

► **PN 12 Dimensjoneringsgrunnlag**

J02	2021-10-22	For bruk	AudTei	LM	LM
B01	2021-10-10	For kommentar hos oppdragsgiver	RHFre/AudTei	LM	LM
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Fremgangsmåte	4
1.2	Datagrunnlag	4
1.3	Rensedistrikt og tilførselssystem	4
1.4	Forventet vekst i avløpssonen til 2050	6
2	Hydraulisk belastning	6
2.1	Garnes RA	6
2.1.1	Dagens tilrenning	6
2.1.2	Dimensjonerende tilrenning fra befolkningen tilknyttet Garnes RA	8
2.1.3	Tilrenning fra Toro	9
2.1.4	Tilrenning fra Janus	10
2.1.5	Espelands vannbehandlingsanlegg	10
2.2	Tilrenning fra Ytre Arna RA	10
2.3	Tilrenning fra Hagardsviken	11
2.4	Tilrenning fra befolkningsvekst og tilknytning av spredt avløp frem mot 2050	11
2.5	Rejektvannsbelastning	12
2.6	Oppsummert dimensjonerende tilrenning til Garnes RA	12
2.7	Midlere vannmengder	14
3	Stoffbelastning	16
3.1	Dagens belastningsituasjon	16
3.1.1	Belastning 2014-2019 (forprosjekt og KVVU-grunnlag)	16
3.1.2	Belastning Garnes RA kontrollperiode 2019-2020	19
3.1.3	Belastning fra Toro	27
3.1.4	Janus	28
3.1.5	Espelands VBA	29
3.2	Dimensjonerende belastning (fremtidig)	29
3.2.1	Befolkning tilknyttet Garnes	29
3.2.2	Toro	29
3.2.3	Janus	30
3.2.4	Espelands	30

3.2.5	Ytre Arna	30
3.2.6	Hagardsviken	31
3.2.7	Befolkningsvekst og spedt avløp	32
3.2.8	Rejektvannsbelastning	32
3.2.9	Oppsummert dimensjonerende stoffbelastning	33
3.2.10	Midlere belastninger	34
3.3	Ledningsevne	35
3.4	Temperatur	36
4	Vedlegg	37
	Vedlegg 1 – Belastning til Garnes i dag	37
	Vedlegg 2 – Belastning til Ytre Arna i dag	37
	Vedlegg 3 – Tilrenning fra Toro	38
	Vedlegg 4 – Stoffbelastning fra Janus	38

1 Innledning

Garnes RA skal bygges nytt som følge av sekundærrensekrav. Samtidig skal to mindre anlegg, Ytre Arna og Hagardsviken, overføres til nytt anlegg. Anlegget mottar industripåslipp fra bl.a. Toro (for-renset), Janus og Espeland vba. Anlegget dimensjoneres for forventet belastning år 2050.

1.1 Fremgangsmåte

Dimensjoneringsgrunnlaget ble først utført på bakgrunn av tilgjengelig data i KVVU'en, og utgjorde Prosjektnotat 1. Det var gjort endringer mhp. utjevning i tilførselstunnelen ca. 6 måneder før dette, slik at det forelå kun en kort representativ dataserie.

Det er derfor gjort en kontroll mot målt tilrenning i etterkant av KVVU-rapporten, som grunnlag for oppdatert dimensjoneringsgrunnlag til bruk i anskaffelse av prosessanlegget. Dette er dokumentert i notat *PN11 – Ulike metoder for å finne $Q_{maksdim}$* . Det ble også i etterkant av KVVU gjort endringer i hvilken belastning Espeland vba. vil tilføre systemet.

Disse notatene og diskusjoner med kommunen danner grunnlag for endelig dimensjoneringsgrunnlag som er noe justert i forhold til dimensjonerende verdier i KVVU'en.

1.2 Datagrunnlag

Følgende grunnlagsmateriale har vært benyttet ved utarbeidelsen av notatet:

- Pumpet avløpsmengde på timesbasis til Garnes RA (oktober 2017 – februar 2021, med vekt på data fra mars 2019 – februar 2021 etter endret drift av tilførselstunnel)
- Tilrenning på timesbasis til Ytre Arna RA (mai 2016 – februar 2021)
- Analysedata fra innløp Garnes RA (februar 2014 – februar 2021)
- Avløp fra Espeland VBA, hentet fra notat fra Asplan Viak «Lokal slamavvanning ved Espeland vba», samt oppgitt rejektiv vannproduksjon fra kommunen)
- Analysedata fra Toro (februar 2014 – august 2019, 132 prøver på urensset og rensset avløp)
- Informasjon fra møte med Toro om drift av renseanlegget
- Analysedata fra Janus (februar 2016 – april 2018, 14 prøver)
- Tilknyttet antall personer til Garnes, Ytre Arna RA og Hagardsviken (oppgitt fra kommunen)
- Kommuneplanens arealdel, KPA 2018 (For planlagt befolkningsvekst i området)

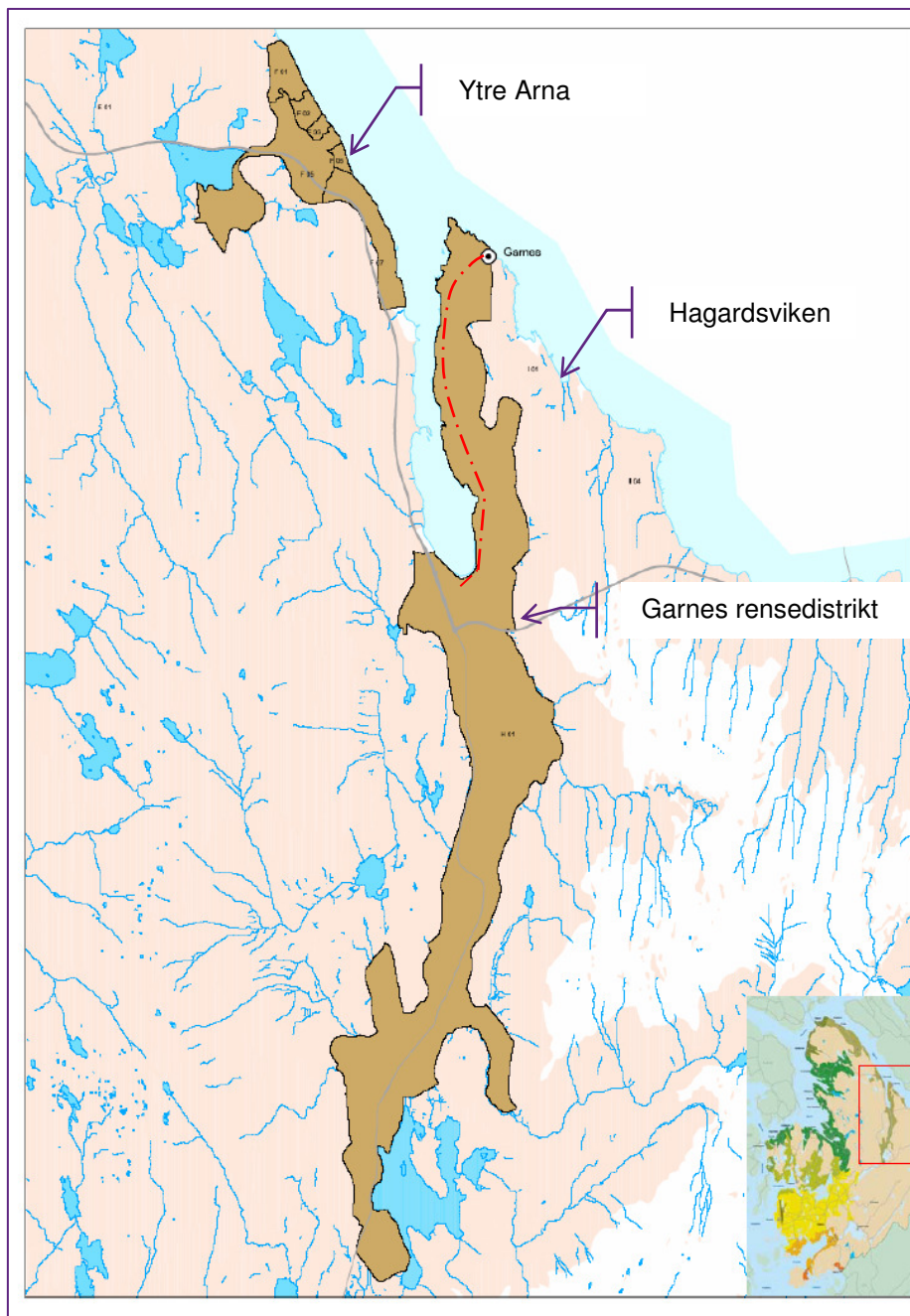
Det foreligger tilrenningsdata til Garnes RA, men det er stor usikkerhet knyttet til hvor riktige disse er. Det gjøres derfor en overslagsberegning av fremtidig belastning utfra antall tilknyttet personer og kjennskapen til industribelastningen i kapittel 6. Tilrenningsdata blir brukt som diskusjon rundt dette.

1.3 Rensedistrikt og tilførselssystem

Store deler av rensedistriktet består av fellessystem. Tilrenningsområdet er vist på Figur 1.

Tilførselstunnelen til Garnes RA er skissert inn med rød stiplet linje. Tunnelen starter på ca. kt. -0,5 (bunn) ved Kleivane og ender i pumpestasjonen under renseanlegget på kt -7. Total lengde er 3,1 km. Det er totalt 8 pumpestasjoner på østsiden av Arnavågen som pumper avløpsvann inn på tunnelen. Tunnelverrsnittet er 3,0 x 3,0 m og det er støpt renne i bunnen. Effektivt tunnelareal er ca. 7 m². Høyeste vannstand i

pumpesjakt er kt +2,5. Før aug. 2018 ble hele tunnelen benyttet som fordrøyningsmagasin. Totalt volum er ca. 22 000 m³. Nå driftes den tilnærmet uten fordrøyning.



Figur 1: Kart over tilrenningsområdet til Garnes og Ytre Arna RA. I tillegg tilkommer et mindre område til Hagardeviken. Tilførselstunnelen til Garnes RA er overordnet skissert inn med rød stiplet linje.

1.4 Forventet vekst i avløpssonen til 2050

Nytt Garnes RA må planlegges for fremtiden. Da det maskinelle utstyret i et renseanlegg forventes å ha en levetid på ca. 25 år, er 2050 et egnet år å dimensjonere for.

Estimert befolkningsvekst i området er vurdert ut fra KPA 2018. Rapporten angir forventet årlig vekst i kommunen på 1 400 personer frem til 2040. Hvorav Indre Arna rundt togstasjonen er en byfortettingszone som frem til 2030 skal håndtere 5% av boligbyggingsplanene i Bergen Kommune.

Disse planene ekstrapoleres videre til å 2050 og gir forventet befolkningsvekst i Arna på 2 240 personer. En person i tilvekst antas å tilsvare 1 pe, slik at effekt av utpendling, arbeidsplasser, møtelokaler etc. neglisjeres. Området er inkludert som et område for planlagt næringsbebyggelse, men det er ikke kjent konkrete planer om vannforbrukende industrivekst som det bør planlegges for. Det legges derfor ikke på tillegg for vekst eller endring i industritilførselen.

I tillegg legges det på 32 pe for personer tilknyttet spredt avløp i dag, som det vil være naturlig å tilknytte renseanlegget i fremtiden.

2 Hydraulisk belastning

Dimensjonerende belastningen til Garnes er vurdert ut fra overslagsmetoden i Norsk Vanns rapport 256/2020 (erstattet 168/2009). Det er deretter lagt på for tilrenning fra industri, befolkningsvekst og nye tilknyttede områder.

Tilrenningsdata til både Garnes og Ytre Arna viser store topper med mye fremmedvann. I de største toppene til Garnes RA er innløpskonsentrasjon under sekundærrensekravet (< 25 mg/l for BOF₅ og <125 mg/l for KOF). Da det er lite bærekraftig å dimensjonere renseanlegget for disse toppene, samtidig som kommunen har ambisjoner om saneringsarbeid på nettet, har Bergen Kommune valgt å legge overslagsmetoden fra Norsk Vann til grunn. Kurvene som illustrerer dagens situasjon til Garnes er vist i Vedlegg 1.

2.1 Garnes RA

Tilrenning til Garnes i dag kan deles i tilrenning fra befolkning/arbeidsplasser/skoler etc. (pe), industri (Toro, Janus og Espeland vannbehandlingsanlegg) og fremmedvann.

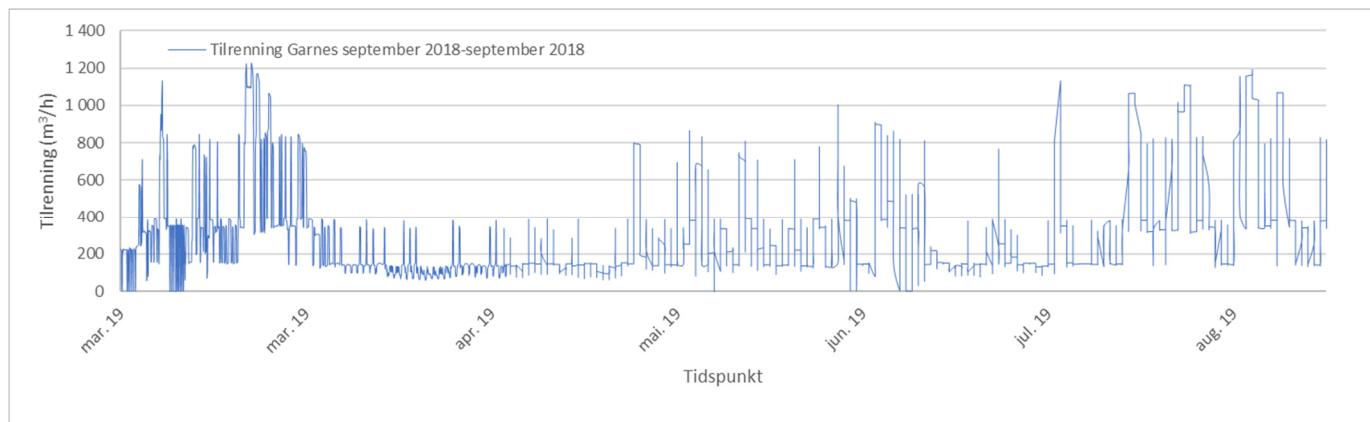
I tillegg kommer fremtidig overføring av tilrenning fra dagens renseanlegg i Ytre Arna, og Hagardsviken, samt forventet befolkningsvekst og tilknytting av noe spredt avløp.

