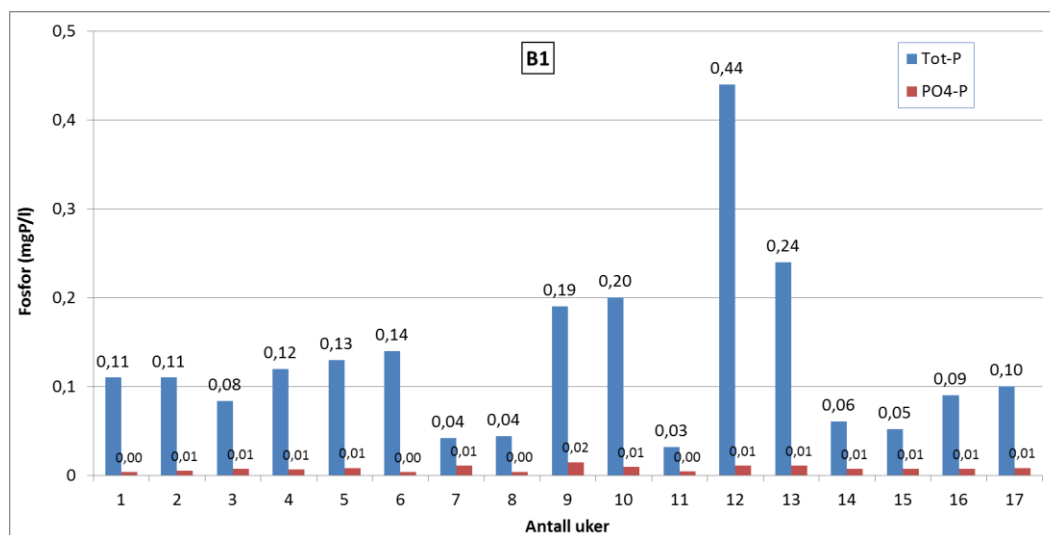


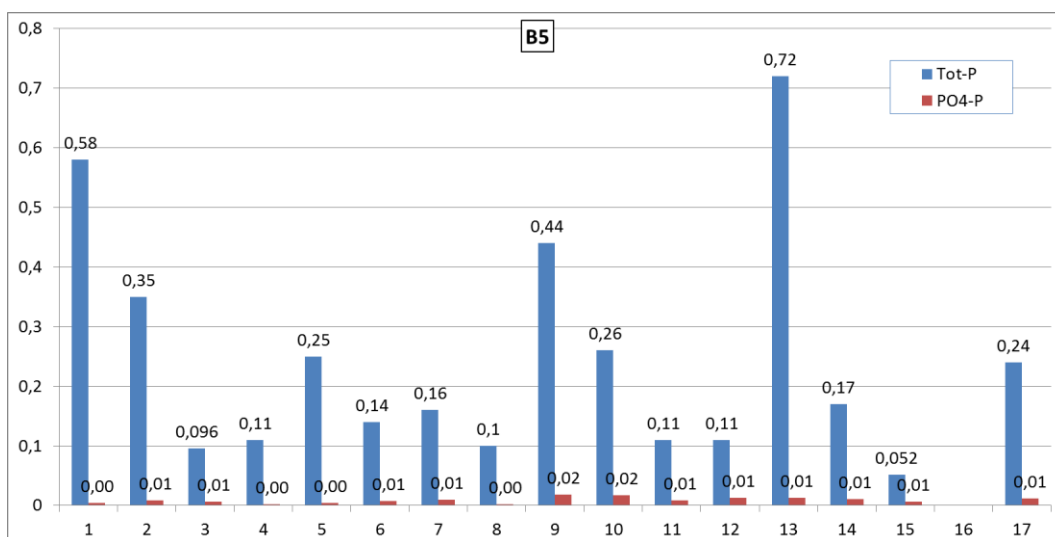
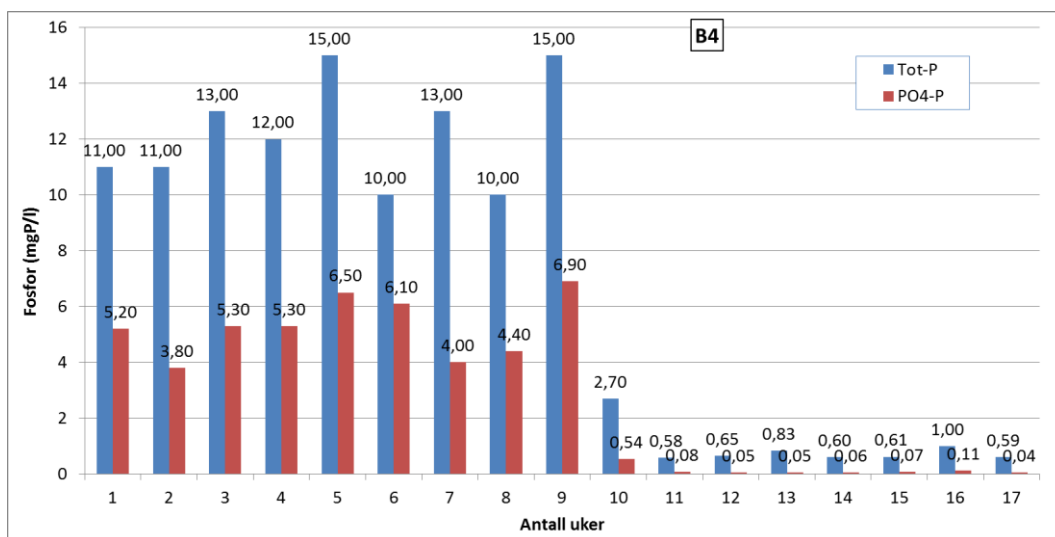
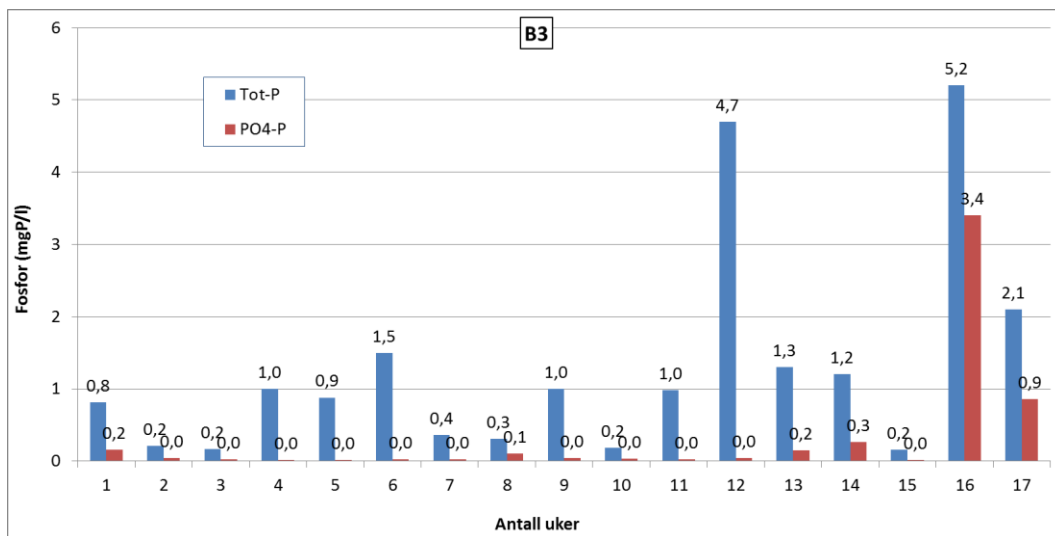


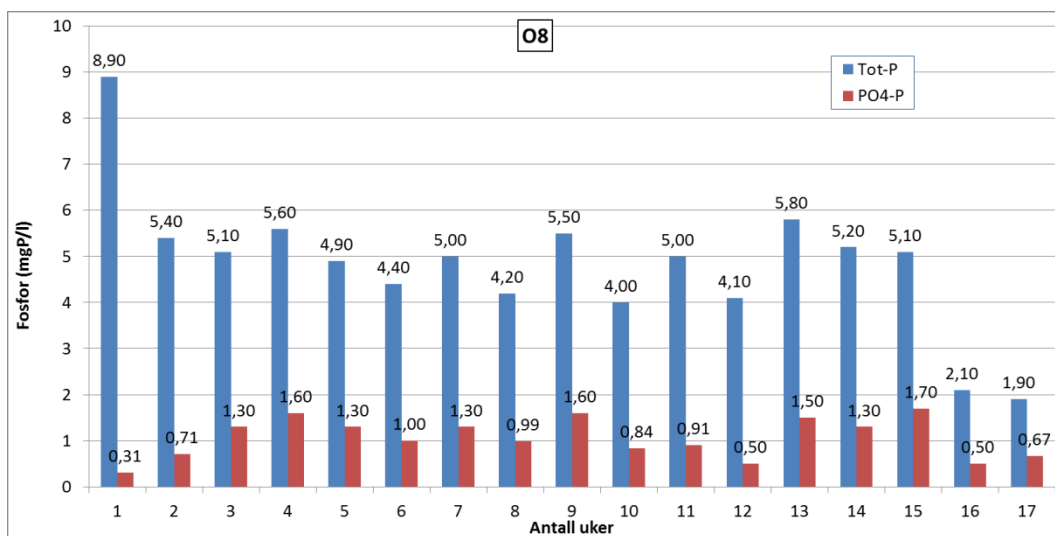
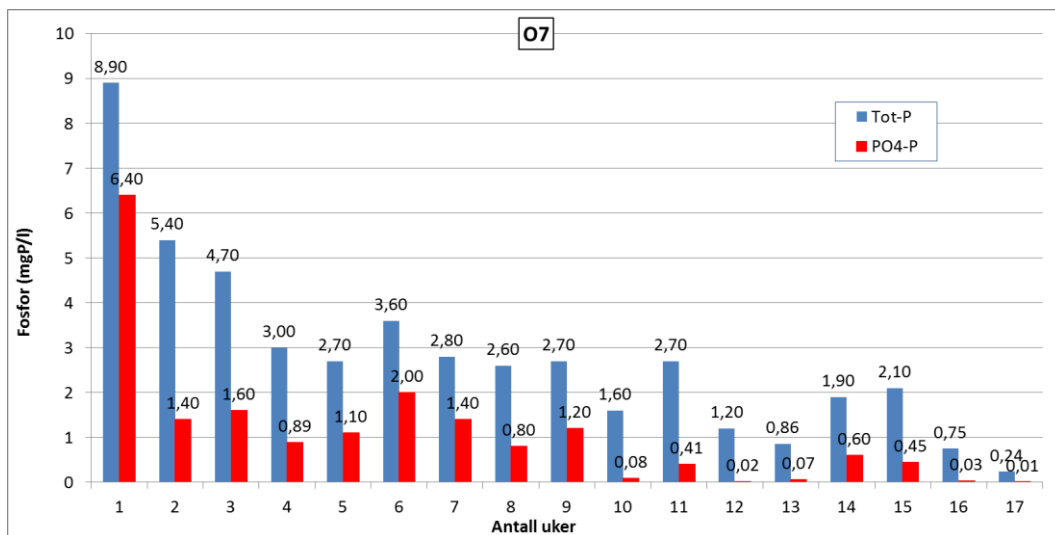
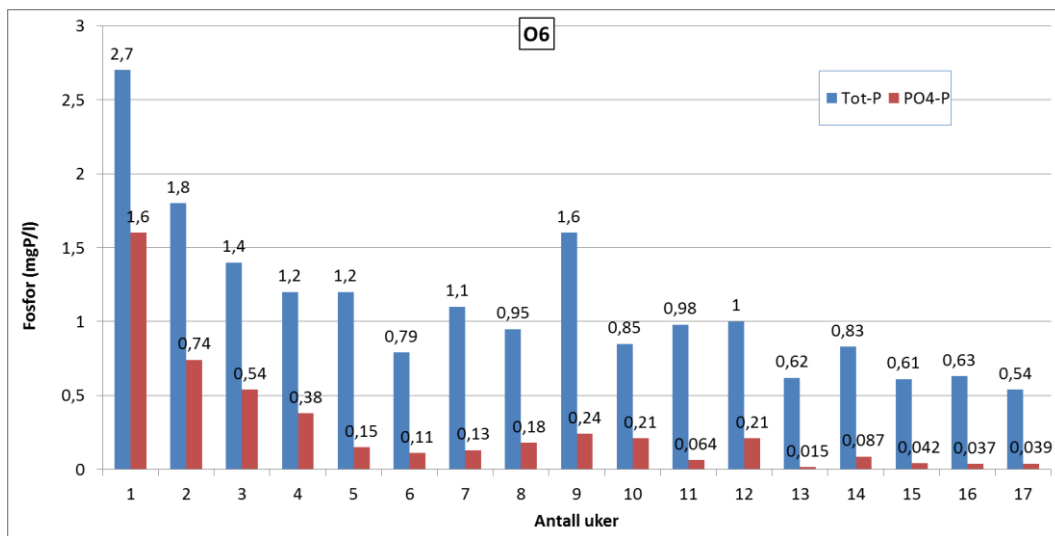


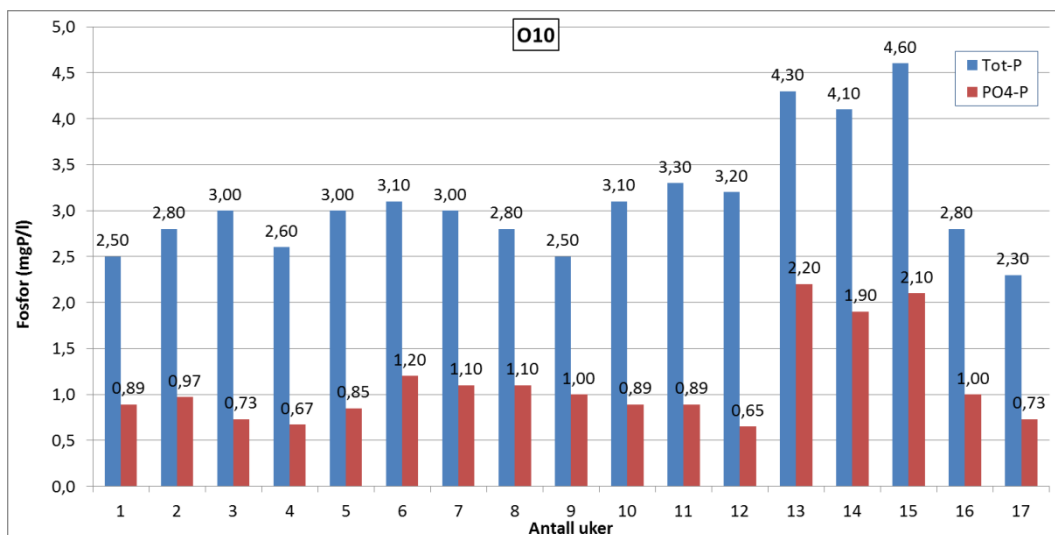
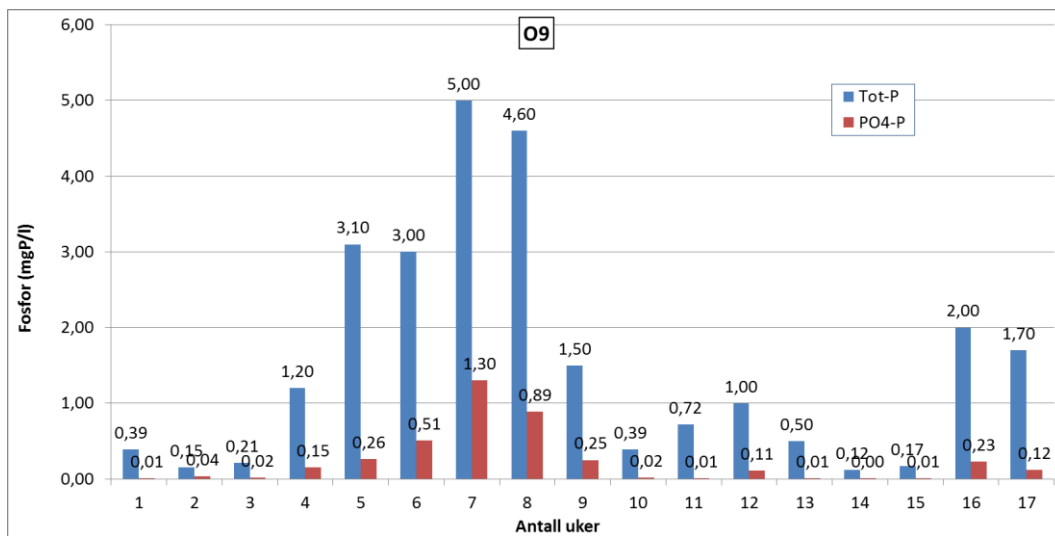




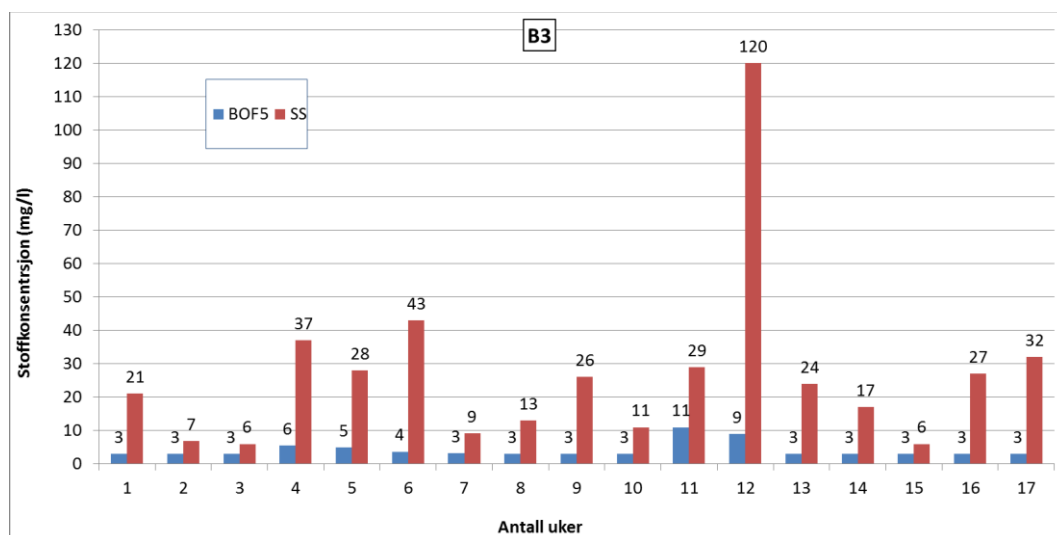
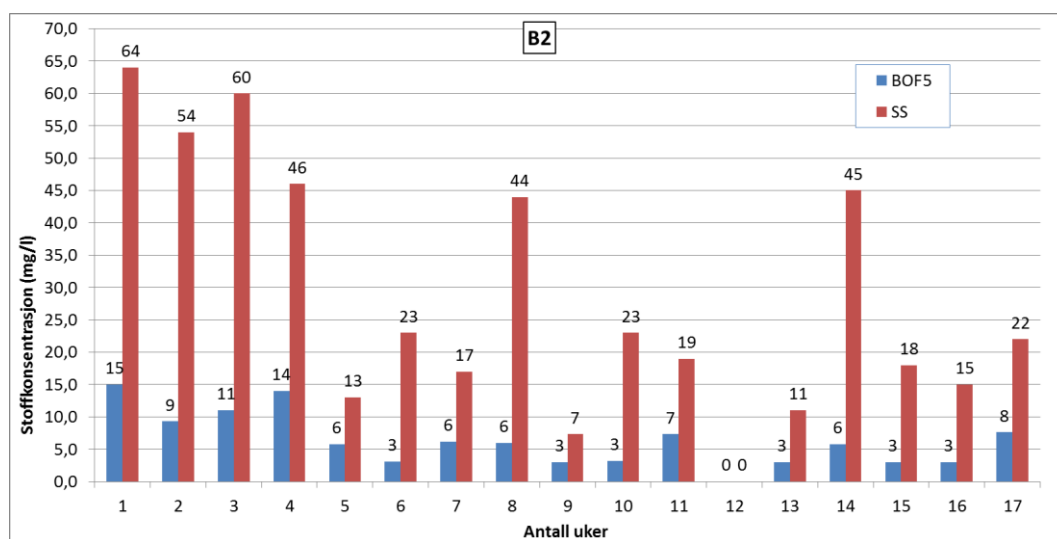
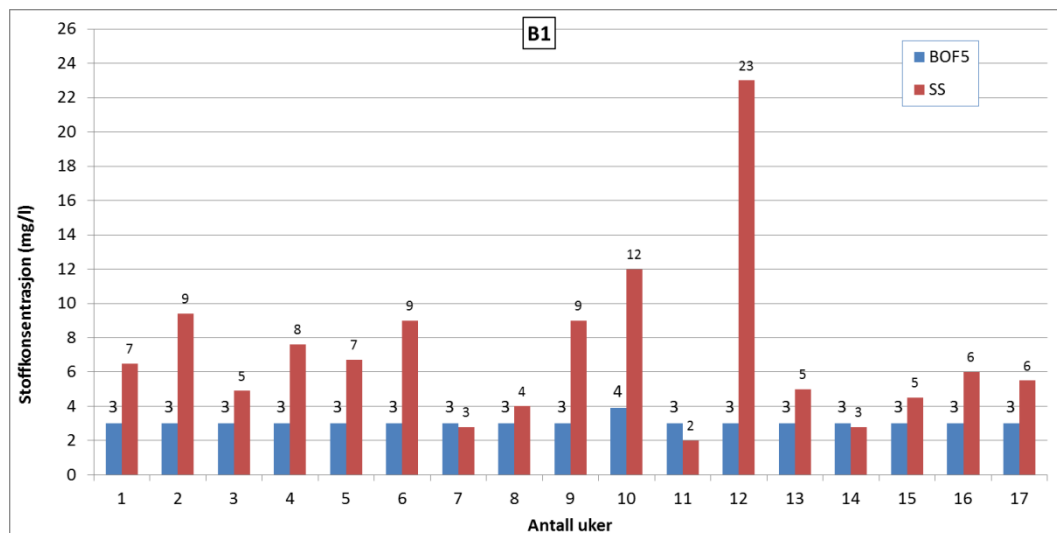
VEDLEGG 3 – Variasjon i utløpskonsentrasjoner - ukentlig**1. Fosfor**

