

Elin Lien

Virkningsgrad som styringsparameter for avløpsledningsnett

Fastsettelse av virkningsgraden for fire ulike
avløpssoner

Masteroppgave i Veg, jernbane og transport

Veileder: Tone Merete Muthanna

Medveileder: Torstein Dalen

November 2023



Foto: Shutterstock

Elin Lien

Virkningsgrad som styringsparameter for avløpsledningsnett

Fastsettelse av virkningsgraden for fire ulike
avløpssoner

Masteroppgave i Veg, jernbane og transport
Veileder: Tone Merete Muthanna
Medveileder: Torstein Dalen
November 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Ved fornyelse av utslippstillatelse har, siden omtrent 2016, stadig flere kommuner i Norge fått krav om dokumentasjon og rapportering av virkningsgraden på avløpsledningsnettets utslippstillatelsen utstedes for. Det er forventet at dette kravet vil stilles til stadig flere kommuner i takt med at utslippstillatelser fornyes. Det er uklarerheter rundt hvordan dette skal dokumenteres, og hva som kreves av kommunene for å kunne rapportere en representativ verdi.

Opgaven har til hensikt å avdekke hvor kravet har sitt opphav og hva som er hensikten med denne rapporteringen, samt å kartlegge arbeidsomfanget i forbindelse med slike beregninger. Det er også gjort et forsøk på å identifisere hvordan denne beregningen kan benyttes som en styringsparameter for avløpsledningsnettets. Dagens status for forskning og praksis på området er også kartlagt.

For å oppnå dette er det gjennomført en litteraturstudie, samt samtaler med aktuelle representanter for kommuner, myndigheter og konsulenter. Målet med litteraturstudien var å kartlegge status for temaet i dag, hva gjelder forskning og praksis for rapportering. For å kartlegge arbeidsomfanget og metode knyttet til beregning av virkningsgrad er det gjennomført en kasusstudie, der det er gjennomført en målekampanje og beregnet virkningsgraden for fire ulike avløpssoner. Tre i Porsgrunn kommune og en i Nordre Follo kommune. I forbindelse med kasusstudien er også spesifikke verdier for forurensning fra husholdninger og soner med ulike sammensetninger med hensyn på beboere og næring, undersøkt og drøftet opp imot anbefalte verdier for beregning og dimensjonering.

Resultatene som fremkommer av denne oppgaven, viser at kravet som stilles i utslippstillatelsene er et virkemiddel for å etterfølge kravene som stilles i Forurensningsforskriften og EU sitt avløpsdirektiv. Det blir også tydelig at dette er et tema det er forsket lite på i Norge de siste årene. Mesteparten av forskningen som er gjort har funnet sted i et tidsrom fra midten av 80-tallet til omtrent 2010. Mye kan ha skjedd med utslipp fra husholdninger og virksomheter de siste 13 årene. De anbefalte verdiene som benyttes ved beregning i dag er mer konservative enn de som ble kartlagt i 2010.

Hva gjelder kasusstudien, viser målekampanjen og de utførte beregningene stor variasjon i virkningsgraden for de ulike stoffene og spillvannsmengden i de undersøkte avløpssonene. De sonene med «best» virkningsgrad med hensyn på spillvannsmengde, har lavest forurensningsproduksjon per personenheter med hensyn på de målte forurensningskomponentene.

Basert på litteraturstudien og kasusstudien konkluderes det også med at virkningsgraden, i teorien, er en god styringsparameter for prioriteringen av hvilke tiltak som er nødvendige for å begrense forurensningsutslipp. Det stilles dog spørsmål vedrørende hvor realistisk det er å forvente at alle Norske kommuner skal bruke store ressurser på den kartleggingen som vil være nødvendig for å gjennomføre en beregning, som er representativ for virkeligheten.

Abstract

Since approximately 2016, an increasing number of municipalities have been required to provide documentation and reporting of the efficiency of their sewage networks, when they apply for renewing of their discharge permit. It is expected that this requirement will be given to more municipalities, as they apply for renewal of their discharge permits. There are uncertainties regarding how this should be documented, and what is required of the municipalities to be able report a representative value.

The aim of this study is to uncover the origin of this requirement, and the purpose of the reporting, as well as to assess the scope of work involved in such calculations. There has also been an attempt to identify how this calculation can be used as a control parameter for administration of the sewage networks. The status of research and practice on this subject has also been explored.

To achieve this, a literature study has been conducted, as well as discussions with relevant representatives from municipalities, authorities, and consultants. The goal of the literature study was to determine the status of research on the subject and practice regarding reporting. To assess the scope of work and methodology related to calculating the efficiency of the sewage networks, a case study has been conducted, including a measurement campaign and calculation of efficiency for four different sewage zones, three in Porsgrunn municipality and one in Nordre Follo municipality. In connection with the case study, specific values for pollution from households and zones with different compositions in terms of residents, industries and businesses have been investigated and discussed in relation to recommended values for calculation and dimensioning.

The results of this study show that the requirement in the discharge permits is a tool for complying with the requirements set in the Norwegian Pollution Regulation and the European Commission's Urban Waste Water Treatment Directive. It also becomes clear that there has been little research on this topic in Norway in recent years, with most of the research taking place from the mid-1980s to around 2010. A lot may have changed in terms of pollution from households and businesses in the last 13 years. The recommended values used in calculations today are more conservative than those identified in 2010.

Regarding the case study, the measurement campaign and calculations show significant variation in efficiency of the sewage networks for different substances and sewage volumes in the investigated sewage zones. The zones with the "best" efficiency in terms of sewage volume have the lowest pollution production per person unit in relation to the measured pollution components.

Based on the literature study and case study, it is also concluded that in theory, efficiency of the sewage networks is a good control parameter for prioritizing necessary measures to limit pollution emissions. However, questions arise regarding the feasibility of expecting all Norwegian municipalities to invest significant resources in the necessary mapping to carry out a calculation that represent the real state of the sewage networks.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som avsluttende del av et erfaringsbasert masterprogram ved Norges tekniske-naturvitenskaplige universitet – NTNU høsten 2023. Masterprogrammet som er fulgt i forkant er programmet «Vegbygging». Forfatteren jobber til daglig med vann- og avløpsteknikk og har jobbet som rådgiver innenfor dette fagfeltet i fem år hos Sweco Norge AS sin infrastrukturgruppe i Porsgrunn. Det var derfor ønskelig å skrive en avsluttende oppgave som omhandlet et tema som var relevant for dette fagfeltet. Oppgaven omhandler virkningsgraden til kommunale avløpsnett. Altså forholdet mellom hvor mye forurensning som når frem, til for eksempel et renseanlegg, og hvor mye forurensning som tilføres renseanlegget oppstrøms.

Inspirasjonen til å skrive en oppgave om dette temaet kom etter å ha gjennomført et prosjekt på jobb. Bestillingen fra kunden, som var en kommune i Norge, var å utarbeide en rapport som dokumenterte virkningsgraden til avløpsnettet i kommunen. Dette på bakgrunn av at det stiltes krav i utslippstillatelsen til kommunen om å dokumentere virkningsgraden. Temaet virkningsgrad var ukjent og i arbeidet med nevnte prosjekt var det utfordrende å finne eksempler på at dette var gjort før. Det dukket også opp flere interessante problemstillinger underveis, spesielt angående kvaliteten på grunnlagsdata og målinger. Det ble utfordrende å komme frem til et svar med to streker under og det var nødvendig å legge flere antagelser til grunn. Derfor var det ønskelig å dykke dypere ned i begrepet virkningsgrad, grunnlaget for kravet, nytteverdien av slike beregninger, troverdigheten til beregningene og hva som faktisk kreves for å komme frem til et realistisk svar, samt hvordan resultatene bør presenteres.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Sweco Norge AS, Porsgrunn kommune, Nordre Follo kommune og Herøya Industripark. Stor takk til Randi Margrete Aamodt og John Andre Nordhus som engasjerte og viktige bidragsytere fra henholdsvis Nordre Follo og Porsgrunn kommune.

Tone Merete Muthanna fra NTNU og tidligere fagsjef for vann og avløp i Sweco, Torstein Dalen, har fungert som veiledere for denne oppgaven. Spesielt stor takk rettes til dem begge. Takk til alle som har bidratt med nyttig innsikt og data.

Innhold

Figurer	xiii
Tabeller	xiv
Formler	xiv
Nomenklaturliste	xv
1 Innledning	17
1.1 Bakgrunn	17
1.2 Formål	17
1.3 Forutsetninger	18
1.4 Metodevalg	18
1.5 Bidragsytere	19
1.6 Disposisjon	20
2 Teori	21
2.1 Begrepsforståelse	21
2.2 Krav til rapportering av virkningsgrad	25
2.3 Forurensningskomponenter i avløpsvann	27
2.4 Spesifikk forurensningsproduksjon	28
2.5 Prøvetaking	29
3 Metode	31
3.1 Litteraturstudie og informasjonsinnhenting	31
3.2 Kasusstudiebeskrivelse	32
3.2.1 Porsgrunn kommune	33
3.2.2 Nordre Follo kommune	35
3.2.3 Prøvetaking	37
3.3 Beregninger	41
3.4 Kildekritikk og resultatenes troverdighet	45
4 Resultat	46
4.1 Litteraturstudie og informasjoninnhenting	46
4.2 Kasusstudie – Målekampanje og beregninger	48
4.2.1 Porsgrunn kommune	48
4.2.2 Nordre Follo kommune – Skotbu	55
4.2.3 Sammenstilling av spesifikke verdier og virkningsgrad	57
5 Diskusjon	61
5.1 Litteraturstudie og informasjonsinnhenting	61
5.2 Kasusstudie – Målekampanje og beregninger	63
5.2.1 Porsgrunn kommune	63

5.3	Feilkilder og svakheter	65
5.3.1	Litteraturstudiet	65
5.3.2	Prøvetaking	65
5.3.3	Beregninger.....	66
6	Konklusjon	67
6.1	Videre arbeid	68
	Referanser	69
	Vedlegg	73

Figurer

Figur 2-1 Illustrasjon av virkningsgraden til et avløpsnett	22
Figur 2-2 Illustrasjon av tilføringsgrad.....	23
Figur 3-1 Nedslagsfelt Skotbu tilhører [49]	36
Figur 3-2 Prinsipp for prøvetaking i pumpesump.....	38
Figur 3-3 Sjekkliste for gjennomføring av prøvetaking.....	39
Figur 3-4 Planlagt kjørerute for opphenting av prøver.	40
Figur 4-1 Gjennomsnitt Tot-P i g/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde.....	57
Figur 4-2 Gjennomsnitt Tot-P i g/PE*d fra Skotbu sammenlignet med forventet mengde	58
Figur 4-3 Gjennomsnitt BOF ₅ i g/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde.....	58
Figur 4-4 Gjennomsnitt KOF i g/PE*d fra Skotbu sammenlignet med forventet mengde.	59
Figur 4-5 Gjennomsnitt spillvannsmengde i l/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde	59
Figur 4-6 Virkningsgrad med hensyn på KOF, BOF ₅ , Tot-N, Tot-P og spillvannsmengde i de ulike sonene	60

Tabeller

Tabell 2-1 Grenseverdier for innhold av fosfor i vaskemidler[28]	27
Tabell 2-2 Anbefalte verdier for spesifikk forurensningsproduksjon fra Norsk Vann [24] [3].....	28
Tabell 2-3 Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning fra Sydslogenstudiet [12]	29
Tabell 3-1 Nøkkeltall om befolkning i Porsgrunn kommune [41]	33
Tabell 3-2 Beskrivelse av valgte avløpssoner i Porsgrunn kommune [40].....	33
Tabell 3-3 Aldersfordeling i avløpssone KP357 Skipsbakken [39]	33
Tabell 3-4 Aldersfordeling i avløpssone KP303 [39].....	34
Tabell 3-5 Tall for virksomheter i sone KP303.....	34
Tabell 3-6 Nøkkeltall om befolkning for Nordre Follo kommune.....	35
Tabell 3-7 Aldersfordeling for Skotbu	35
Tabell 3-8 Korreksjonsfaktor for virksomheter, ved beregning av forurensningsproduksjon	41
Tabell 3-9 Benyttede verdier for spesifikk forurensningsproduksjon [3, 24]	42
Tabell 4-1 Dokumentasjon av virkningsgrad i 5 ulike kommuner	47
Tabell 4-2 Sammenlikning av spesifikke tall	47
Tabell 4-3 KP357 Skipsbakken - Justert antall personenheter.....	48
Tabell 4-4 KP357 Skipsbakken - Resultater fra målekampanje og beregning av forurensningsproduksjon	49
Tabell 4-5 KP357 Skipsbakken – Resultater fra beregning av virkningsgrad	50
Tabell 4-6 KP303 Sentrum - Justert antall personenheter i sonen	51
Tabell 4-7 KP303 Sentrum- Resultater fra målekampanje og beregning av forurensningsgrad	52
Tabell 4-8 KP303 Sentrum - resultater av beregning av virkningsgrad.....	53
Tabell 4-9 HIP - Justert antall tilstedeværende personenheter.....	54
Tabell 4-10 HIP - Resultater fra Målinger og beregnet forurensningsproduksjon	54
Tabell 4-11 Skotbu - Justert antall personenheter.....	55
Tabell 4-12 Skotbu - Resultater fra målekampanje	55
Tabell 4-13 Skotbu - Differanse mellom målt og forventet forurensningsproduksjon per PE	56
Tabell 4-14 Skotbu – Resultater fra beregning av virkningsgrad	56
Tabell 4-15 Skotbu - Resultater av beregning av virkningsgrad uten største avvik	57
Tabell 6-1 Beregnet virkningsgrad fra kasusstudie	67

Formler

Formel 3-1 Korrigeringsfaktor for måleperioder som fraviker 24 timer i varighet	41
Formel 3-2 Beregning av justert antall personenheter i avløpssonen [3].....	42
Formel 3-3 Beregning av målt forurensningsproduksjon per personenheter	42
Formel 3-4 Beregning av forventet forurensningskonsentrasjon	43
Formel 3-5 Beregning av virkningsgrad	43
Formel 3-6 Beregning av justert antall personenheter for Herøya Industripark	44

Nomenklaturliste

RTT	Rådet For teknisk terminologi
Tilknytningsgrad	Beskriver hvor stor andel av befolkning og virksomheter som er tilknyttet kommunalt avløpsnett [1]
Virkningsgrad (VG)	Forholdet mellom mengde tilført avløpsnett og mengden som kommer frem til et punkt på avløpsnett [1]
Tilføringsgrad	Produktet av tilknytningsgrad og virkningsgrad [1]
Influensområde	Område som påvirker, i denne sammenhengen avløpsnett.
Fremmedvann	Avløpsvann som blir ført via avløpsledninger til avløpsrensaneanlegg, men som ikke er spillvann [2]
Tot-P	Total mengde fosforforbindelser i avløpsvann
Tot-N	Total mengde nitrogenforbindelser i avløpsvann
BOF	Biokjemisk oksygenforbruk
KOF	Kjemisk oksygenforbruk
pe	Personekvivalent
PE	Personenhet [3]
p	Personer
HIP	Herøya Industripark
NIVA	Norsk institutt for vannforskning
Persondøgn	Beskriver verdi for en person i ett døgn

1 Innledning

Kapittelet tar for seg oppgavens bakgrunn og formål. Forskningsspørsmålene som skal besvares blir presentert og det kommer frem hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for oppgaven, samt en beskrivelse av oppgavens disposisjon.