2.1.1 Dagens tilrenning

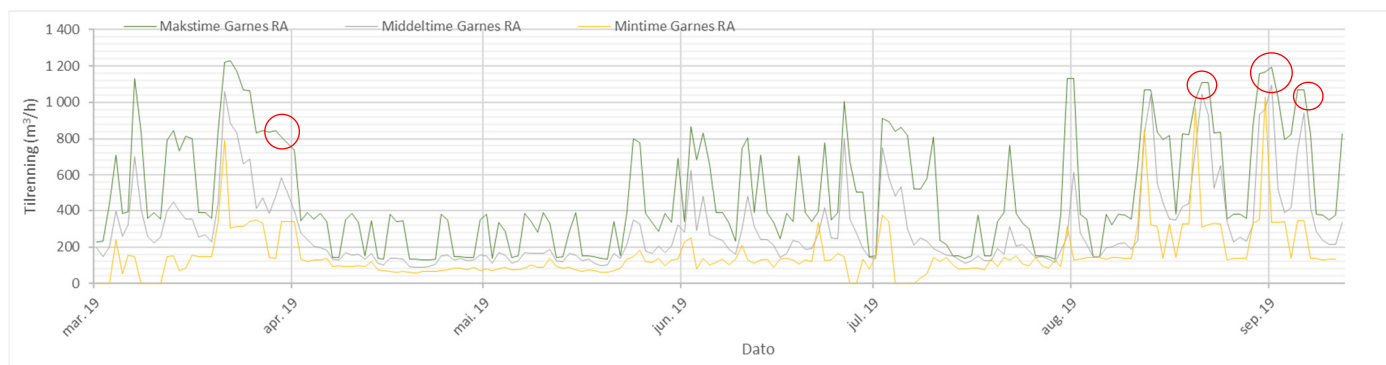
Drift av innløpspumpestasjon og oppstrøms overløp ble endret i august 2018 (økt kapasitet etter rengjøring av pumpeump) og senere i mars 2019 (endret styring av luken ved innløp til Garnes pumpeump for å holde nivå i tunnelen lavest mulig), slik at vannmengdene i betydelig større grad når anlegget nå.

Dagens drift skal videreføres. Figur 2 viser pumpet avløpsmengde til Garnes RA på timesbasis, etter endret drift av tunnelen. Det er fortsatt oppstuvning i tunnel ved en rekke hendelser, men i mindre grad slik at overløpene er betydelig redusert. Kurven illustrerer drift av innløpspumpene med hyppige stopp og start, og en generell minimumsbelastning på ca. 60 m³/h. Pumpedriften antas endret og optimalisert i fremtiden.

Tilrenningskurve fra april 2016 til april 2019 er vedlagt i vedlegg 1.



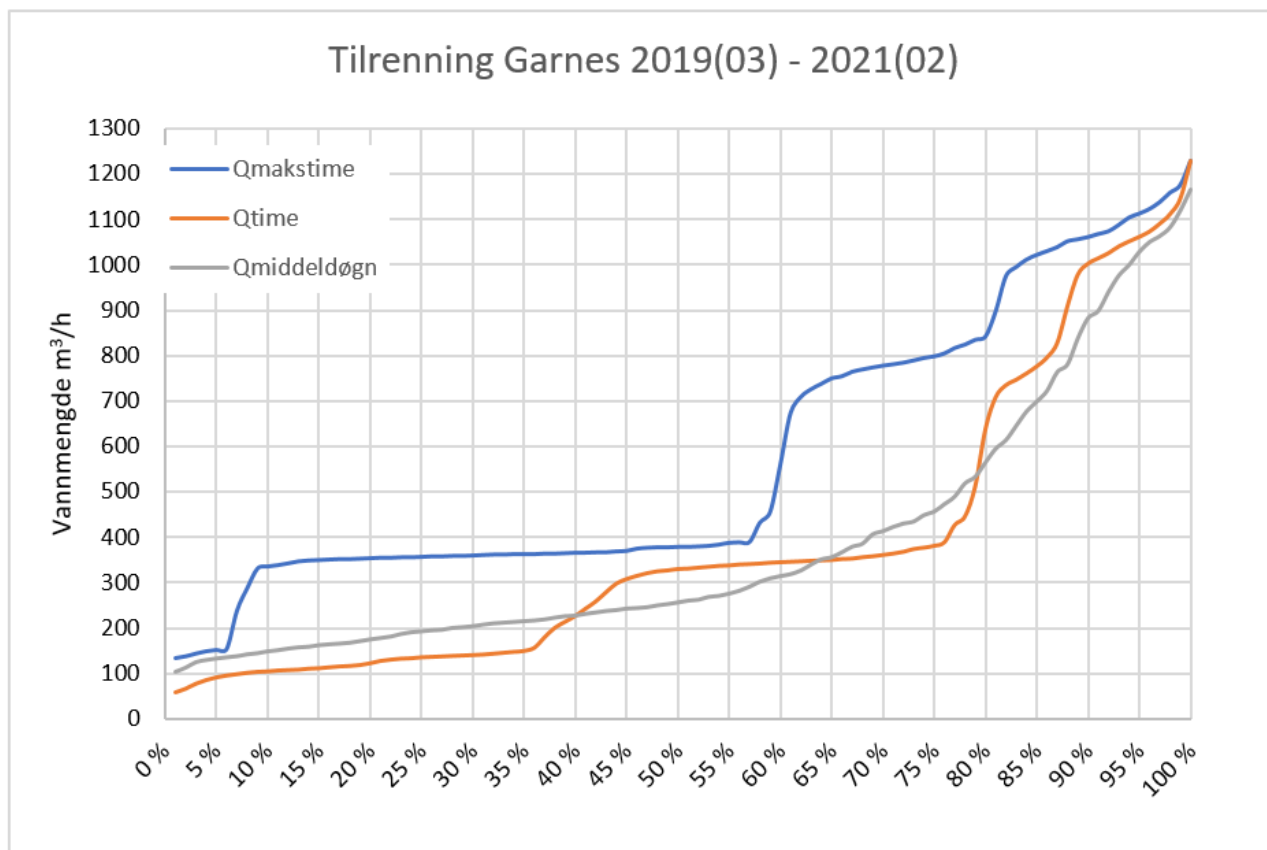
Figur 2: Timetilrenning til Garnes fra mars 2019-september 2019, kurven illustrerer drift av innløpspumpene med hyppige stopp og start, perioder med ingen tilrenning på natt/morgen, og en generell lavbelastning på ca. 60 m³/h.



Figur 3: Min-, middel- og makstimes tilrenning til Garnes etter endret overløpsdrift i mars 2019. Overløpsdrift fra Øyrane torg, trer først i kraft. Disse er markert med rødt i grafen, toppene her burde vært noe høyere dersom alt vannet ble ført frem til anlegget.

Figur 3 viser min-, middel og maks timesverdier over døgnet. Overløp før tunnelen er markert med rød ring i grafen. Grafen viser en tørrværsbelastning på ca. 200 m³/h. Toppene til anlegget ligger på ca. 1 200 m³/h, men det går da avløp i overløp før tilførselstunnelen ved Øyrane torg.

Figuren nedenfor viser fraktildiagram for tilrenningen etter omlegging av styring av tilførselstunnelen.



Figur 4: Fraktilkurve av makstimetilrenning og timetilrenning mars 2019 – sept. 2019, perioden etter at styring av tunnelen ble endret og betydelig større topper når anlegget.

2.1.2 Dimensjonerende tilrenning fra befolkningen tilknyttet Garnes RA

Overlagsmetodikken i Norsk Vanns håndbok 256/2020 er basert på antall pe tilknyttet anlegget, samt flere faktorer som er stedsavhengige og avhenger av lengde og kvalitet på ledningsnett, planer og ambisjoner knyttet til tetting og fornying etc. Utfra målingene kan det forventes mye fremmedvann i dag, men da det er ambisjoner og planer om aktiv lekkasjesøking og tetting/fornyning og den store tilveksten forventes tilkoblet ved nytt ledningsnett, legges ikke dette til grunn for dimensjonerende belastning. Dimensjonerende tilrenning beregnes utfra følgende formler:

$$Q_{dim} = (k_{makstime} * q_s + q_{inf}) * p_e$$

$$Q_{maksdim} = m * Q_{dim}$$

Hvor følgende parametere inngår:

- $k_{makstime}$ er maks timesfaktor som normalt settes til 1,42 for anlegg av denne størrelsen. (Det gjøres oppmerksom på at faktoren 1,42 benyttes for alle deltilførsler, selv om de enkelte delene har en størrelse som skulle tilsi en høyere faktor. Samlet sett vil likevel 1,42 være den korrekte faktoren).
- q_s er spesifikk spillvannsmengde pr. pe. Denne ligger normalt på ca. 150 l/pd.

- q_{inf} består av tørrværsinnlekking og nedbørsavhengig innlekking. q_{inf} er spesifikk infiltrasjonsmengde gitt som l/pd. Dersom det ikke foreligger målinger bør denne ligge på ca. 200-300 l/pd, avhengig av urbaniseringsgrad. For et nytt ledningsnett kan den for øvrig forventes rundt 100 l/pd. Som en middelvei mellom høy spesifikk innlekking for eksisterende tilknytning og antatt lav innlekking for fremtidig tilknytning, samt forbedringer etter lekkasjesøking og sanering, settes verdien til 200 l/pd.
- m kan ansees som en maksdøgnfaktor for å vurdere dimensjonerende døgn. Faktoren m vil være avhengig av en lang rekke forhold, som myndighetenes krav til utslipp over året, rensedistriktets størrelse og urbaniseringsgrad, ledningsnettets utforming og kvalitetsstandard, nedbørforhold mv. Generelt er det høy m -faktor på Vestlandet, men utfra diskusjoner og ambisjoner om å tette ledningsnettets settes denne til 2,5 for eksisterende tilrenning, og til 2,0 for ny tilknytning.

Dette gir følgende beregninger:

$$Q_{dim} = (k_{makstime} * q_s + q_{inf}) * p_e = \left(1,42 * \frac{150 \text{ l/pd}}{1000 \text{ l/m}^3 * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} + 200 \right) * 8\,982 = (155 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$Q_{maksdim} = m * Q_{dim} = 2,5 * 155 \text{ m}^3/\text{h} = 386 \text{ m}^3/\text{h}$$

Det gjøres oppmerksom på at beregningen over kun benyttes for $Q_{maksdim}$, for Q_{dim} gjøres spesielle vurderinger, se kapittel 2.6.

2.1.3 Tilrenning fra Toro

Toro har en avløpsproduksjon på ca. 190 000 m³/år. For variasjon i påslippet henvises til kurve i vedlegg 3.

2.1.3.1 *Kjølevann*

Kjølevannet utgjør 20 m³/h når det er behov for kjølevann. Dette er tilnærmet rent vann. Kjølevannsmengden er i dag 50-60 000 m³/år, med planer om å reduseres til ca. 10 000 m³/år. Fortynningen av prosessvannet vil dermed reduseres i fremtiden. Kjølevannet holder en temperatur mellom 19-28 grader.

2.1.3.2 *Prosessvann*

Prosessvannet for-renses i lamellflotasjon før påslipp. Renseanlegget driftes normalt med 18-20 m³/h når det er i drift, med en maksbelastning på 40 m³/h med begge linjene i full drift. Det er tilgjengelig et stort utjevningsvolum som ikke anvendes til det fulle. Toro tester også ut å stenge ned anlegget utenom arbeidstid, hvilket vil resultere i 50% redusert energiforbruk. Dette vil medføre flere timer i strekk med fullt påslipp. Prosessvannet har en varierende temperatur mellom 22-31 grader i perioden. Med endret drift med intensivert påslipp på dagen, vil oppholdstiden i utjevningsbassenget reduseres og temperaturen forventes å øke noe.

Samlet vurderes dimensjonerende belastning fra Toro som vist i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Dimensjonerende belastning fra Toro

Parameter	Prosessvann (m ³ /h)	Kjølevann (m ³ /h)	Sum (m ³ /h)	Kommentar
Q _{min-Toro}	0	0	0	minimumsverdien, forventet fremtidig kveld, natt, morgen og helger
Q _{middel-Toro}	9	9	17	
Q _{dim-Toro}	20	20	40	Normal høybelastning
Q _{maksdim-Toro}	40	23	63	Maks mengde prosessvann og kjølevann

2.1.4 Tilrenning fra Janus

Janus har en avløpsproduksjon på 34 467 m³/år, med 223 driftsdager pr. år. Tabell 7 viser antatt dimensjonerende påslipp fra Janus. Påslippet utgjør en liten andel av totalbelastningen til Garnes.

Tabell 2: Antatt dimensjonerende påslippmengder fra Janus

Parameter	Prosessvann (m ³ /h)	Kommentar
Q _{min-Janus}	0	minimumsverdien, forventet kveld, natt, morgning og helger
Q _{middel-Janus}	4	Middel over hele året
Q _{dim-Janus}	26	Midlere årsbelastning fordelt på driftsdøgn med 6 times påslipp
Q _{maksdim-Janus}	53	Midlere årsbelastning fordelt på driftsdøgn med 3 times påslipp

2.1.5 Espeland vannbehandlingsanlegg

Espeland vannverk skal nå bygges om. I dag slippes det tilnærmet rent spylevann fra filterne på Espeland VBA til spillvannsnettet. Etter ombygging er det kun rejektivann fra avvanning (sentrifuger) og evt. overløp fra slamlagre som skal tilføres spillvannsnettet.

Rejektivannsmengden skal utgjøre i størrelsesorden 1,5-2,0 ‰ av vannproduksjonen, og sentrifugen på Espeland skal ha en kapasitet på 20 m³/h. Både Q_{dim} og Q_{maksdim} fra Espeland settes derfor til 20 m³/h. Dette utgjør en reduksjon på 110 m³/h i forhold til maks påslippet i dag, som inntreffer noen timer hver dag.

Tabell 3: Tilrenning av rejektivann fra Espeland VBA

Parameter	Maksdøgn	Maksår	Middelår	Enhet
Vannproduksjon	925	700	400	l/s
Q-rejektivann (antatt 2 prom. av vannproduksjonen)	1,85	1,4	0,8	l/s
Q-rejektivann	160	121	69	m ³ /d
Q-rejektivann	20	20	3 ¹⁾	m ³ /h

1) Fordelt over alle timer hele året.

2.2 Tilrenning fra Ytre Arna RA

Renseanlegget i Ytre Arna skal legges ned og avløpsvannet overføres til nytt renseanlegg på Garnes. Det er store fremmedvannsmengder til Ytre Arna i dag. Men det er også stor usikkerhet knyttet til datagrunnlaget og datamålingene. Det er heller ikke hensiktsmessig å pumpe svært forfynnet avløpsvann fra Ytre Arna til nytt Garnes RA. Innlekkingen til Ytre Arna bør derfor heller håndteres ved sanering og fornying på nettet. Dvs. at

overvannstoppene avlastes ved eksisterende renseanlegg frem til ledningsnett er tettet. Eksisterende anlegg kan evt. vurderes videreført som et overløpsanlegg frem til fornyingsarbeidet på nettet gir resultat.

Overslagsmetoden tilsvarende som for Garnes anvendes for Ytre Arna. Utfra tilrenning i kontrollperioden (2019-2020) er toppene i tilrenningen til Ytre Arna vesentlig større enn planlagt tilrenning overført til Garnes RA (se vedlegg 2).