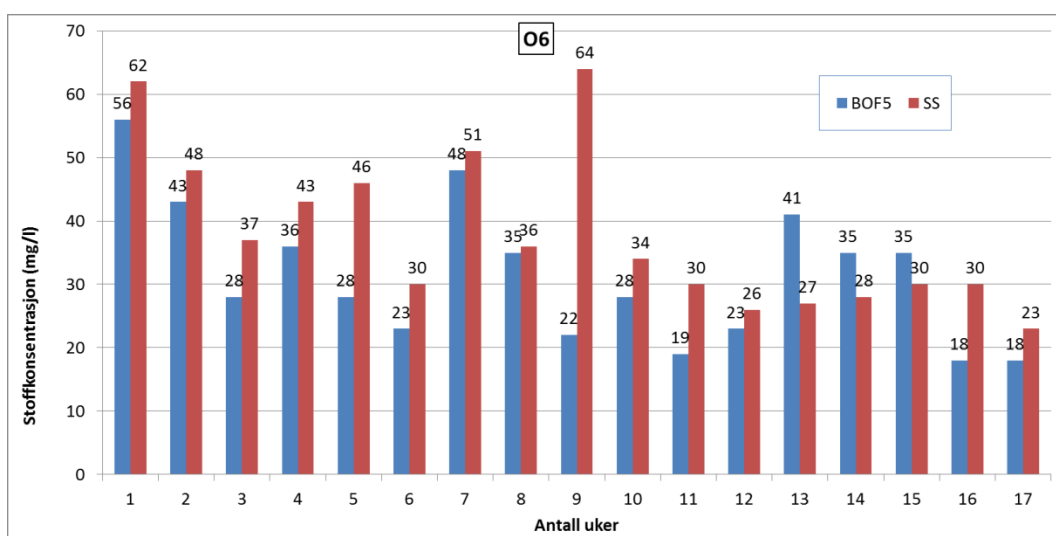
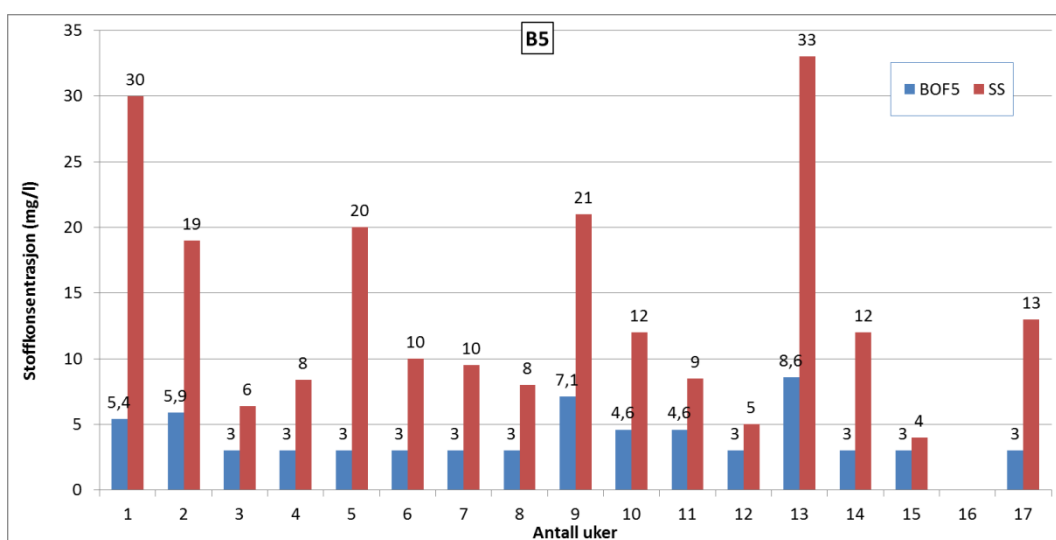
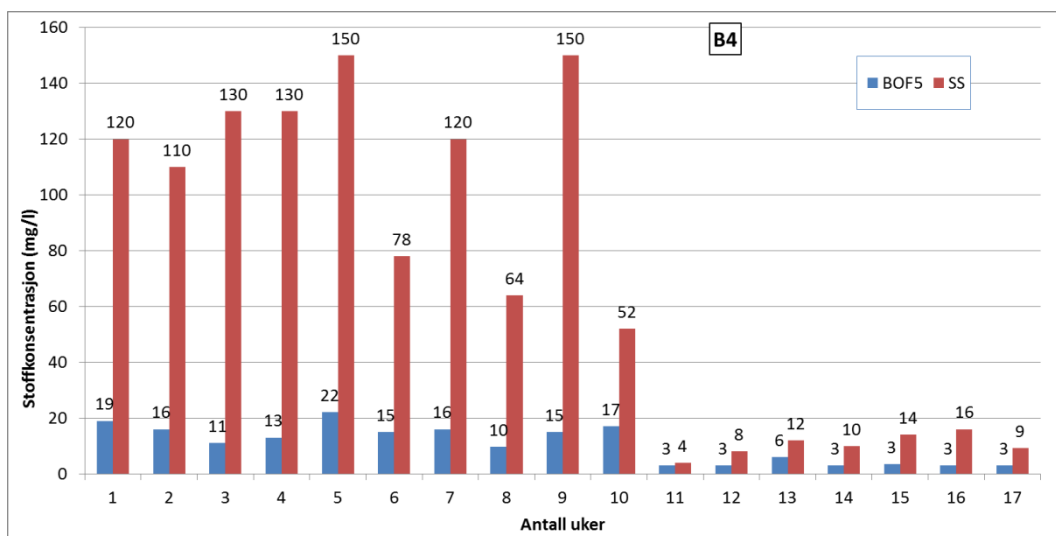


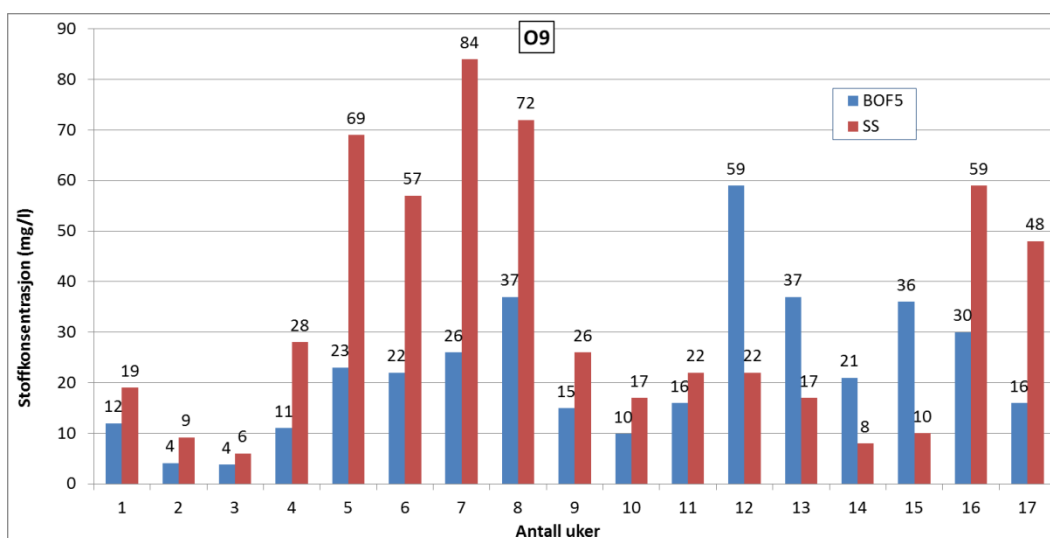
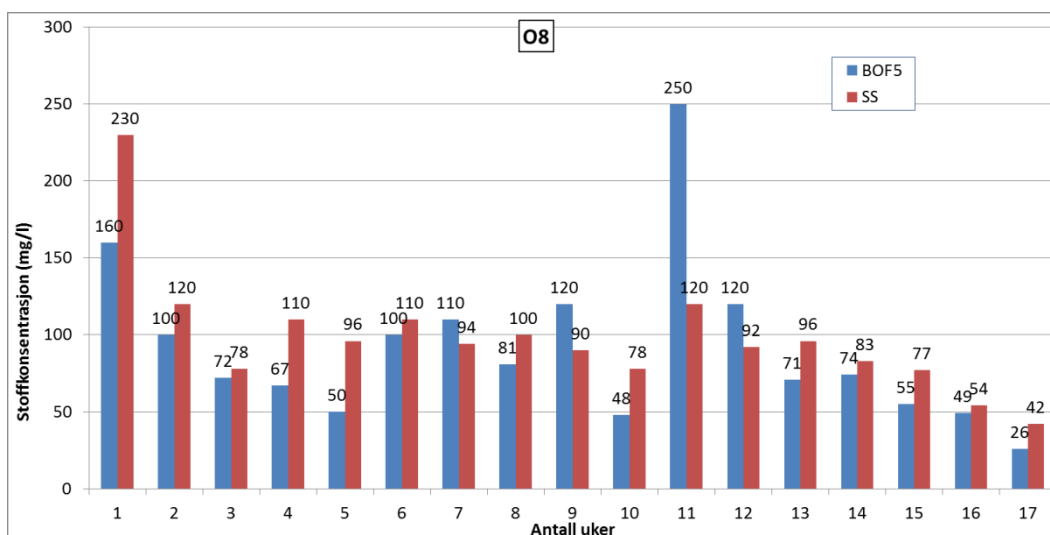
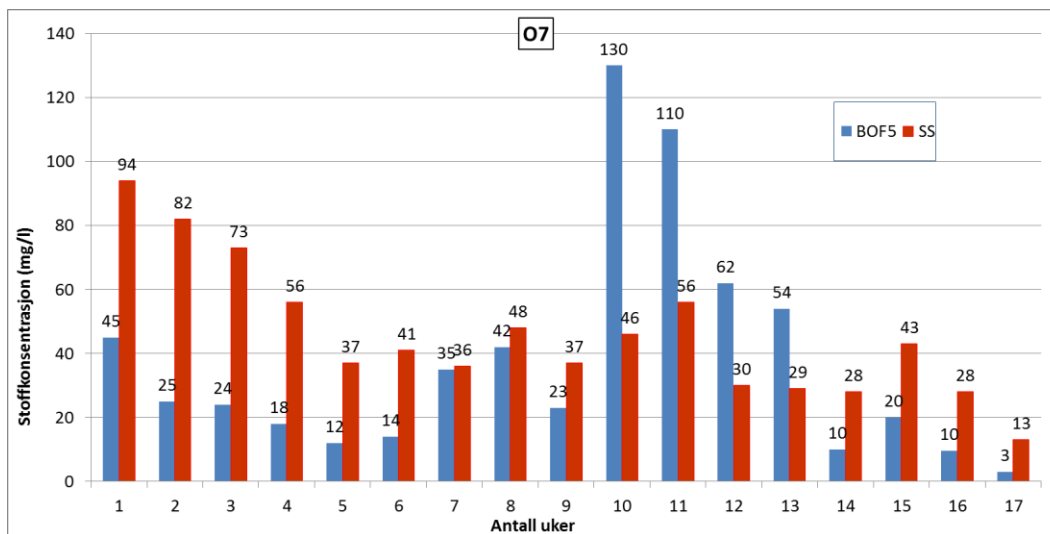


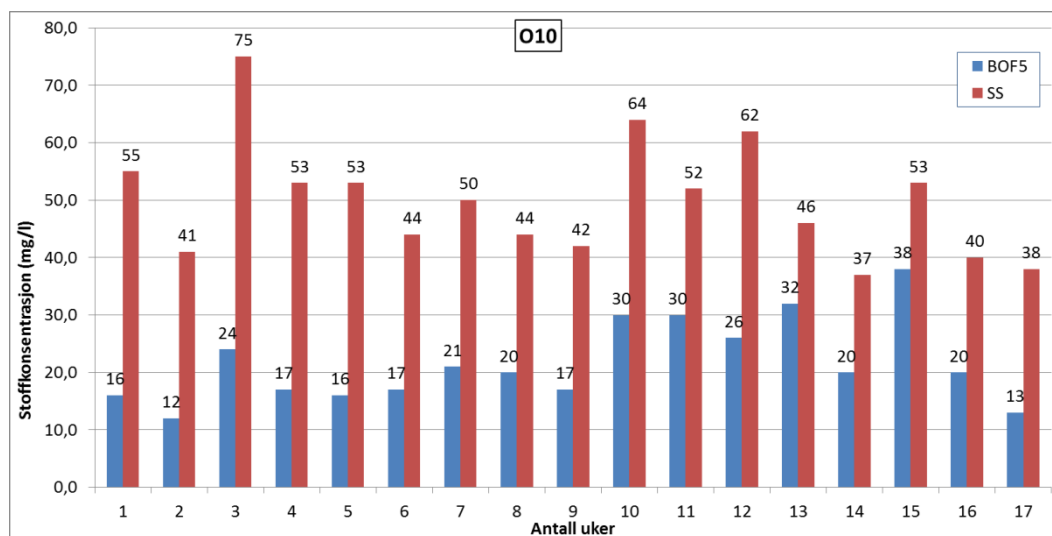


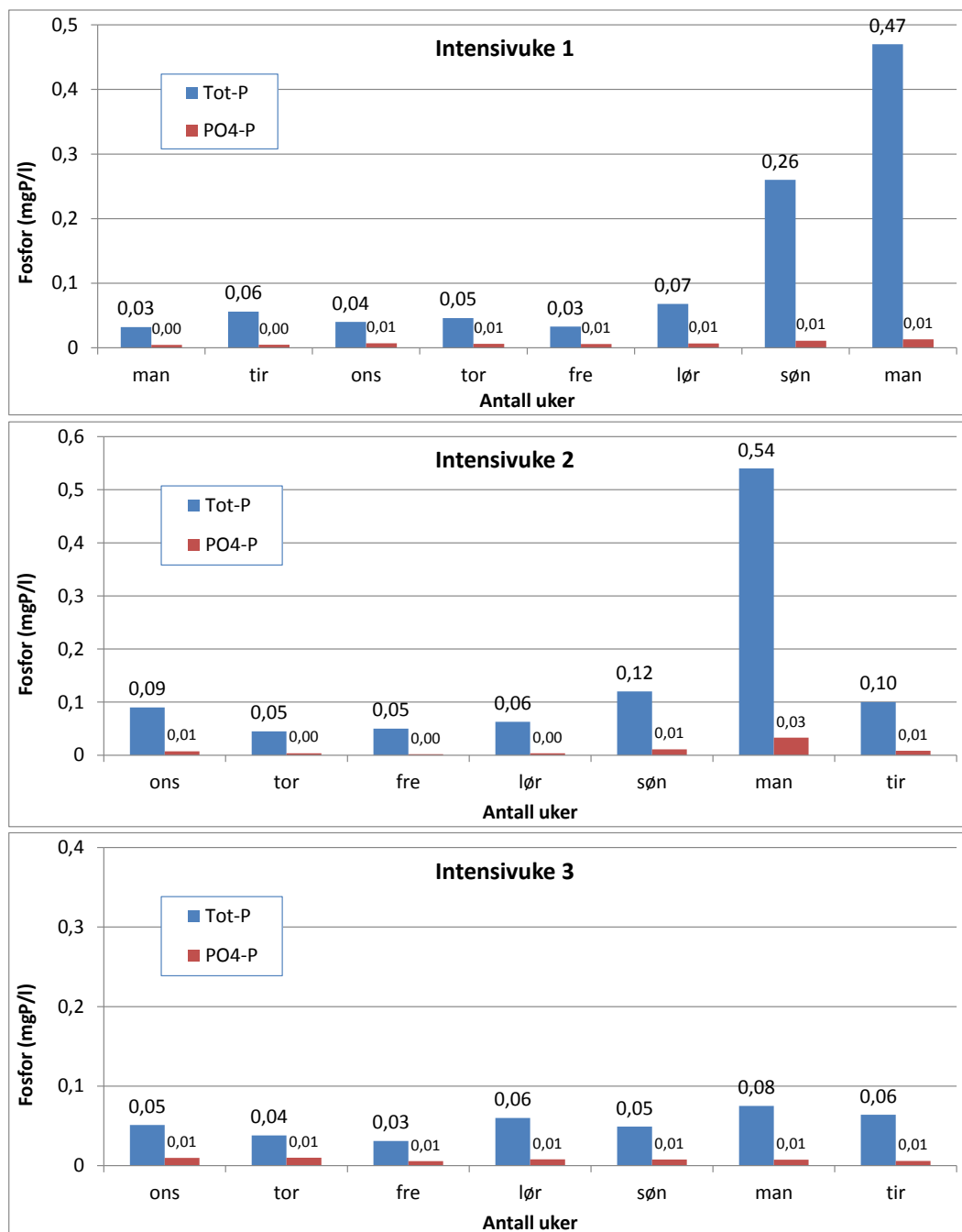
2. Stoffbelastning (BOF₅ og SS)