1.1 Bakgrunn

De siste årene har det blitt stilt krav til at flere og flere kommuner skal dokumentere virkningsgraden på avløpsnettene sine. Dette kravet stilles i kommunenes utslippstillatelser, som utstedes av deres respektive statsforvaltere. Enkelte kommuner har hatt dette kravet i utslippstillatelsen sin i mange år, mens noen har fått det de siste årene, og andre kommuner har foreløpig ikke dette kravet i sine utslippstillatelser [4]. Dette kan avhenge av når utslippstillatelsene har blitt fornyet, og det er grunn til å anta at kravet vil stilles til de fleste kommunene i landet. Muligens også andre virksomheter de nærmeste årene [5].

1.2 Formål

Oppgavens formål er å kartlegge grunnlaget for kravet som stilles om dokumentasjon av virkningsgrad, og hvordan man skal komme frem til og presentere et resultat. Et aspekt er også å kartlegge verdier for utslipp med hensyn på aktuelle forurensningskomponenter i utvalgte avløpssoner, og sammenligne disse med verdier som blir brukt ved dimensjonering.

Oppgaven har til hensikt å besvare følgende forskningsspørsmål:

1. Hva er grunnlaget for kravene som stilles til rapportering på virkningsgrad for avløpsledningsnett?
2. Hva er status på forskning og praksis i forbindelse med dokumentasjon av virkningsgrad på avløpsledningsnett?
3. Hva er virkningsgraden for avløpsledningsnettene i de undersøkte sonene?
4. Er virkningsgrad en god styringsparameter for avløpsledningsnett?
5. Hva er de største usikkerhetene ved beregning av virkningsgraden på avløpsledningsnett, og hva kan eventuelt gjøres for å redusere disse?

1.3 Forutsetninger

Denne oppgaven er skrevet som avsluttende del av NTNU sitt erfaringsbaserte masterprogram for vegbygging. Studenten har en bachelorgrad fra 2018 i plan og infrastruktur ved Universitetet i Sørøst-Norge, og har siden 2018 jobbet som rådgiver innenfor vann- og avløpsteknikk, transportnett, i SWECO Norge AS. Oppgaven er skrevet i kombinasjon med 100% stilling i SWECO, og med høy grad av selvstendig arbeid.

Det er høy sannsynlighet for at oppgaven bærer preg av studentens erfaringer, kunnskap og perspektiver opparbeidet etter over fem år som rådgiver innenfor faget. Temaet oppgaven omhandler ligger i grensesnittet mellom VA-transport og VA-prosess. Prosessfaget innenfor vann- og avløpsteknikk er ikke studentens fagfelt i det daglige virket som rådgiver. Forfatteren har ingen arbeidserfaring fra andre sektorer innenfor vann- og avløpsteknikk, dette kan også påvirke oppgavens vinkling og synspunkter.

I denne oppgaven er det valgt å sette søkelys på virkningsgraden til avløpsledningsnett i enkelte avløpssoner, i stedet for total tilførsel til et kommunalt renseanlegg. Dette for å synliggjøre arbeidsmengden som kreves for å utføre en nøyaktig beregning av virkningsgraden til det totale ledningsnett i tilknytning til et renseanlegg. Metoden vil være representativ uavhengig av størrelsen på avløpsnett. Det er også valgt å gjøre det på denne måten i et forsøk på å kvalitetssikre de rådende verdiene for forurensningsproduksjon basert på sonenes sammensetning.

All informasjon og data benyttet i denne oppgaven er basert på troverdige og relevante kilder som faglitteratur, samtaler med relevant fagpersonell og tidvis forfatterens egne erfaringer fra yrkeslivet. Referansestilen som er benyttet i oppgaven er IEEE. Det er hovedsakelig henvist til kilder fortløpende i teksten. Enkelte steder er det henvist på slutten av et avsnitt, i disse tilfellene er hele avsnittets innhold basert på referansen.

Åpenbare faktum er ikke bekreftet med kilder. Eksempelvis at et barn på 3 år og et voksent menneske på 62 bidrar med ulik forurensningsproduksjon.

1.4 Metodevalg

For å besvare forskningsspørsmålene er det benyttet både kvalitativ og kvantitativ metode. Kvalitativ metode i form av informasjonsinnhenting ved hjelp av litteraturstudie og samtaler med relevante fagpersoner. Dette for å kartlegge eksisterende teori, forskning og praksis.

For å kartlegge forurensning i ulike områder og sammenlikne disse med anbefalte verdier for forurensning i avløpsvann, og hvordan beregning av virkningsgraden på avløpsnett kan gjennomføres, er det valgt å utføre en kvantitativ kasusstudie. Kasusstudien tar for seg avløpssoner med ulike sammensetninger og forutsetninger. Prøvetaking og beregninger har blitt benyttet som kvantitative forskningsmetoder i kasusstudien

1.5 Bidragsytere

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Sweco Norge AS som er studentens arbeidsplass. Sweco er Europas største arkitekt- og ingeniørselskap. Firmaet tilbyr rådgivningstjenester innenfor et bredt spekter av fagområder. Torstein Dalen har frem til 01.11.2023 vært fagsjef for vann og avløp i firmaet og fungert som intern veileder for oppgaven, han er nå ansatt i Norconsult. VA-miljøet i Sweco er stort, og fagpersoner over hele landet har fungert som sparringspartnere i forbindelse med oppgaven. Sweco sitt kontor i Seljord driver Driftsassistansen i Aust-Agder og Telemark, og har god kjennskap til det aktuelle temaet og avløpsnettets i området. Dette har vært nyttig kompetanse å støtte seg på i arbeidet med denne oppgaven.

Porsgrunn kommune har stilt avløpsnettets sitt til disposisjon for målekampanje og undersøkelser. De har bidratt med opplæring i bruk av prøvetakingsutstyr og tilgjengeliggjort prøvetakere og egne målinger til anvendelse i beregninger, og vært behjelpelig med innhenting av informasjon om avløpssonenes sammensetning.

Nordre Follo kommune har bidratt med å gjennomføre en målekampanje i en av sine avløpssoner, samt bidratt med å innhente nødvendig informasjon om sonens sammensetning. Både Nordre Follo og Porsgrunn kommune har bidratt aktivt i faglige diskusjoner og drøftinger.

Herøya Industripark er en av Norges største industriparker og befinner seg i Porsgrunn kommune. Industriparken gjennomfører jevnlig målinger på avløpsvannet, og har velvillig delt resultater fra disse målingene for å bidra til denne oppgaven.

1.6 Disposisjon

Kapittel 1 – Innledning: Introduksjon av oppgavens bakgrunn, formål med beskrivelse av forskningsspørsmål, beskrivelse av oppgavens forutsetninger, metodevalg og bidragsyttere.

Kapittel 2 – Teori: I dette kapitlet presenteres oppgavens teoretiske grunnlag. Kapitlet inkluderer en beskrivelse av viktige begreper i forbindelse med temaet, relevante myndighetskrav, en kort beskrivelse av de mest aktuelle forurensningskomponentene i avløpsvann, og krav og teori i forbindelse med prøvetaking av avløpsvann.

Kapittel 3- Metode: Beskriver metodene som er benyttet for å komme frem til resultatet i oppgaven. Dette innebærer beskrivelse av gjennomføring av litteraturstudie og informasjonsinnhenting, samt en beskrivelse av kasestudien som er gjennomført og hvilke forutsetninger som ligger til grunn for de ulike kaseene som er undersøkt. Metode for prøvetaking og beregninger i forbindelse med kasestudien er også beskrevet.

Kapittel 4 – Resultat: I dette kapitlet presenteres resultatene fra litteraturstudiet og kasestudien. Resultatene er i hovedsak sammenstilt i tabeller og diagrammer med beskrivende tekst.

Kapittel 5 – Diskusjon: Dette kapitlet diskuterer resultatene fra litteraturstudiet og kasestudien med hensyn på teorien. Eventuelle feilkilder og svakheter med oppgaven og metodene presenteres også.

Kapittel 6 – Konklusjon: I dette kapitlet konkluderes det med hensyn på forskningsspørsmålene presentert i kapittel 1.

Hva gjelder oppgavens formatering er det valgt å benytte fonttype Verdana, skriftstørrelse 10 og linjeavstand 1,15, basert på NTNU sin mal for masteroppgaver [6]. Dette er valgt for et mer profesjonelt utseende og for å bedre oppgavens lesbarhet på skjerm, på tross av at det strider imot anbefalinger gitt i dokumentet «Retningslinjer for gjennomføring av masteroppgaven ved erfaringsbasert masterprogram i veg og jernbane» [7].

2 Teori

Dette kapittelet har til hensikt å belyse hva slags forskning som er gjort på området tidligere, samt kartlegge gjeldende krav, retningslinjer og praksis.

2.1 Begrepsforståelse

For å få en god forståelse av temaet denne oppgaven omhandler er det hensiktsmessig å begynne med begrepsforståelse. To begreper som ofte omtales i samme kontekst er virkningsgrad og tilføringsgrad.

Virkningsgrad

Virkningsgrad er et generelt begrep som kan benyttes i flere sammenhenger, men det er ofte forbundet med mekanikk og effekt i forbindelse med varme [8]. I Bokmålsordboka er virkningsgrad definert slik:

«Nytteeffekt (for motorer)»[9]

I NIVA – Rapport nr. 1917 er det referert til Rådet for teknisk terminologi, heretter omtalt som RTT, for definisjon av virkningsgrad og tilknytningsgrad. Virkningsgrad er i denne rapporten definert som følgende:

«Forholdet mellom den forurensningsmengde som når fram til et punkt i et avløpsnett og total forurensningsmengde som tilføres avløpsnettet oppstrøms punktet»[1]

I NIVA -Rapport nr. 1917 er det ikke oppgitt noen konkret kilde for definisjonen annet enn at det henvises til RTT.

RTT ble utviklet i 2001 [10]. RTT gav i 1977 ut «RTT 38 Ordbok for vann og avløp». I denne ordboken er virkningsgrad definert som:

«Generelt uttrykk for forholdet mellom innsats og utbytte. Er oftest brukt i forbindelse med energi. For pumper betegner v. det effektive arbeid en pumpe gjør i prosent av den energi som tilføres.»[11]

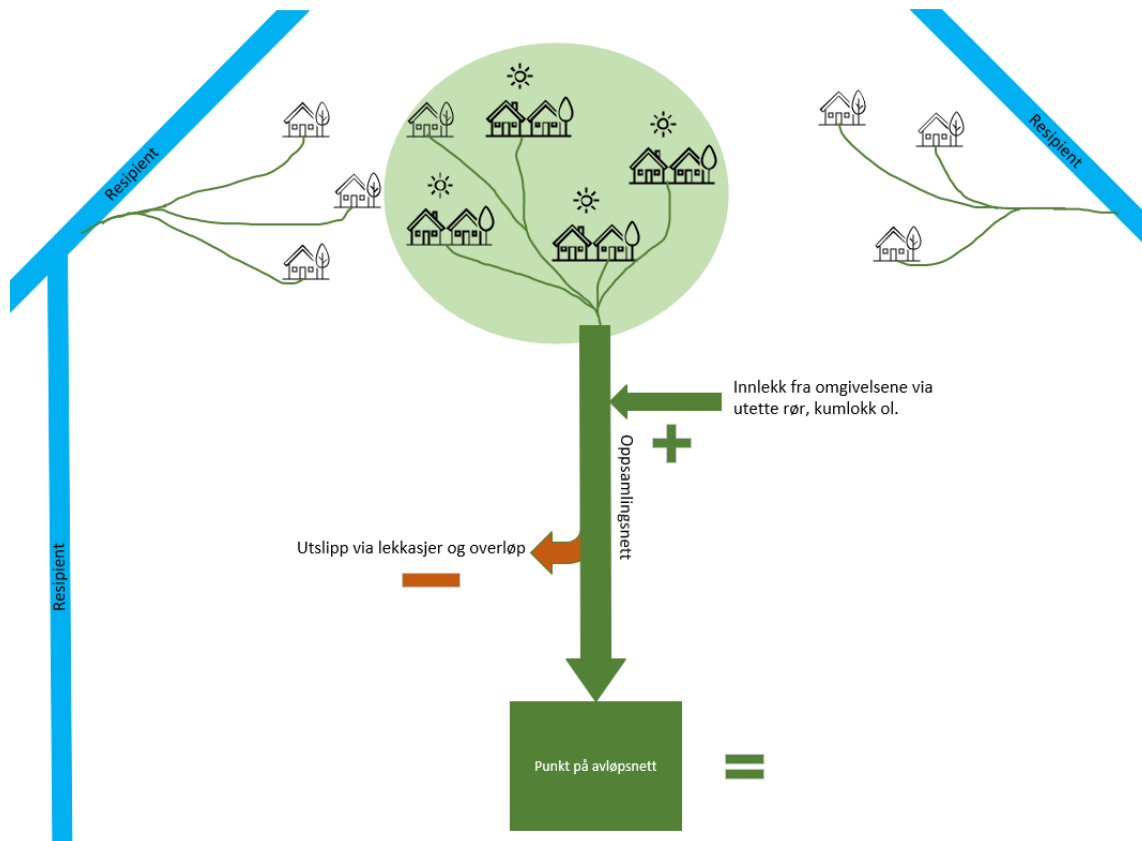
Når definisjonene fra Bokmålsordboka og RTT sees i sammenheng er definisjonen fra NIVA-rapporten plausibel i denne kontekst.

Virkningsgraden er i Norsk Vann sin rapport nr. 227 definert på følgende måte:

«Virkningsgraden er forholdet mellom forurensningsmengden som tilføres avløpsnettet fra befolkning, industri, servicebedrifter, skoler, helseinstitusjoner etc. og forurensningsmengden som kommer fram til renseanlegget.»[3]

Denne definisjonen forutsetter at det er et renseanlegg i tilknytning til avløpsnettet, men bygger oppunder definisjonen som er gitt i nevnte NIVA – rapport og tyder på at det er denne betydningen av begrepet som er videreført innenfor vann- og avløpsteknikk.

Virkningsgraden kan basert på disse definisjonene illustreres som i Figur 2-1, der utslipp som ikke er tilknyttet avløpsnettet ikke hensyntas overhodet. Virkningsgraden omhandler kun den forurensningsmengden som er tilknyttet avløpsnettet og føres frem til det gitte punktet, og det som eventuelt måtte komme til, eller forsvinne på veien dit. Altså er det i denne sammenheng en beskrivelse av tilstanden, eller effekten til ledningsnettet.



Figur 2-1 Illustrasjon av virkningsgraden til et avløpsnett

Punktet på avløpsnettet i ovennevnte eksempel kan for eksempel være: renseanlegg, utslippspunkt, slamavskiller, septiktank, pumpestasjon, alt ettersom hva som er mest hensiktsmessig i hvert enkelt tilfelle.