Det er 2636 personer i rensedistriktet.

Dette gir følgende beregninger:

$$Q_{dim} = (k_{makstime} * q_s + q_{inf}) * p_e = \left(1,42 * \frac{150 \text{ l/pd}}{1000 \text{ l/m}^3 * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} + 200 \right) * 2636 = (45 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$Q_{maksdim} = m * Q_{dim} = 2,5 * 45 \text{ m}^3/\text{h} = 113 \text{ m}^3/\text{h}$$

Det gjøres oppmerksom på at beregningen over kun benyttes for $Q_{maksdim}$, for Q_{dim} gjøres spesielle vurderinger, se kapittel 2.6.

2.3 Tilrenning fra Hagardsviken

Renseanlegget i Hagardsviken skal legges ned og avløpsvannet overføres til nytt renseanlegg på Garnes. Det foreligger ikke tilrenningsdata fra Hagardsviken. Belastningen vurderes derfor utfra tilknyttet antall pe, tilsvarende som for Ytre Arna. Det er oppgitt 481 personer tilknyttet dette anlegget.

Dette gir følgende beregninger:

$$Q_{dim} = (k_{makstime} * q_s + q_{inf}) * p_e = \left(1,42 * \frac{150 \text{ l/pd}}{1000 \text{ l/m}^3 * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} + 200 \right) * 481 = (8 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$Q_{maksdim} = m * Q_{dim} = 2,5 * 8 \text{ m}^3/\text{h} = 21 \text{ m}^3/\text{h}$$

Det gjøres oppmerksom på at beregningen over kun benyttes for $Q_{maksdim}$, for Q_{dim} gjøres spesielle vurderinger, se kapittel 2.6.

2.4 Tilrenning fra befolkningsvekst og tilknytning av spredt avløp frem mot 2050

Økning i hydraulisk belastning som følge av befolkningsvekst vurderes utfra overslagsberegningemetoden.

Det forutsettes også at boligutbyggingen tilknyttes et nytt tett ledningsnett samtidig som det pågår sanerings- og renovering på det øvrige ledningsnett. Infiltrasjonsmengden forventes derfor ikke å øke utover dagens nivå, mens maksfaktoren settes til 2,0, hvilket er noe lavere enn for eksisterende tilrenning.

Dette gir følgende beregninger:

$$Q_{dim} = (k_{makstime} * q_s + q_{inf}) * p_e = \left(1,42 * \frac{150 \text{ l/pd}}{1000 \text{ l/m}^3 * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} + 200 \right) * 2\,272 = (39 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$Q_{maksdim} = m * Q_{dim} = 2,5 * 39 \text{ m}^3/\text{h} = 78 \text{ m}^3/\text{h}$$

Det gjøres oppmerksom på at beregningen over kun benyttes for $Q_{maksdim}$, for Q_{dim} gjøres spesielle vurderinger, se kapittel 2.6.

2.5 Rejektvannsbelastning

Rejektvannsbelastning på 5 % er valgt å legges på Q_{dim} . Tilsvarende rejevtvannsmengde legges til på $Q_{maksdim}$. Dette gjøres for å sikre at rejevtvannsbelastningen ivaretas i en konkurranse, selv om mengden vil kunne variere. Størrelsen på rejevtvannsbelastningen vil avhenge av prosessløsning, størrelse på rejevtvannsbasseng og drift av systemet.

2.6 Oppsummert dimensjonerende tilrenning til Garnes RA

Summen av de ulike bidragene for Q_{dim} og $Q_{maksdim}$ blir som følger:

Tabell 4: Dimensjonerende vannmengder

Bidrag	PE	Q_{dim} (m^3/h)	$Q_{maksdim}$ (m^3/h)
Garnes	8982	155	386
Toro	-	40	63
Janus	-	26	53
Espeland vba.	-	20	20
Ytre Arna	2636	45	113
Hagardsvika	481	8	21
Tilvekst inkl. spredt avløp	2272	39	78
Rejektvannsbelastning (5% ved Q_{dim})		17	17
Sum		350	751

For begge dimensjonerende verdier er disse verdiene lavere enn dagens tilrenningsdata tilsier. De forutsetter derfor reduksjon av fremmedvannsmengder. Imidlertid vil disse tiltakene kunne ta tid, og spesielt for Q_{dim} vil det være hensiktsmessig å benytte en mest mulig realistisk verdi slik at delprosesser ikke underdimensjoneres, og hvor dette også hensyntar tilrenningssituasjonen ved oppstart av anlegget. For $Q_{maksdim}$ er det ikke mulig å underdimensjonere delprosesser når dette er en fastlagt verdi.

Det gjøres derfor en separat vurdering for Q_{dim} hvor dagens tilrenningssituasjon vurderes, og Q_{dim} fastlegges på bakgrunn av dette.

Tabell 5: Korreksjon av beregning Q_{dim} .

Bidrag	Verdi	Enhet	Kommentar
Q_{dim} Garnes	378	m ³ /h	(1
Espeland	-55	m ³ /h	(2
Ytre Arna	45	m ³ /h	(3
Hagardsvika	8	m ³ /h	(4
Tilvekst	0	m ³ /h	(5
Rejektvann 5%	19	m ³ /h	(6
Q_{dim} (beregnet)	395	m ³ /h	
Påslag for "feil" kurve	30	m ³ /h	(7
Q_{dim}	425	m³/h	

Hvor følgende antagelser og forutsetninger er gjort:

- 1) Hentet fra dagens tilrenningskurve for Garnes, se vedlegg 1. Tilsvarende 50%-fraktilen på $Q_{maksstime}$.
- 2, 3, 4, 6) Beregnet iht. Norsk Vann og foregående kapitler, tilsvarende som for $Q_{maksdim}$
- 5) Tilvekst bidrar ikke til økt Q_{dim} som følge av reduksjon av fremmedvannsmengder.
- 7) Som det fremgår av kurven for $Q_{maksstime}$ i Vedlegg 1 så har denne en noe underlig form. Det forventes at fremtidig pumpestyring vil bidra til å jevne ut denne kurven noe, og at medianverdien for $Q_{maksstime}$ kan øke noe som følge av dette. Det er derfor lagt til et skjønnsmessig påslag på + 30 m³/h på Q_{dim} .

Dimensjonerende vannmengder settes dermed til:

$$Q_{dim} = 425 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{maksdim} = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.7 Midlere vannmengder

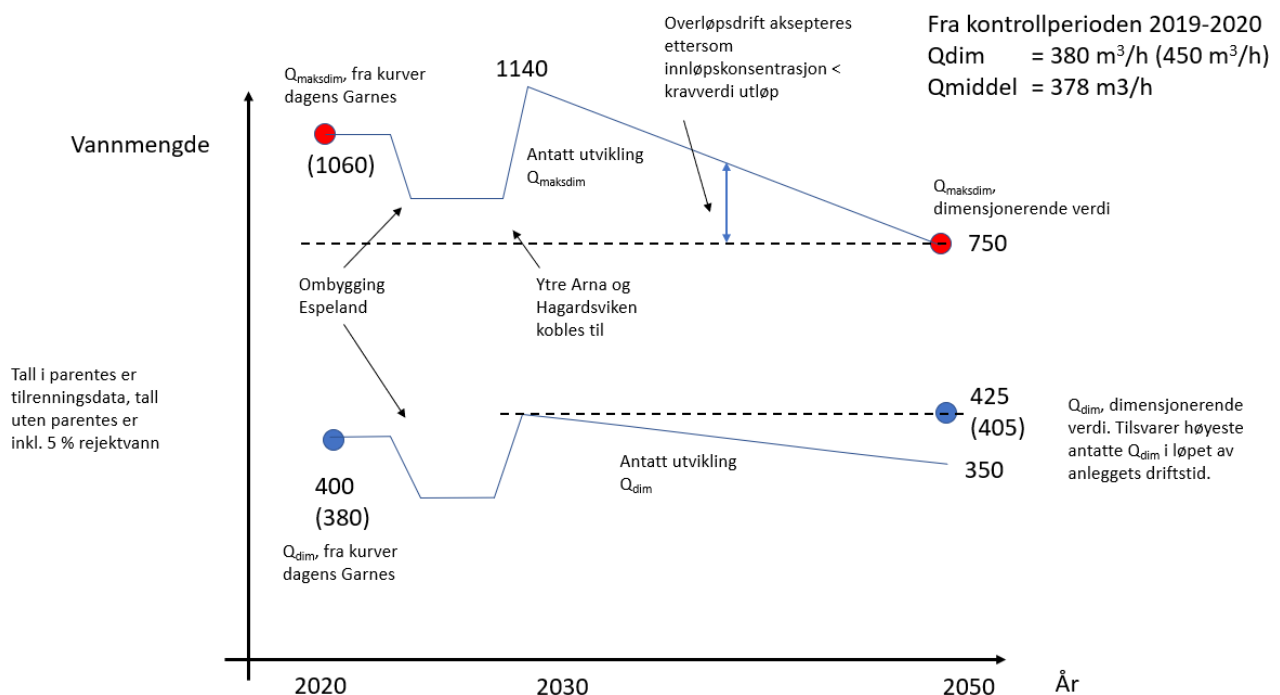
Det er usikkerhet knyttet til riktigheten av mengdemålinger for datagrunnlaget i forprosjektet (tall fra 2014 – 2019). Tall fra kontrollperioden mars 2019 – januar 2020 legges derfor til grunn videre.

I denne perioden var middelvannføringen til anlegget $378 \text{ m}^3/\text{h}$. Fremtidig middelvannføring vil:

- Øke som følge av befolkningsvekst
- Øke som følge av tilknytning av Ytre Arna, Hagardsviken og spredt avløp
- Øke som følge av økte nedbørmengder
- Reduseres som følge av redusert vannmengde fra Espeland
- Reduseres som følge av saneringstiltak på ledningsnett

Dagens Q_{maksdim} for Garnes RA, **før** tilknytning av andre rensedistrikt, er fra tallmaterialet i kontrollperioden $1060 \text{ m}^3/\text{h}$. Samtidig er dimensjonerende Q_{maksdim} for det fremtidige anlegget satt til $750 \text{ m}^3/\text{h}$. I dette ligger det en forutsetning om en betydelig reduksjon av fremmedvannmengdene.

Figuren nedenfor viser en ønsket, men teoretisk, utvikling av vannmengdene til anlegget:



Figur 5: Fremtidig utvikling av vannmengder.

Fra tall i kontrollperioden ses det at Q_{dim} og Q_{middel} er tilnærmet like. Denne forutsetningen legges også til grunn for vurdering av fremtidige middelvanntmengder.

Tabell 6: Midlere vanntmengder.

Bidrag	Q_{middel} 2020	Q_{middel} 2025	Q_{middel} 2030	Q_{middel} 2050
	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
Samlet til Garnes RA	380	380	400	400

Det gjøres oppmerksom på at middelvanntmengder ikke benyttes til dimensjonering av renseanlegget.

3 Stoffbelastning

I KVU'en ble overlagsmetoden for stoffbelastning pr. pe anvendt for befolkningen, med påslag fra industribedriftene. Dette da overlagsmetoden ga betydelig større belastning enn analyseprogrammet og det var mistanke at dette delvis kunne skyldes tap av forurensning ved overløp på nettet.

Kontrollperioden etter KVU'en, med lite overløp tilknyttet tunnelen, viser betydelig lavere organisk stoffbelastning og høyere SS-belastning enn tidligere år. Den reduserte organiske belastningen stemmer med redusert påslipp fra Toro, mens økt SS-belastning kan komme fra utvasking av sediment fra tunnelen og/eller påslipp av spylevann fra Espeland med finstoff fra filterkalk i samme periode.

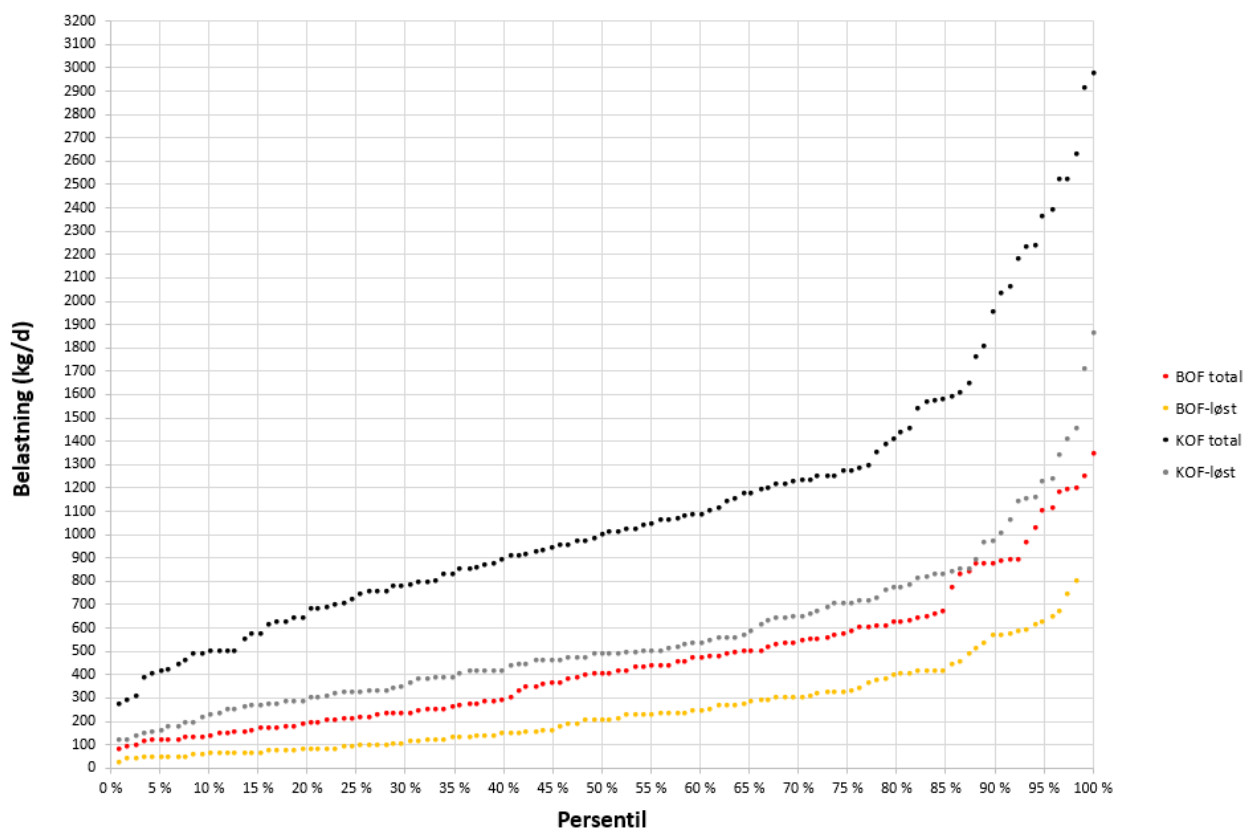
Bergen kommune har valgt å videreføre den organiske stoffbelastningen fra KVU'en, mens SS-belastningen revideres på bakgrunn av analyser fra kontrollperioden. For denne perioden ble tilførselstunnelen til anlegget driftet med utjevning frem til mars 2019. Dette forventes å ha påvirket stoffbelastningen til anlegget og denne perioden omtales derfor separat.