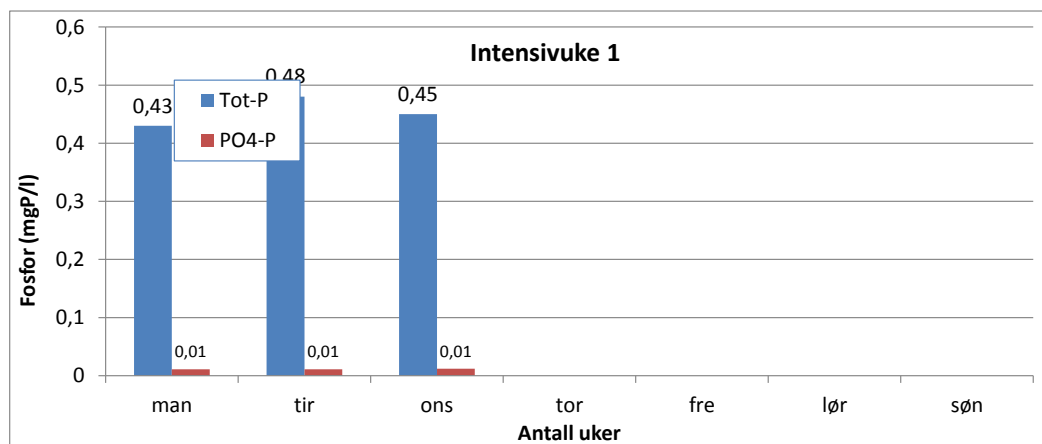
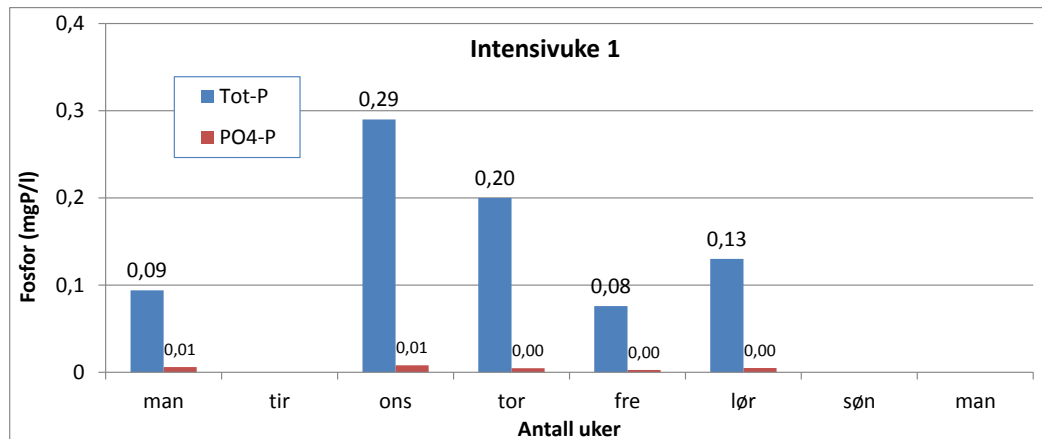




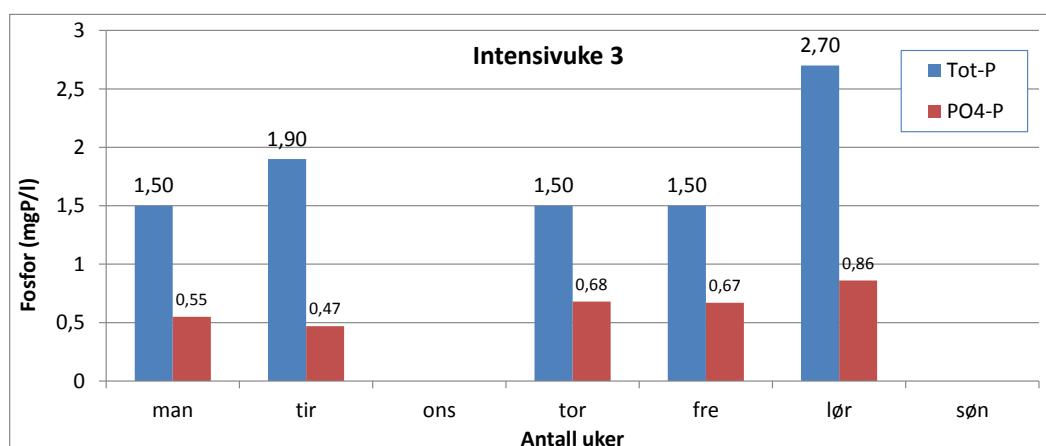
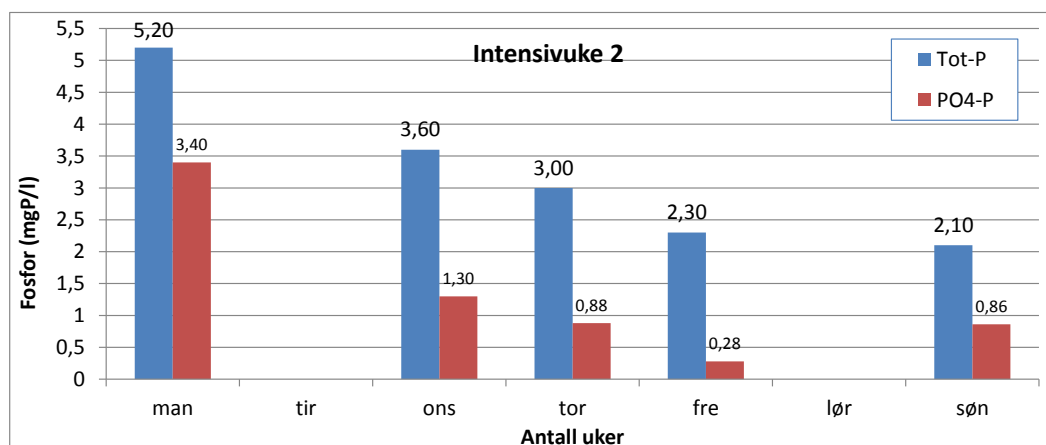
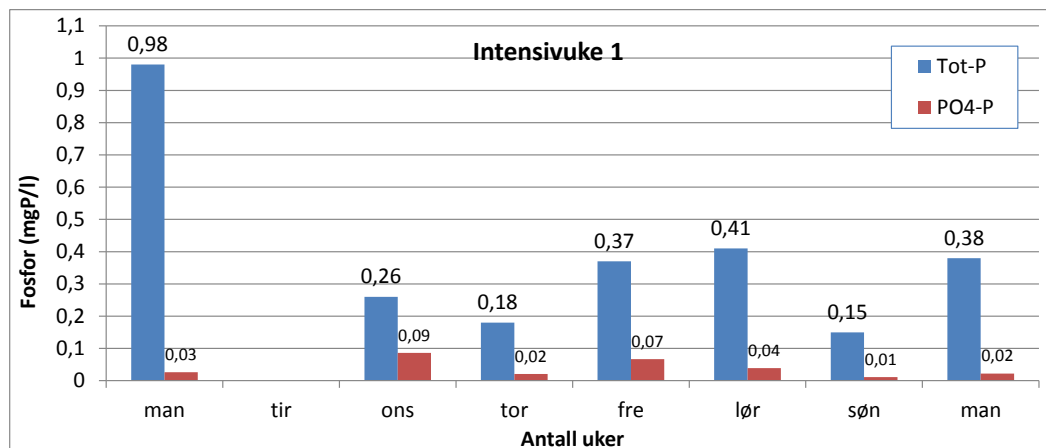


VEDLEGG 4 – Variasjon i utløpskonsentrasjoner - daglig**1. Fosfor****Anlegg B1**

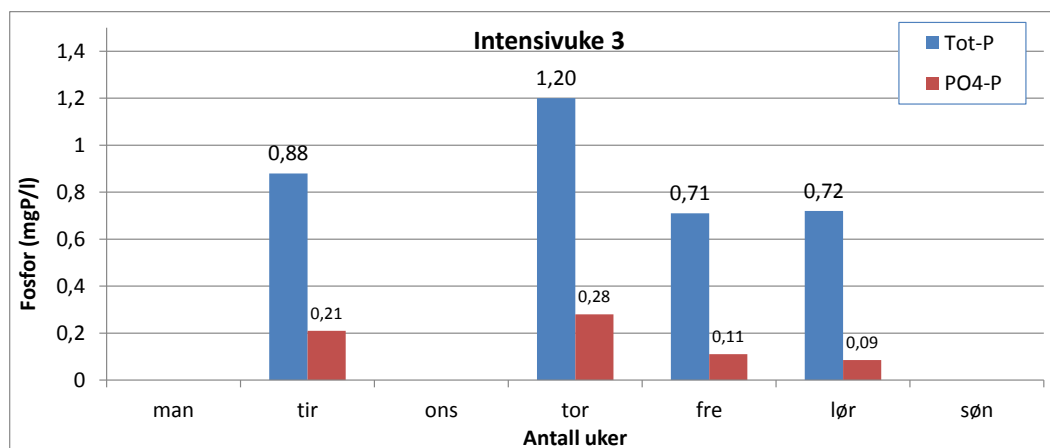
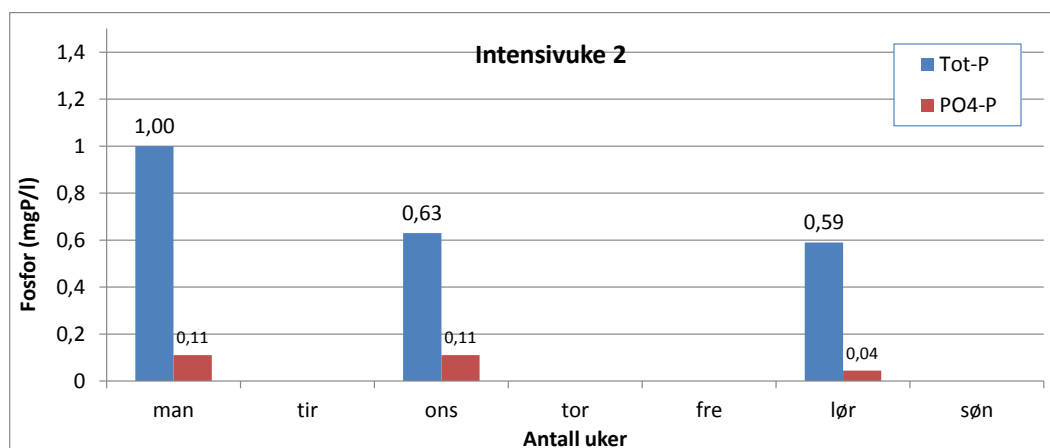
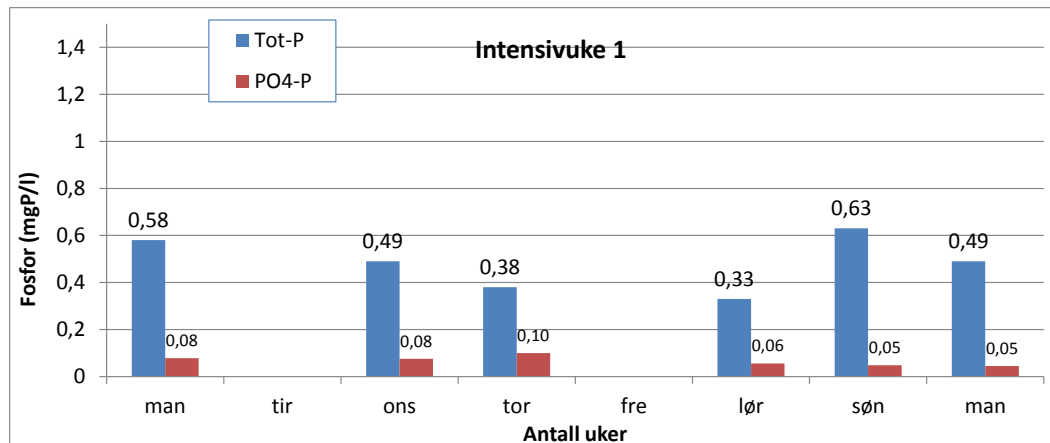
Anlegg B2



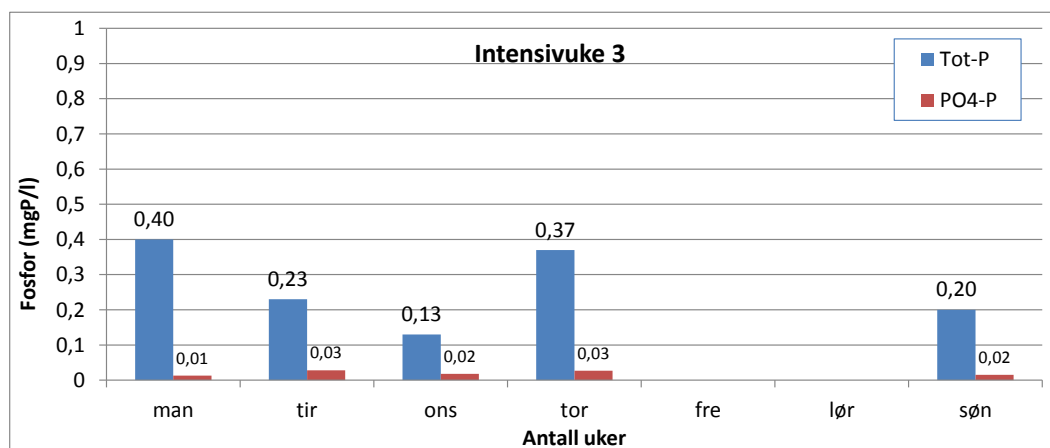
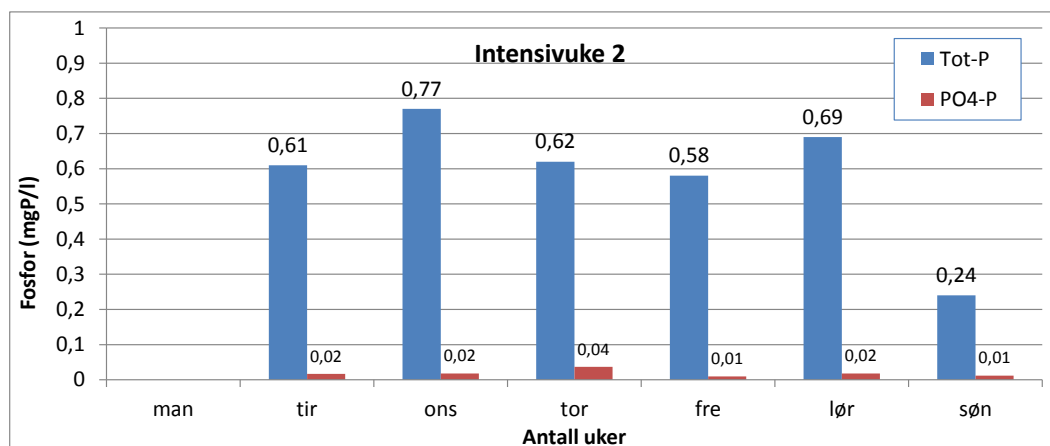
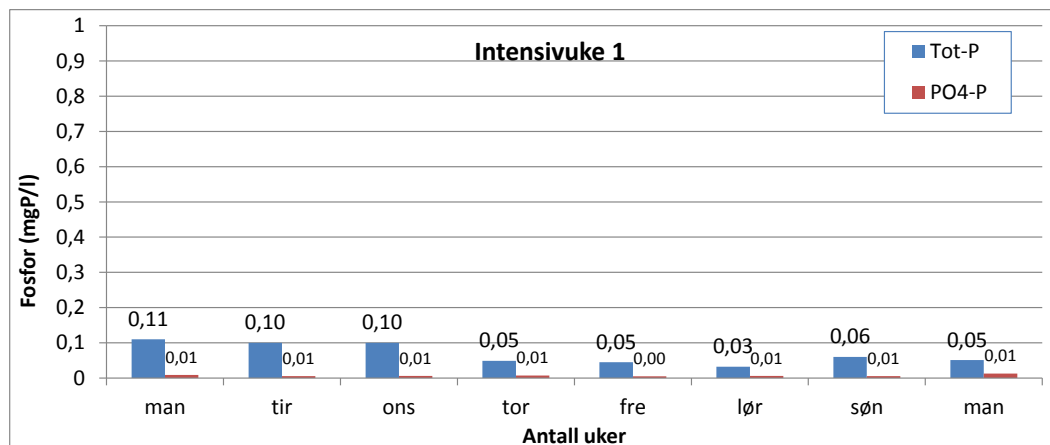
Anlegg B3



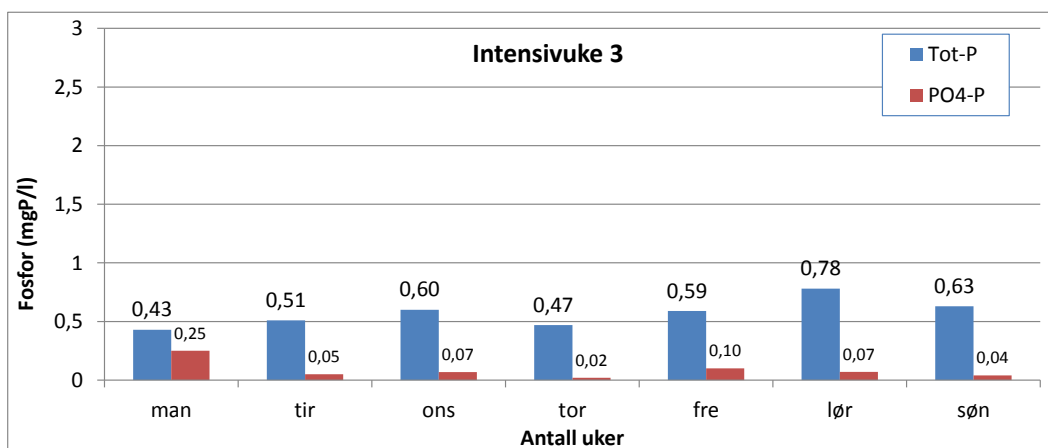
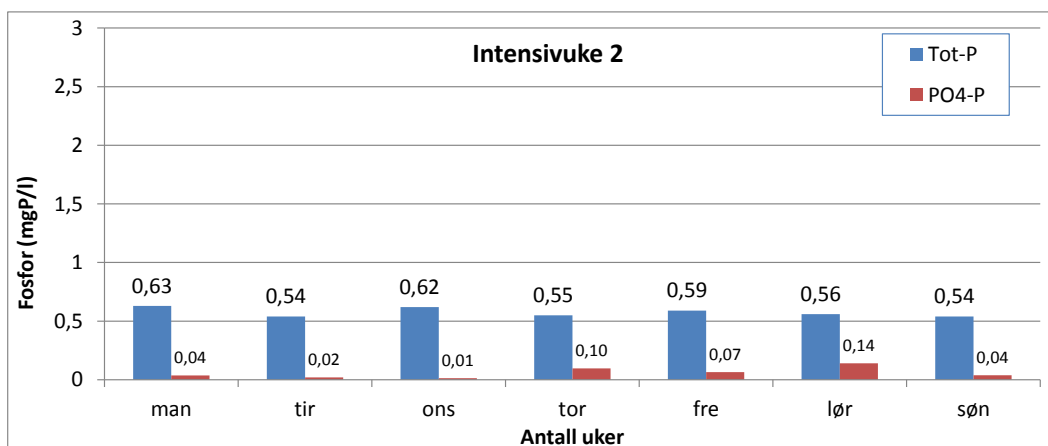
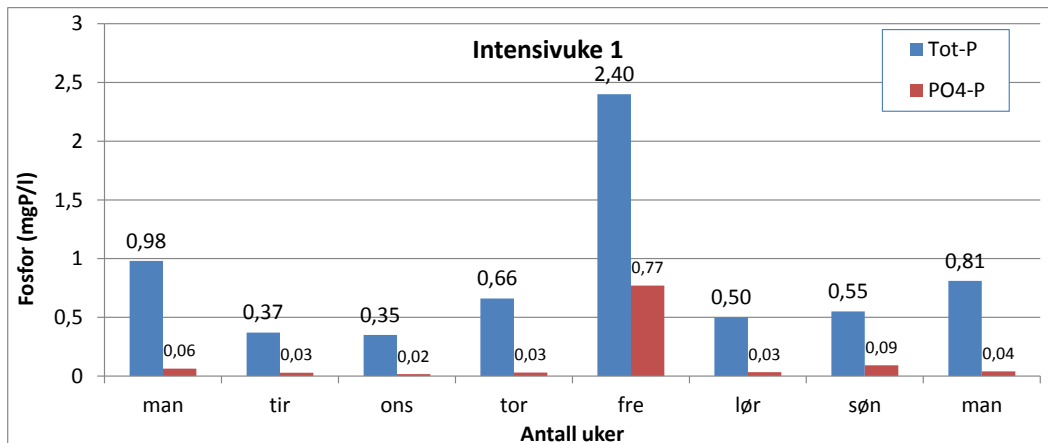
Anlegg B4