Tilføringsgrad

I et debattinnlegg skrevet av Lasse Vråle blir begrepet «tilføringsgrad» beskrevet på denne måten:

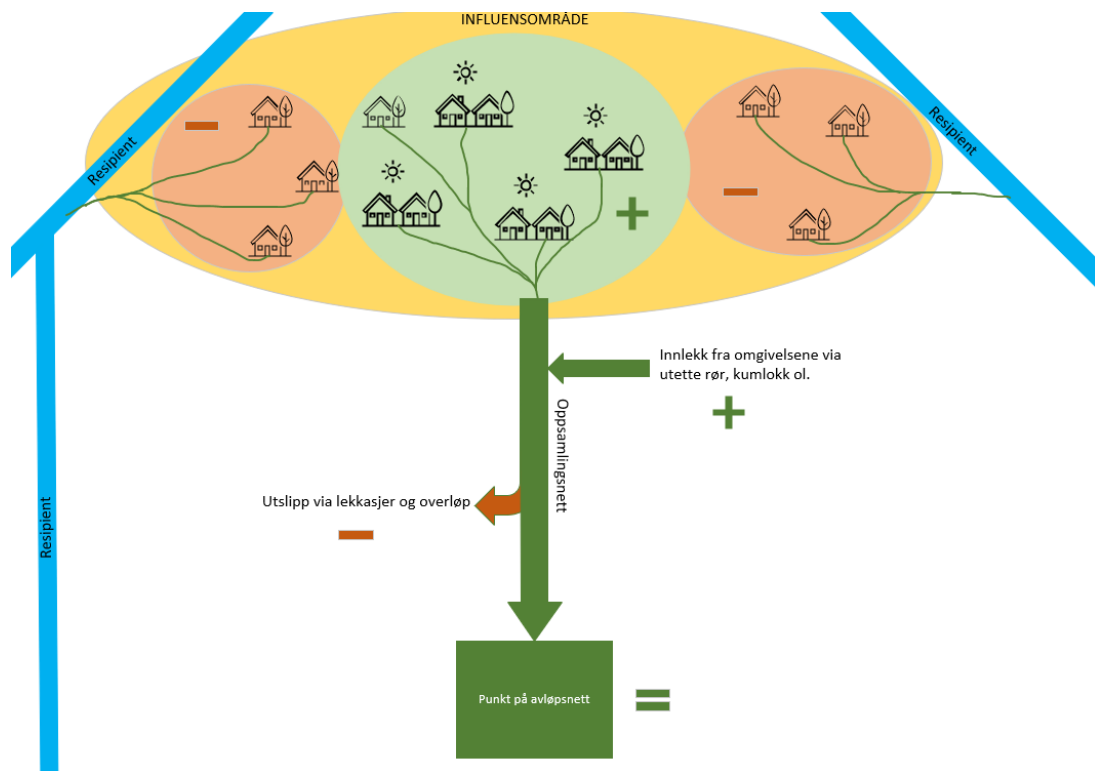
«Begrepet «Tilføringsgrad» ble første gang definert i 1972 for å beskrive hvor stor andel av forurensingene fra befolkning og erverv fra et rensedistrikt som kommer fram til renseanlegg»[12]

Tilføringsgrad er ikke definert i RTT sin «Ordbok for vann og avløp» [11]. I NIVA-rapport nr. 1917 referer Vråle til definisjonen fra RTT som følgende:

«Forholdet mellom den forurensningsmengde som tilføres et punkt i et avløpsnett, f.eks. et renseanlegg, og total forurensningsproduksjon innenfor punktets influensområde (eksisterende og/eller/ fremtidige avløpsfelter»[1]

Når de to definisjonene, for henholdsvis virkningsgrad og tilføringsgrad, fra NIVA-rapporten, sees i sammenheng, komplimenterer de hverandre slik at de bidrar til å forklare hverandres betydning. Det har dog ikke lyktes å oppdrive de konkrete definisjonene som det refereres til i rapporten.

Basert på nevnte definisjoner kan tilføringsgrad illustreres som i Figur 2-2 der det gule illustrerer det totale influensområdet, det oransje illustrerer forurensning som ikke tilføres avløpsnettet og det grønne illustrerer det som tilføres punktet. Tilføringsgraden blir da forholdet mellom grønn og oransje.



Figur 2-2 Illustrasjon av tilføringsgrad

Separasjonsgrad

Separasjonsgrad beskriver hvor fortynnet spillvannet er når det kommer frem til rensenanlegget og hvor mye vannføringen har økt [1].

Når eksisterende fellessystemer separeres økes separasjonsgraden og fremmedvannmengden minker ved å fjerne overvann fra spillvannsnett [1].

Fremmedvann

I denne sammenheng bør også fremmedvann forklares. Fremmedvann er betegnet som avløpsvann som blir ført via avløpsledningene til avløpsrenseanlegget, men som ikke er spillvann. Dette er hovedsakelig overvann som tilføres via sluk og feilkoblinger, og innlekking av grunnvann eller lekkasjevann fra vannledninger og overvannsledninger til avløpsledningsnett [2].

Personekvivalenter (pe), personenheter (PE) og personer (p)

I avløpsdirektivet defineres personekvivalent som følgende:

«1 p.e. (population equivalent)' means the organic biodegradable load having a five-day biochemical oxygen demand (BOD5) of 60 g of oxygen per day» [13]

Oversatt til norsk betyr dette at; én pe beskriver mengden organisk biologisk nedbrytbart stoff som brytes ned over en periode på fem døgn, med et biologisk oksygenforbruk på 60 gram per døgn. NS 9426, «Bestemmelse av personekvivalenter (pe) i forbindelse med utslippstillatelse for avløpsvann», og Forurensningsforskriften §11-3 beskriver begrepet på tilsvarende måte [14, 15]. Denne definisjonen av pe benyttes for å beskrive størrelsen på eksempelvis et renseanlegg, en avløpssone eller en virksomhet [14, 15].

Ved beregning av forurensningsproduksjon benyttes «personekvivalent» også for å beskrive mengde i forbindelse med andre forurensningskomponenter [3, 15].

Personenhet (PE) er et tall på summen av fastboende personer (p) og antall personekvivalenter i et gitt område [3]. Lasse Vråle har i enkelte av sine publikasjoner omtalt forvirringen i forbindelse med bruk av disse begrepene. I et debattinnlegg, publisert i tidsskriftet VANN 03 2011 [16], beskriver han det han kaller for «Oslo-systemet» som følgende:

$$\begin{aligned} & \text{«PE} = p + pe \\ & \text{PE} = \text{Personenheter} \\ & p = \text{Bosatt befolkning innenfor rensedistriktet} \\ & pe = \text{Personekvivalenter fra erverv og industri} \end{aligned}$$

Denne beskrivelsen samsvarer med den Norsk Vann anvender i sin Rapport nr. 227 [3].

2.2 Krav til rapportering av virkningsgrad

Det er Statsforvalteren som er forurensningsmyndighet for avløpsanlegg i store tettsteder, for mindre tettsteder er det kommunen selv som har denne rollen. Dette avhenger av hvor mange personekvivalenter anlegget håndterer [14, 17]. Forurensningsmyndigheten har ansvar for å behandle søknader om utslippstillatelse og føre tilsyn med anleggene [17].

På Miljødirektoratet sin nettside «norskeutslipp.no» ligger alle utslippstillatelser utstedt av Statsforvalteren tilgjengelig [4]. I en del av utslippstillatelsene stilles det krav til dokumentasjon av virkningsgrad, også i enkelte tilfeller omtalt som hydraulisk balanse. I enkelte tillatelser er det definert hvilke stoffer virkningsgraden skal dokumenteres med hensyn på. I tillatelsen for Nøtterøy kommune står det for eksempel spesifisert at det skal dokumenteres på mengde fosfor. I Porsgrunn kommune og Larvik kommune står det ikke spesifisert [18-20]. I Gausdal kommune er det spesifisert en grenseverdi på 5% for hvor mye virkningsgraden kan reduseres frem til 2025 [21]. Det er stor variasjon i hvordan rapporteringen og kravene er definert i de ulike utslippstillatelsene, og som et eksempel er dette formuleringen i Lørenskog kommune sin utslippstillatelse:

«Tap av avløpsvann fra avløpsnett som følge av overløp og lekkasjer skal maksimalt være 5 % frem til 31. desember 2027 og deretter maksimalt 3 % over året, jf. punkt 3.1.5 i tillatelsen. Beregning av virkningsgraden på avløpsnett skal gjøres ved å legge til grunn målte verdier for overløp eller beregnede verdier (med lav usikkerhet) for mindre omfattende overløpsutslipp. I tillegg skal andre ulike kildene til tap beregnes eller vurderes kvalitativt.»[22]

Til sammenligning har Statsforvalteren i Innlandet denne formuleringen i flere av utslippstillatelsene de har utstedt:

«Virkningsgraden må dokumenteres, basert på vurdering og summering av ulike kilder til utslipp, lekkasjer og tap. Virkningsgraden skal ikke reduseres med mer enn 5 % frem til 31.12.2025. Deretter skal tapet i virkningsgrad være maksimalt 3 % i året.»[23]

I Forurensningsforskriften Kapittel §11-5 står det som følger:

«Kommunen plikter årlig innen 15. februar å rapportere nødvendige opplysninger om alle avløpsanlegg og utslipp fra disse til staten. Miljødirektoratet sørger for at det hvert annet år offentliggjøres en statusrapport om utslipp av kommunalt avløpsvann.» [14]

Statsforvalterens rolle og dagens status for rapportering

For å ytterligere kartlegge Statsforvalterens rolle og myndighet, er det gjennomført en uformell samtale med representant for Statsforvalteren i Vestland. Under følger en oppsummering av samtalen.

Miljødirektoratet utarbeider maler som Statsforvalteren anvender i forbindelse med utstedelse av utslippstillatelser. Statsforvalteren er involvert i prosessen og har anledning til å påvirke til en viss grad. Utslippstillatelser kan normalt ikke fornyes oftere enn hvert tiende år, med mindre det foreligger spesielle forhold i området. Dette kan være forhold som innebærer nye forurensningskilder med større utslipp. Krav om rapportering på virkningsgraden varierer mellom de enkelte kommunene, avhengig av når utslippstillatelsen sist ble fornyet. De første kommunene fikk krav om dette omtrent rundt 2016-2017. Malene som utvikles av Miljødirektoratet har til hensikt å fungere som et supplement til kravene i Forurensningsforskriften. Miljødirektoratet sin rolle er altså å bidra til tolkning av forskriftene. Avløpsdirektivet er styrende for hvilke krav som er gitt i Forurensningsforskriften. Fokus på kvaliteten til avløpsledningsnett for å etterfølge kravene i forskrift og direktiv er økende. Utslippstillatelsene skal fungere som et grunnlag for å oppfylle Avløpsdirektivet. Kravet til å dokumentere virkningsgraden er foreløpig ikke fulgt like godt opp og innarbeidet over alt, men utviklingen tilsier at det er i ferd med å bedres. Det er forståelse for at det kan være en utfordrende parameter å dokumentere og at kvaliteten på rapportering vil være varierende, men hensikten er å opparbeide en historikk slik at man kan se trendene og sikre at kommunene har tilstrekkelig kunnskap om tilstanden på sitt respektive avløpsnett. Etter hvert som kommunene får innarbeidet årlig rapportering vil dataene bli mer verdifulle, forhåpentligvis både for kommunene og overordnede myndigheter. Statsforvalterens avdelinger på tvers av landet samarbeider månedlig i forum, men dette temaet har ikke vært høyest på agendaen så langt [5].

2.3 Forurensningskomponenter i avløpsvann

De forurensningskomponentene som er mest omtalt, og det som oftest blir målt på når det gjelder forurensningskomponenter i avløpsvann er; fosfor, BOF, KOF og nitrogen. I dette underkapittelet gjøres det rede for hvor de ulike forurensningskomponentene kan komme fra og hvilke konsekvenser de har for resipienten de tilrenner.

Fosfor – Tot-P

Fosfor er en komponent i avløpsvannet som i stor grad kommer fra avrenning fra jordbruk. Da det er høyt innhold av fosfor i husdyrgjødsel og kunstgjødsel [24, 25]. Innholdet av fosfor i husdyrgjødsel vil variere ut ifra dyreslag, geografisk område og driftsform. Derfor vil også avrenning fra jordbruksområder variere i innholdet av fosfor, og det er utfordrende å sette en bestemt verdi som bør brukes i beregninger [26]. Avrenning fra jordbruket skal i utgangspunktet ikke håndteres av kommunalt avløpsnett, men kan eksempelvis trenge inn i avløpssystemene via drenering fra jorder eller nærliggende veger, og innlekking i sprekker i avløpsledninger i nærhet til jordbruk. Mengden avrenning fra jordbruk vil naturligvis variere i takt med nedbørsmengden.

Tidligere var vaskemidler for tekstiler og oppvask en stor kilde til fosfor i avløpsvannet. På 80 tallet var innholdet av fosfat i tøyvaskemidler på 17% og det ble regnet med at minst 21,6% av utslippet av fosfor stammet herfra [27]. I dag settes det i Produktforskriften §2-12, grenser for hvor høyt innhold av fosfor vaske- og rengjøringsmidler kan ha [28]. Grensene settes i vektprosent og er fremstilt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Grenseverdier for innhold av fosfor i vaskemidler[28]

Type vaskemiddel	Tillatt vektprosent fosfor
Tøyvaskemiddel	0,2 %
Maskinoppvaskmiddel	3,8 %
Flytende rengjøringsmidler og oppvaskmiddel	0,2 %
Rengjøringsmidler i pulverform	2,5 %
Spesialmidler for meierier og næringsmiddelindustri	10,0 %
Spesialmidler for melkeproduksjon og øvrig industri	2,5 %

Til sammenligning skriver Vråle i en NIVA-rapport utgitt i 1987 at det i 1970 ble bestemt å senke fosfatinnholdet i tøyvaskemidler til omtrent 30%, deretter 22% før det ble 16% og i 1986 12% [29].

Fosfor forekommer også i menneskelig avføring og i husholdningsprodukter som tannkrem, hudpleieprodukter og medisinske produkter [24, 25]

Utslipp av fosfat til resipienter kan bidra til algeoppblomstring som setter lukt og smak på vannet, det kan også føre til dårlige lys- og oksygenforhold [24, 25].

Nitrogen – Tot-N

I avløpsvannet finnes det flere ulike stoffer som inneholder nitrogen og det er som regel det totale innholdet av nitrogen (Tot-N) som måles ved analyser [24, 30]. Nitrogen finnes i ammoniakk, nitrat, nitritt og ammoniumkarbonat som uorganiske forbindelser. Som organiske forbindelser eksisterer nitrogen hovedsakelig i nitrogen og urin [24]. Nitrogen er i likhet med fosfor en komponent i kunstgjødning og husdyrgjødsel, mye av nitrogenet i avløpsvannet stammer derfor fra avrenning fra jordbruk på samme måte som fosfor [24, 30].

Spillvann fra matvareindustrien er også en bidragsyter til nitrogen i avløpsvannet [30]. I likhet med fosfor bidrar nitrogenutslipp til eutrofiering i resipienten [24].