3.1 Dagens belastningssituasjon

3.1.1 Belastning 2014-2019 (forprosjekt og KVU-grunnlag)

Det er 122 analyser av innløpsvannet til Garnes for perioden 2014-2019. Disse er fordelt som 24 årlige prøver fra februar 2014 til mai 2019. De fleste prøvene i dette datasettet kommer m.a.o. fra perioden med utjevning i tilførselstunnelen.

Belastningen til anlegget har ingen trendendring gjennom perioden, men belastningen til anlegget varierer betydelig. Det forventes at variasjonene skyldes industripåslipp. At det har gått mer vann i overløp tidligere ser ikke ut til å ha påvirket belastningen til anlegget nevneverdig, antagelig da det er sterkt fortynnet vann ved overløp. Hele dataserien anvendes derfor videre ved evaluering av belastning til anlegget.



Figur 6: Persentilkurve av belastningen til Garnes RA. For øvrige fraktilkurver av belastning og konsentrasjoner henvises til vedlegg 2.

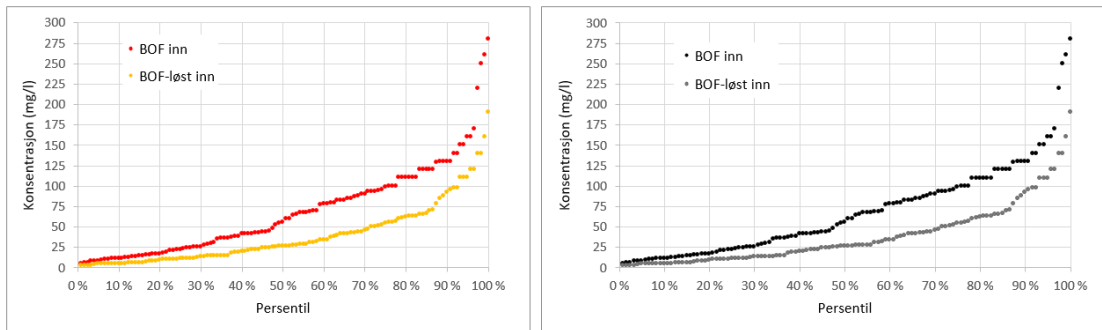
Belastningsdataene er oppsummert i tabellen nedenfor.

Tabell 7: Belastning til Garnes RA utfra analyser fra februar 2014 - april 2019

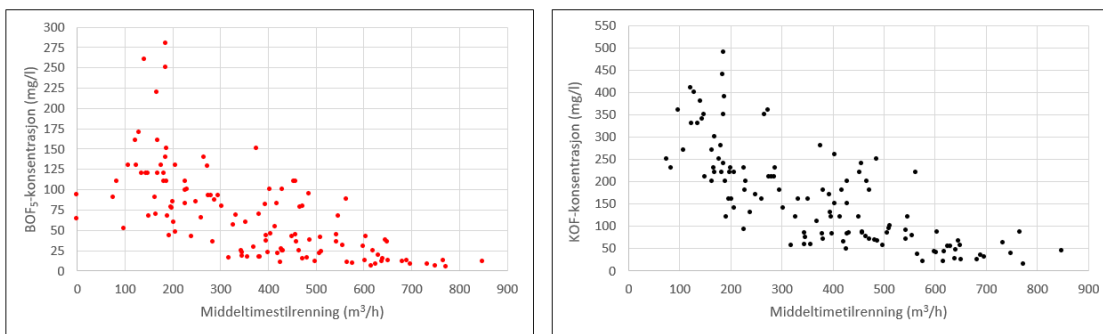
	BOF (kg/d)	BOF-løst (kg/d)	KOF (kg/d)	KOF-løst (kg/d)	Tot-P (kg/d)	SS (kg/d)	Ledningsevne (mS/m)
Min	87	28	278	124	5	83	69
Snitt	462	247	1112	564	15	427	109
90%-fraktil	882	549	1979	986	22	779	132
Maks	1352	1082	2975	1864	45	1452	160

KOF/BOF forholdet til anlegget er i snitt ca. 2,8, med et stort spenn på 0,9-8,2.

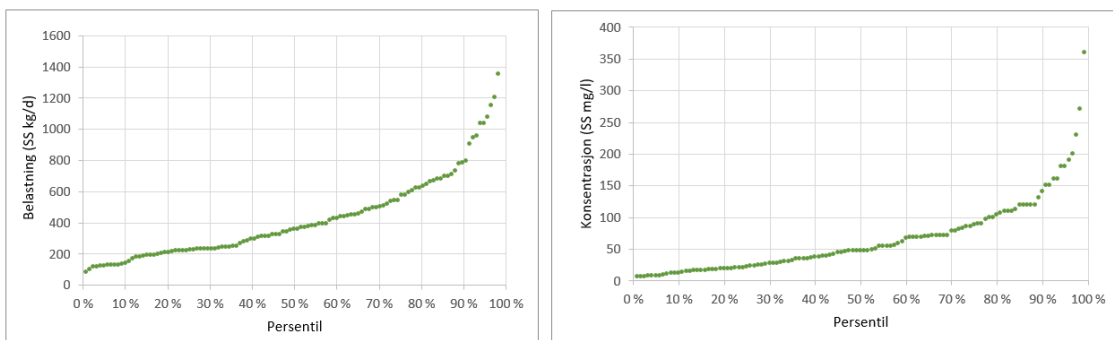
Figurene nedenfor viser data for en del nøkkelparametre for forurensningstilførselen i perioden 2014-2019.



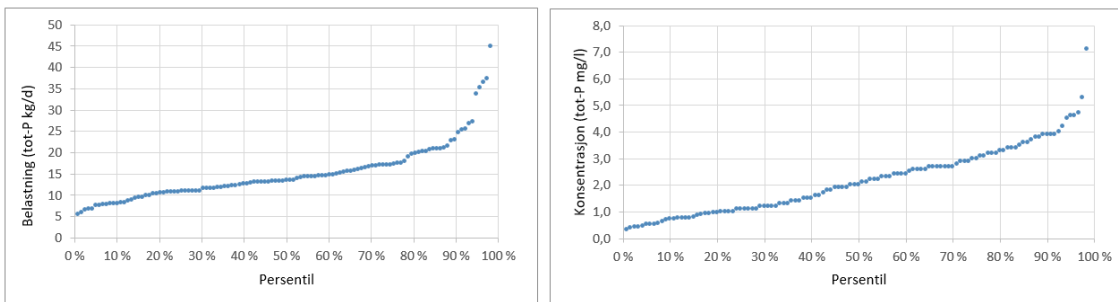
Figur 7: Persentilkurver konsentrasjoner KOF og BOF.



Figur 8: Persentilkurver konsentrasjoner BOF og KOF mot tilrenning.



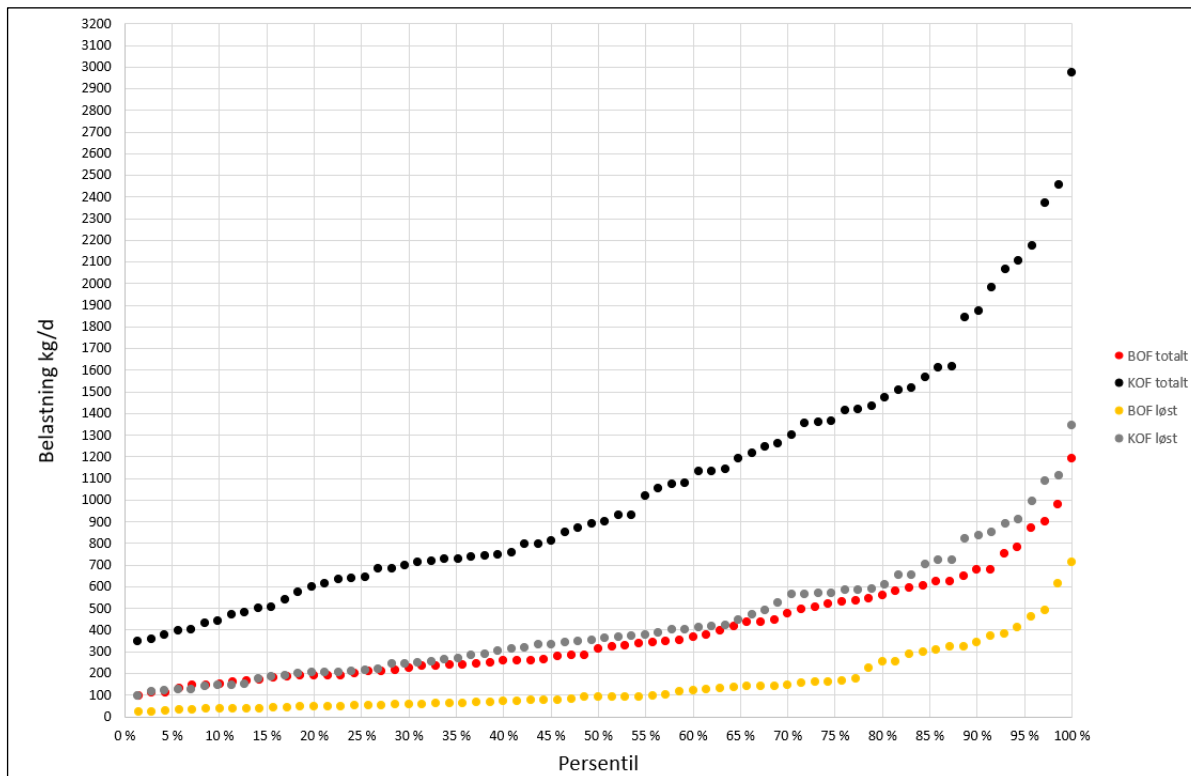
Figur 9: Persentilkurver SS.



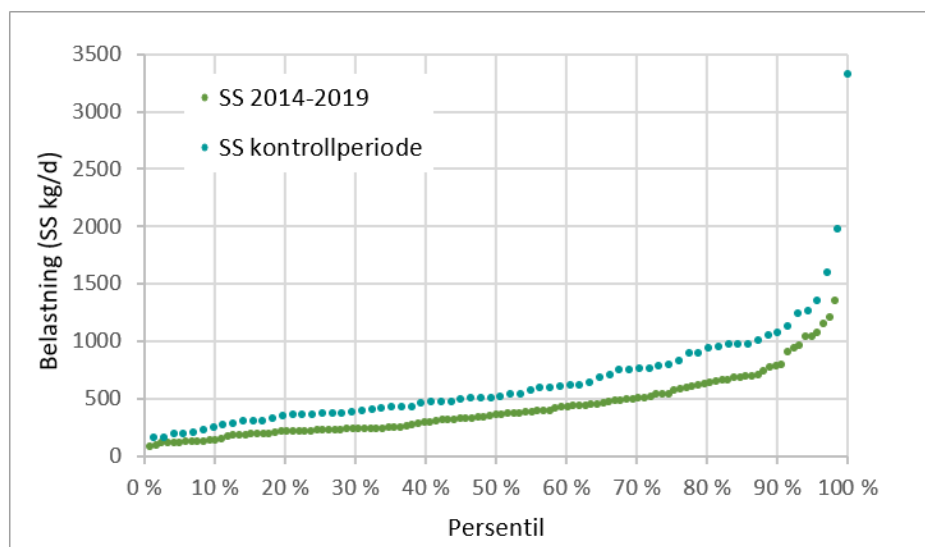
Figur 10: Persentilkurver fosfor (NB: Anlegget har ikke fosforkrav).

3.1.2 Belastning Garnes RA kontrollperiode 2019-2020

Kontrollperioden består av 71 analysesett fra perioden februar 2019 tom. desember 2020. I hovedsak er disse analysene tatt etter endret driftsform for overløpstunnelen i mars 2019.



Figur 11: Persentildiagram organisk belastning i kontrollperioden.



Figur 12: SS-mengder i kontrollperioden. Tall fra 2014-19 er tatt med til orientering.

3.1.2.1 Utvikling av innløpskonsentrasjoner

Figur 13 viser utvikling i innløpskonsentrasjon til Garnes. Vannmengden i analysedøgnene har samtidig gått opp.

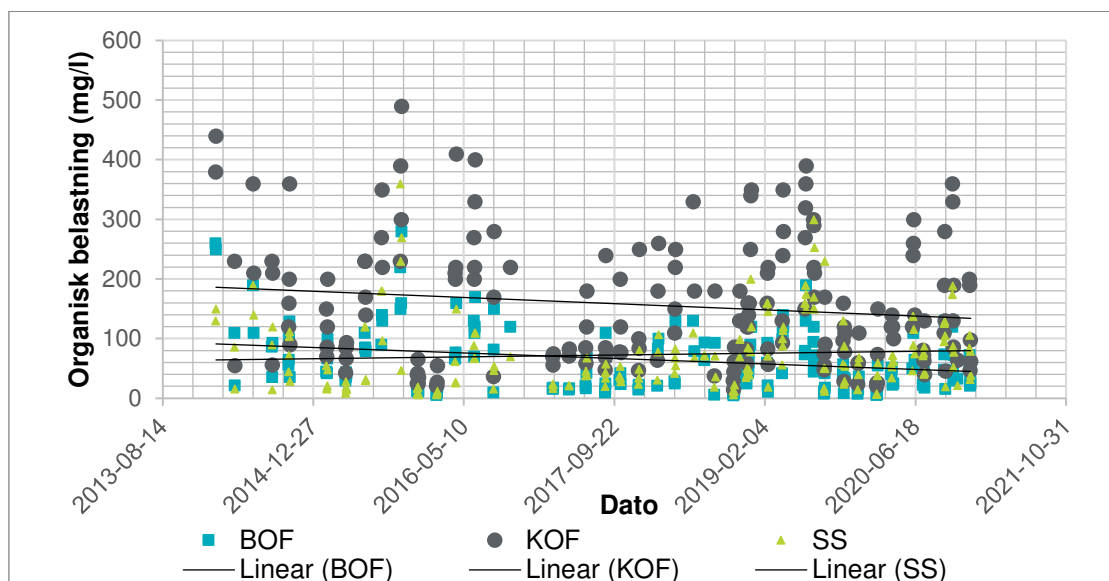
Tabell 8 viser midlere konsentrasjon og 90%-persentilen av konsentrasjon i KVU/ forprosjektdataene og kontrollperioden.

Den organiske konsentrasjon mhp. BOF er betydelig redusert etter KVU/ forprosjektdataene, spesielt mhp. løst BOF. Andelen løst KOF er også betydelig redusert. Samtidig har midlere SS-konsentrasjon gått i motsatt retning med betydelig økning.