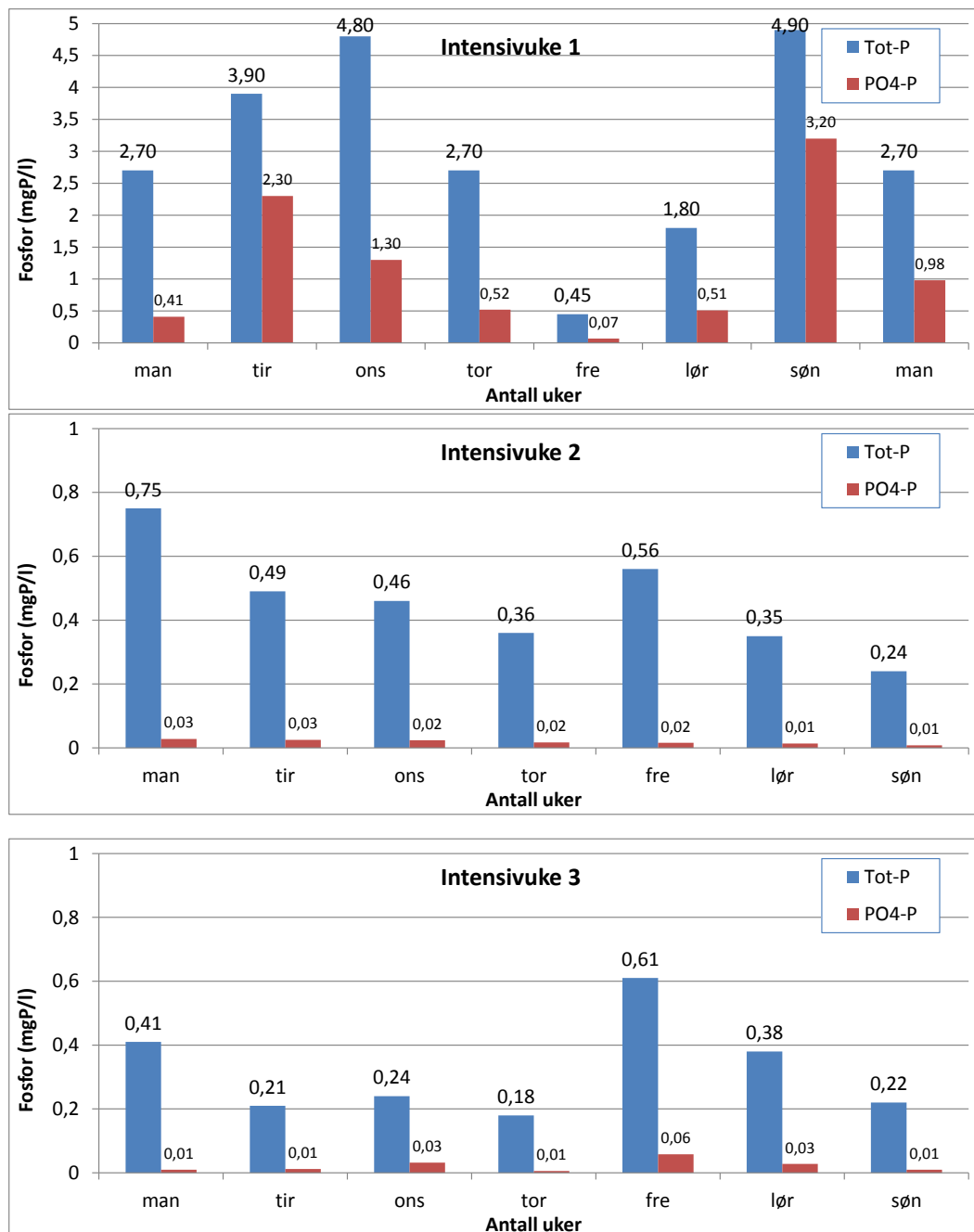
Anlegg B5



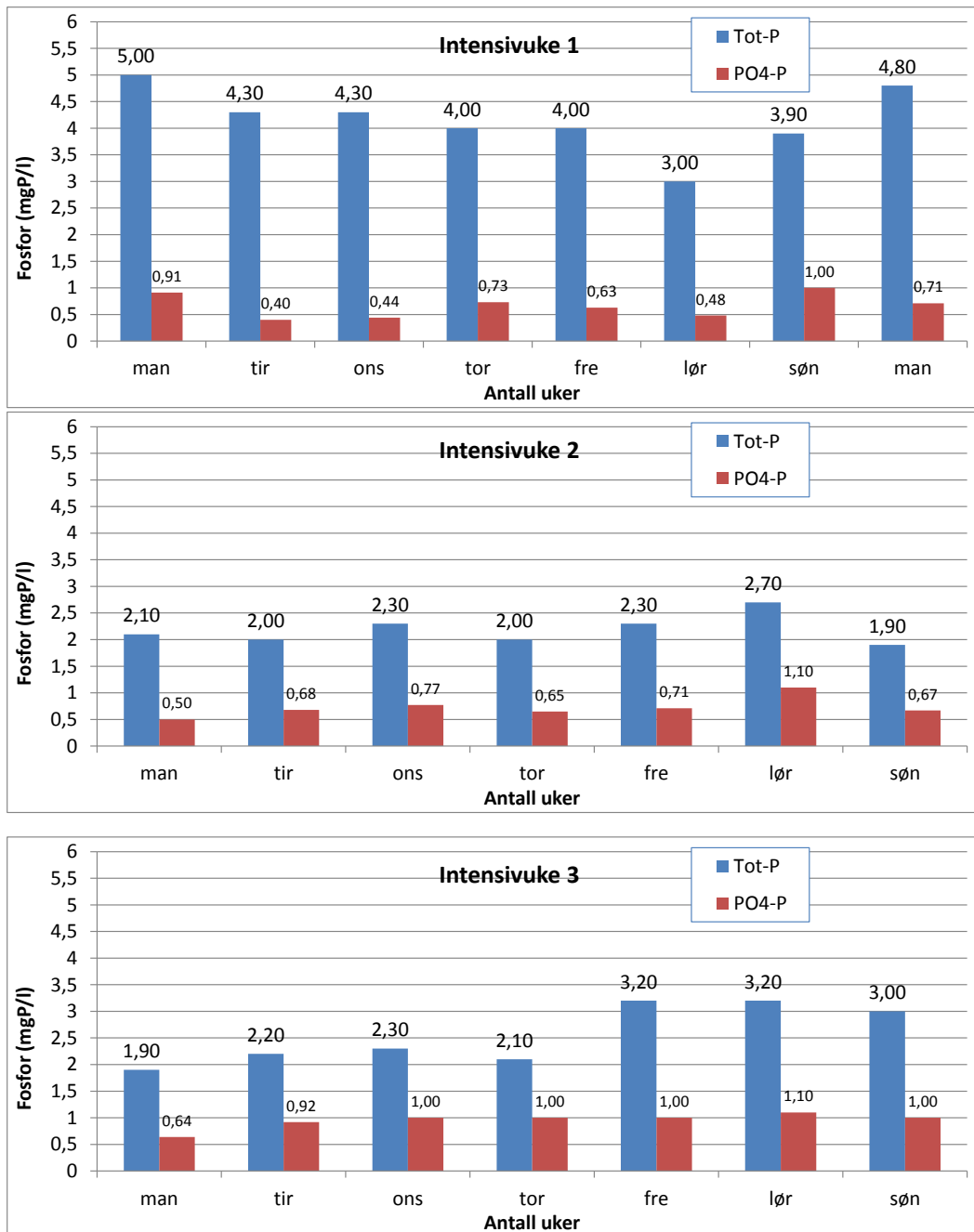
Anlegg O6



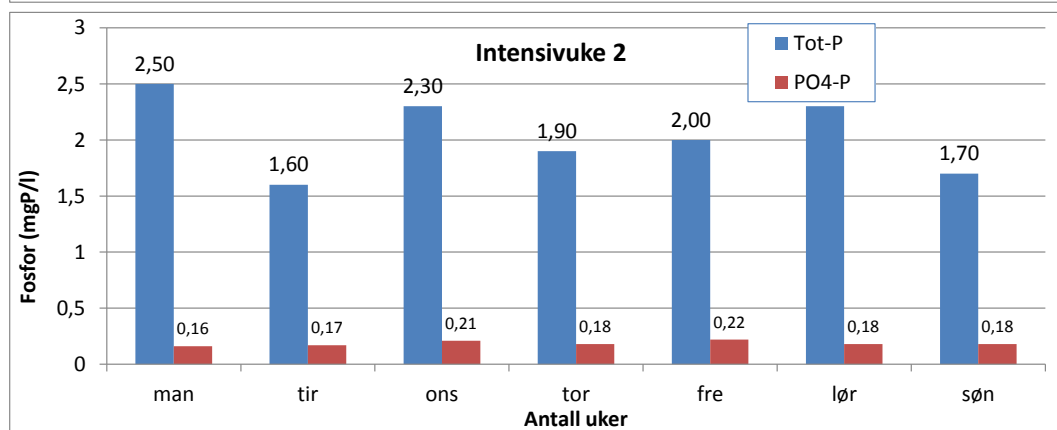
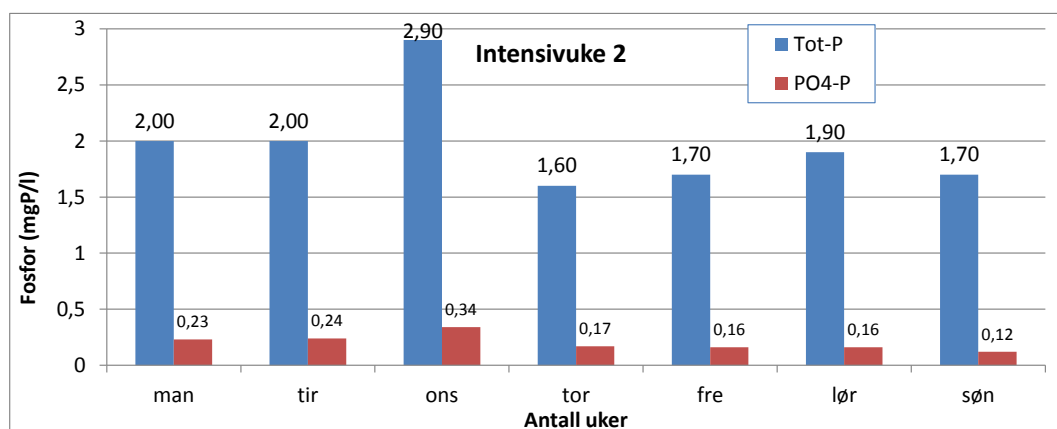
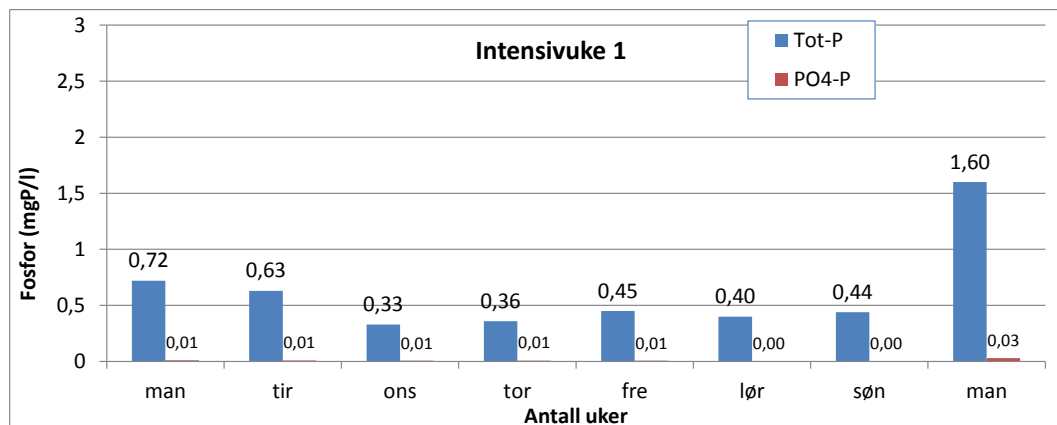
Anlegg O7