BOF₅ – Biokjemisk oksygenforbruk

BOF står for biokjemisk oksygenforbruk og brukes til å beskrive mengden organisk stoff i avløpsvannet. BOF₅ beskriver det oksygenforbruket som forekommer når bakterier biokjemisk bryter ned organisk stoff, over en periode på fem døgn. Verdien for BOF₅ oppgis som oftest i g O/l, og indikerer i denne sammenheng hvor mye oksygenforbruk som vil oppstå i en eventuell resipient [24]. BOF omtales også enkelte ganger som BOF₇, da er det et mål som beskriver oksygenforbruket over syv døgn [24].

KOF – Kjemisk oksygenforbruk

KOF står for kjemisk oksygenforbruk og er i likhet med BOF en beskrivelse av mengde organisk stoff i avløpsvannet. KOF-verdien beskriver oksygenforbruket som forekommer ved en kjemisk oksidasjon og hvor mye tungt biologisk og ikke biologisk nedbrytbart stoff avløpsvannet inneholder [24].

2.4 Spesifikk forurensningsproduksjon

Norsk vann anbefaler at dersom man ikke har målinger som viser andre verdier, bør bruke verdiene vist i Tabell 2-2 for beregning av forurensningsproduksjon.

Tabell 2-2 Anbefalte verdier for spesifikk forurensningsproduksjon fra Norsk Vann [24] [3]

Parameter	Spesifikk forurensningsproduksjon
Fosfor (Tot-P)	1,8 g P/pd
Nitrogen (Tot-N)	12 g N/pd
BOF ₅	60 g O/pd
KOF	120 g O/pd

På 80-tallet ble det i Norge regnet med en spesifikk forurensningsproduksjon for fosfor på 2,5 g P/pd.[27]

Lasse Vråle har skrevet mye om temaet i en periode fra starten av 80-tallet til ut på 2010-tallet. Han har gjennomført studier og publisert flere artikler og debattinnlegg. I flere av publikasjonene er det tilføringsgrad som er i fokus, men mye av teorien er overførbart til virkningsgraden. På 80-tallet gjennomførte han blant annet en studie for kontroll av gjennomsnittlig forurensningsproduksjon fra husholdninger, videre referert til som «Sydskogenstudiet». Studien ble gjennomført i et boligområde med nytt og tett avløpssystem og det ble gjort omfattende kartlegging av beboeres arbeidsvaner, familiesammensetning og sanitærvaner [12]. I 2010 gjentok han kartleggingen og fant blant annet en reduksjon i vannforbruk på 9% [31]. I kartleggingen fra 2010 fant han at vannforbruket i en husholdning var 118 l/pd [31]. Til sammenligning anbefaler Norsk Vann i sin rapport nummer 256 fra 2020 en dimensjonerende vannmengde på 150 l/pd [32].

I samme studie har Vråle beregnet spesifikk forurensningsproduksjon med hensyn på de samme komponentene som er vist i Tabell 2-2. Verdiene Vråle kom frem til i sin studie er vist i Tabell 2-3.

Tabell 2-3 Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning fra Sydskogenstudiet [12]

Parameter	Spesifikk forurensningsproduksjon
Fosfor (Tot-P)	1,6 g P/pd
Nitrogen (Tot-N)	12 g N/pd
BOF ₅	39 g O/pd
KOF	94 g O/pd

2.5 Prøvetaking

EU sitt avløpsdirektiv stiller krav til gjennomføring av prøvetaking av avløpsvann i forbindelse med renseanlegg. Det stilles krav til både utforming av prøveprogram og metode for gjennomføring av prøvetaking. Det settes krav til at mengdeproporsjonal eller tidsproporsjonal prøvetakingsmetode skal anvendes. «Good international laboratory practice» skal benyttes for å minimere forringing av prøvene i tidsrommet mellom prøvetaking og analyser [13, 33]. Avløpsdirektivet spesifiserer kun krav til prøvetaking av avløpsvann i forbindelse med renseanlegg, og ikke ute på avløpsnett.

De mest utbredte metodene å anvende for prøvetaking er mengde- eller tidsproporsjonale blandeprøver. Ved å gjennomføre en blandeprøve vil man få en prøve som representerer gjennomsnittlig sammensetning av avløpsvannet i prøvetakingsperioden. En blandeprøve kan for eksempel representere ett til to døgn, eller en uke, avhengig av hva som er ønskelig [34].

Ved tidsproporsjonale prøver hentes det opp delprøver med konstante tidsintervall over en gitt periode. Delprøvene har like stort volum ved hver opphenting, og de samles opp i en oppsamlingsbeholder. Den totale prøven i oppsamlingsbeholderen ved avsluttet prøveperiode, betegnes som primærprøven.

Ved prøveperiodens slutt hentes det ut en sekundærprøve fra primærprøven og sekundærprøven sendes til analyse ved et laboratorium. Denne metoden tar ikke hensyn til vannføringen i prøvepunktet [34].

Mengdeproporsjonal prøvetaking går ut på at det hentes opp delprøver proporsjonalt med vannføringen. Ved denne typen prøvetaking kan enten volumet av delprøven være konstant, eller variere proporsjonalt med vannføringen. Dersom volumet er konstant, vil hyppigheten av delprøveuttakninger variere proporsjonalt med vannføringen [34].

Ved uthenting av sekundærprøve er det viktig med tilstrekkelig omrøring i primærprøven idet prøven hentes ut. Dette er for at sekundærprøven i størst mulig grad skal være representativ for primærprøven. For å unngå forringing av prøven i tidsrommet mellom uttak og analyse bør prøven beskyttes mot økt temperatur og eksponering for lys, da dette er eksempler på faktorer som kan bidra til å påvirke sammensetningene i en avløpsprøve. Det er gunstig at prøven holder en temperatur på mellom 1-5°C under prøvetakingsperioden og transporten til analysested. Nedfrysning til -20°C er en anvendt metode for oppbevaring av prøver over lengre tid. Ikke-mobile prøvetakere er ofte utstyrt med et kjøleskap for å sørge for stabil temperatur i prøvetakingsperioden. Transport av prøver bør gjennomføres på en slik måte at tidsrommet mellom prøvetakingens avslutning og analysens oppstart blir så kort som mulig. Prøver bør holdes kaldt også under transport [34].

Stikkprøver er også en metode som anvendes for å ta prøver av avløpsvannet. Denne metoden gir imidlertid bare et øyeblikksbilde av avløpsvannets sammensetning og vil være intetsigende med hensyn på gjennomsnittlig sammensetning over tid [34].

3 Metode

Metodekapittelet beskriver hvilke metoder som er anvendt for å belyse oppgavens tema og kartlegge utfordringer, samt komme frem til resultatene i oppgaven. I denne oppgaven vil det omfatte litteraturstudie og informasjonsinnhenting, metode for prøvetaking og beregninger i forbindelse med kasusstudien. Kapittelet vil redegjøre for hvorfor de aktuelle metodene ble valgt og til dels hvilke andre metoder som kunne vært benyttet.

3.1 Litteraturstudie og informasjonsinnhenting

Kunnskap om eksisterende studier, forskning og teori på området oppgaven omhandler er essensielt for å få en fullstendig forståelse av de nødvendige sammenhengene. Denne kunnskapen er også nødvendig for å identifisere hvilke temaer som bør belyses ytterligere, og sikre oppgavens relevans. Det er viktig å opparbeide god begrepsforståelse innenfor et tema som er mer prosessorientert enn hva undertegnede jobber med til daglig. Temaet oppgaven omhandler har sammenheng med temaer som økonomi, miljø og samfunnsnytte. Derfor er det essensielt å tilegne seg en bred forståelse av det helhetlige bilde for å forstå de ulike grensesnittene. For å oppnå denne forståelsen er det gjennomført søk etter relevant litteratur og forskning. NTNU sitt onlinebibliotek, nasjonalbiblioteket og i noen grad Google Scholar er benyttet som utgangspunkt for litteratursøk.

Basert på personlig erfaring fremstår Norsk Vann og Norsk Vannforening som de to mest prominente interesseorganisasjonene innenfor vann, avløp og overvann i Norge. Dette er begge organisasjoner som har publisert omfattende mengder litteratur innenfor et bredt spekter hva gjelder vann- og avløpsteknikk. Det er grunn til å anse publikasjoner fra disse organisasjonene som troverdige da de begge er godt etablerte og anerkjente i bransjen. Norsk Vann utgir fagbladet Vannspeilet, de gir òg jevnlig ut aktuelle fagrapporter og veiledninger [35]. I samarbeid med Norsk kommunalteknisk forening, har Norsk Vann dannet stiftelsen VA/Miljøblad som utarbeider veiledninger og normer for alle arbeider i forbindelse med vann- og avløpsanlegg, fra planlegging til drift og vedlikehold [36]. Organisasjonen har også utarbeidet en lærebok i vann- og avløpsteknikk [24, 35].

Norsk Vannforening utgir kvartalsvis tidsskriftet VANN, dette er et tidsskrift som i likhet med Vannspeilet inneholder faglige rapporter [37]. Det bør nevnes at alle står fritt til å sende inn artikler til begge de nevnte tidsskriftene, men artiklene gjennomgår en faglig vurdering fra redaksjonenes side og bør ansees som troverdige [35-37]. Basert på personlig erfaring er det en oppfatning av at utgivelser fra disse organisasjonene ofte anvendes som veiledere og retningslinjer i forbindelse med arbeider som omhandler vann- og avløpsteknikk i Norge, spesielt innenfor konsulentvirksomhet. Derfor er det aktuelt å kartlegge hvilke litteratur organisasjonene har utgitt i forbindelse med temaet tidligere og hva som eventuelt mangler.

Norges lover og direktiver er aktuelt å kartlegge i denne oppgaven, for å definere de rådende kravene, samt kartlegge grunnlaget for disse. Dette bidrar til en bedre helhetsforståelse. Tidligere masteroppgaver og diverse rapporter fra blant annet miljødirektoratet er benyttet i forbindelse med litteraturstudiet.

Kapittel 2 Teori er i stor grad basert på kunnskap tilegnet under litteraturstudiet.

All litteratur som er benyttet i oppgaven er oppgitt i referanselisten.

3.2 Kasusstudiebeskrivelse

For å kunne beregne virkningsgraden for en avløpssone er det nødvendig med kunnskap om avløpssonens sammensetning med hensyn til befolkning og virksomheter, samt vannforbruk og kloakkutslipp. For å begrense arbeidsomfanget, men samtidig få et innblikk i forurensningsproduksjonen i soner med ulik sammensetning av bebyggelse og virksomhet, er det valgt å gå i dybden på enkelte soner heller enn en hel kommune. Avløpssonene som er valgt ligger i henholdsvis Nordre Follo og Porsgrunn kommune.

For å innhente informasjon om spesielt beboere i avløpssonene på et optimalt nøyaktighetsnivå, kreves det et omfattende kartleggingsarbeid. I denne oppgaven er slik informasjon hentet fra Statistisk Sentralbyrå, Proff.no, rundspøringer og kommunene sine nettsider, samt informasjon innhentet via kommunikasjon med ansatte i kommunene. Både Porsgrunn kommune og Nordre Follo kommune har bidratt med informasjon om aldersfordelingen i avløpssonene. Aldersfordelingen er relevant for å kunne estimere hvor mange som reiser fra boligene sine for eksempelvis jobb og skole i løpet av dagen. For å beholde en grad av anonymitet er det valgt å dele beboerne inn i tre aldersgrupper;

- 0-2 år
- 3-62 år
- >62 år

Dette er basert på antagelser om at de mellom 3-62 år antageligvis er borte fra hjemmet sitt i forbindelse med barnehage, jobb og skole en betydelig del av dagen. Utslippet fra en person på 3 år og en på 62 vil naturligvis være svært ulikt, men så detaljert til verks er det ikke hensiktsmessig å gå i denne oppgaven, ei heller for en overordnet beregning av virkningsgraden i en kommune.

I de etterfølgende underkapitlene vil Nordre Follo kommune og Porsgrunn kommune, samt sammensetningen til sonene det er valgt å se nærmere på innenfor disse kommunene beskrives mer inngående. Det er gjennomført prøvetakinger i begge kommunene i løpet av siste halvdel av 2023, med hensikt å innhente korrekt og relevante målinger for denne oppgaven og beregningene som skal utføres. Prøvetakingsmetodene som er benyttet beskrives også i etterfølgende underkapitler.

Det er valgt å inkludere relevant informasjon og faktaopplysninger om kommunene i metodekapittelet for oppgavens helhet og lesbarhet.

3.2.1 Porsgrunn kommune

Porsgrunn kommune ligger i Vestfold og Telemark fylke. Kommunen har varierende områdesammensetninger i form av bysentrum, landbruk og industri. Porsgrunn har et godt utbygd avløpsnett med tre kommunale renseanlegg på Heistad, Langangen og Knarrdalstrand [38-40]. Ved renseanlegget på Knarrdalstrand renses også avløpsvannet fra store deler av nabokommunen Skien. Porsgrunn kommune har avrenning til Frierfjorden og Eidangerfjorden i hovedsak [38-40].

I Tabell 3-1 er relevant informasjon for beregning av virkningsgraden i Porsgrunn kommune sammenstilt [41].

Tabell 3-1 Nøkkeltall om befolkning i Porsgrunn kommune [41]

Innbyggertall	37 098
Pendler ut	8 898
Pendler inn	9 146
Beboere per husholdning	2,04

I Porsgrunn er det valgt å gjennomføre prøvetaking og beregne virkningsgrad og forurensningsproduksjon for fire avløpssoner med ulik sammensetning. Sonene er beskrevet overordnet i Tabell 3-2, etter tabellen følger det en mer detaljert beskrivelse av hver sone.

Tabell 3-2 Beskrivelse av valgte avløpssoner i Porsgrunn kommune [40]

Navn på avløpszone	Sonens sammensetning	Beboere
KP357 Skipsbakken	Boligbebyggelse	184
KP303 Sentrum	Boligbebyggelse og næring	84
KP322 Kjølnes	Skole og idrettsanlegg	0
Herøya Industripark	Industri og næring	0

KP357 Skipsbakken

Skipsbakken avløpszone er en avløpszone på Øya i Brevik, sørvest i Porsgrunn. Avløpsvannet i sonen håndteres av en kloakkpumpestasjon, KP 357, som pumper avløpsvannet mot Heistad renseanlegg. Sonen består av kun boliger og har ifølge kartlegginger som Porsgrunn kommune har utført, liten grad av fremmedvann i avløpsnettet [39, 40, 42]. Dette ble derfor valgt som den mest aktuelle sonen å kartlegge med hensyn på forurensningsproduksjon per person, det gir også grunn til å tro at det vil være mulig å komme frem til realistiske tall for virkningsgraden til ledningsnettet i sonen. Sonen har 184 beboere og en aldersfordeling som vist i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Aldersfordeling i avløpszone KP357 Skipsbakken [39]

Alder	Antall beboere
0-2	0
3-62	105
>62	79

KP303 Sentrum

Avløpssonen ligger i Porsgrunn sentrum og består som nevnt i Tabell 3-2 av boligbebyggelse og næringsvirksomhet. Boligene i denne avløpssonen består i hovedsak av leiligheter, og næringen av kontorbygg, kino, spisesteder og et kulturhus. Sonen har 84 registrerte beboere og aldersfordelingen blant beboerne er som vist i Tabell 3-4. Avløpsvannet i denne sonen håndteres av Knarrdalstrand renseanlegg [40].