Vannmengden i analysedøgnene har samtidig gått opp.

Tabell 8: Konsentrasjoner i analyseperioden tilgjengelig i KVU/ forprosjektet (2014-mai 2019), mot kontrollperioden (2019-2020)

Parameter	KVU/ forprosjekt 2014-2019	Kontrollperiode 2014-2019	Avvik
BOF-middel (mg/l)	70	57	-19 %
BOF-middel (mg/l, løst)	35	21	-41 %
KOF-middel (mg/l)	162	150	-7 %
KOF-middel (mg/l, løst)	78	57	-26 %
TOT-P-middel (mg/l)	2,2	1,8	-16 %
SS-middel (mg/l)	66	91	38 %
BOF ₉₀ (mg/l)	131	120	-8 %
BOF ₉₀ (mg/l - løst)	73,1	47	-36 %
KOF ₉₀ (mg/l)	333	300	-10 %
KOF ₉₀ (mg/l - løst)	140	96	-31 %
TOT-P ₉₀ (mg/l)	3,6	3,2	-11 %
SS ₉₀ (mg/l)	140	170	21 %
Q _{middel} (analysedøgn)	384	410	7 %
Q ₉₀	646	815	26 %



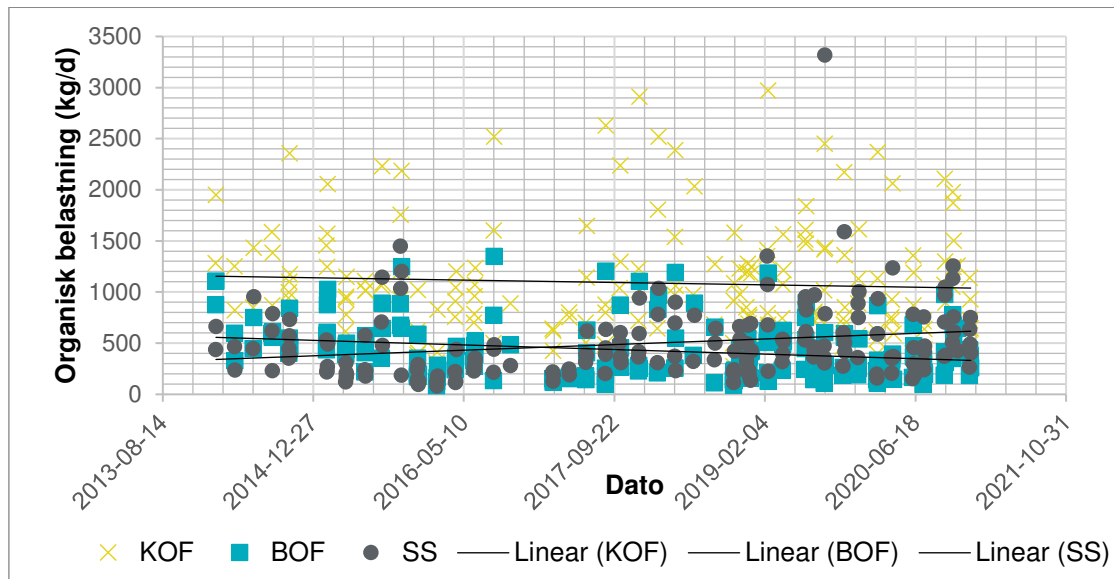
Figur 13: Konsentrasjonen i innløpssvannet fra 2014-2020. Grafen viser en nedadgående tendens i innløpets konsentrasjon både mhp. KOF og BOF.

3.1.2.2 Utvikling av innløpsmengder

Figur 14 og Tabell 9 viser samme trender i belastning som konsentrasjon. BOF og spesielt løst BOF er betydelig redusert. Det samme er løst KOF og fosfor. SS-belastningen går motsatt vei med betydelig økning.

Tabell 9: Stoffbelastning i analyseperioden tilgjengelig i KVVU/ forprosjektet (2014-mai 2019), mot kontrollperioden (2019-2020)

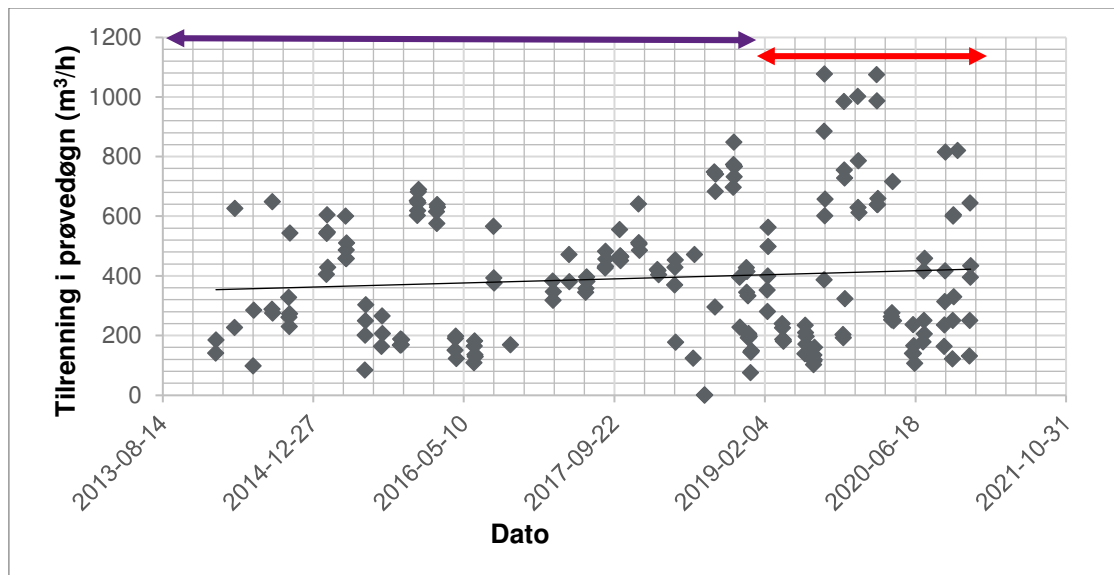
Parameter	Forprosjektdata	Kontrollperiode	Avvik
BOF-middel (kg/d)	462	383	-17 %
BOF-middel (kg/d, løst)	244	149	-39 %
KOF-middel (kg/d)	1112	1071	-4 %
KOF-middel (kg/d, løst)	563	433	-23 %
TOT-P-middel (kg/d)	14,7	13,1	-11 %
SS-middel (kg/d)	427	642	50 %
BOF ₉₀ (kg/d)	882	678	-23 %
BOF ₉₀ (kg/d - løst)	549	345	-37 %
KOF ₉₀ (kg/d)	1979	1874	-5 %
KOF ₉₀ (kg/d - løst)	986	830	-16 %
TOT-P ₉₀ (kg/d)	22	18	-21 %
SS ₉₀ (kg/d)	779	1056	36 %



Figur 14: Innløpsmengde til Garnes RA i perioden 2014-2020. Grafen viser nedadgående trend i innløpsmengder mhp. BOF_s og KOF, og økende mhp. SS.

3.1.2.3 Utvikling i tilrenning i prøvedøgn

Det er en viss økning i tilrenningen i analysedøgnene etter endret drift i tunnelen (se Figur 15). Det er samtidig lite endring i nedbør på månedsbasis ved nedbørmålestasjon Florida i perioden.



Figur 15: Tilrenning i prøvedøgn. Lilla pil markerer dager lagt til grunn i KVU/ forprosjektet, mens rød pil markerer dager lagt til grunn i kontrollperioden. Dagene med analyser i kontrollperioden har betydelig større tilrenning

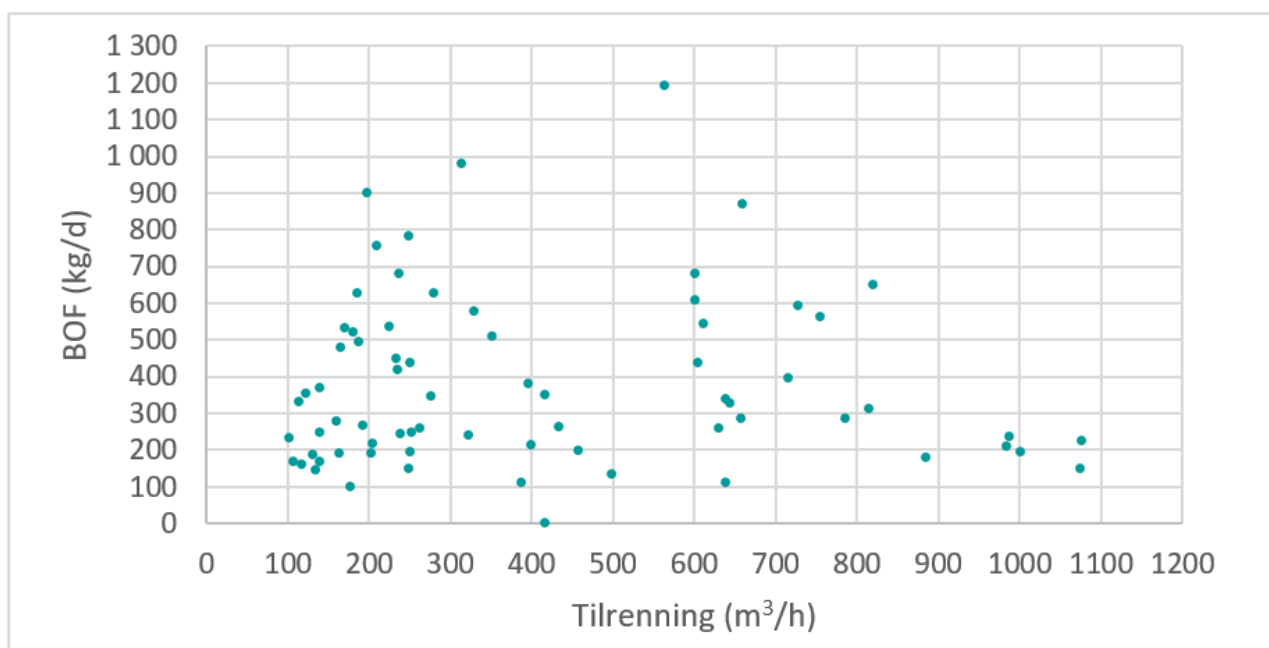
Økning av SS både som konsentrasjon og mengder kan være en følge av utvasking av eldre sedimenter fra da tunnelen ble driftet med utjevning. I så tilfelle kan det tenkes at dette er en kortvarig situasjon som vil avta

etter hvert. Evt. bør det vurderes om det har vært anleggsvann e.l. inn på nettet i kontrollperioden. Dersom tunnelen er inspisert innvendig, er erfaringene derfra nyttig informasjon for å forstå den betydelige økningen av SS til anlegget i kontrollperioden. Ved utvasking av sediment fra tunnelen, ville vi forventet at dette også fikk konsekvenser i form av økt mengde partikulær KOF og fosfor, men i mindre grad BOF.

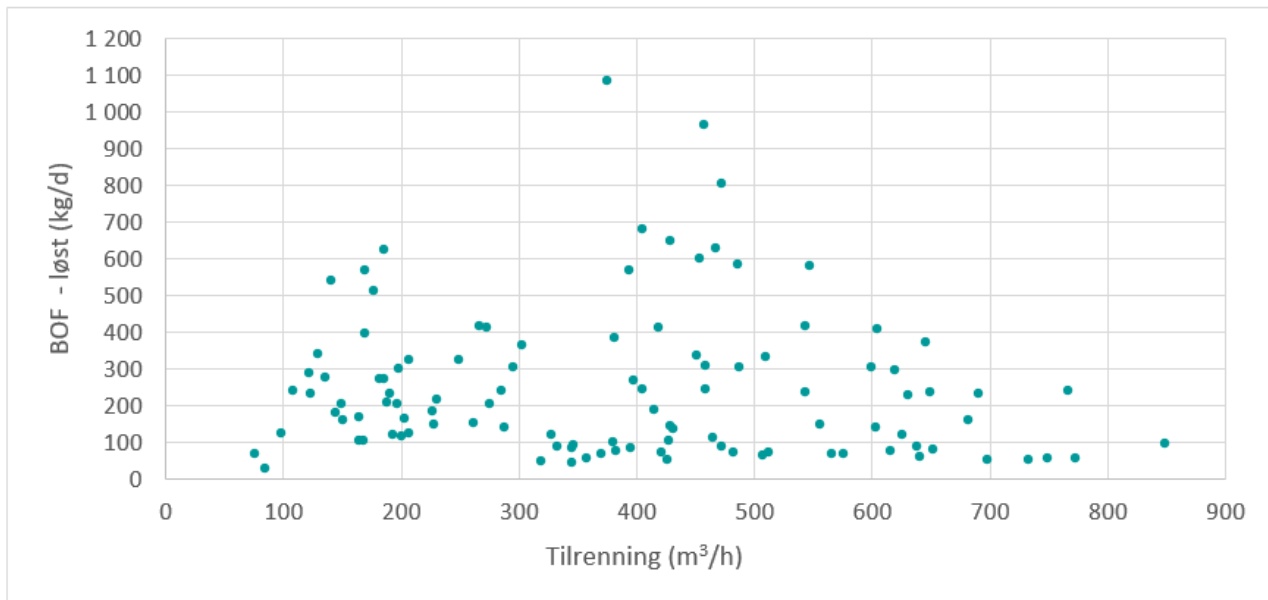
Reduksjonen av BOF og spesielt løst andel BOF kan ha flere årsaker. Det kan tenkes at det har vært noe biologisk omsetning ved oppholdstid og utjevning i tunnelen tidligere, men i så tilfelle burde BOF, og spesielt den løste andelen gått opp, og ikke ned, i kontrollperioden. Det er derfor nærliggende å tenke at reduksjonen skyldes betydelig reduksjon av tilførsel, og da antagelig fra Toro. For å vurdere om dette er tilfelle, må analysene fra Toro i kontrollperioden vurderes. Man bør også forhøre seg med Toro om det er en grunn til at belastningen kan ha gått ned.