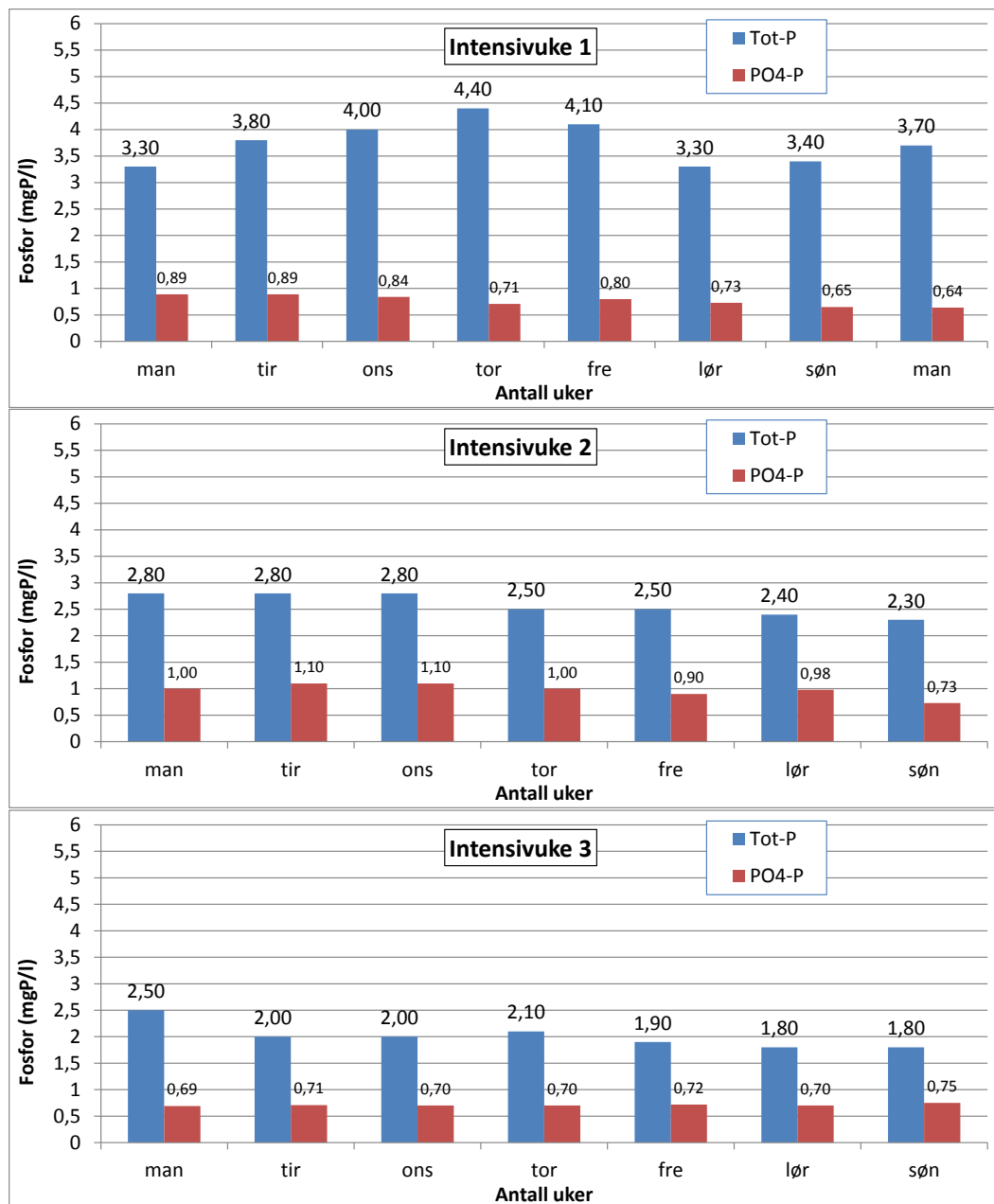
Anlegg O8



Anlegg O9

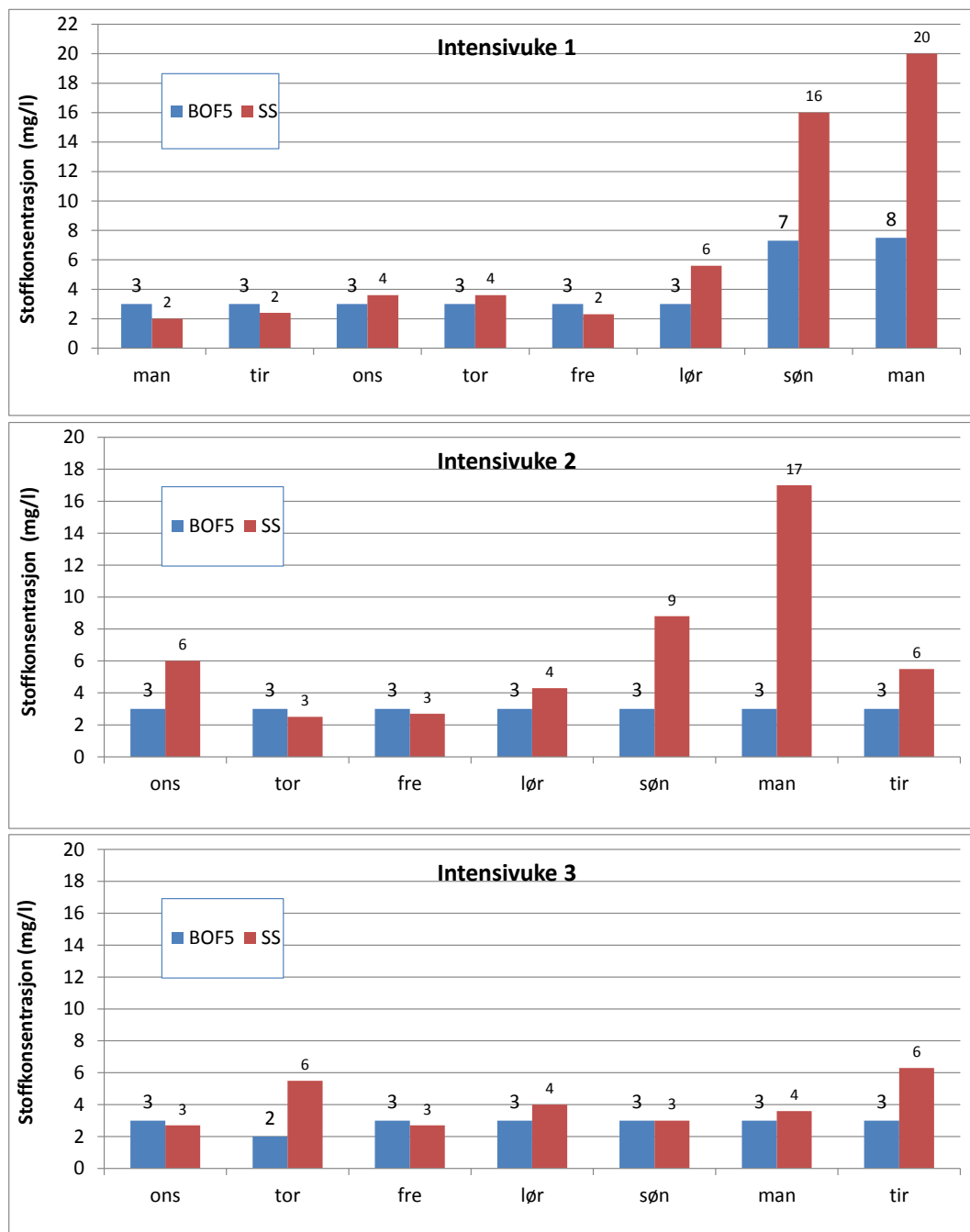


Anlegg O10

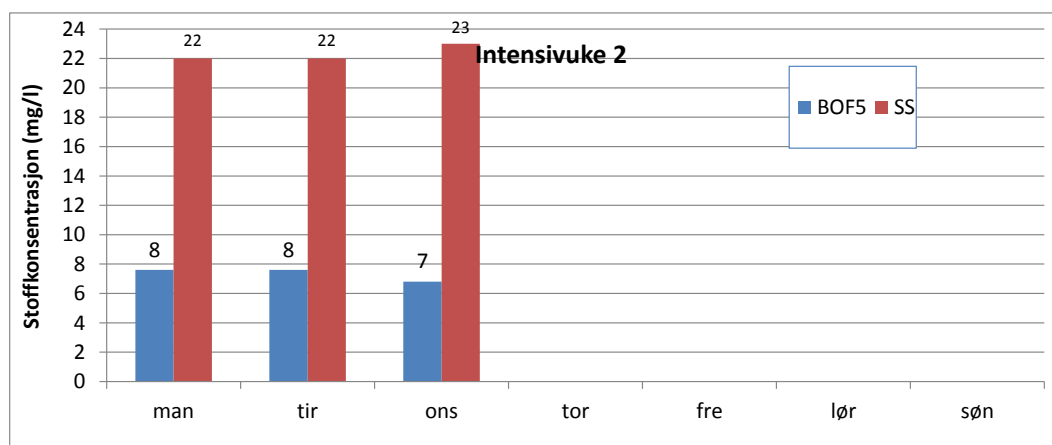
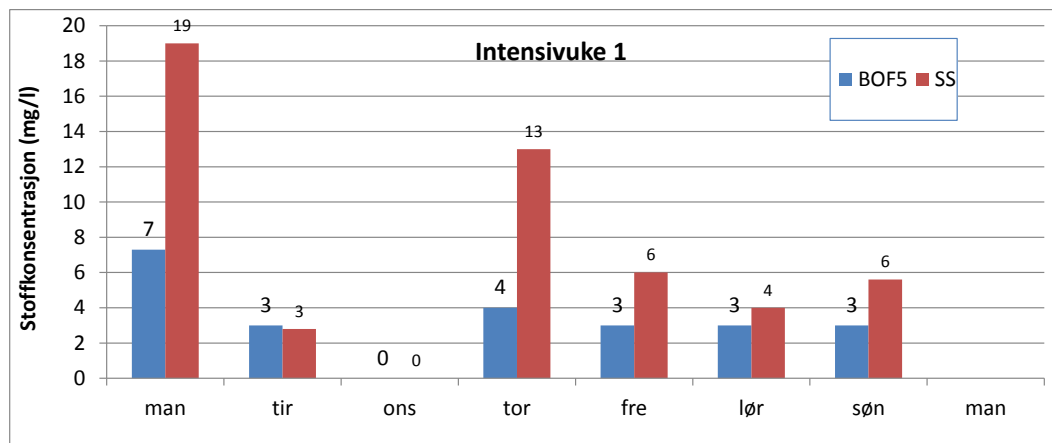


1. Stoffbelastning (BOF₅ og SS)

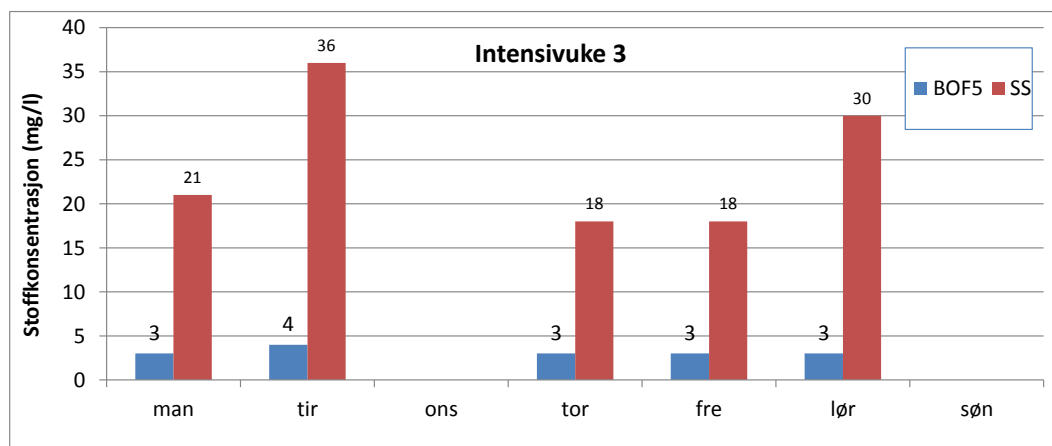
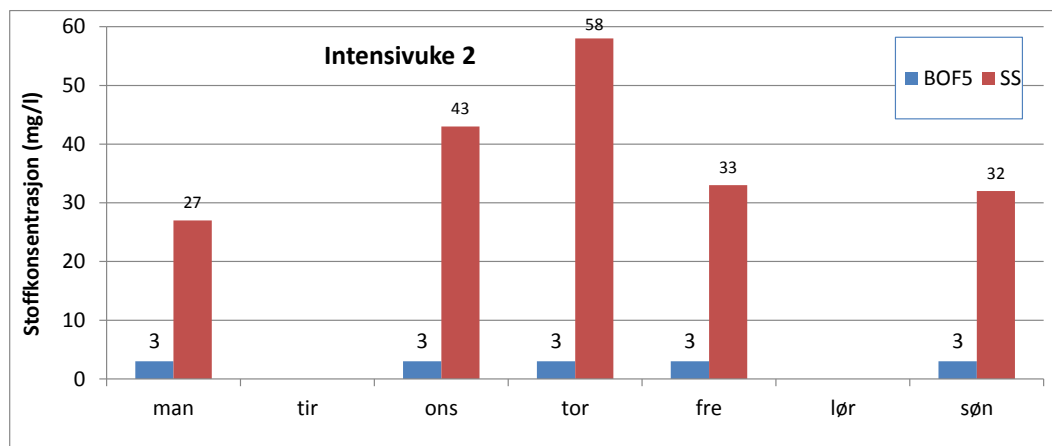
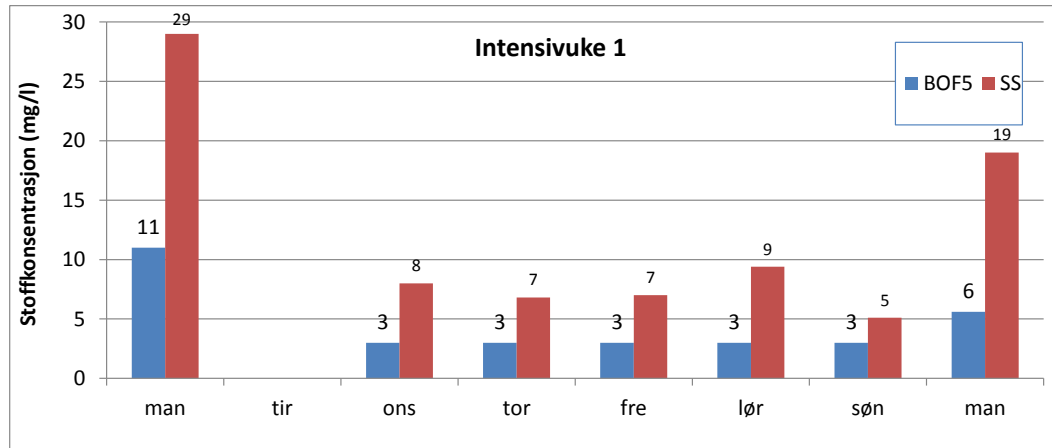
Anlegg B1



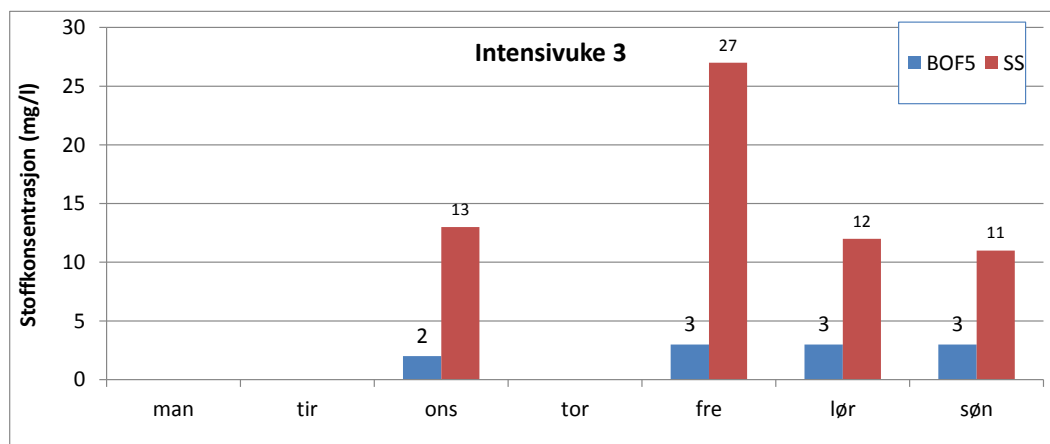
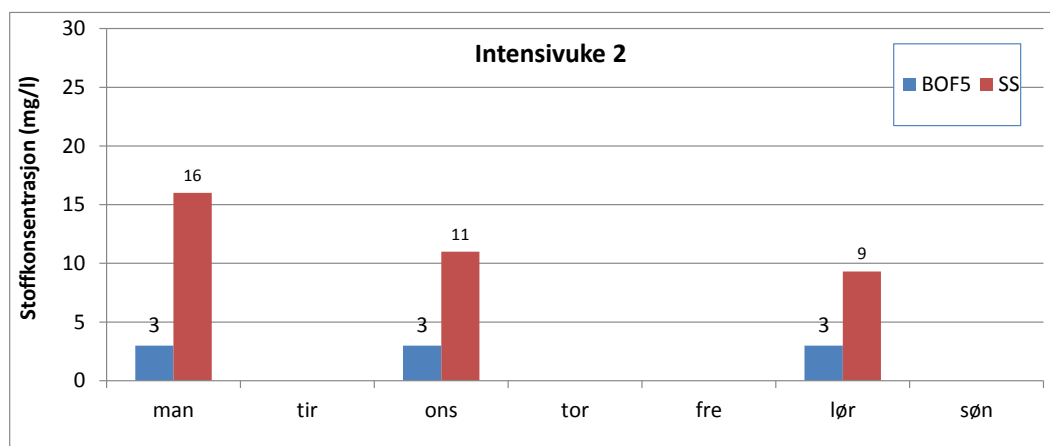
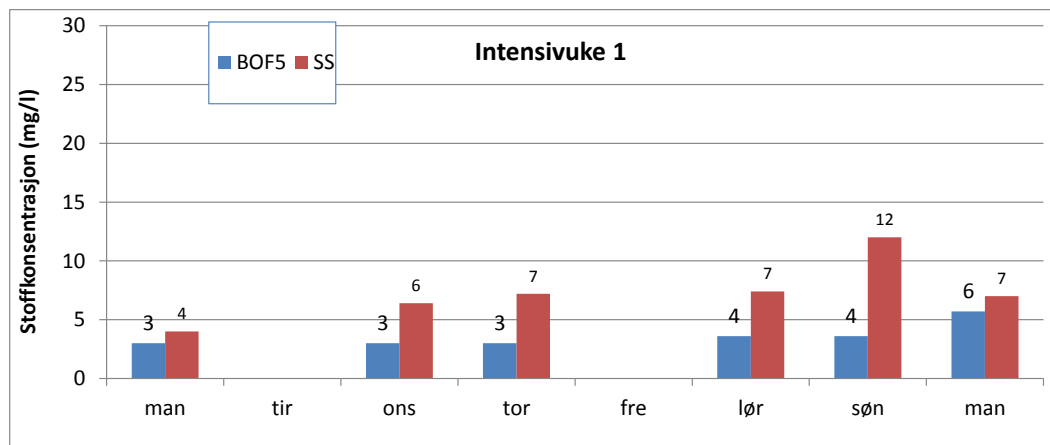
Anlegg B2



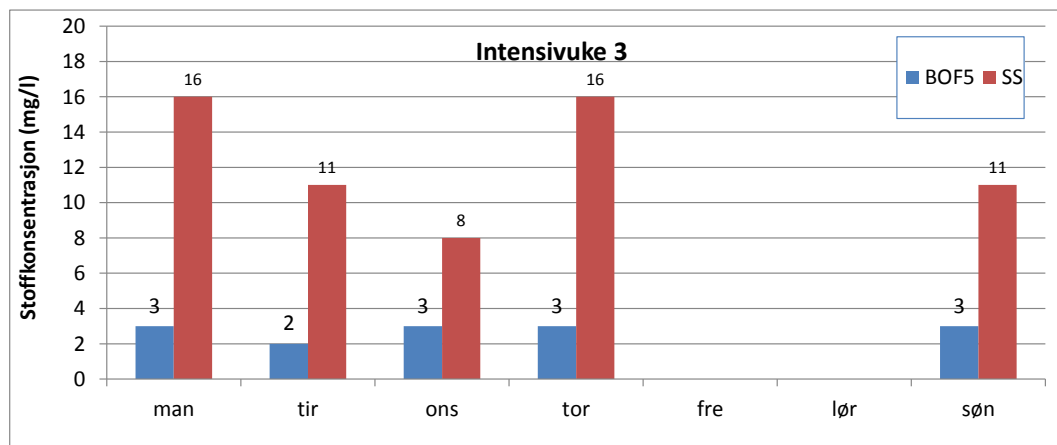
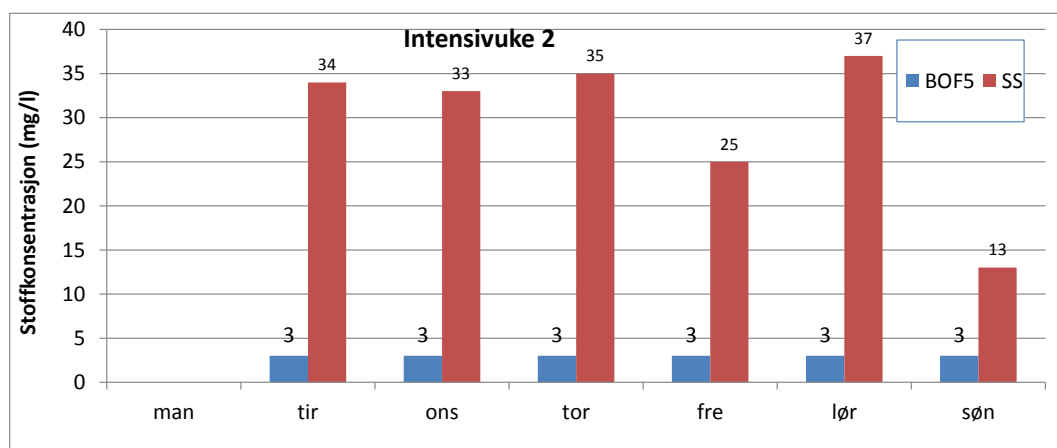
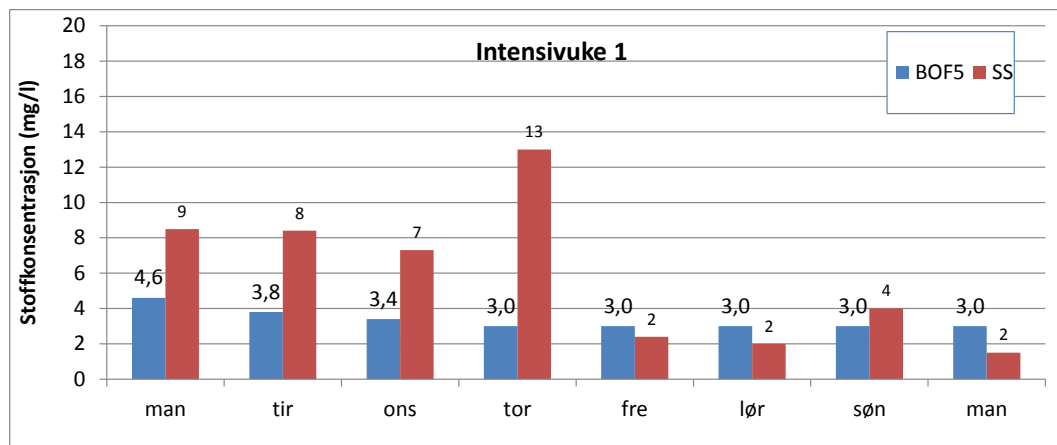
Anlegg B3