Tabell 3-4 Aldersfordeling i avløpssone KP303 [39]

Alder	Antall beboere
0-2	0
3-62	54
>62	30

I denne sonen er det som nevnt en del virksomheter og det er, så godt det lar seg gjøre med tilgjengelig informasjon, kartlagt antall ansatte og besøkende i forbindelse med de ulike virksomhetene. Kartlagte tall er sammenstilt i Tabell 3-5. Tallene for antall ansatte er hentet fra Proff.no, som er et register for bedriftsinformasjon [43]. Tallene for antall besøkende per døgn for salonger og tannlegekontorer, er basert på informasjon innhentet fra rundspørringer. Etter rundspørringen ble det beregnet et snitt på 7,5 besøkende per ansatt per døgn for salonger og tannlegekontorer. Kulturhuset og kinoen fører oversikt over hvor mange besøkende og solgte billetter de har hver dag, tallene i Tabell 3-5 er gjennomsnittet av besøkende per dag i måleperioden. For restauranter og utesteder er det registrert antall sitteplasser, slik det er beskrevet i NS 9426 [15].

Tabell 3-5 Tall for virksomheter i sone KP303

Type og antall av hver virksomhet	Ansatte (totalt for alle virksomheter av samme type)	Besøkende/døgn (totalt for alle virksomheter av samme type)
Restaurant/utested 9 stk	39	260
Kino 1 stk	15	243,4
Kulturhus 1 stk	30	110
Salong 6 stk	22	166
Kontor 17 stk	281,5	
Tannlegekontor 4 stk	10	75

KP 322 Kjølnes

KP 322 er en pumpestasjon som håndterer avløpsvann fra kun ungdomsskole, videregående og idrettsanlegg, det er ingen beboere i sonen. Denne sonen ble valgt for å kartlegge spesifikk forurensningsproduksjon fra slik virksomhet. På grunn av utfordringer med prøvetakingen, trolig grunnet dybden på pumpestasjonen og løftekapasiteten på prøvetakeren, ble planen om prøvetaking i denne sonen forkastet.

Herøya Industripark

Herøya Industripark, heretter referert til som HIP, er et industriområde som ligger på Herøya i Porsgrunn. Industriparken huser bedrifter av ulike størrelse innenfor flere ulike bransjer. Innenfor industriparkens gjerder er det totalt ca. 2600 arbeidstakere og det er omtrent 150 som er tilstede på natta [44, 45]. Industriparken har privat avløpsnett internt på området, sanitært avløpsvann skilles fra industriavløpet og fraktes til Knarrdalstrand renseanlegg via det kommunale nettet [45]. Industriparken har en privat pumpestasjon internt på området som pumper sanitært avløpsvann fra industriparken til kommunalt nett [40]. 10% av det sanitære utslippet er ikke tilkoblet det kommunale nettet, men håndteres ved hjelp av septiktank [45].

For å ferdes innenfor industriparkens område uten tilsyn er det krav til spesielt sikkerhetskurs, dette sikkerhetskurset har ikke undertegnede. Derfor ble det planlagt å gjennomføre et prøveprogram i en av de kommunale pumpestasjonene på Herøya som håndterer avløpsvannet fra et mindre område med bedrifter på utsiden av HIP sine områder. Det ble tatt ut én prøve før det ble opprettet kontakt med HIP, som kunne bistå med sine prøveresultater fra den private pumpestasjonen, der de gjennomfører jevnlig prøvetaking på ulike stoffer [45].

3.2.2 Nordre Follo kommune

Nordre Follo kommune er en kommune i Viken fylke. I likhet med Porsgrunn har Nordre Follo varierende områdesammensetning.

I Tabell 3-6 er informasjon som er relevant for beregning av virkningsgraden i Nordre Follo kommune sammenstilt [46].

Tabell 3-6 Nøkkeltall om befolkning for Nordre Follo kommune

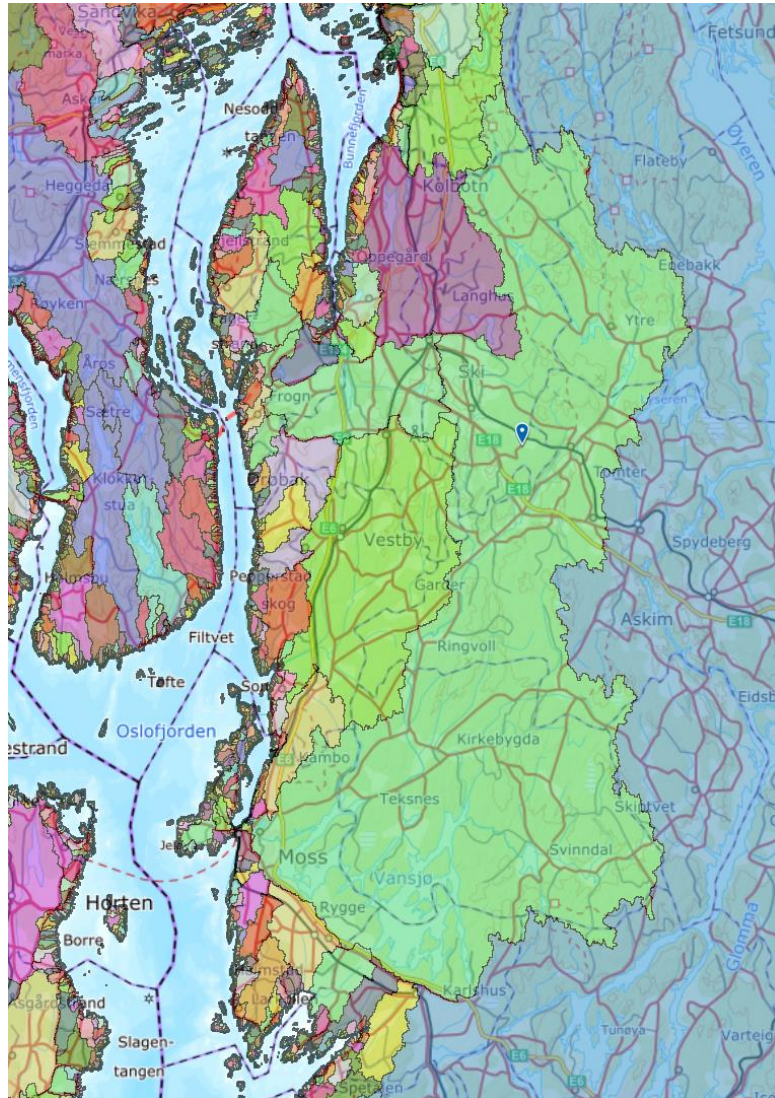
Innbyggertall	62 777
Pendler ut	21 066
Pendler inn	14 393
Beboere per husholdning	2,33

I Nordre Follo er det valgt å se nærmere på et tettsted som heter Skotbu. Dette området er valgt fordi det i likhet med Skipsbakken i Porsgrunn har størst grad av boligbebyggelse, det er kun en barnehage og en barneskole med 1.-4. trinn i området. Dette bidrar til å lette jobben med å kartlegge og korrigere for virksomheter og ansatte. På Skotbu er det i sum 502 beboere, og aldersfordelingen er som vist i Tabell 3-7.

Tabell 3-7 Aldersfordeling for Skotbu

Alder	Antall beboere
0-16	115,46
16-62	326,3
>62	60,24

Tettstedet har avrenning via Skotbubekken til Kråkstadelva i vest og Solbergbekken i øst, begge avrenningsvegene ender opp i innsjøen Vansjø som er en del av Mossevasdraget. Vansjø har utløp i Mosseelva som igjen munner ut i Mossesundet i Oslofjorden [47, 48]. Figur 3-1 viser nedslagsfeltet Skotbu tilhører, det største feltet i lysegrønn farge, den blå pinen på kartet markerer tettbebyggelsen sin lokasjon.



Figur 3-1 Nedslagsfelt Skotbu tilhører [49]

Nordre Follo kommune har bistått med gjennomføring av prøvetaking av avløpsvannet i Skotbu. Det har ikke vært en del av denne oppgaven å planlegge prøvetakingsprogram for dette området, men det er tatt jevnlig prøver gjennom høsten 2023 for å ha et sammenligningsgrunnlag til det som er gjort i Porsgrunn.

3.2.3 Prøvetaking

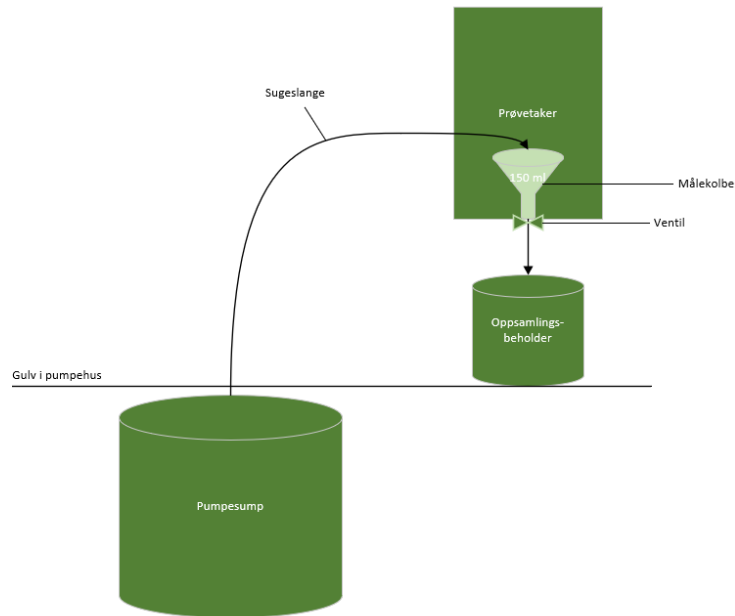
I et forsøk på å kartlegge spesifikk forurensningsproduksjon, samt å vurdere arbeidsomfanget for å beregne virkningsgraden for en enkelt avløpsbane, er det gjennomført en målekampanje. Målekampanjen er gjennomført i utvalgte avløpsbaner i Porsgrunn kommune, i perioden 01.-20.09.2023. Det ble som nevnt, i kapittel 3.2.1, planlagt prøvetaking i fire ulike avløpsbaner.

Prøvetakingsmetode er valgt på bakgrunn av tilgjengelig utstyr, kompetanse og ressurser. I kapittel 2.5 nevnes det at det ikke stilles krav til metode for prøvetaking ute på avløpsnett i EU sitt avløpsdirektiv. Det er dog ingen grunn til å ikke forsøke å tilfredsstille de samme kravene som stilles til prøvetakingsmetode i forbindelse med rensesanlegg.

Porsgrunn kommune gjennomfører jevnlig prøvetaking utvalgte steder på avløpsnett og det ble derfor bestemt at prøvetakingsmetoden skulle tilstrebes å være lik kommunens praksis. Det ble gjennomført opplæring av prøvetaking med ansatt i kommunen som regelmessig utfører prøvetaking.

Porsgrunn kommune benytter prøvetakere av typen MJK 780 Sampler. Dette er en type automatisk prøvetaker som kan ta både mengde- og tidsproporsjonale prøver. Om det skal utføres mengdeproporsjonale prøver må prøvetakeren være tilkoblet en mengdemåler [50]. Mengdemåler har ikke vært tilgjengelig i forbindelse med denne målekampanjen, det er derfor anvendt tidsproporsjonal prøvetaking. Prøvetakeren er en vakuumpåvirket prøvetaker bestående av sugeslange, vakuumpumpe, styringsenhet, målekolbe, ventil og utslippsslange. Under utslippsslangen plasseres det en oppsamlingsdunk for oppsamling av primærprøven [34]. Prøvetakerene som er benyttet er portable og er derfor ikke utstyrt med kjøleskap.

Prøvetakeren fungerer slik at den suger opp en prøve fra prøvepunktet med et gitt tidsintervall, intervallet kan justeres i styringsenheten. Målekolben fylles først helt opp før den slipper overskytende prøvevolum ut igjen gjennom sugeslangen, ønsket prøvevolum innstilles på forhånd ved å justere innløpsrørets høyde i kolben. Deretter åpnes ventilen under målekolben og slipper prøvevolumet ned i oppsamlingsdunken [51]. Figur 3-2 illustrerer prøvetakingsprosessen.



Figur 3-2 Prinsipp for prøvetaking i pumpesump

Prosedyren som kommunen benytter seg av ved prøvetaking er i grove trekk som følgende[51]:

Oppstart av prøvesyklus:

- Inspisere sugeslange for gjentetting og sammenklemning
- Pluggkjøre sugeslange to ganger ved hjelp av skumgummiplugg og kompressor
- Kontrollere prøvevolum i målekolbe
- Testkjøre prøvetaker for å kontrollere at prøve blir hentet opp problemfritt

Avslutning av prøvesyklus

- Slå av prøvetaker
- Røre med åttetallsbevegelse i oppsamlet primærprøve i oppsamlingsdunk slik at prøven blander seg
- Ta ut sekundærprøve fra primærprøve med litermåll
- Helle sekundærprøve over på beholder som merkes med prøvested og dato for å sendes til lab for analyse.
- Rengjøring av målekolbe, utslippslange og oppsamlingsdunk ved hjelp av varmt vann og flakseborste.

Når det gjennomføres prøvetaking av avløpsvann, er det flere risikofaktorer involvert. Risikofaktorer som er til stede er blant annet gassforgiftning, fall, eksplosjon, oksygenmangel og smittefare [34]. Derfor er det i forbindelse med prøvetakingen gjennomført en risikovurdering og gjort nødvendige tiltak ut ifra denne. Risikovurdering fremkommer av Vedlegg 1 – Prøvetakingsrapport.

Prøvetakingen er i hovedsak utført av forfatteren selv, men noen av prøvene er også utført av bachelorstudent ved USN i forbindelse med hans fag «Ingeniørpraksis» høsten 2023, da han har hatt praksisplass hos Porsgrunn kommune. For å sørge for at prosedyrer blir fulgt er det utarbeidet en sjekkliste for verneutstyr og gjennomføring av prøvetakingen, Figur 3-3 viser punktene i sjekklisten. Utfylte sjekklister fremkommer av Vedlegg 1 – Prøvetakingsrapport. Sjekklisten fungerer i dette tilfellet også som en transportjournal, da tidspunkt for avslutning av prøvesyklus og plassering i fryser inngår.