3.1.2.4 Belastning med varierende tilrenning

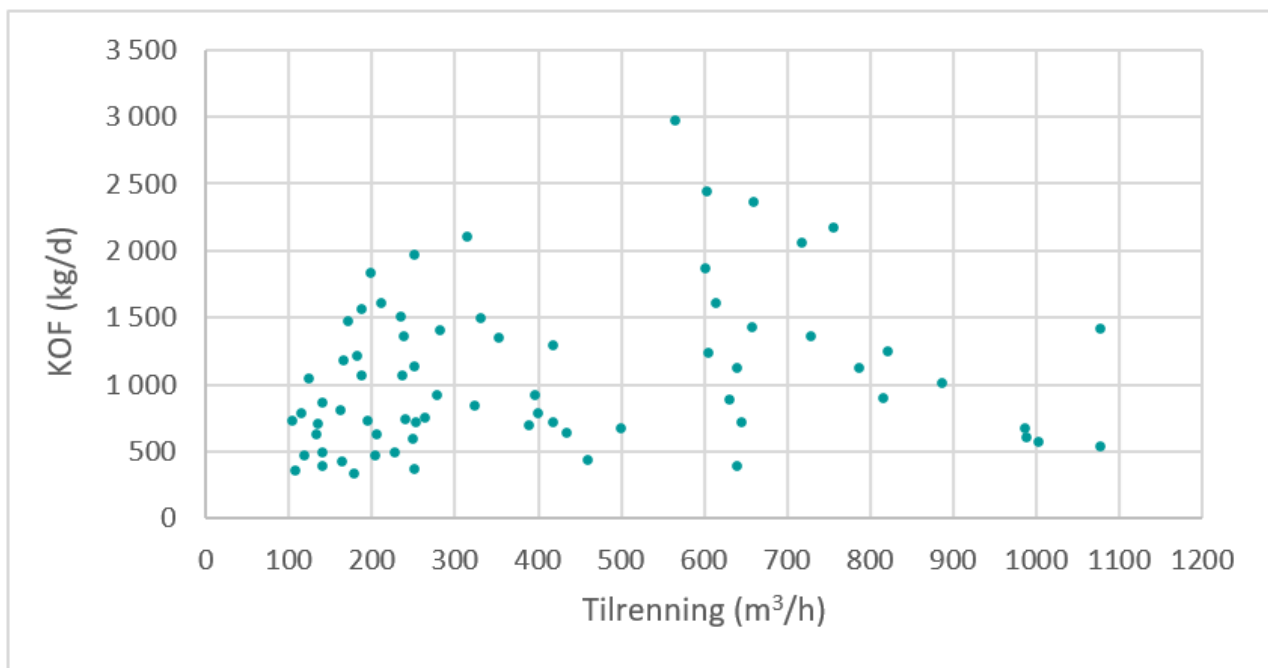
Figur 16, Figur 17, Figur 18, Figur 19, Figur 20 og Figur 21 viser stoffbelastningene til anlegget mot tilrenning i kontrollperioden. Det er stor spredning i belastning til anlegget. Men det fremgår likevel lavere stoffbelastning ved stor tilrenning. Dette indikerer at det skjer tap av stoffbelastning på nettet ved stor tilrenning. Det fremgår ingen døgn som utpeker seg med «frist flush» effekt mhp. SS.



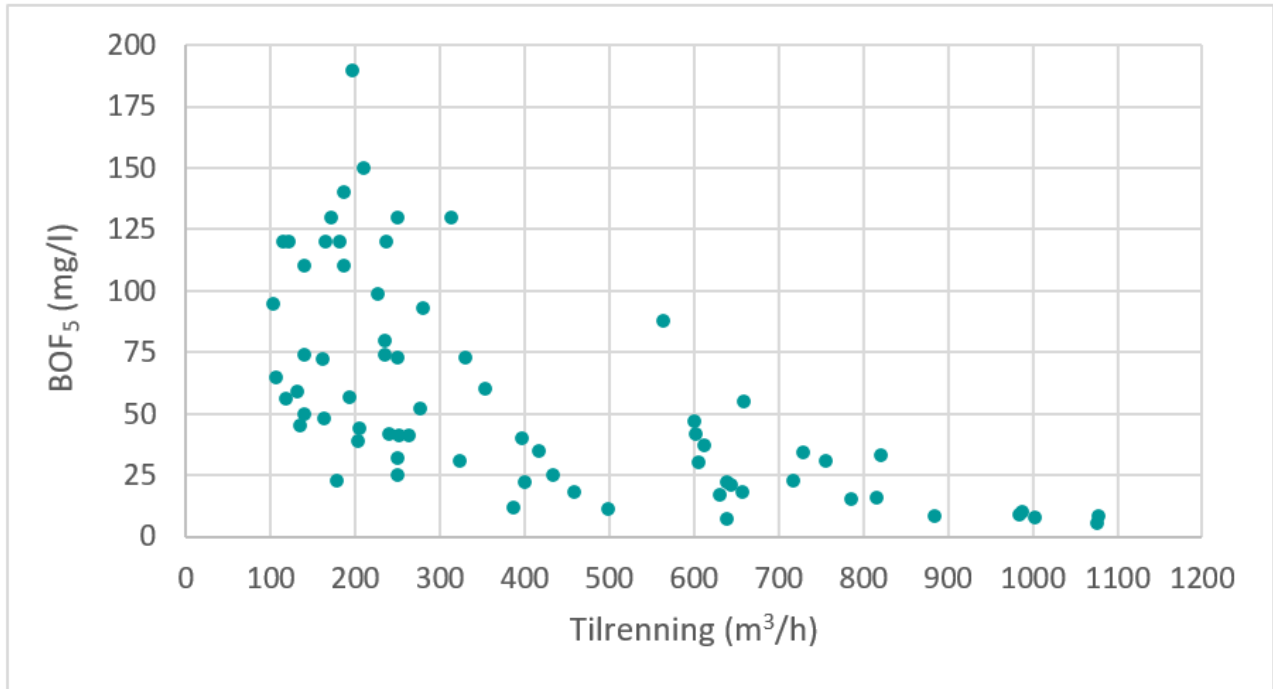
Figur 16: BOF-belastning i kontrollperioden.



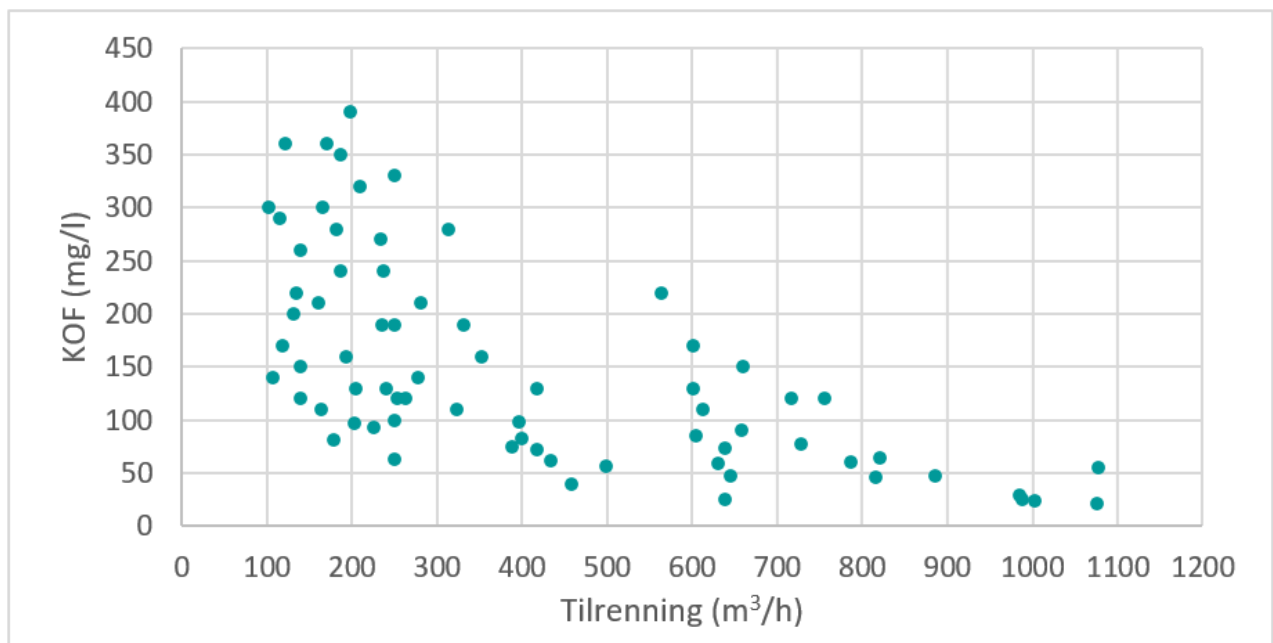
Figur 17: Løst BOF i kontrollperioden.



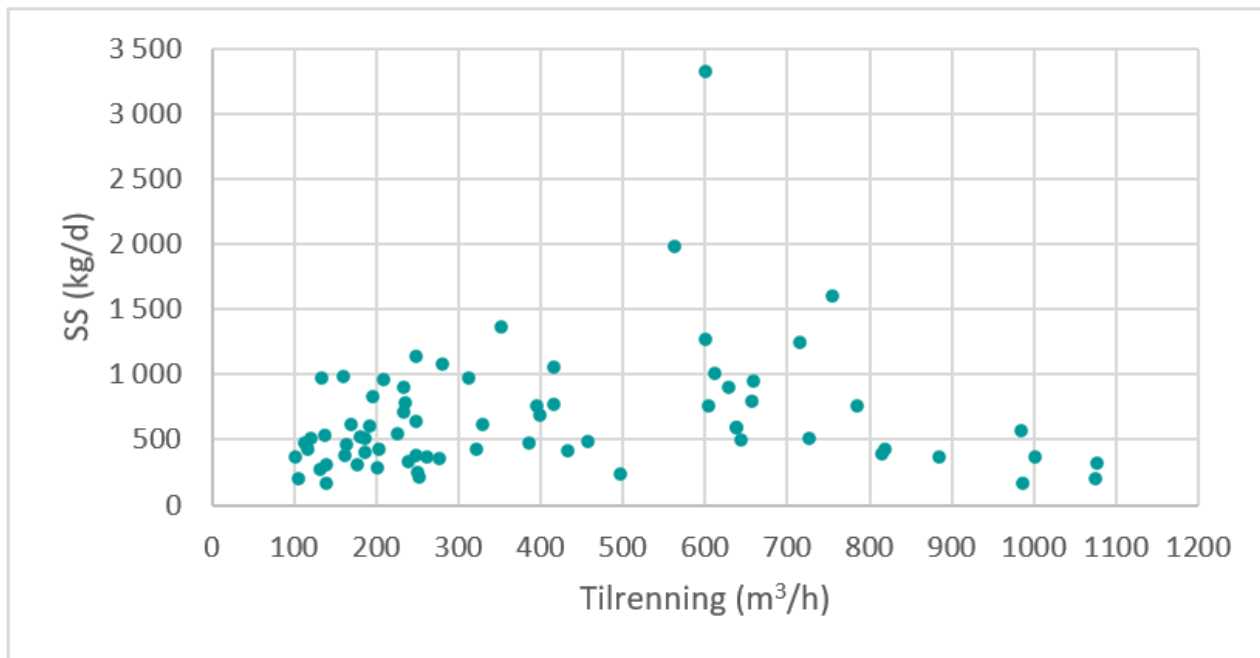
Figur 18: KOF-belastning i kontrollperioden.



Figur 19: BOF-konsentrasjon i kontrollperioden.



Figur 20: KOF-konsentrasjon i kontrollperioden.



Figur 21: SS-belastning i kontrollperioden.

3.5 Belastning fra Toros måleprogram

Til grunn for forprosjektet lå 24 årlige døgnprøver fra 2014 til august 2019. Prøvene var fordelt som 4 mengdeproporsjonale prøver/uke, 6 uker i året.

Dette materialet er sammenlignet med tilsvarende analyser fra år 2019 og 2020. Noen nøkkelparametere er vist i Tabell 10. Analysedataene indikerer hhv. 48% og 56% reduksjon av dimensjonerende organisk belastning fra Toro.

Tabell 10: Midlere og dimensjonerende belastning fra Toro i periode benyttet i forprosjektet (2014-aug. 2018), mot kontrollperiode (2019-2020)

Parameter	Forprosjekt	Kontrollperiode	Enhet	Endring
KOF-middel	1 086	872	mg/l	-20 %
KOF-middel	403	240	kg/d	-41 %
KOF-85%	680	352	kg/d	-48 %
BOF-middel	697	508	mg/l	-27 %
BOF-middel	268	138	kg/d	-49 %
BOF-85%	464	206	kg/d	-56 %
SS-middel	159	105	mg/l	-34 %
SS-middel	70	30	kg/d	-58 %

Fett	28	15	mg/l	-48 %
Fett	11	4	kg/d	-68 %

3.1.3 Belastning fra Toro

Prosessvann fra Toro for-renses i lamellflotasjon før påslipp til kommunalt nett. Forurensningsbelastningen fra Toro ligger inne i målte verdier for Garnes RA, men omtales likevel separat her til orientering.

Toro har svært varierende belastning ut fra for-renseanlegget som følge av svært varierende produksjon og vekselvis vaskesykluser.

Basert på 24 årlige døgnprøver fra 2014 til august 2019 er belastningen inn og ut fra Toros renseanlegg evaluert. Prøvene tas som 4 mengdeproporsjonale prøver/uke, 6 uker i året. Anlegget har generelt størst produksjon av prosessvann på fredager slik at fredags- og lørdagsbelastningen gjerne er høyest. Disse faller for øvrig generelt utenfor prøveprogrammet da prøver ikke sendes analyse i helgene. I perioder med fiskeproduksjon fungerer renseanlegget dårligere og det forventes større utslipp. Det er tre uker siste 2 år (2019-2020) med fiskeproduksjon, uten at dette gjenspeiles i større påslipp.

Tabell 11 nedenfor angir utslippet fra Toro.

Tabell 11: Belastning etter forrensing på Toro, basert på data 2014 – august 2019.

Parameter	Forrenset			
	Middel (mg/l)	85% (mg/l)	Middel (kg/d)	85% (kg/d)
KOF	1 086	1 700	403	680
KOF-filtrert	849	1 235	325	602
BOF	697	1 100	268	464
BOF-filtrert	567	894	221	395
SS	159	261	70	113
Tot-P	11	17	3	7
Fett	28	31	11	19

Dataene viser at forrenseanlegget har svært god effekt når det gjelder å redusere SS og fett ut fra Toro. Også den partikulære andelen av BOF og KOF fjernes i svært stor grad.

Kolonne som er uthevet viser forventet dimensjonerende belastning fra Toro til Garnes RA.

Toro utgjør med dette for dimensjonerende verdier 5 660 pe mhp. BOF og 7 730 pe mhp. KOF. I middel utgjør Toro i overkant av halvparten av belastningen på dagens anlegg mhp. BOF og ca. 1/3 mhp. KOF. Løst andel BOF fra Toro utgjør i teorien hele 89 % av andelen løst BOF til Garnes. I realiteten påvirkes nok disse tallene noe av driften av tunnelen, både for avløp fra befolkningen og Toro.

Belastningen for år 2019 og 2020 var lavere enn tidligere år, men perioden det refereres til her forventes å være mer representativ for fremtidig belastning.

Påslipp fra Toro har jevn pH mellom 6 og 7,8, med et snitt på 6,4.

Det er p.t. ikke ledningsevne måler på prosessvannet. Men som følge av buljongproduksjon forventes det tidvis høye saltkonsentrasjoner i avløpet.