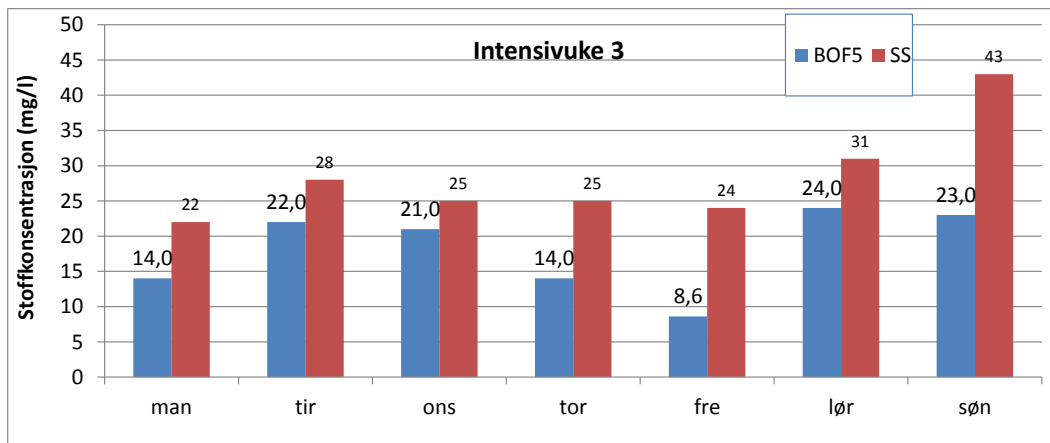
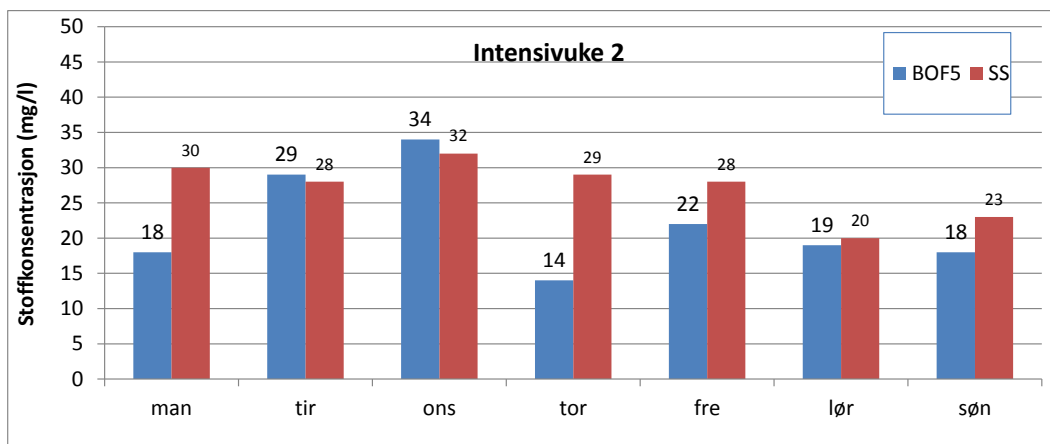
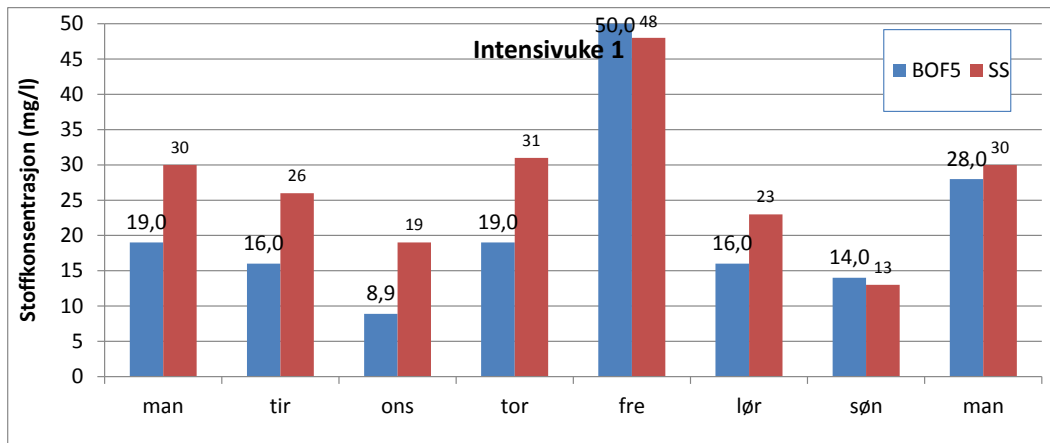
Anlegg B4



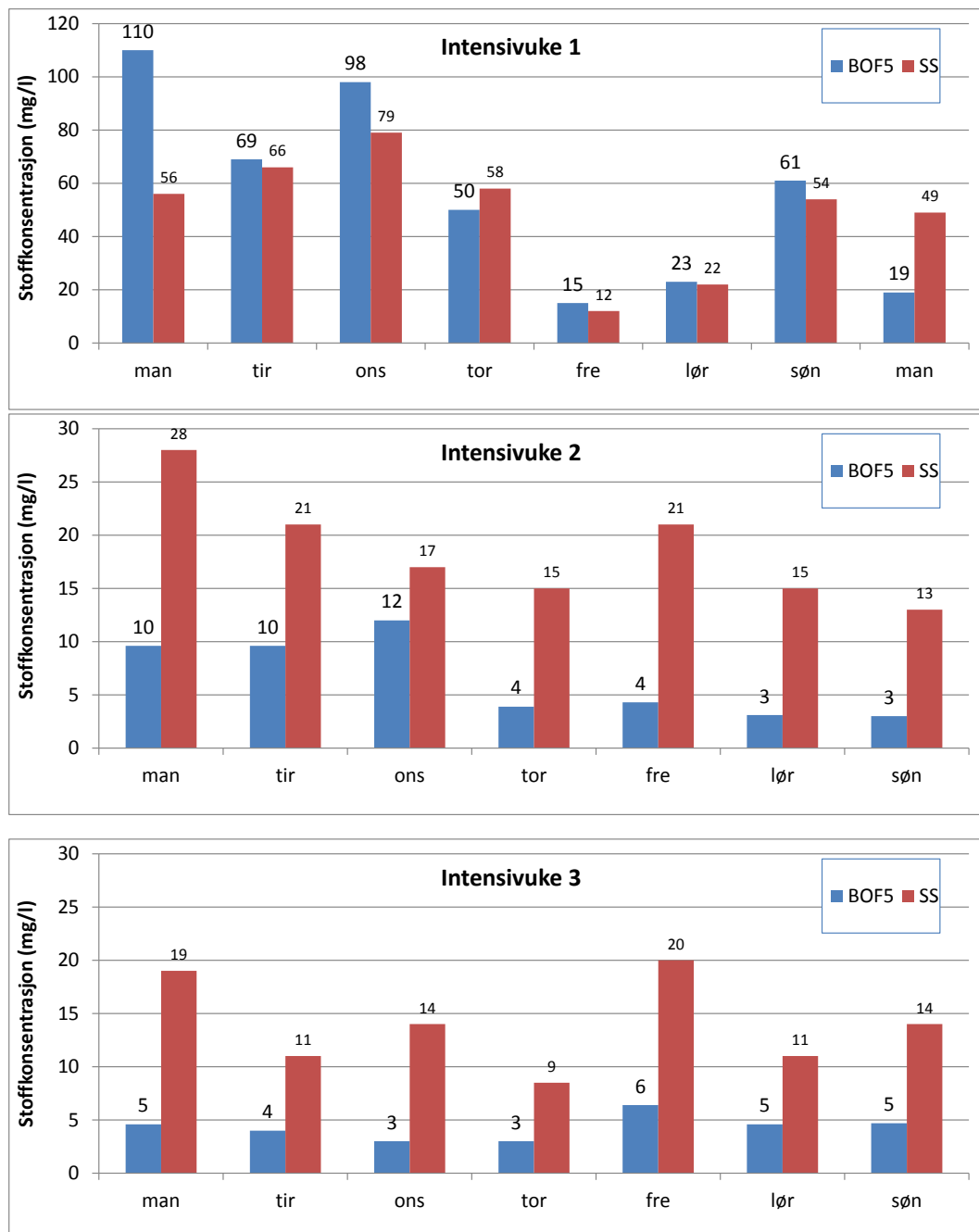
Anlegg B5



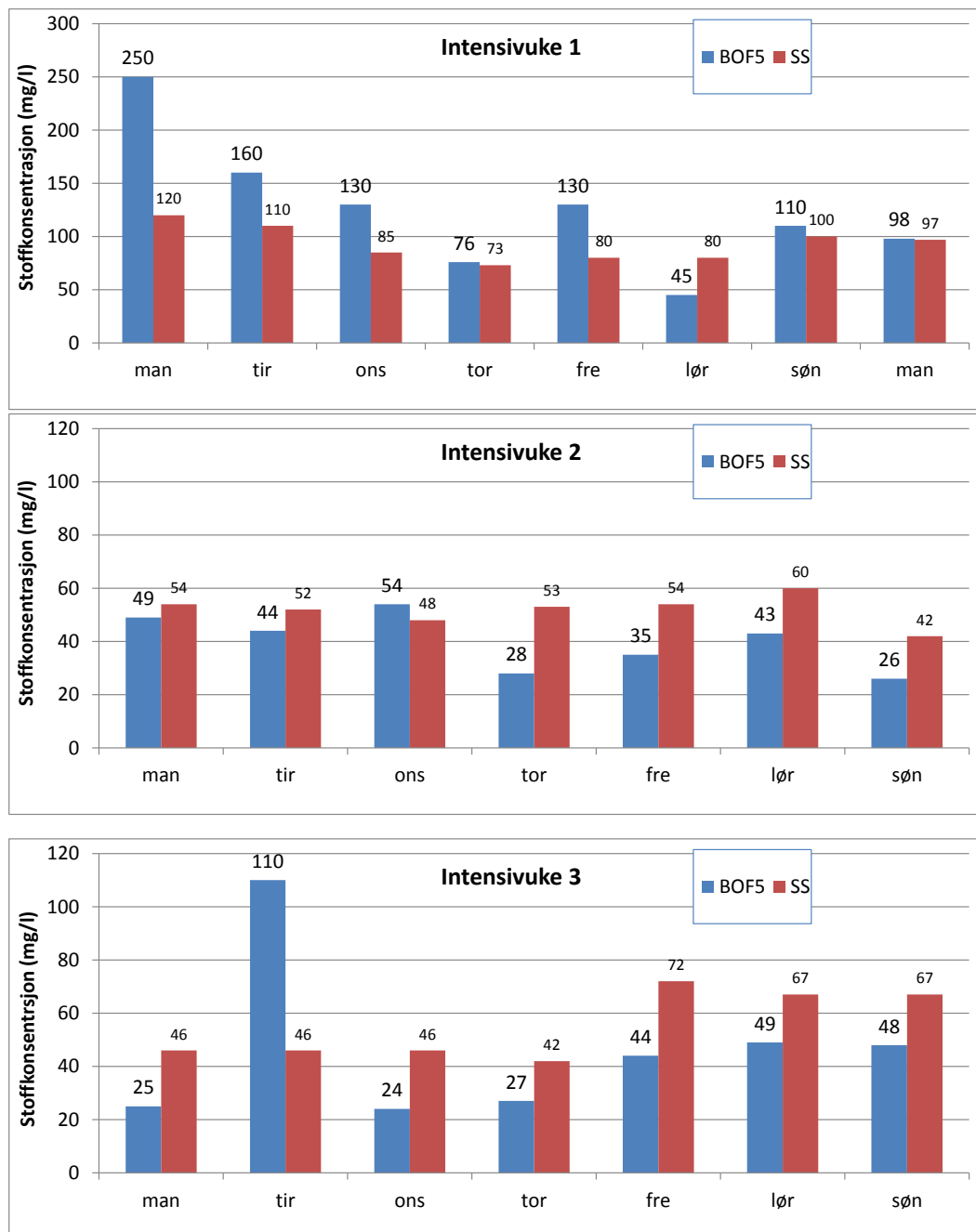
Anlegg O6



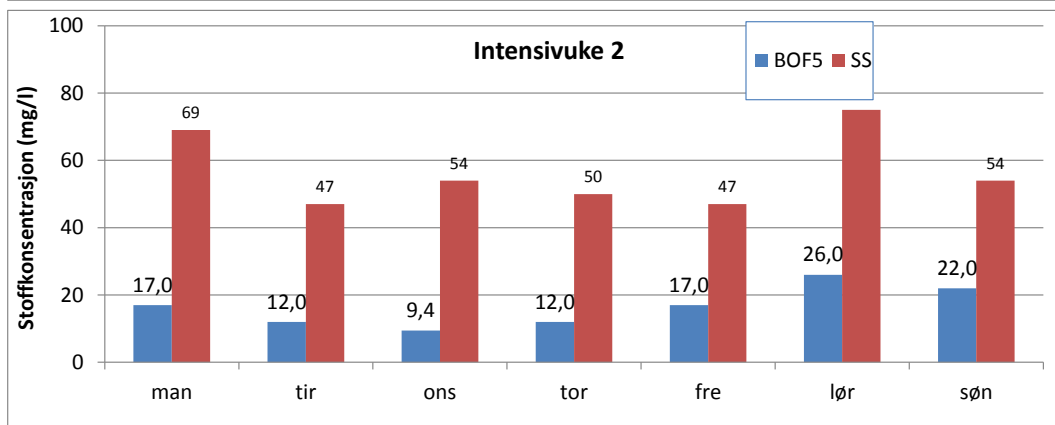
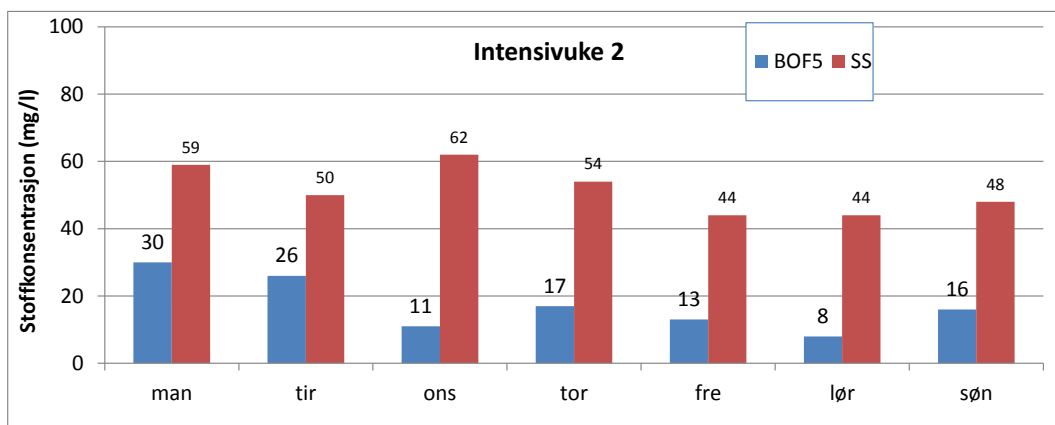
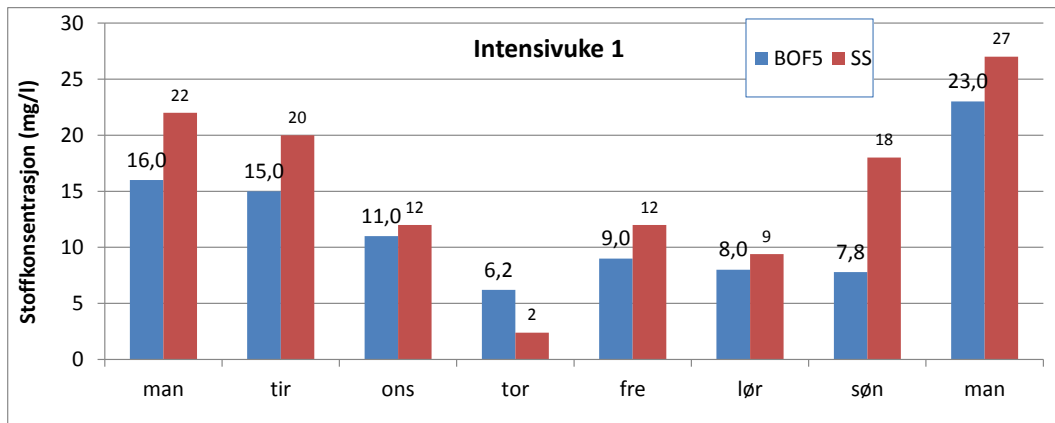
Anlegg O7