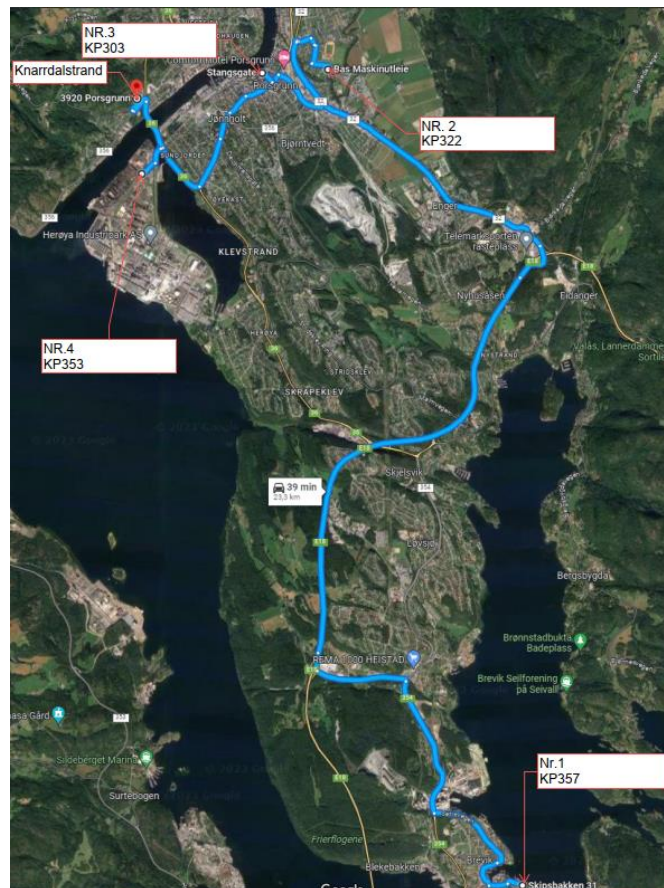
Dato	
Navn på pumpestasjon	
Nødvendig verneutstyr	
Vernebriller	Kontr.
Engangsmunnbind	
Engangshansker	
Prosedyre for innhenting av prøver	
Avsluttet prøvesyklus	Tidspunkt
	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.
Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	Kontr.
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.
SIGN	

Figur 3-3 Sjekkliste for gjennomføring av prøvetaking

Det er utarbeidet et måleprogram, dette er vedlagt i Vedlegg 1 – Prøvetakingsrapport. Måleprogrammet er tilpasset Porsgrunn kommune sitt eget måleprogram for å unngå at prøvetakere er planlagt anvendt en annen plass på det aktuelle tidspunktet. Programmet er også tilpasset forfatterens og bachelorstudent sin timeplan slik at det har vært mulig å gjennomføre utenfor arbeidstid, og derfor er oppstart av prøvetakingsperioden i hovedsak lagt til kveldstid. Det er planlagt å gjennomføre målinger slik at alle ukedagene blir dekket av målekampanjen, da det er interessant å kartlegge eventuelle variasjoner som kan forekomme i ukedager og helger. Hver prøvesyklus er lagt opp til å bestå av 24 timer, dette gjør at tidspunktet for oppstart vil forskyve seg med den tiden det tar å avslutte prøvesyklus, ta ut sekundærprøve og vaske utstyr fra dag til dag. Reelle tidspunkt for oppstart og avslutning av sykluser er vist i vedlagte sjekklister.

Det er valgt å gjøre målinger på fosfor og BOF₅ i alle målepunkter. Prøvebeholderne som leveres til laboratorium merkes med dette, samt dato for opphenting av prøve og hvilket prøvepunkt den er tatt i. Prøver skal plasseres i fryseren, som befinner seg på Knarrdalstrand renseanlegg, så fort det lar seg gjøre. Dette fordi de ikke kan leveres til laboratorium umiddelbart og Porsgrunn kommune leverer prøvene fra renseanleggene sine med jevne mellomrom, de aktuelle prøvene vil derfor bli levert samtidig som disse. Fryseren holder en temperatur på -21°C [39].

Det er planlagt å ta prøver i alle prøvepunkter på samme dag, derfor er måleprogrammet lagt opp slik at den første prøvesyklusen som igangsettes er ved det prøvepunktet som befinner seg lengst unna fryseren. Dermed vil dette også være det prøvepunktet som avsluttes først, slik at transportetappen med opphentede prøver blir så kort som mulig. Figur 3-4 viser at planlagt kjørerute i ett strekk vil ta 39 min, om det antas at det tar 15 min å ta opp hver prøve vil det ta omtrent 1 time og 50 min før den første opphentede prøven befinner seg i fryseren. Norsk Vann sin rapport nr. 182 beskriver at transporttid bør være kortere enn 24 timer om det skal analyseres på organisk stoff. Det nevnes også i teorikapittelet at transporttemperaturen bør ligge mellom 1-5 grader. Dette ble ikke oppfattet før målekampanjens oppstart og er ikke overholdt.



Figur 3-4 Planlagt kjørerute for opphenting av prøver.

Reell tid fra prøvene ble opphentet til de ble plassert i fryseren fremkommer av Vedlegg 1- Prøvetakingsrapport. Prøvetakingsrapporten som det henvises til omfatter planlagt måleprogram, justert måleprogram, risikovurdering og utfylte sjekklister for prosedyre og transport, samt resultater fra laboratorieanalyser.

Ovennevnt prosedyre gjelder kun prøvetakingen som er gjennomført i Porsgrunn kommune. Nordre Follo har også utført døgnblandeprøver, men har selv hatt ansvar for gjennomføring og prosedyrer.

3.3 Beregninger

I dette underkapittelet gjøres det rede for hvilke beregninger som er gjort for å komme frem til spesifikk forurensningsproduksjon og virkningsgrad i de ulike sonene. Selve beregningene er utført ved benyttelse av Microsoft Excel ved benyttelse av formlene som er beskrevet i dette underkapittelet. Resultatene fremstilles i tabellform i kapittel 4.2. Først gjøres det rede for de generelle beregningene som er gjort. For enkelte av sonene er det gjort spesielle beregninger, disse gjøres rede for i underpunkter på slutten av dette kapittelet.

For å kunne anvende resultatene fra målekampanjen og mottatt data har det vært nødvendig med en grad av databehandling, da resultatene har blitt mottatt på PDF-format. Data om avløpsmengder og nedbørmengder er mottatt i form av pivottabeller fra kommunene. Ubehandlede analyseresultater fra målekampanje i Porsgrunn kommune er vedlagt i Vedlegg 1-Prøvetakingsrapport.

Analyseresultater har blitt mottatt som konsentrasjon i mg/l og avløpsmengder i periodene som m³ og l/s. For å gjøre dataene mer håndterbare i senere beregninger, har avløpsmengdene blitt omregnet til liter totalt for perioden ved å dividere total mengde med antall sekunder i perioden eller omregnet fra m³ til liter. Måleperiodene har enkelte ganger avviket fra 24 timer, med opptil fire timer på det meste. I disse tilfellene har det blitt justert for dette avviket og omregnet til liter i døgnet som vist i Formel 3-1.

Formel 3-1 Korrigering for måleperioder som fraviker 24 timer i varighet

$$\frac{\text{total mengde i perioden (l)}}{\text{periodens varighet (t)}} * 24t = \text{total mengde per døgn } \left(\frac{l}{d}\right)$$

l = liter

t = timer

d = døgn

Neste steg i beregningene er å korrigere for pendling ut og inn av hver enkelt sone i forbindelse med skole, barnehage, arbeid og diverse virksomheter. Dette er gjort med informasjon om innbyggertall og virksomheter, beskrevet i kapittel 3.2, som input. Korreksjonsfaktorer som er benyttet er basert på spesifikke mengder BOF₅ gitt i NS 9426 [15], de samme faktorene blir anbefalt i Norsk Vann sin rapport nummer 227 [3]. Tabell 3-8 viser korreksjonsfaktorene som er benyttet i denne oppgaven, for oversikt over korreksjonstall for andre virksomheter henvises det til NS 9426.

Tabell 3-8 Korreksjonsfaktor for virksomheter, ved beregning av forurensningsproduksjon

Virksomhet	Enhet	Antall personekvivalenter per enhet
Fastboende	1 person	1
Skole/barnehage	1 elev	0,3
Arbeidsplass	1 yrkesaktiv	0,4
Restauranter/kaféer	1 stol	0,25
Forsamlingslokaler	1 sitteplass	0,03

For beregning av justert antall personenheter i sonen er Formel 3-2 benyttet. Benevningene i formelen er tilsvarende de som benyttes i Norsk Vann sin rapport nummer 227 [3].

Formel 3-2 Beregning av justert antall personenheter i avløpssonen [3]

$$R_p - R_{ya} + R_{pa} = R_{PE}$$

R_p = Antall bosatte i sonen

R_{ya} = Fratrek for fravær fra bolig for fastboende

R_{pa} = Tillegg for virksomhet i sonen

R_{PE} = Justert antall personenheter

Deretter er Formel 3-3 benyttet for å beregne spesifikk forurensningsproduksjon i gram per personenheter i døgnet.

For ordens skyld omtales heretter forurensningsproduksjon beregnet basert på måleresultater som «målt forurensningsproduksjon», og beregnet forurensningsproduksjon basert på spesifikke tall fra litteraturen som «forventet forurensningsproduksjon», det samme gjelder for målt og forventet konsentrasjon.

Formel 3-3 Beregning av målt forurensningsproduksjon per personenheter

$$\frac{\frac{mg}{l} * l}{R_{PE}} \div 1000 = \frac{g}{p * d}$$

mg/l = Målt forurensningskonsentrasjon

l/d = Total mengde avløpsvann i perioden

R_{PE} = Justert antall personenheter

g/p*d = Målt forurensningsproduksjon

Resultatet av Formel 3-3 er spesifikk forurensningsproduksjon per person i døgnet ved antatt virkningsgrad på ledningsnettet lik 100%.

For å avdekke differansen mellom de spesifikke verdiene som er oppgitt i litteraturen og de målte verdiene, er forventet konsentrasjon beregnet med de anbefalte spesifikke verdiene anbefalt av Norsk Vann, som input. Benyttede spesifikke verdier er vist i Tabell 3-9.

Tabell 3-9 Benyttede verdier for spesifikk forurensningsproduksjon [3, 24]

Forurensningskomponent	Verdi	Enhet
Fosfor (Tot-P)	1,8	g/pe*d
Nitrogen (Tot-N)	12	g/pe*d
BOF ₅	60	g/pe*d
KOF	120	g/pe*d

Benyttet formel for utregning av forventet forurensningsproduksjon er vist under, i Formel 3-4.

Formel 3-4 Beregning av forventet forurensningskonsentrasjon

$$\frac{\left(\frac{g}{pe * d} * R_{PE}\right)}{\frac{l}{d}} * 1000 = \frac{mg}{l}$$

mg/l = Forventet forurensningskonsentrasjon

l/d = Total mengde avløpsvann i perioden

R_{PE} = Justert antall personenheter

g/pe*d = Forventet forurensningsproduksjon

Til slutt er virkningsgraden til avløpsledningsnettet beregnet basert på hvordan forholdet er definert i litteraturen, ved å beregne hvor mange prosent målt forurensningskonsentrasjon utgjør av forventet forurensningskonsentrasjon, ved Formel 3-5.

Formel 3-5 Beregning av virkningsgrad

$$\frac{\text{Målt forurensningskonsentrasjon } \left(\frac{mg}{l}\right)}{\text{Forventet forurensningskonsentrasjon } \left(\frac{mg}{l}\right)} * 100 = \text{Virkningsgrad}(\%)$$

KP303 Sentrum – Porsgrunn kommune

I denne sonen ligger det et kulturhus og en kino, det er valgt å tilegne disse en korreksjonsfaktor per besøkende lik «forsamlingslokaler» i Tabell 3-8, da bruken kan antas å være relativt lik. Det ligger også flere tannlegekontor og skjønnhetssalonger i sonen, for disse er det valgt korreksjonsfaktor tilsvarende restaurant/kafé, da vannforbruket per besøkende vil være høyere enn på en kino eller et kulturhus.

Herøya Industripark – Porsgrunn kommune

For industriparken er det gjort en del omregninger og antagelser i forbindelse med hvor mange som til enhver tid befinner seg på jobb. HIP har bidratt med tall på antall ansatte tilknyttet avløpsnett totalt og hvor mange av disse som er på jobb om natta. Det er antatt at alle de som jobber nattskift har en funksjon som er bemannet hele døgnet og at en slik funksjon har et utslipp på totalt 1,5 personenheter da det er aktivitet 24 timer i døgnet. For å beregne andel av ansatte som er skiftarbeidere er det antatt at alle skiftarbeidere jobber etter en 6-skiftsordning. Det betyr at antall skiftarbeidere totalt beregnes til å være seks ganger så mange som det er på jobb om natta. For å beregne hvor mange dagtidsansatte det er, må antall skiftarbeidere totalt, trekkes fra det totale antallet ansatte. Det er også nevnt i kapittel 3.2.1 at ikke alle sanitærutslipp er tilknyttet ledningsnett, men at en andel er tilknyttet septiktank, dette korrigeres det for ved å multiplisere med tilknytningsgraden. Se Formel 3-6 for utregningsmetode.

Formel 3-6 Beregning av justert antall personenheter for Herøya Industripark

$$R_{PE} = \frac{(R_{Sn} * 1,5) + ((R_a - R_s) * 0,4)}{100} * \text{tilknytningsgrad}$$

R_{Sn} = Antall døgnbemannede funksjoner

R_a = Antall dagtidsansatte

R_s = Antall skiftarbeidere totalt

R_{PE} = Justert antall personenheter

I helgene er det antatt at de som har dagtidsstilling ikke er på jobb og at justert antall personenheter da er antall døgnbemannede funksjoner multiplisert med 1,5.

Det er også gjort antagelser vedrørende spillvannsmengder i døgnet da det er mottatt total vannmengde i prøvemåned på 36 000 m³. Derfor er det antatt lik spillvannsmengde for hver dag i måneden ved å dele total mengde på antall dager i måneden.

Skotbu – Nordre Follo kommune

Fra Nordre Follo er data om aldersfordeling mottatt på et detaljeringsnivå som vist i Tabell 3-7. Innenfor avløpssonen ligger det som nevnt, i kapittel 3.2, en barnehage og en barneskole med 1-4. trinn. Basert på detaljeringsnivå av aldersfordelingen er det antatt at det er like mange barn fordelt på hvert kull i alderen 0-15 og at de i alderen 0-9 år oppholder seg innenfor avløpssonen på dagtid.

3.4 Kildekritikk og resultatenes troverdighet

Kildekritikk bidrar til å øke oppgavens kvalitet og troverdighet. Kildekritikk er utøvd ved å vurdere kildens relevans og pålitelighet, samt å oppsøke den opprinnelige kilden der hvor det er referert til andre publikasjoner. For å sikre kildens troverdighet er det først og fremst benyttet kilder publisert i anerkjente og troverdige publikasjoner innenfor bransjen. Det er også gjort bakgrunnssjekker av forfatterne for å sikre at kilden er skrevet av en anerkjent og pålitelig forfatter med tilstrekkelig faglig tyngde. Kildenes datering er kartlagt og vurdert for å sikre relevans og oppdatert faglig kunnskap. Objektivitet er vurdert og det er etterstrebet å finne flere kilder som bekrefter hverandre der det har latt seg gjøre.

Personlig kommunikasjon er i noen tilfeller referert til som kilde. Denne typen kilde er verdifull for å kartlegge dagens status for temaet i de ulike instansene. Det bør likevel bemerkes at slike kilder ofte gjenspeiler enkeltpersonens synspunkt og oppfatninger, og kan være noe unyansert, det er likevel en gjeldene oppfatning.