Toro anvender en rekke ulike kjemikalier på anlegget med en årlig sum på 22 – 25 tonn/år. I hvilken grad disse tas ut i Toros forbehandling eller videreføres og kan skade biologien på Garnes RA er vanskelig å forutse. 875 kg klorin/år kan eksempelvis medføre en støtbelastning på anlegget som kan være uheldig. Her må det føres en dialog med Toro dersom det oppstår problemer. Evt. påslipp som følge av uhell eller nedetid på renseanlegget bør varsles umiddelbart slik at det biologiske rensetrinnet på Garnes kan bypasses.

3.1.4 Janus

Janus har en utslippstillatelse fra Miljødirektoratet fra 2012, og i dag en fettutskiller før påslipp. Utslippssøknaden og anvendte kjemikalier må gjennomgås/revideres i forbindelse med utvidelse til biologisk rensing på Garnes. Det tas ca. 6 døgnblandprøver årlig i dag.

Resultatene fra måleprogrammet er vist i Vedlegg 5. Med snittverdi av KOF_{cr} og årlig vannforbruk, er middelbelastningen fra Janus estimert til 93 kg KOF/driftsdøgn, hvilket tilsvarer 773 pe. Det foreligger ikke data på BOF, men antas hovedvekten av organisk materiale i påslippet er KOF.

Ut fra tilgjengelige analysedager er det stabil pH i avløpet mellom 6,8-7,5, med et snitt på 7,2.

Omfang av kjemikaliebruk på Janus er ikke kjent, men etterspurt av Fylkesmannen ved tilsyn.

3.1.5 Espelend VBA

Espelend vannbehandlingsanlegg skal bygges om, hvilket vil påvirke påslippet betydelig. Dagens påslipp er inkludert i data fra Garnes RA.

I dag slippes det tilnærmet rent spylevann fra filterne på Espelend VBA til spillvannsnettet. Dette tilsvarer ca. 156 000 m³/år, med en timesbelastning på 100-130 m³/h over i 4-5 timer/døgn. Vannet inneholder lite nedbrytbart organisk materiale og det er ikke humusfelling på anlegget i dag. Stoffbelastningen fra dagens anlegg er ikke kjent, men antas å være neglisjerbar.

3.2 **Dimensjonerende belastning (fremtidig)**

Dimensjonerende belastninger for anlegget kan beregnes ved bruk av (minst) to metoder:

1. Bruk av eksisterende belastningstall og med tillegg for fremtidig belastningsøkning.
2. En teoretisk betraktning ut ifra Norsk Vanns standardtall for befolkning, med tillegg for kjent industribelastning og fremtidig belastningsøkning.

For Garnes RA benyttes metode 2 da dette gir de høyeste dimensjonerende verdiene. Det er grunn til å tro at forhold i tilførselstunnelen eller usikkerhet mhp. mengdemålinger inn på anlegget kan gi en underrapportering av historiske belastningsdata.

3.2.1 Befolkning tilknyttet Garnes

Dimensjonerende belastning fra befolkningen beregnes som vist nedenfor.

Tabell 12: Estimert stoffbelastning fra befolkning tilknyttet Garnes RA i dag (8982 pe).

Parameter	Spesifikk belastning (g/pd)	min. ¹ (kg/d)	middel ¹ (kg/d)	Dim. (kg/d)
BOF ₅	60	11	434	539
KOF	120	358	951	1078
SS	70			629
Tot-P	1,8			16

1) Min.- og middelveidene er estimert ut fra forholdet fra disse til dimensjonerende verdier fra Kvernevik RA i prøvedriftsperioden

3.2.2 Toro

Det forventes at drift og produksjon ved Toro ikke endres vesentlig i årene som kommer. Potensielt vil kjølevannsmengden gå ned slik at det blir mer konsentrert avløpsvann, men dette vil ikke påvirke stoffmengdene og ha mindre betydning for den hydrauliske belastningen til Garnes.

Dimensjonerende mengder fra Toro er dermed gitt av tabell i kapittel 3.1.3.

3.2.3 Janus

Dimensjonerende mengder fra Janus forventes uendret i fremtiden. Det er kalkulert inn en dimensjonerende KOF-mengde på 93 kg/d, og for øvrig neglisjerbare mengder for øvrige parametre.

3.2.4 Espelend

Espelend vannverk skal nå bygges om. Etter ombygging er det normalt kun rejektivannet fra avvanningen som skal til Garnes RA. Dette medfører redusert stoffbelastning i forhold til dagens situasjon.

Det foreligger lite erfaringsgrunnlag med rejektivannskvalitet fra slikt slam. Enn analyse fra Hurdalssjøen vba indikerer at en SS-konsentrasjon på 450 mg SS/l kan forventes. Det bør være et mål for avvanningen på Espelend å oppnå en rejektivannskonsentrasjon på < 500 mg/l. SS-konsentrasjonen forventes dog å kunne komme opp i 1000 mg SS/l, og dette anvendes som dimensjonerende konsentrasjon.

Videre er det spørsmål om hvilken slamproduksjon ved Espelend som skal være dimensjonerende for belastningen på Garnes. Maks. år vil etter vår oppfatning være et fornuftig utgangspunkt fordi det vil bli en betydelig utjevning av maks.døgn-belastningene i avløpssystemet og disse døgnene vil normalt ikke inntreffe ofte. Denne slamproduksjonen tilsvarer ca. 75 % av maks. døgn.

Et slikt utgangspunkt gir en rejektivannandel av SS fra Espelend på ca. 7 % noe som vi anser for å være fullt ut akseptabelt. Dette understøttes bl.a. av erfaringer ved Ytre Sandviken Ra og Holen Ra hvor rejektivannandelen er 6-8 % noe som er tett opptil det som vil bli på Garnes. Det er ikke registrert driftsproblemer som følge av vannverksslam på disse anleggene.

Maks.år og en rejektivannskonsentrasjon på 1000 mg SS/l legges til grunn for fremtidig belastning fra Espelend Vba på Garnes Ra. Det innebærer en dimensjonerende belastning på 121 kg SS/d.

Dette vil være høyere enn maks.døgn-situasjonen med 450 mg SS/l i rejektivannet (72 kg SS/d).

Tabell 13: Beregning av dimensjonerende belastning fra Espelend

	Maksdøgn	Maksår	Middelår	Enhet
Vannproduksjon	925	700	400	l/s
Q-rejektivann (antatt 2 prom. av vannproduksjonen)	1,85	1,4	0,8	l/s
Q-rejektivann (fordelt over 7 timer/d, 6 dager i uken)	27	20	3	m ³ /h
Q-rejektivann	160	121	69	m ³ /d
SS-kons (antatt maks)	1000	1000	1000	mg SS/l
SS-mengde	160	121	69	kg SS/d
KOF-kons (analyse fra Hurdalssjøen vba.)	320	320	320	mg/l
KOF-mengde	51	39	22	kg/d
BOF-mengde	0	0	0	kg/d

Organisk belastning fra vannverksslammet er noe lite nedbrytbart humus, og neglisjerbart.

3.2.5 Ytre Arna

Det foreligger ikke analysedata fra belastningen til Ytre Arna. Da det hovedsakelig er kommunalt avløpsvann til anlegget estimeres dette utfra tilknyttet pe. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 14: Estimert stoffbelastning fra Ytre Arna RA

Parameter	Spesifikk belastning (g/pd)	min. ¹ (kg/d)	middel ¹ (kg/d)	Dim. (kg/d)
BOF ₅	60	4	127	158
KOF	120	120	279	316
SS	70			184
Tot-P	1,8			4,7

2) Min.- og middelveiene er estimert utfra forholdet fra disse til dimensjonerende verdier fra Kvernevik RA i prøvedriftsperioden

3.2.6 Hagardsviken

Tilsvarende estimeres stoffbelastning fra Hagardsviken. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 15: Estimert stoffbelastning fra Hagardsviken

Parameter	Spesifikk belastning (g/pd)	min. ¹ (kg/d)	Middel ¹ (kg/d)	Dim. (kg/d)
BOF ₅	60	0	23	29
KOF	120	22	51	58
SS	70			34
Tot-P	1,8			0,9

1) Min.- og middelveiene er vurdert utfra forholdet fra disse til dimensjonerende verdier fra Kvernevik RA i prøvedriftsperioden.

3.2.7 Befolkningsvekst og spedt avløp

Tilsvarende estimeres stoffbelastning fra befolkningsvekst og spedt avløp. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 16: Estimert stoffbelastning fra befolkningsvekst og spedt avløp

Parameter	Spesifikk belastning (g/pd)	min. ¹ (kg/d)	Middel ¹ (kg/d)	Dim. (kg/d)
BOF ₅	60	41	110	136
KOF	120	6	241	273
SS	70			159
Tot-P	1,8			4

1)Min.- og middelveidene er vurdert utfra forholdet fra disse til dimensjonerende verdier fra Kvernevik RA i prøvedriftsperioden.

3.2.8 Rejektvannsbelastning

Det legges til 5 % rejevtvannsbelastning.

3.2.9 Oppsummert dimensjonerende stoffbelastning

Dimensjonerende stoffbelastning fremgår av tabellen nedenfor.

De tre kolonnene skiller seg fra hverandre som følger:

1. Norsk Vann: Det benyttes befolkningstall og spesifikke belastninger fra Norsk Vann, med tillegg for kjente industribelastninger. Bidrag fra Ytre Arna, Hagardsviken og tilvekst/spredt avløp beregnes også etter Norsk Vann.
2. Forprosjekt/KVU: Det benyttes 90 %-persentil for belastningsdata til Garnes i perioden 2014-2019, som inkluderer industripåslipp til Garnes. Øvrige bidrag beregnes tilsvarende som forrige punkt.
3. Kontrollperiode 2019-2020: Det benyttes 90 %-persentil for belastningsdata til Garnes i kontrollperioden 2019-2020, som inkluderer industripåslipp til Garnes. Øvrige bidrag beregnes tilsvarende som forrige punkt.

For BOF og KOF benyttes overslagsmetoden basert på befolkningstall og spesifikke tall fra Norsk Vann. Det gjøres imidlertid et unntak for SS da kontrollperioden for denne parameteren tilsier en høyere SS-belastning enn øvrig tallmateriale.

Tall i grått er tatt med til orientering og benyttes ikke videre i dimensjoneringen.

Tabell 17: Oppsummert stoffbelastning (kg/d)

Bidrag	Norsk Vann	Forprosjekt /KVU 2014-2019	Kontrollperiode 2019-2020	Norsk Vann	Forprosjekt /KVU 2014-2019	Kontrollperiode 2019-2020	Norsk Vann	Forprosjekt /KVU 2014-2019	Kontrollperiode 2019-2020
	BOF ₅ (kg/d)	BOF ₅ (kg/d)	BOF ₅ (kg/d)	KOF (kg/d)	KOF (kg/d)	KOF (kg/d)	SS (kg/d)	SS (kg/d)	SS (kg/d)
Befolkning Garnes RA	539			1078			629	779	1056
Toro	464	882	678	680	1979	1874	113	Inkl.	Inkl.
Janus	Inkl.			108			Inkl.	Inkl.	Inkl.
Espeland	Inkl.			0			121	121	121
Ytre Arna	158	158	158	316	316	316	184	184	184
Hagardsviken	29	29	29	58	58	58	34	34	34
Tilvekst og spredt avløp	136	136	136	273	273	273	159	159	159
Rejektvann	66	66	66	126	126	126	62	62	62
Sum	1392	1272	1068	2638	2751	2647	1302	1339	1616

Oppsummert blir dimensjonerende belastninger:

BOF₅ = 1392 kg/d

KOF = 2638 kg/d

SS = 1616 kg/d

3.2.10 Midlere belastninger

Midlere belastninger er et anslag og benyttes ikke til dimensjonering av anlegget.

Til grunn for midlere belastninger legges belastninger fra perioden 2014-2019 til grunn for tilførselen til Garnes RA. Disse belastningene er noe høyere enn belastninger registrert i kontrollperioden.

Når det gjelder belastninger fra øvrige tilførsler, dvs. Ytre Arna, Hagardsviken og tilvekst/spredt avløp, så benyttes samme forholdstall mellom middel og dimensjonerende som for Kvernevik RA. For BOF er dette tallet 0,81.

Midlere belastninger for KOF og SS er beregnet ut ifra BOF-belastningen. Det brukes forholdstall $KOF/BOF = 2,0$ og $SS/BOF = 1,2$.

For Ytre Arna og Hagardsviken så forutsettes disse anleggene koblet på innen 2030.

Dette gir estimerte midlere belastninger som vist i Tabell 18 nedenfor.

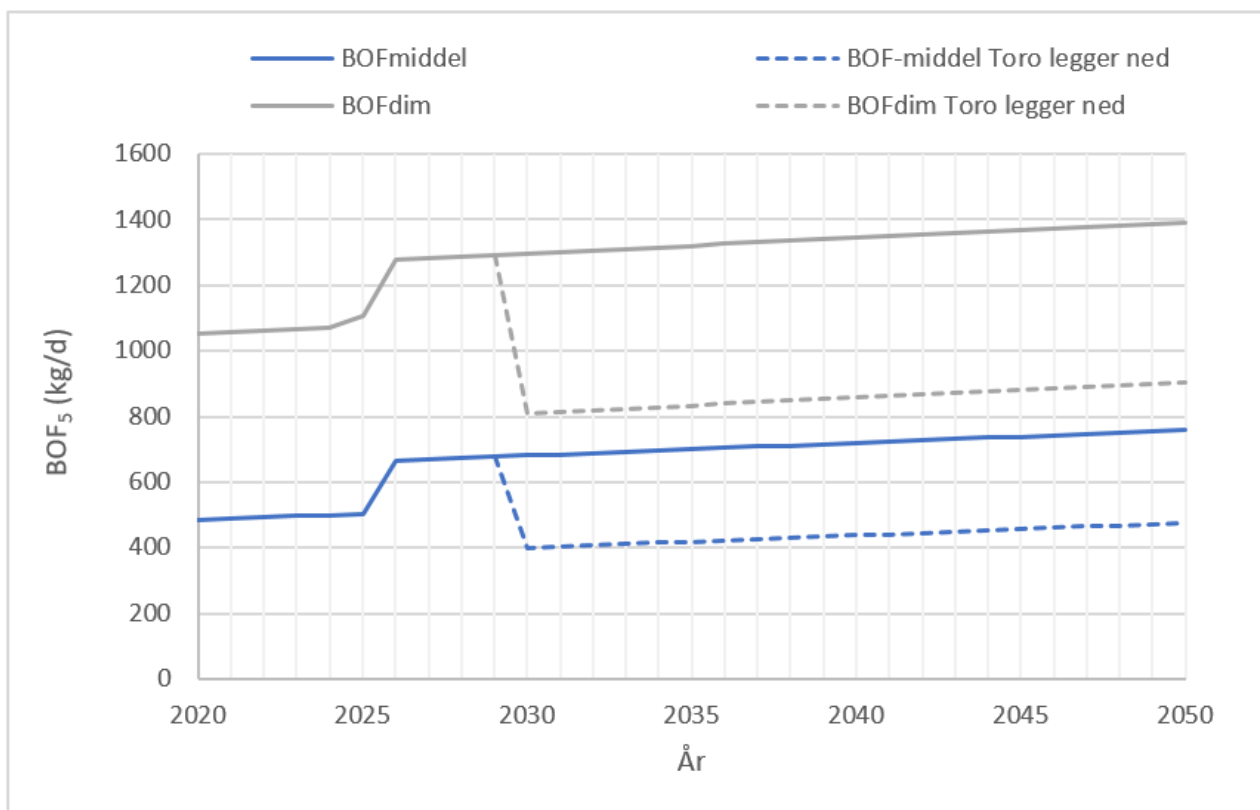
Tabell 18: Estimerte midlere belastninger.