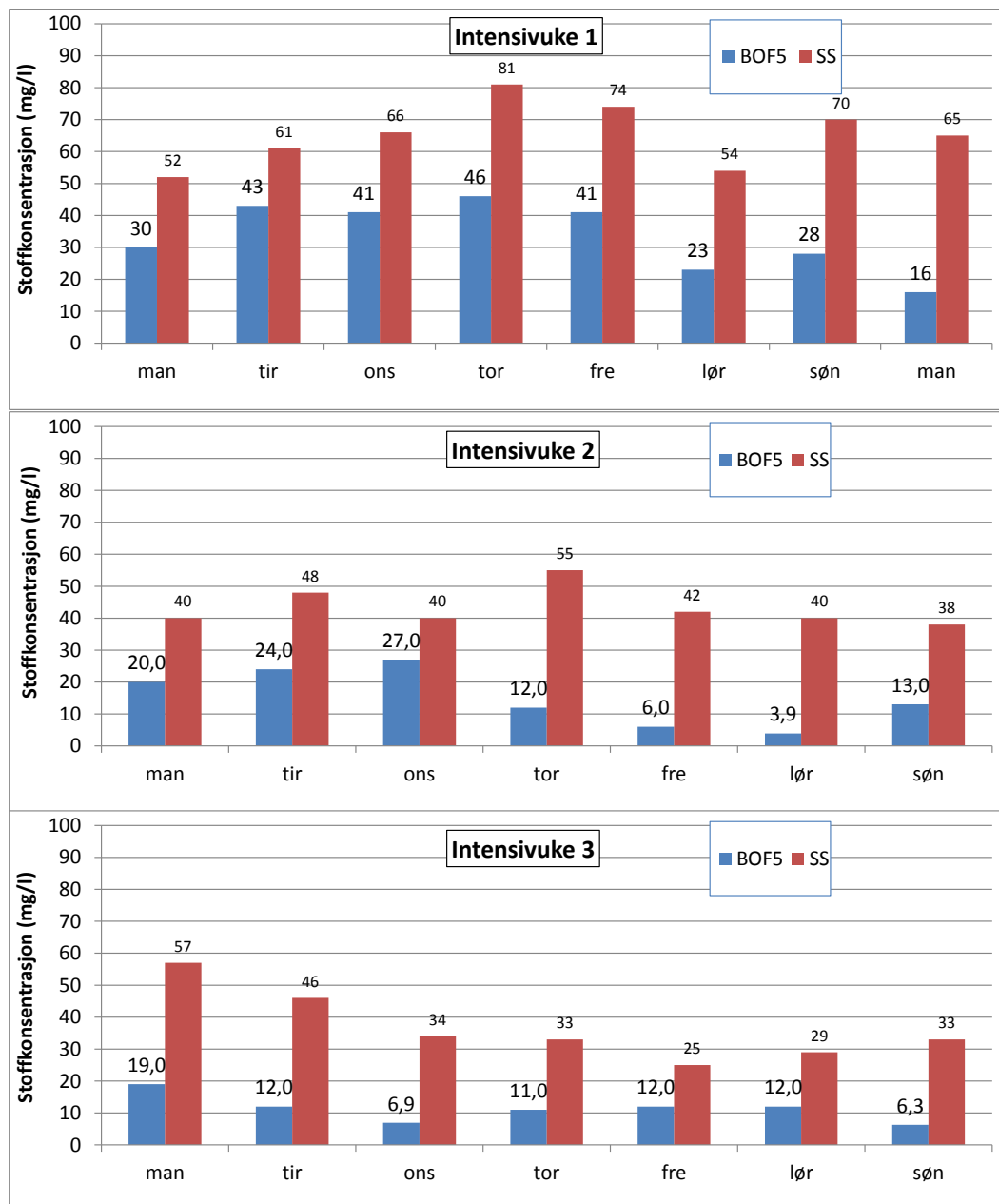
Anlegg O8



Anlegg O9



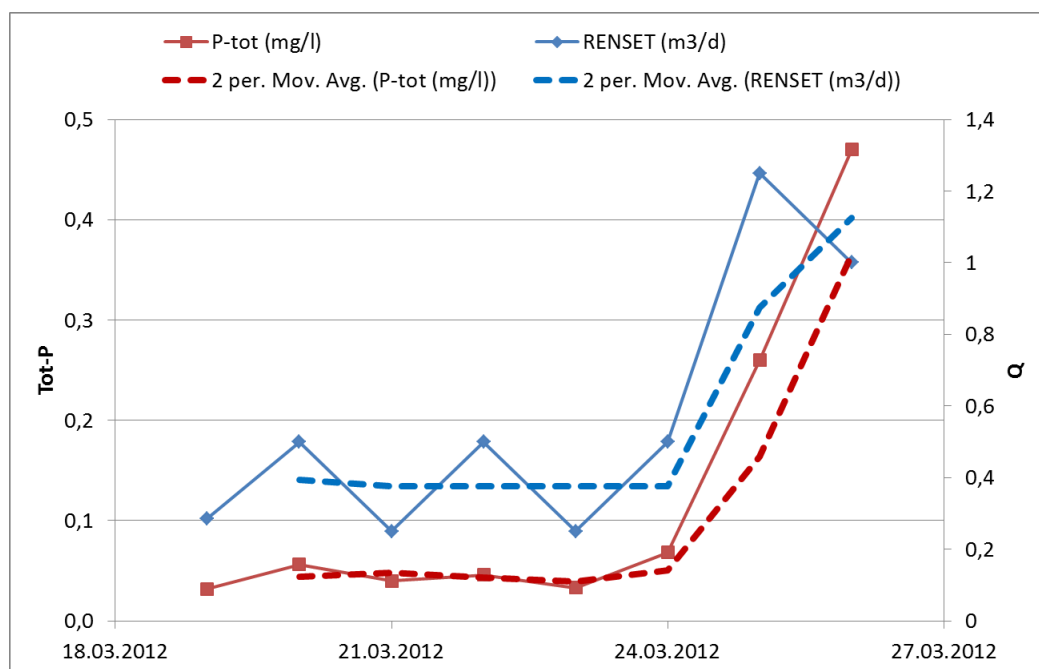
Anlegg O10



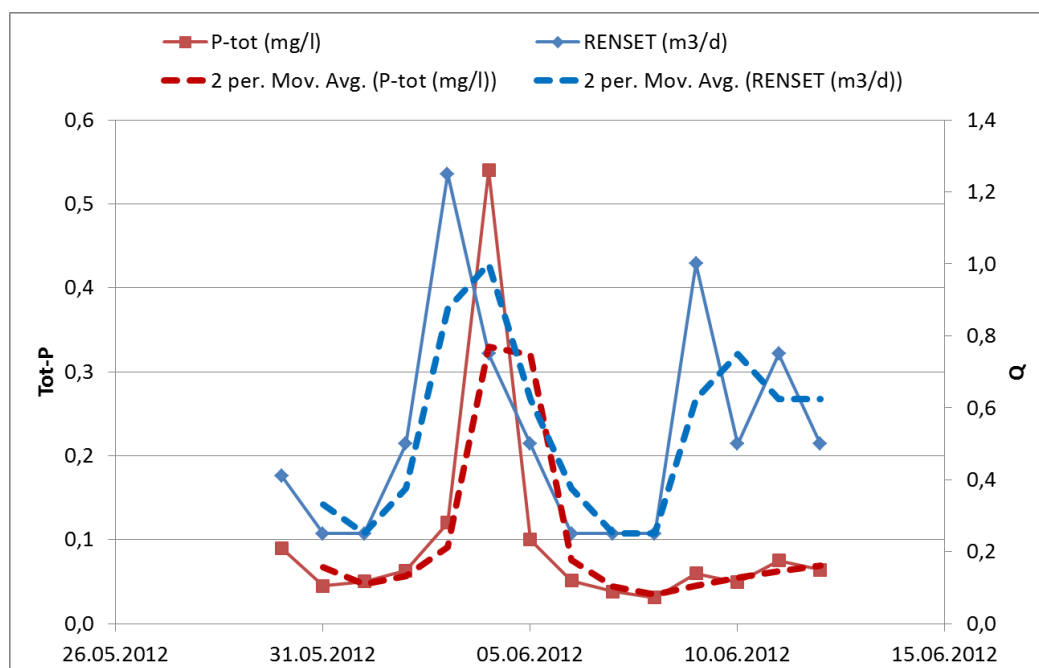
VEDLEGG 5 – Belastningsvariasjoner (utløpskonsentrasjoner i forhold til vannmengder)**1. Fosfor**