4 Resultat

Dette kapittelet tar for seg resultatene av arbeidet i forbindelse med denne oppgaven. Først legges resultatene fra den kvalitative delen av oppgaven, som omfatter litteraturstudie og informasjonsinnhenting, frem. Deretter er resultatene fra den kvantitative delen i forbindelse med kassustudien sammenstilt i tabeller og diagrammer, supplert med forklarende tekst. Kapittel 2 Teori er på mange måter også et resultat av litteraturstudiet.

4.1 Litteraturstudie og informasjoninnhenting

Nødvendigheten av oppgradering og utbygging av renseanlegg, samt utbedring av avløpsnett i Norge generelt, har vært på agendaen i mange år [52]. Ledningsnettets nødvendige funksjon har vært, og er fortsatt i stadig endring, i takt med at klimaet endrer seg og at konsekvensene av tidligere praksis blir synlig. I tidligere år var hensikten å frakte kloakk vekk fra bebyggelsen, med årene begynte utbygging av renseanlegg for å unngå lokal forurensning i resipienter [52]. Ettersom klimaet har endret seg og det stadig blir mer nedbør som belaster avløpsnett, har behovet for å separere gamle fellessystemer meldt seg. Økende mengde nedbør i fellessystemer fører til økt mengde inn på renseanleggene [16]. Renseanleggene mottar da en mengde vann de ikke er dimensjonert for å håndtere og urensset avløpsvann blir sendt ut til resipient i overløp. Avløpsnett over store deler av landet er bygget for mange år siden og begynner å bli gammelt, dette betyr at det kan forekomme mange utette rør og feilkoblinger som fører til fremmedvann på spillvannsnettet. Sammen med useparerte fellessystemer bidrar dette, til tider, med store mengder vann til renseanleggene [16, 24, 52]. For å kunne planlegge og prioritere forbedring av eksisterende avløpsnett er det nødvendig å ha oversikt over de største utslippene av urensset spillvann. Kravene til rensing og utslipp, samt dokumentasjon av dette, blir stadig strengere fra myndighetene sin side, og det foregår i disse dager et arbeid med å revidere EU sitt avløpsdirektiv.

Samtalen som ble gjennomført med representant for Statsforvalteren i Vestland var oppklarende i forhold til hvor kravet om dokumentasjon av virkningsgrad kommer fra, og at hensikten er å oppfylle kravene som stilles i forurensningsforskriften. Det ble avdekket stor variasjon i fremgangsmåte og nøyaktighet, Vedlegg 3 viser dokumentasjon fra fem forskjellige kommuner i Norge og spennvidden på disse. Teksten i vedlegget er noe skrevet om for å anonymisere hvilke kommuner det gjelder. Oppsummering av Vedlegg 3 er vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Dokumentasjon av virkningsgrad i 5 ulike kommuner

Kommune nr. 1	Virkningsgrad på 124% ved utregning. Foreslår å se bort ifra tallene over 100% og svarer med en virkningsgrad på 91%. Beregnet med hensyn på BOF ₅ .
Kommune nr. 2	Svarer med virkningsgrad på 73,76%, men har regnet feil og skulle egentlig rapportert en virkningsgrad på 136%. Beregnet med hensyn på Tot-P.
Kommune nr. 3	Rapporterer kun tap fra overløp med hensyn på spillvannsmengde.
Kommune nr. 4	Rapporterer kun utslipp fra overløp i nødoverløp.
Kommune nr. 5	Har vurdert virkningsgraden på avløpsnettet til 90% basert på lekkasjer. Vurdert lekkasjemengde på bakgrunn av kjennskap til avløpsnettet til 10%. Har rapportert tid i overløp.

Søk i utslippstillatelser på norskeutslipp.no viste stor variasjon i formulering av krav til dokumentasjon fra myndighetene sin side. Enkelte av formuleringene er noe uklare og det kan se ut til at begrepet virkningsgrad til dels er misforstått, utdraget fra tillatelser gitt av Statsforvalteren i Innlandet illustrerer dette, se kapittel 2.2 Krav til rapportering av virkningsgrad.

Hva gjelder tidligere forskning på området er største delen av denne forskningen i Norge utført av Lasse Vråle, som har publisert en del relevant litteratur i omtrent perioden 1985-2017. Tidligere forskning viser at krav til utslipp har blitt strengere med årene. Som et resultat av litteraturstudiet fremkommer det av eldre litteratur at tilknytningsgraden og tilføringsgraden har vært et fokusområde tidligere, spesielt i flere av Vråle sine publikasjoner [1]. Det er også tydelig at tallene for spesifikk forurensningsproduksjon har vært gjenstand for diskusjon flere ganger [12]. Lasse Vråle kom i forbindelse med Sydsbogenstudiet frem til lavere spesifikke forurensningstall enn det som benyttes og anbefales fra Norsk Vann i dag, Tabell 4-2 viser en sammenlikning.

Tabell 4-2 Sammenlikning av spesifikke tall

Parameter	Spesifikk forurensningsproduksjon	
	Norsk Vann	Sydsbogenstudiet
Tot-P (g P/pd)	1,6	1,8
Tot-N (g N/pd)	12	12
BOF ₅ 12 (g O/pd)	39	60
KOF (g O/pd)	94	120

Det har ikke lyktes å finne veiledere eller metoder spesifikt utarbeidet for å dokumentere virkningsgraden til avløpsnett, men det er utarbeidet metoder for å beregne forurensningsutslipp for ulike punkter på nettet [3].

Det er funnet lite til ingen relevant litteratur om temaet fra utlandet.

4.2 Kasusstudie – Målekampanje og beregninger

I dette underkapittelet beskrives resultatene fra målekampanjer og datainnhenting samt beregninger, sone for sone.

Som nevnt i kapittel 3.2.1 Porsgrunn kommune ble det ikke gjennomført prøvetaking i sone KP322-Kjølnes som planlagt. Prøvetaker ble rigget opp og igangsatt, men det lyktes ikke å hente opp noen prøve, antageligvis fordi prøvetakeren ikke hadde kapasitet til å løfte den nødvendige høyden da pumpeumpen var spesielt dyp. Det ble forsøkt med flere forskjellige prøvetakere i ulik høyde uten å lykkes. Prøvetaking fra denne sonen ble derfor skrinlagt. Det var også planlagt å gjennomføre prøvetaking i en kommunal pumpestasjon på Herøya, men da Herøya Industripark tilbød seg å bistå med målinger fra en privat pumpestasjon, inne på området, ble dette valgt som grunnlag for beregninger. Det er altså gjennomført målekampanje i de to sonene KP303-Sentrum og KP357-Skipsbakken. Prøvetakingsrapport for disse sonene følger oppgaven som Vedlegg 1. Nordre Follo kommune gjennomførte også en målekampanje i Skotbu-avløpssone som beskrevet i kapittel 3.2 Kasusstudiebeskrivelse. Resultatene fra målingene og beregningene er sammenstilt i tabell- og diagramform i etterfølgende underkapitler.

4.2.1 Porsgrunn kommune

I dette underkapittelet beskrives resultatene fra de tre sonene i Porsgrunn kommune.

KP357 Skipsbakken

Avløpssonen består av kun boligbebyggelse og har derfor ingen tillegg for virksomhet i sonen utover de fast bosatte, kun fratrukk for fravær fra bolig. Tabell 4-3 viser at etter korrigering for fravær fra bolig er reelt antall personenheter i sonen 143,1 PE.

Tabell 4-3 KP357 Skipsbakken - Justert antall personenheter

	Antall	Justeringsfaktor	Justert antall
Fast bosatte i sonen (p)	184,00	1	184
Tillegg for virksomhet i sonen			
SUM Tillegg (R_{pa})			0,00
Fravær fra bolig			
Barnehage/skole	11,00	0,30	3,30
Arbeidsplass	94,00	0,40	37,60
SUM Fravær (R_{va})			40,90
Personenheter (PE)			143,10

I Tabell 4-4 er resultatene fra prøvetakingen og beregning av forurensningsproduksjon for hvert prøvetakingsdøgn, i gram per persondøgn, sammenstilt. Det er også to kolonner for Tot-P og to for BOF₅ som viser avviket fra den spesifikke forurensningsproduksjonen Norsk Vann anbefaler å benytte ved dimensjonering. Spillvannsmengder og nedbørsmengder er medtatt for å vise eventuell sammenheng mellom disse. For gjeldende avløpssone er det tydelig at nedbørsmengden påvirker mengden i pumpestasjonen, dette er synlig for prøvedøgnene 17.09-18.09 og 18.09-19.09. For de døgnene med 0 mm i nedbørsmengde er spillvannsmengden relativt stabil. Tabell 4-4 viser at Tot-P i snitt ligger 0,15 g/PE*d lavere enn anbefalt verdi på 1,8 g/PE*d og at BOF₅-verdien ligger i snitt 20,66 g/PE*d lavere enn anbefalt verdi på 60 g/PE*d. Dagene med størst nedbørsmengde gir lavest konsentrasjoner av begge komponenter, og en høyere forurensningsproduksjon per PE enn forventet. Det er ingen store ulikheter i konsentrasjonen i helgedagene, men i den første helgen er det noe mindre spillvannsmengde.

Tabell 4-4 KP357 Skipsbakken - Resultater fra målekampanje og beregning av forurensningsproduksjon

KP357							Tot-P		BOF ₅	
Prøveperiode		Tot-P (mg P/l)	BOF ₅ (mg O/l)	Mengde avløpsvann (l/d)	Mengde avløpsvann per PE i døgnet (l/PE*d)	Nedbør (mm)	Målt g/PE*d	Avvik fra 1,8 g/PE*d	Målt g/PE*d	Avvik fra 60 g/PE*d
Start	Slutt									
01.09.2023 Kl 18.42	02.09.2023 Kl 18.48	10,7	255	15 813,60	110,51	0	1,18	-0,62	28,18	-31,82
02.09.2023 Kl 18.55	03.09.2023 Kl 21.41	10,1	253	18 955,73	132,46	0,40	1,34	-0,46	33,51	-26,49
04.09.2023 Kl 11:30	05.09.2023 Kl 11:30	9,65	233	22 064,40	154,19	0,00	1,49	-0,31	35,93	-24,07
05.09.2023 Kl 11.44	06.09.2023 Kl 11.44	8,71	239	22 064,40	154,19	0,00	1,34	-0,46	36,85	-23,15
06.09.2023 Kl 11.53	07.09.2023 Kl 13.02	10,6	243	22 242,82	155,44	0,00	1,65	-0,15	37,77	-22,23
08.09.2023 Kl 18.24	09.09.2023 Kl 18.24	10,4	206	22 437,60	156,80	0,00	1,63	-0,17	32,30	-27,70
15.09.2023 Kl 21:30	16.09.2023 Kl 21:30	9,72	237	25 746,00	179,92	4,20	1,75	-0,05	42,64	-17,36
16.09.2023 Kl 21.37	17.09.2023 Kl 21.25	8,73	213	22 796,40	159,30	0,00	1,39	-0,41	33,93	-26,07
17.09.2023 Kl 21.29	18.09.2023 Kl 17.34	8,07	177	50 349,60	351,85	28,30	2,84	1,04	62,28	2,28
18.09.2023 Kl 17:38	19.09.2023 Kl 19:00	2,52	63	123 295,02	861,60	24,20	2,17	0,37	54,28	-5,72
19.09.2023 Kl 19:05	20.09.2023 Kl 21:00	7,76	197	25 464,74	177,95	0,60	1,38	-0,42	35,06	-24,94
Snitt		8,81	210,55	33 748,21	235,84	5,25	1,65	-0,15	39,34	-20,66

Helgedag

Beregnet virkningsgrad med hensyn på Tot-P, BOF₅ og spillvannsmengde er sammenstilt i Tabell 4-5. Målt konsentrasjon og forventet konsentrasjon er medtatt for å tydeliggjøre grunnlaget for resultatet. Tabellen viser at virkningsgraden er høyere for Tot-P enn for BOF₅ og at den er høyest for begge komponentene i perioden med nedbør. På tørrværsdager er spillvannsmengden stort sett som forventet basert på et forbruk på 150 l/PE*d, i det døgnet med mest nedbør er spillvannsmengden nesten seks ganger så mye som forventet.

Tabell 4-5 KP357 Skipsbakken – Resultater fra beregning av virkningsgrad

KP357		Tot-P				BOF ₅				VG Spillvannsmengde
Start	Slutt	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	
01.09.2023 Kl 18.42	02.09.2023 Kl 18.48	16,29	10,70	5,59	65,69 %	542,95	255,00	287,95	46,97 %	74 %
02.09.2023 Kl 18.55	03.09.2023 Kl 21.41	13,59	10,10	3,49	74,33 %	452,95	253,00	199,95	55,86 %	88 %
04.09.2023 Kl 11:30	05.09.2023 Kl 11:30	11,67	9,65	2,02	82,66 %	389,13	233,00	156,13	59,88 %	103 %
05.09.2023 Kl 11.44	06.09.2023 Kl 11.44	11,67	8,71	2,96	74,61 %	389,13	239,00	150,13	61,42 %	103 %
06.09.2023 Kl 11.53	07.09.2023 Kl 13.02	11,58	10,60	0,98	91,53 %	386,01	243,00	143,01	62,95 %	104 %
08.09.2023 Kl 18.24	09.09.2023 Kl 18.24	11,48	10,40	1,08	90,59 %	382,66	206,00	176,66	53,83 %	105 %
15.09.2023 Kl 21:30	16.09.2023 Kl 21:30	10,00	9,72	0,28	97,15 %	333,49	237,00	96,49	71,07 %	120 %
16.09.2023 Kl 21.37	17.09.2023 Kl 21.25	11,30	8,73	2,57	77,26 %	376,64	213,00	163,64	56,55 %	106 %
17.09.2023 Kl 21.29	18.09.2023 Kl 17.34	5,12	8,07	-2,95	157,75 %	170,53	177,00	-6,47	103,80 %	235 %
18.09.2023 Kl 17:38	19.09.2023 Kl 19:00	2,09	2,52	-0,43	120,62 %	69,64	63,00	6,64	90,47 %	574 %
19.09.2023 Kl 19:05	20.09.2023 Kl 21:00	10,12	7,76	2,36	76,72 %	337,17	197,00	140,17	58,43 %	119 %
Snitt		10,45	8,81	1,63	91,72 %	348,21	210,55	137,66	65,56 %	157 %

Helgedag
VG = Virkningsgrad

Porsgrunn kommune sin GIS-portal viser noen få strekk med fellessystem som kan bidra med noe av fremmedvannet i denne sonen [40].

KP303 Sentrum

Avløpssonen består i hovedsak av næring, det er et tillegg for næring på 307,27 PE og kun 84 fastboende. Det er gjort en spesiell justering for 02.09.23 da dette var en lørdag og det er antatt at det var færre på jobb, spesielt i kontorbaserte virksomheter, denne dagen. Etter justering for fravær fra bolig blir dette til sammen 370,07 PE i ukedagene og 172,11 PE i helgen, Tabell 4-6 viser hvilke justeringer som er gjort.