Bidrag	BOF ₅ , dim.	BOF ₅ , middel, 2020	BOF ₅ , middel, 2025	BOF ₅ , middel, 2030	BOF ₅ , middel, 2050
	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)
Befolkning Garnes RA	539	462	462	462	462
Toro	464				
Janus	Inkl.				
Espeland	Inkl.				
Ytre Arna	158	0	0	127	127
Hagardsviken	29	0	0	23	23
Tilvekst og spredt avløp	136	0	18	36	109
Rejektvann	66	23	24	32	36
Sum (kg/d)	1392	485	504	681	758
Sum (pe)		8 079	8 398	11 352	12 629

Bidrag	KOF, dim.	KOF, middel, 2020	KOF, middel, 2025	KOF, middel, 2030	KOF, middel 2050
	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)
Sum (kg/d)	2638	969	1008	1362	1515

Bidrag	SS, dim	SS, middel, 2020	SS, middel, 2025	SS, middel, 2030	SS, middel 2050
	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/d)
Sum (kg/d)	1616	582	605	817	909

Kurven nedenfor viser en estimert situasjon dersom det skulle vise seg at Toro legges ned.



Figur 22: Utvikling av belastning 2020-2050.

3.3 Ledningsevne

Konduktiviteten på innløpsvannet til Garnes er en indikasjon på saltinnholdet. I typisk avløpsvann forventes en konduktivitet på ca. 65 mS/m, mens det på Garnes er målt verdier på 0-300 mS/m, med en middelværdi på 48-78 mS/m.

Konsentrert avløpsvann er forventet å ha ca. 120 mS/m. Konsentrasjoner over 200 mS/m er normalt en indikasjon på saltvannsinntrengning.

Ut fra dette kan det ikke sies at Garnes har spesielt salt innløpsvann. Maksverdiene er likevel godt over grensen for saltvannsinntrengning. Hvorvidt toppene skyldes saltvannsinntrengning eller svært konsentrert påslipp fra Toro er ikke kjent. Det er kun døgnverdier som er vurdert, og dersom det er saltvannsinntrengning ved flo eller påslipp fra Toro vil toppen være døgnutjevnet i dataene.

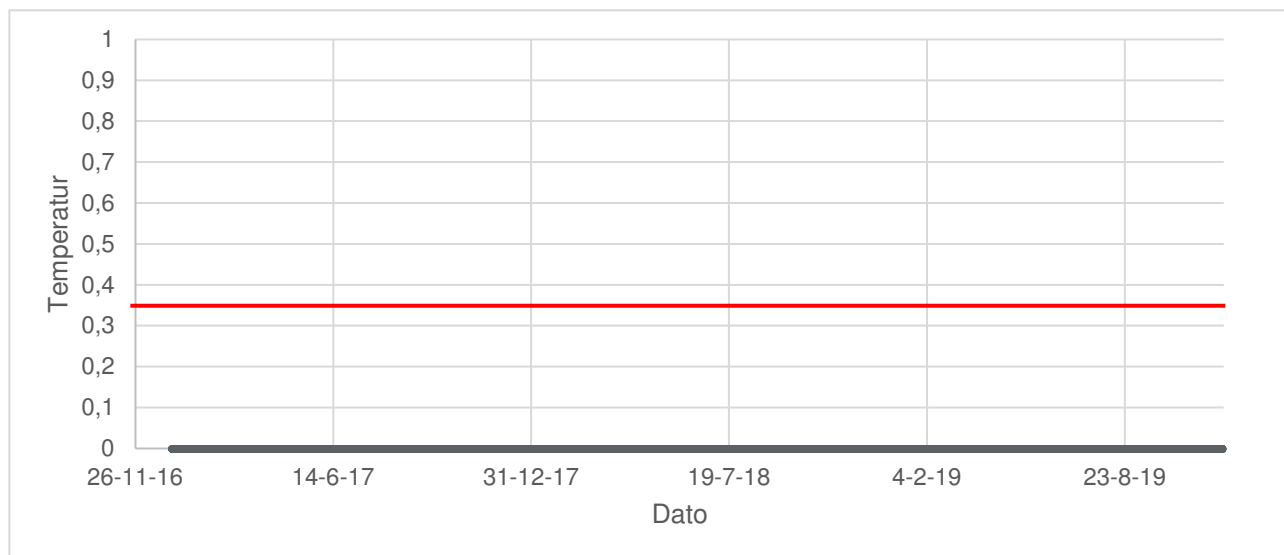
Tabell 19: *Konduktivitet som indikasjon på saltvann i tilførselen til Garnes RA*

Tidsrom	Konduktivitet (mS/m)		
	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Min	0	0	0
Middel	48	67	78
85 %	66	104	126
Maks	243	299	299

Til sammenligning hadde Ytre Sandviken RA opp mot 3000 mS/m ved flo og saltvannsinntrenging til anlegget. Konduktivitet over 1 000 mS/m ga her sedimenteringsproblemer og problemer i TS-måler, og antageligvis problemer i det biologiske rensetrinnet. Ved et anlegg hvor dette ble vurdert spesielt (King Count WWTP) var 320 mS/m en følge av 10% innlekking av sjøvann.

3.4 Temperatur

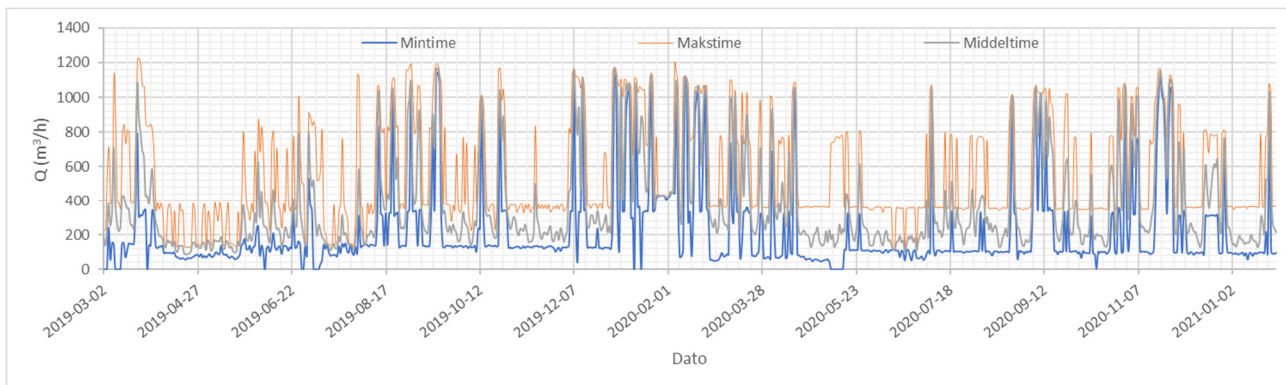
Temperatur i innløpet er viktig for dimensjonering av det biologiske rensetrinnet. Avløpet fra Toro har generelt en temperatur over 20 grader, men kjøles ned og fortynnes før Garnes RA. Temperaturmålinger til Garnes RA januar 2017 – november 2019 er vist i grafen i Figur 23. Temperaturene varierer fra 6-18 grader. Temperaturene vil antagelig være noe høyere i fremtiden grunnet kortere oppholdstid/mindre utjevning i forkant, samt mindre fremmedvann. 10 % percentilen er ca. 7 grader og dette legges til grunn som dimensjonerende temperatur for Garnes RA.



Figur 23: *Temperatur innløpsvannet til Garnes RA*

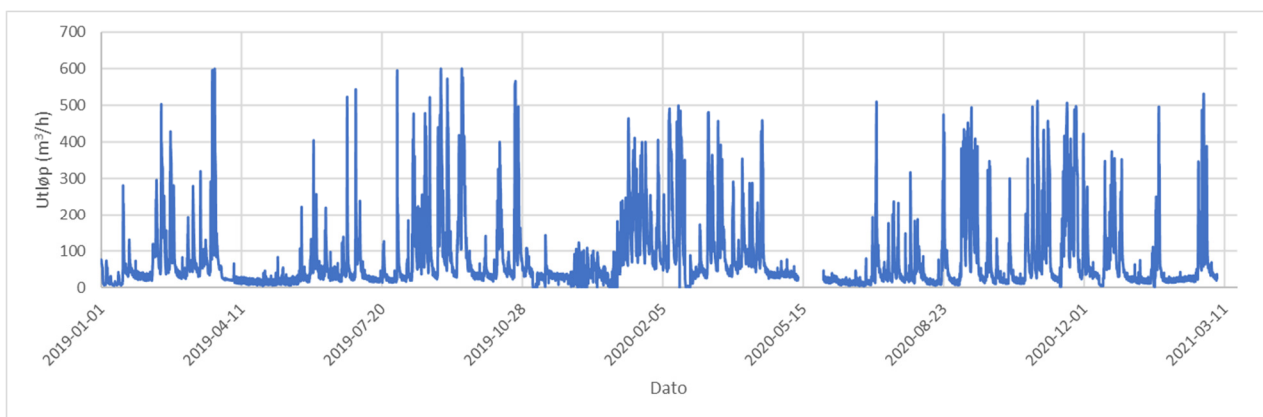
4 Vedlegg

Vedlegg 1 – Belastning til Garnes i dag



Figur 24: Tilrenning til Garnes RA 2019-2021, etter at driften på utjevningstunnelen ble endret våren 2019. Minimumstilrenningen ligger på ca. 100 m³/h, middeltilrenningen på ca. 380 m³/h, og de største toppene på 1200 m³/h.

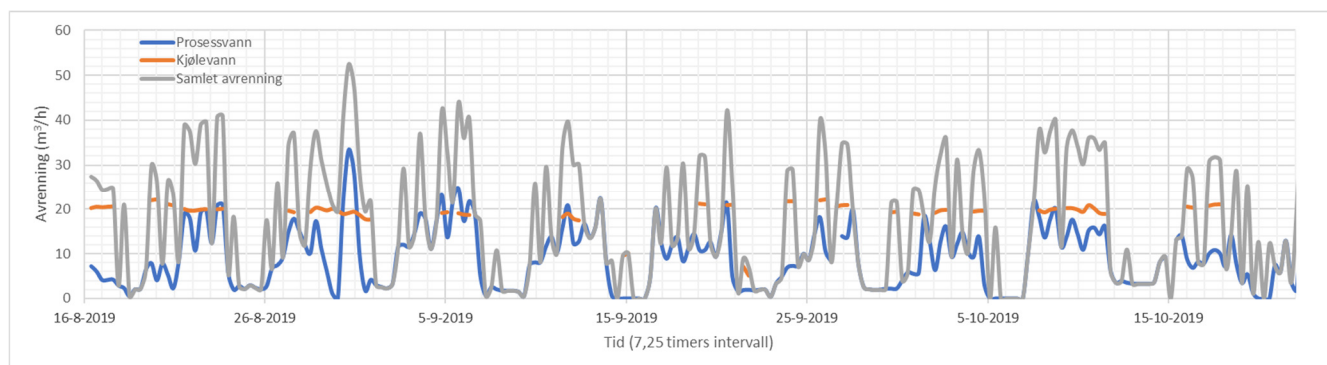
Vedlegg 2 – Belastning til Ytre Arna i dag



Figur 25: Målt utløp fra Ytre Arna RA 2019-2021. Tilrenning er p.t.. betydelig høyere enn overslagsmetoden gir.

Vedlegg 3 – Tilrenning fra Toro

Det foreligger også data fra perioden 16.08.2019-22.10.19 som midlere verdier over 7 timer og 16 minutters intervall. Dette anvendes til å evaluere minimums-, - middels og maksimalbelastning fra Toro på timesbasis. Denne perioden forventes å være representativ for fremtidig belastning



Figur 26: Avrenning fra prosessvann, kjølevann og samlet i en periode på 2 måneder, som midlere verdier over 7 timer og 16 minutters intervall

Vedlegg 4 – Stoffbelastning fra Janus

Tabell 20: Analysedata fra Janus fra perioden feb. 2016 til apr. 2018

Analyser	pH	Cr (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr ⁶⁺ (mg/l)	KOFcr (mg/l)	AOX (mg/l)	Møllmiddel (pemetrin-Cl) ⁺			Cu (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	pesticid (pest-P) (µg/l)	pesticid (pest-Cl) (µg/l)	upolar olje (mg/l)
							(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)						
feb-16	7	0,003	0,3	<0,01	720	0,965	15								39
apr-16	7,6	0,0031	0,089	<0,01	640	0,968	5,5	0,22	<0,00001	0,0014	<0,12	<0,3			21
okt-16	7,4	0,0033	0,06	<0,01	680	0,99	<0,018	0,0093	0,00007	0,00063	<0,1	0,0044			5,7
nov-16	7,5	0,0012	0,034	<0,01	490	0,736	0,968								1,2
jun-16	7,1	0,0013	0,1	<0,01	720	1,7	8,7								7,5
sep-16	7,4	0,0015	0,09	<0,01	680	0,995	0,728								
feb-17	7,5	0,00098	0,042	<0,01	480	0,745	1,1								
apr-17	7,1	0,0019	0,081	<0,01	500	1,2	<0,02	0,011	<0,000013	0,00097	2,8	<0,02			3,9
sep-17	7,2	0,0025	0,73	<0,01	610	1,28	0,53								
okt-17	7,1	0,0022	0,061	<0,01	530	0,971	<0,018	0,063	<0,000013	0,00088	<0,1	<0,1			8,7
nov-17	7,3	0,0023	0,054	<0,01	480	0,87	<0,02	0,014	<0,000013	0,00054	<0,018	<0,02			4,2
jun-18	6,8	0,0022	0,058	<0,0004	560	1,11	<0,018								7,2
feb-18	7,2	0,001	0,066	<0,01	470	0,917	0,098								
apr-18	7	0,0047	0,078	<0,01	610	0,739	<0,02							<0,02	
Grense	6-10,5	0,1	0,5	0,05	900	1	0,3	-	-	-	0,3	0,3			15
Snitt 2017	7,21	0,003	0,0615	0,0008	527		0,1				0,1				4,2
Maks 2017	7,5	0,0098	0,081	0,001	610		0,1				0,2				7,2
Estimert konsentrasjon i slam 2017		1,8	121	6,9				49							
Grense klasse 0 gjødselsvareforskriften		50	150	50				50	0,2						