Anlegg B1

Intensivuke 1

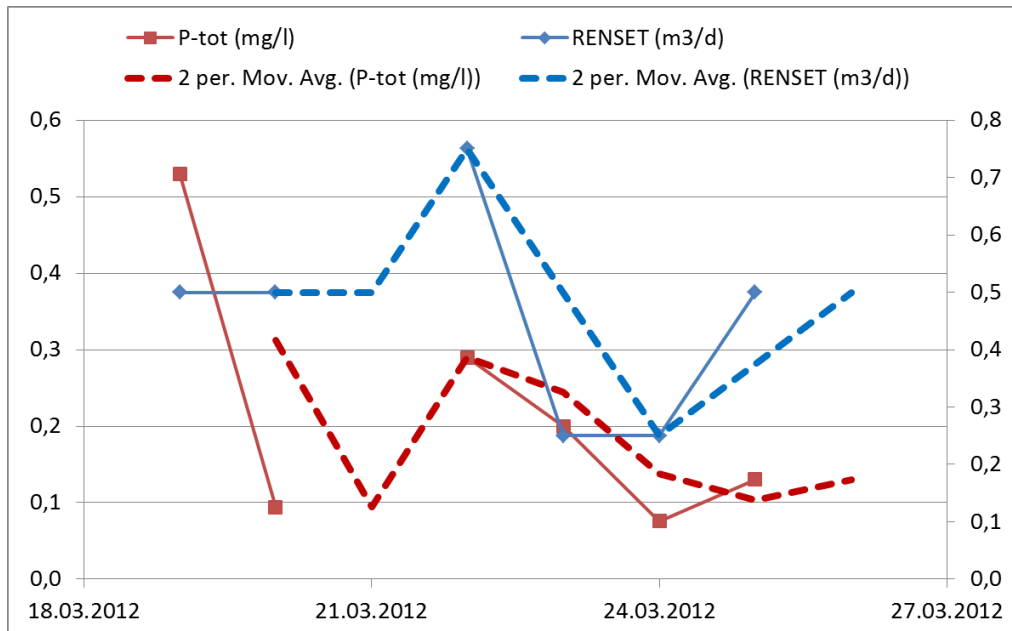


Intensivuke 2-3



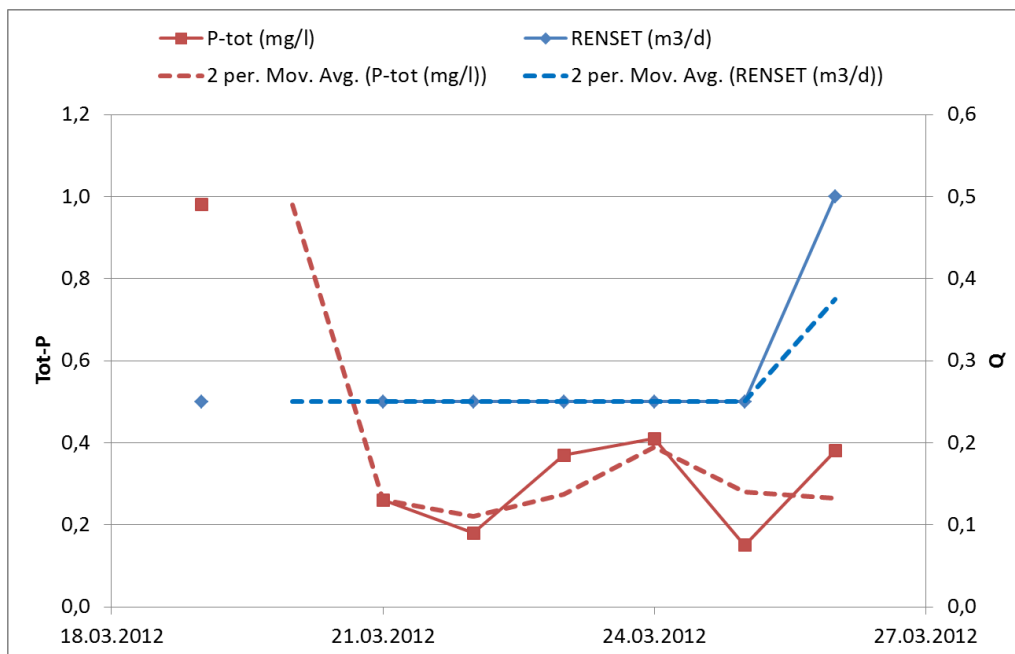
Anlegg B2

Intensivuke 1

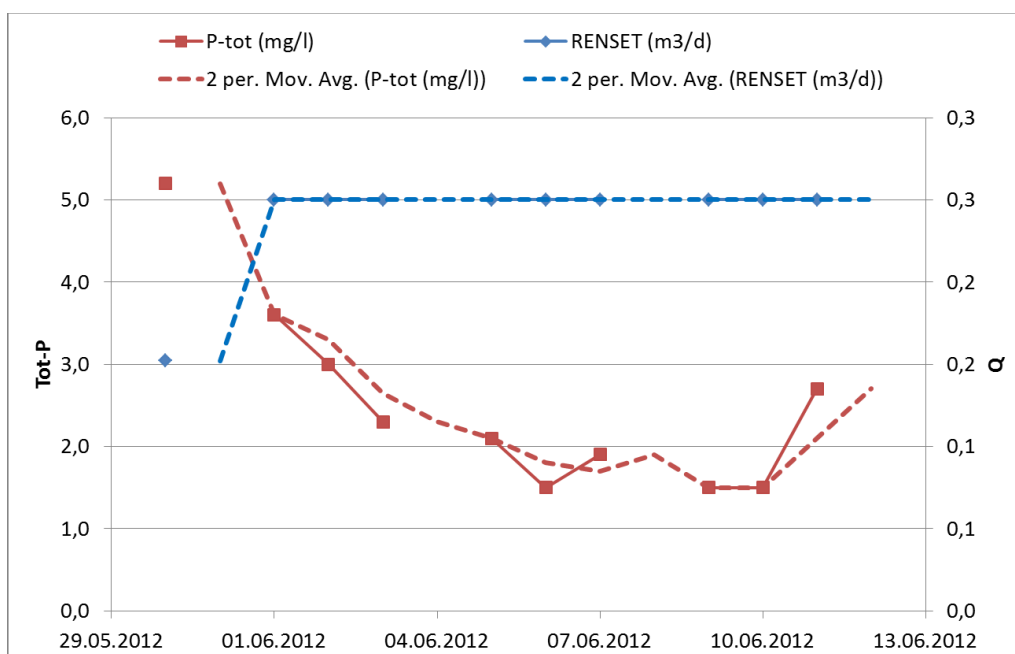


Anlegg B3

Intensivuke 1

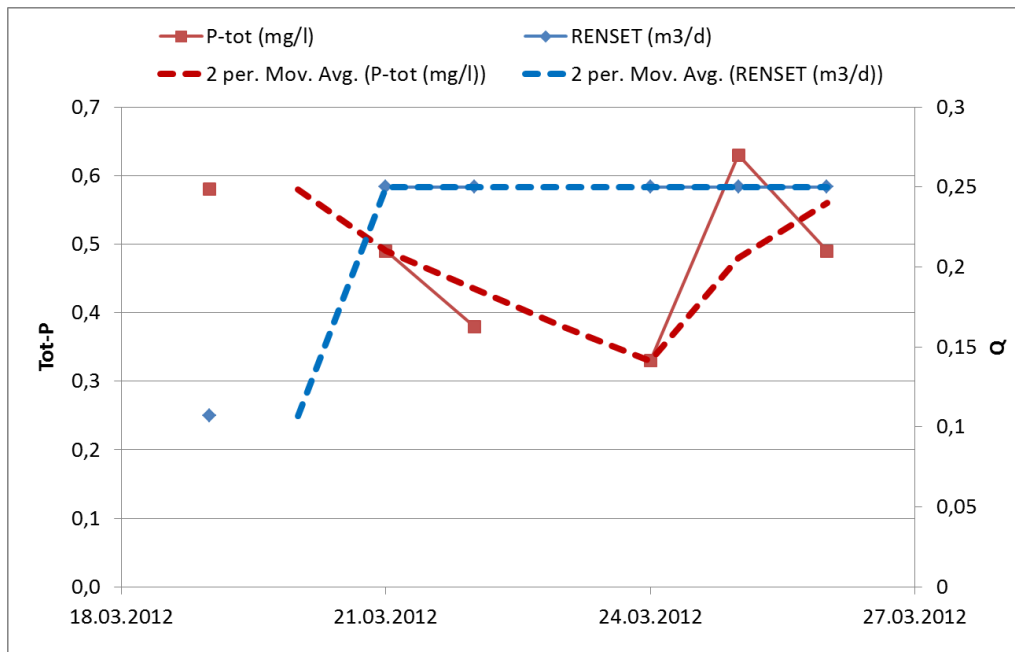


Intensivuke 2-3

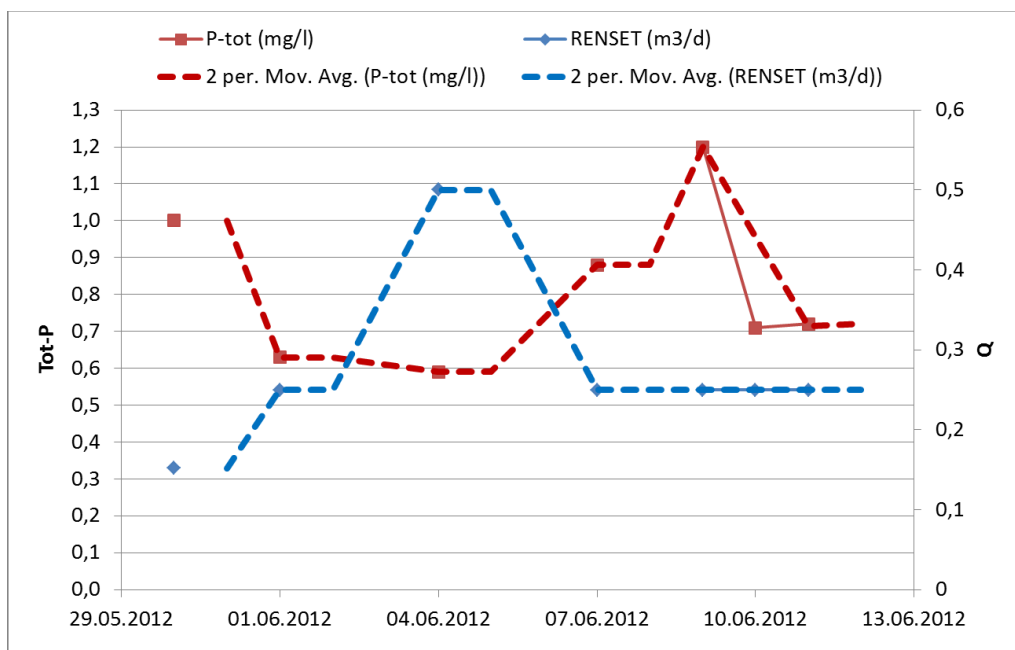


Anlegg B4

Intensivuke 1

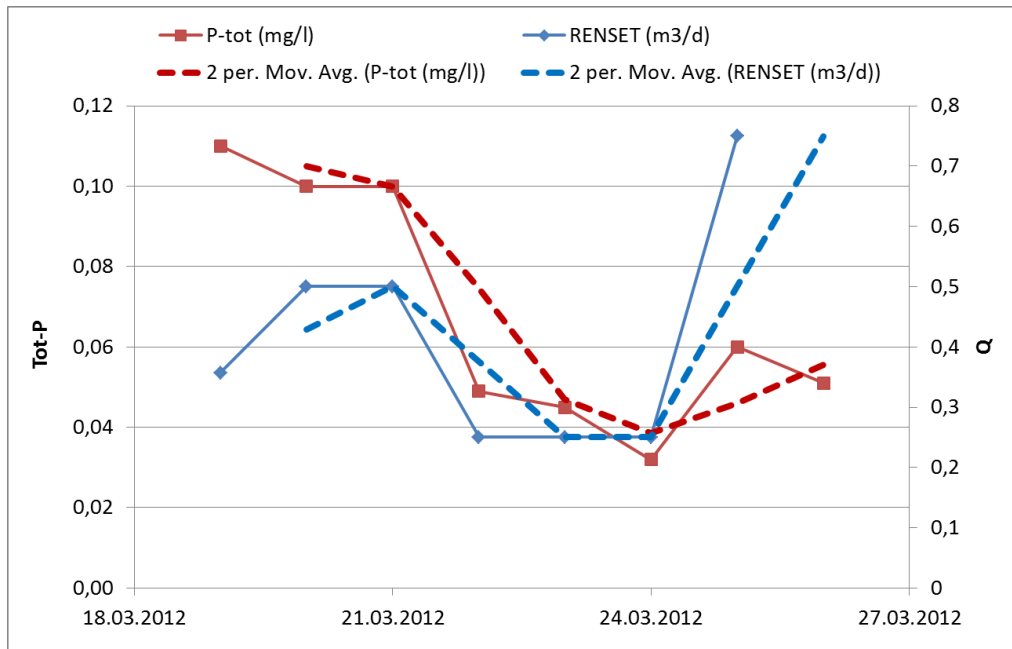


Intensivuke 2-3

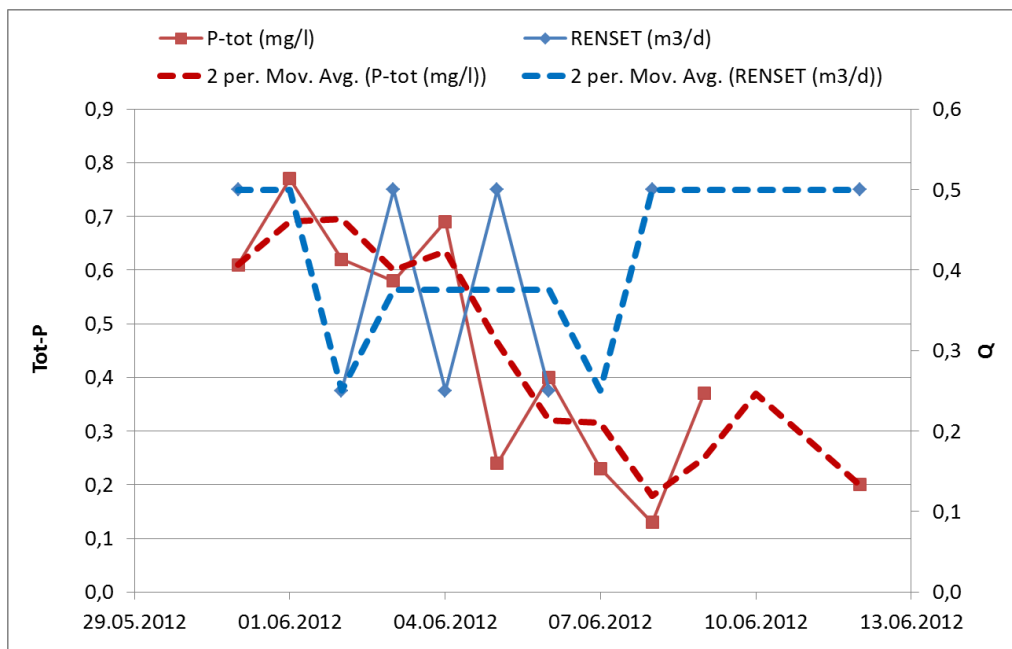


Anlegg B5

Intensivuke 1

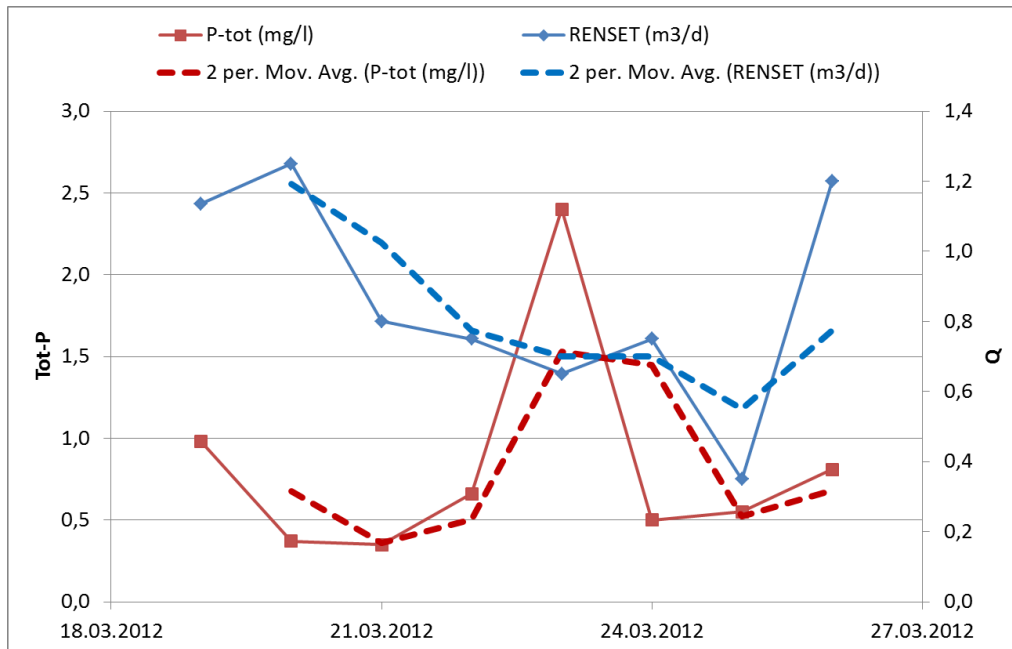


Intensivuke 2-3

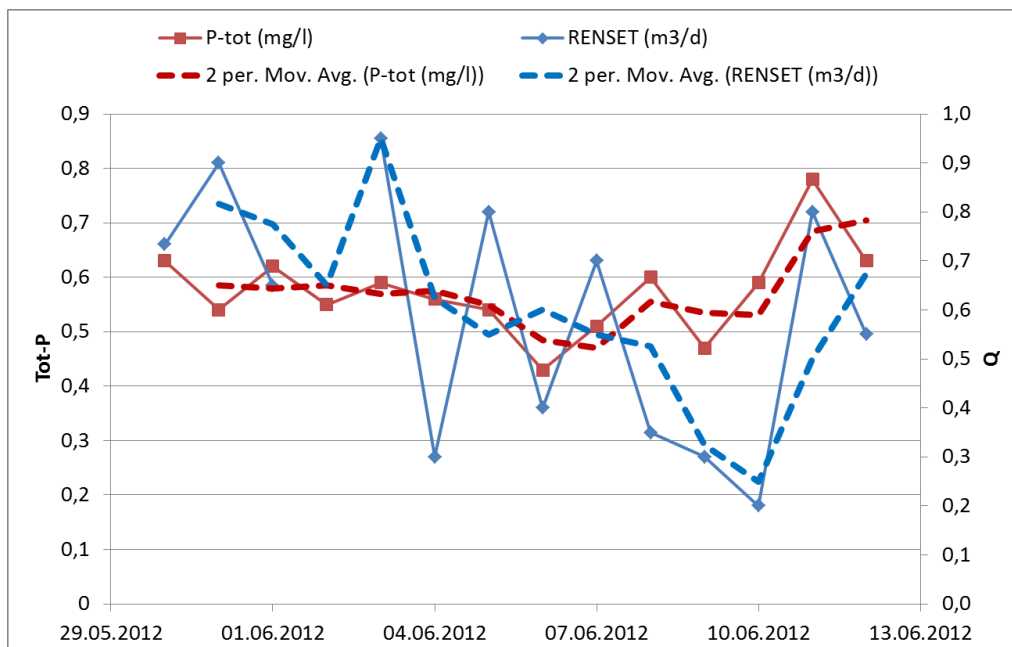


Anlegg O6

Intensivuke 1

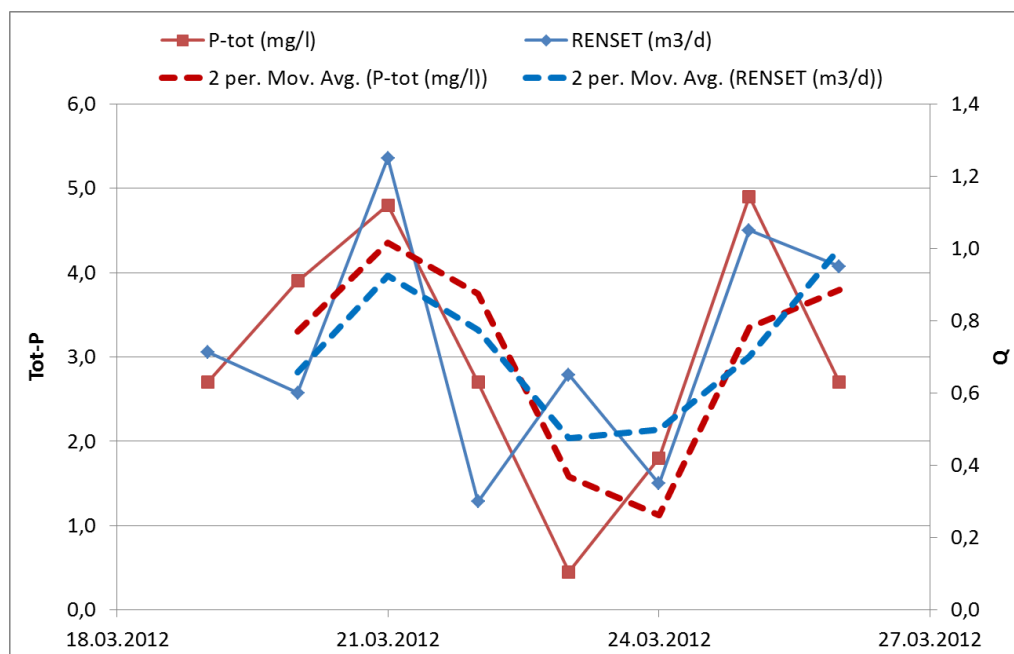


Intensivuke 2-3

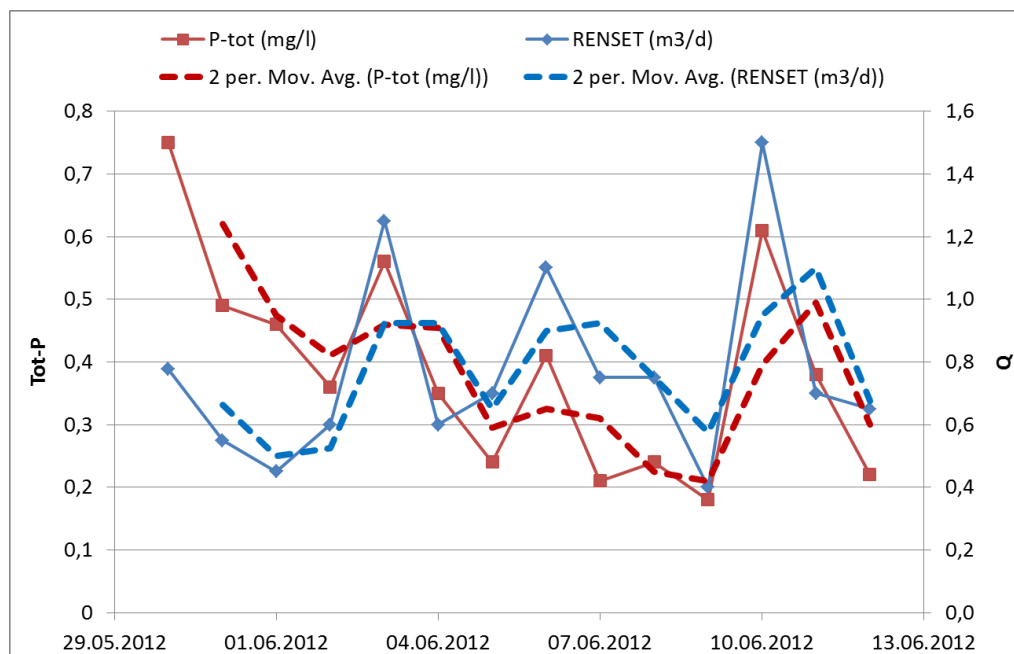


Anlegg O7

Intensivuke 1

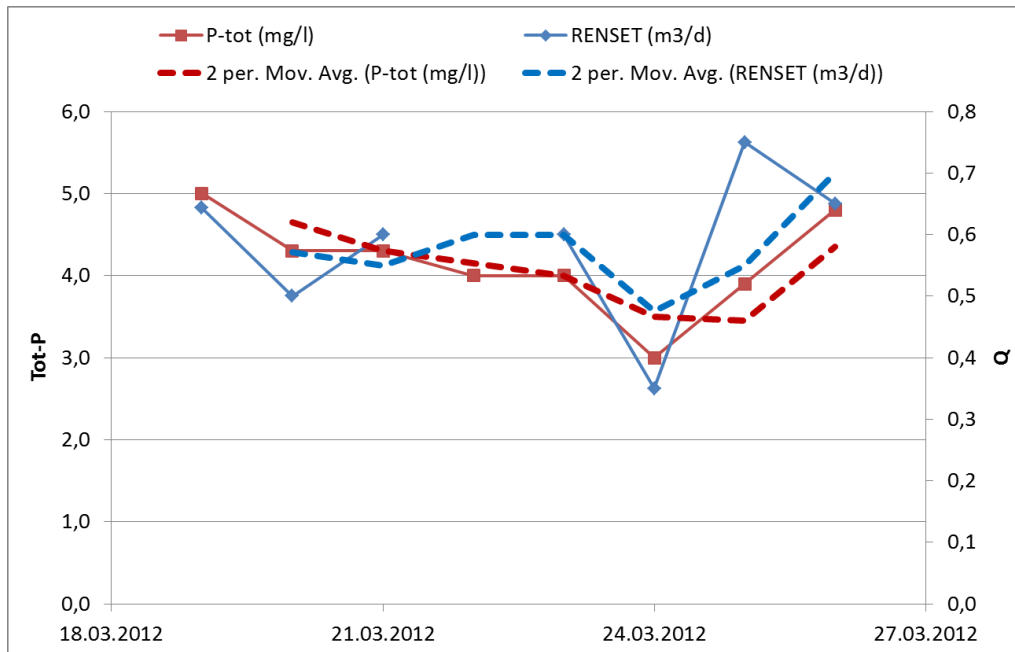


Intensivuke 2-3

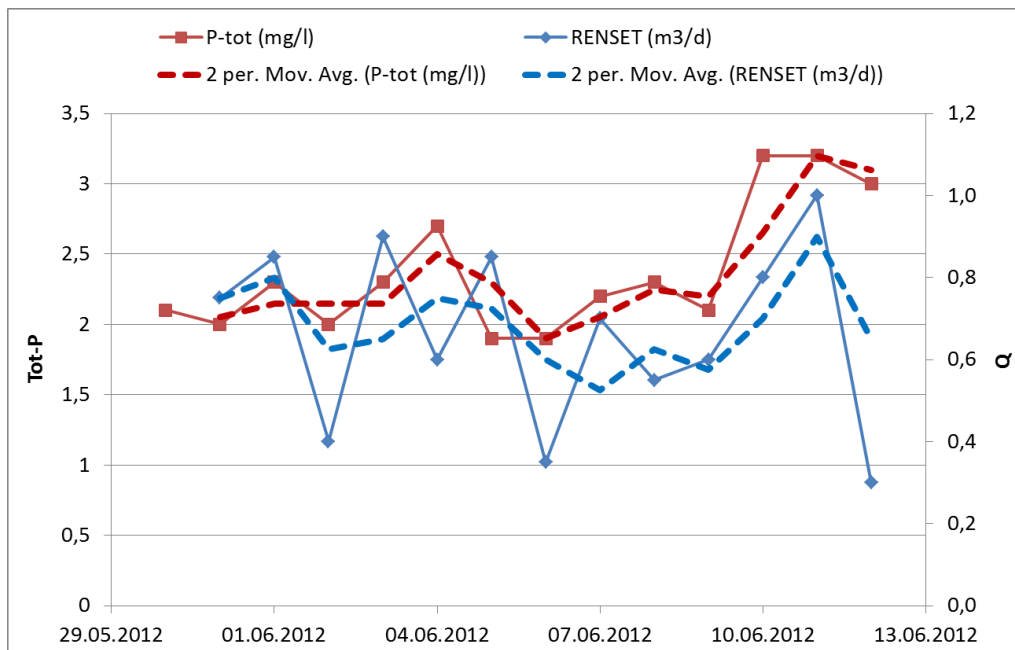


Anlegg O8

Intensivuke 1

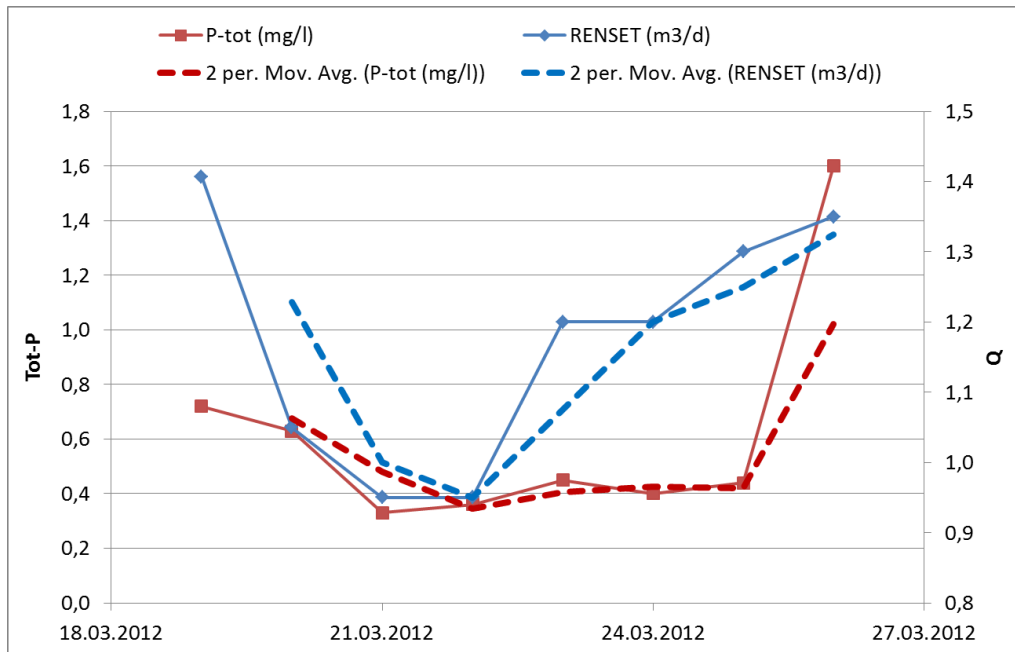


Intensivuke 2-3

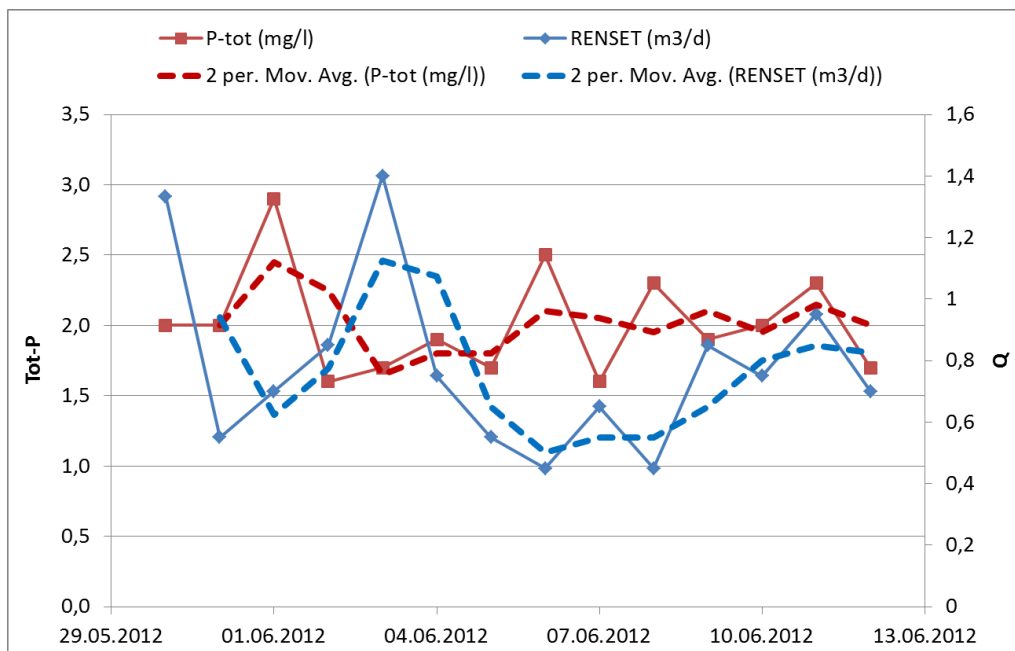


Anlegg O9

Intensivuke 1

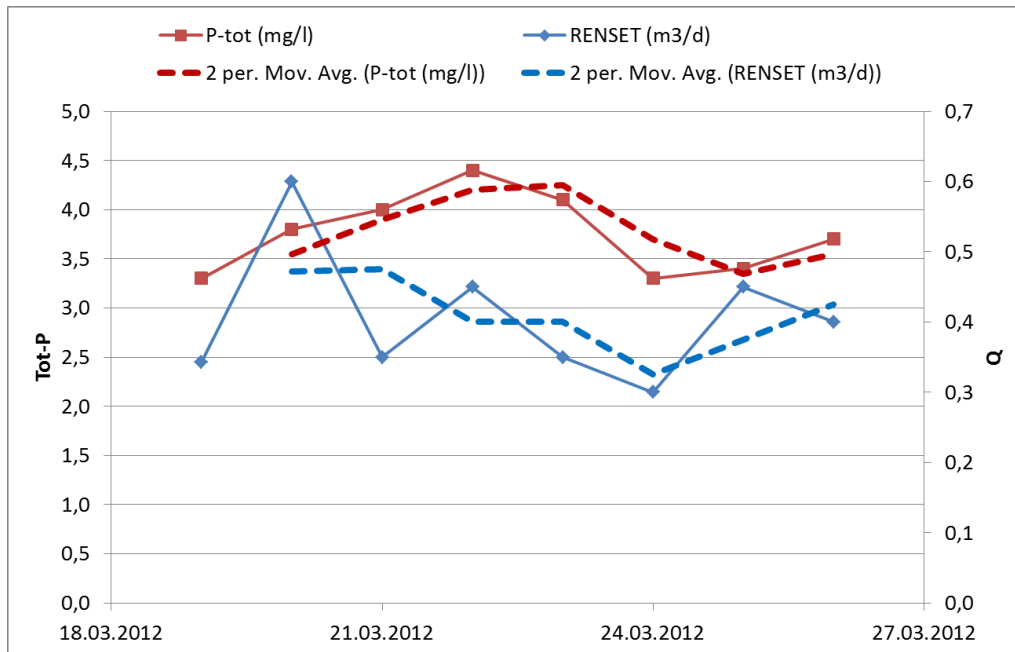


Intensivuke 2-3



Anlegg O10

Intensivuke 1



Intensivuke 2-3