Tabell 4-6 KP303 Sentrum - Justert antall personenheter i sonen

	Antall	Justeringsfaktor	Justert antall
Fast bosatte i sonen (p)	84,00	1,00	84,00
Tillegg for virksomhet i sonen			
Arbeidsplasser	412,50	0,40	165,00
Salongbesøk	264,50	0,25	66,13
Kinobesøk	243,36	0,03	8,11
Kulturhus	110,13	0,25	27,53
Kafeer/restauranter	162,00	0,25	40,50
SUM Tillegg (R_{pa})			307,27
Arbeidsplasser helg	104,5	0,40	41,80
Kinobesøk 02.09.23	192	0,03	5,76
Kulturhus 02.09.23	247	0,25	61,75
SUM tillegg 02.09.23			109,31
Fravær fra bolig			
Barnehage/skole	4,00	0,30	1,20
Arbeidsplass	50,00	0,40	20,00
SUM Fravær (R_{ya})			21,20
Personenheter (PE) 02.09.23			172,11
Personenheter (PE)			370,07

Tabell 4-7 viser resultatene fra målingene gjennomført i Porsgrunn sentrum, sammen med beregning av forurensningsproduksjon for hvert prøvetakingsdøgn i gram per persondøgn. Spillvannsmengder og nedbørsmengder viser sammenhengen mellom disse. De siste kolonnene for Tot-P og BOF₅ viser avviket fra den spesifikke forurensningsproduksjonen Norsk Vann anbefaler å benytte. I likhet med sone KP 357 er det en tydelig sammenheng mellom nedbørsmengden og mengden spillvann i pumpestasjonen. Dette vises spesielt for prøvedøgnet 18.09-19.09. Prøven som er tatt i helgen bemerker seg som det prøvedøgnet med lavest spillvannsmengde i pumpestasjonen, ellers utpeker ikke dette døgnet seg nevneverdig med tanke på konsentrasjoner. Avviket fra forventede verdier for forurensningsproduksjon per PE er størst i døgnet med mest nedbør, det er også da det er målt lavest konsentrasjon av begge komponenter.

Tabell 4-7 KP303 Sentrum- Resultater fra målekampanje og beregning av forurensningsgrad

KP303							Tot-P		BOF5	
Prøveperiode										
Start	Slutt	Tot-P mg P/l	BOF5 mg O/l	Mengde avløpsvann (l/d)	Mengde avløpsvann per PE i døgnet (l/PE*d)	Nedbør (mm)	Målt g/PE*d	Avvik fra 1,8 g/PE*d	Målt g/PE*d	Avvik fra spesifikk verdi
01.09.2023 Kl 19:10	02.09.2023 Kl 20:46	4,73	233,00	27 553,96	160,10	0,00	0,76	-1,04	37,30	-22,70
04.09.2023 Kl 11:45	05.09.2023 Kl 12:39	3,63	159,00	36 078,57	97,49	0,00	0,35	-1,45	15,50	-44,50
05.09.2023 Kl 12:53	06.09.2023 Kl 12:53	4,69	191,00	38 568,60	104,22	0,00	0,49	-1,31	19,91	-40,09
06.09.2023 Kl 13:00	07.09.2023 Kl 13:40	4,41	178,00	32 980,61	89,12	0,00	0,39	-1,41	15,86	-44,14
08.09.2023 Kl 19:05	09.09.2023 Kl 19:15	5,20	248,00	30 701,88	82,96	0,00	0,43	-1,37	20,57	-39,43
14.09.2023 Kl 21:41	15.09.2023 Kl 21:45	4,08	168,00	46 120,32	124,63	0,60	0,51	-1,29	20,94	-39,06
18.09.2023 Kl 17:10	19.09.2023 Kl 19:40	1,41	57,00	261 620,48	706,95	41,20	1,00	-0,80	40,30	-19,70
19.09.2023 Kl 19:47	20.09.2023 Kl 21:20	2,22	88,00	81 731,74	220,86	1,20	0,49	-1,31	19,44	-40,56
Snitt		3,80	165,25	69 419,52	198,29	5,38	0,55	-1,25	23,73	-36,27

 Helgedag

I Tabell 4-8 fremkommer beregnet virkningsgrad med hensyn på Tot-P, BOF₅ og spillvannsmengde. Får å synliggjøre grunnlaget for resultatet er målt konsentrasjon og forventet konsentrasjon medtatt i tabellen. I motsetning til resultatene fra KP357 viser tabellen at virkningsgraden er høyere for BOF₅ enn for Tot-P, men også i denne sonen er den høyest for begge komponentene i perioden med nedbør. Virkningsgraden er i snitt under 40% for begge komponenter. Spillvannsmengden i pumpestasjonen er, på tørrværsdager, litt over halvparten av forventet mengde. På de dagene med nedbør, øker virkningsgraden for alle parameterne, og er oppe i 471% for spillvannsmengde på den dagen med mest nedbør.

Tabell 4-8 KP303 Sentrum - resultater av beregning av virkningsgrad

KP303		Tot-P				BOF5				VG Spillvanns mengde
Start	Slutt	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	
01.09.2023 Kl 19:10	02.09.2023 Kl 20:46	11,24	4,73	6,51	42,07 %	374,78	233,00	141,78	62,17 %	106,73 %
04.09.2023 Kl 11:45	05.09.2023 Kl 12:39	18,46	3,63	14,83	19,66 %	615,44	159,00	456,44	25,84 %	64,99 %
05.09.2023 Kl 12:53	06.09.2023 Kl 12:53	17,27	4,69	12,58	27,16 %	575,70	191,00	384,70	33,18 %	69,48 %
06.09.2023 Kl 13:00	07.09.2023 Kl 13:40	20,20	4,41	15,79	21,83 %	673,25	178,00	495,25	26,44 %	59,41 %
08.09.2023 Kl 19:05	09.09.2023 Kl 19:15	21,70	5,20	16,50	23,97 %	723,22	248,00	475,22	34,29 %	55,31 %
14.09.2023 Kl 21:41	15.09.2023 Kl 21:45	14,44	4,08	10,36	28,25 %	481,44	168,00	313,44	34,90 %	83,08 %
18.09.2023 Kl 17:10	19.09.2023 Kl 19:40	2,55	1,41	1,14	55,38 %	84,87	57,00	27,87	67,16 %	471,30 %
19.09.2023 Kl 19:47	20.09.2023 Kl 21:20	8,15	2,22	5,93	27,24 %	271,67	88,00	183,67	32,39 %	147,24 %
Snitt		14,25	3,80	10,46	30,69 %	475,05	165,25	309,80	39,55 %	132,19 %

Helgedag
VG = Virkningsgrad

Herøya Industripark

Tabell 4-9 viser resultatene av justeringene som er gjort for Herøya industripark. Det er gjort ulike justeringer for ukedager og helgedager, justert antall PE er 202,5 i helgene og 814,5 i ukedagene.


Tabell 4-9 HIP - Justert antall tilstedeværende personenheter

	Antall	Justeringsfaktor	Justert antall
Antall ansatte totalt	2 600,00		
Antall skiftarbeidere som ikke er på jobb	750		
Antall funksjoner døgnbemannet (R _{sn})	150	1,5	225
Antall ansatte dagtid (R _a)	1 700,00	0,4	680
Andel tilkoblet slamavskiller			10 %
Justert antall ansatte helg (PE_h)			202,50
Justert antall ansatte ukedager (PE_u)			814,50

I Tabell 4-10 er måledata mottatt fra industriparken sammenstilt med resultatene fra beregningene av forurensningsproduksjon per PE og virkningsgrad med hensyn til Tot-P og spillvannsmengde. Tabellen viser at det er 15% til 228% høyere konsentrasjon av Tot-P enn forventet de dagene det ikke har kommet noe nedbør, sammenlignet med anbefalte verdier fra Norsk Vann. De prøvedøgnene det er målt nedbør, 14.06-15.06 og 19.06-20.06, tilføres det 18,15% og 27,97% mindre Tot-P enn forventet. Virkningsgraden med hensyn på Tot-P ligger i snitt på 171,15%. Med hensyn på spillvannsmengden ligger den på 98,22% i ukedagene og 252,76% i helgene.

Tabell 4-10 HIP - Resultater fra Målinger og beregnet forurensningsproduksjon

HIP							Tot-P				
Prøveperiode		Tot-P (mg/l)	Mengde avløpsvann (l)	Mengde avløpsvann per PE (l/PE*d)	Nedbør (mm)	Målt g/PE*d	Avvik fra 1,8 g/PE*d	Forventet (mg/l)	VG	VG Spillvannsmengde	
Start	Slutt										
06.06.2023	07.06.2023	19,00	120 000,00	147,33	0,00	2,80	1,00	12,22	155,51 %	98,22 %	
07.06.2023	08.06.2023	24,00	120 000,00	147,33	0,00	3,54	1,74	12,22	196,44 %	98,22 %	
08.06.2023	09.06.2023	26,00	120 000,00	147,33	0,00	3,83	2,03	12,22	212,81 %	98,22 %	
09.06.2023	12.06.2023	20,00	360 000,00	379,15	0,00	26,65	24,85	6,10	328,00 %	252,76 %	
12.06.2023	13.06.2023	27,00	120 000,00	147,33	0,00	3,98	2,18	12,22	220,99 %	98,22 %	
13.06.2023	14.06.2023	24,00	120 000,00	147,33	0,00	3,54	1,74	12,22	196,44 %	98,22 %	
14.06.2023	15.06.2023	10,00	120 000,00	147,33	0,10	1,47	-0,33	12,22	81,85 %	98,22 %	
15.06.2023	16.06.2023	14,00	120 000,00	147,33	0,00	2,06	0,26	12,22	114,59 %	98,22 %	
16.06.2023	19.06.2023	8,10	360 000,00	379,15	0,00	10,79	8,99	6,10	132,84 %	252,76 %	
19.06.2023	20.06.2023	8,80	120 000,00	147,33	0,60	1,30	-0,50	12,22	72,03 %	98,22 %	
Snitt		18,09	168 000,00	193,69	0,07	6,00	4,20	10,99	171,15 %	129,13 %	

 Helgedag
VG = Virkningsgrad

I denne sonen er det også noe fellessystem som kan bidra med fremmedvann [40].

4.2.2 Nordre Follo kommune – Skotbu

I Skotbu-avløpssone i Nordre Follo har justeringer for virksomhet i og utenfor sonen resultert i justert antall personenheter på 362,42, som vist i Tabell 4-11.

Tabell 4-11 Skotbu - Justert antall personenheter

	Antall	Justeringsfaktor	Justert antall
Fast bosatte i sonen (p)	502,00	1,00	502,00
Tillegg for virksomhet i sonen			
Barnehage/skole	69,28	0,30	20,78
Arbeidsplass	12,00	0,40	4,80
SUM Tillegg (R_{pa})			25,58
Fravær fra bolig			
Barnehage/skole	115,46	0,30	34,64
Arbeidsplass	326,30	0,40	130,52
SUM Fravær (R_{va})	165,16		165,16
Personenheter (PE)			362,42

I Skotbu er det målt på flere komponenter enn de andre sonene, det er målt på Tot-P, Tot-N, BOF₅ og KOF. I Tabell 4-12 er resultatene fra målekampanjen i mg/l, mengde avløpsvann og nedbør i prøveperiodene vist. Perioden 30.08-31.08 viser høyest konsentrasjon av alle komponenter, dette døgnet utpeker seg derimot ikke nevneverdig med hensyn på mengde avløpsvann og nedbør, da disse verdiene er relativt like som for de to foregående prøveperiodene. Perioden 12.09-13.09 er også en periode med høye konsentrasjoner sammenlignet med de andre døgnene, før dette prøvedøgnet har det vært to døgn med noe nedbør.

Tabell 4-12 Skotbu - Resultater fra målekampanje

Skotbu		Prøveperiode						
Start	Slutt	Tot-P (mg P/l)	Tot-N (mg N/l)	BOF ₅ (mg O/l)	KOF (mg O/l)	Mengde avløpsvann (l/d)	Mengde avløpsvann per PE (l/PE*d)	Nedbør (mm)
28.08.2023	29.08.2023	2,70	27	79	240	257 000,00	709,11	0,40
29.08.2023	30.08.2023	3,00	30	93	200	231 000,00	637,37	0,00
30.08.2023	31.08.2023	12,00	89	300	990	235 000,00	648,41	0,00
04.09.2023	05.09.2023	3,80	32	96	270	297 000,00	819,48	0,00
06.09.2023	07.09.2023	3,10	29	55	170	297 000,00	819,48	0,00
10.09.2023	11.09.2023	2,90	34	33	110	298 000,00	822,24	0,50
11.09.2023	12.09.2023	2,20	32	49	140	298 000,00	822,24	0,10
12.09.2023	13.09.2023	8,10	70	190	390	298 000,00	822,24	0,00
13.09.2023	14.09.2023	3,2	40	41	130	298 000,00	822,24	0,60
Snitt		4,56	42,56	104,00	293,33	278 777,78	769,20	0,18

Differansen mellom målt og forventet forurensningsproduksjon er framstilt i Tabell 4-13. Prøveperiodene 30.08-31.08 og 12.09-13.09 utpeker seg også her med de største avvikene fra de anbefalte verdiene for alle komponenter.

Tabell 4-13 Skotbu - Differanse mellom målt og forventet forurensningsproduksjon per PE

Skotbu		Tot-P		Tot-N		BOFs		KOF	
Start	Slutt	Målt g/PE*d	Avvik fra 1,8 g/PE*d	Målt g/PE*d	Avvik fra 12 g/PE*d	Målt g/PE*d	Avvik fra 60 g/PE*d	Målt g/PE*d	Avvik fra 120 g/PE*d
28.08.2023	29.08.2023	1,91	0,11	19,15	7,15	56,02	-3,98	170,19	50,19
29.08.2023	30.08.2023	1,91	0,11	19,12	7,12	59,28	-0,72	127,47	7,47
30.08.2023	31.08.2023	7,78	5,98	57,71	45,71	194,52	134,52	641,93	521,93
04.09.2023	05.09.2023	3,11	1,31	26,22	14,22	78,67	18,67	221,26	101,26
06.09.2023	07.09.2023	2,54	0,74	23,76	11,76	45,07	-14,93	139,31	19,31
10.09.2023	11.09.2023	2,38	0,58	27,96	15,96	27,13	-32,87	90,45	-29,55
11.09.2023	12.09.2023	1,81	0,01	26,31	14,31	40,29	-19,71	115,11	-4,89
12.09.2023	13.09.2023	6,66	4,86	57,56	45,56	156,23	96,23	320,67	200,67
13.09.2023	14.09.2023	2,63	0,83	32,89	20,89	33,71	-26,29	106,89	-13,11
Snitt		3,42	1,62	32,30	20,30	76,77	16,77	214,81	94,81

For denne avløpssonen viser Tabell 4-14 resultatene av beregning av virkningsgraden for de respektive komponentene og spillvannsmengden. Tabellen viser store variasjoner i virkningsgrad fra prøveperiode til prøveperiode, i snitt ligger den mellom 127,95% og 269,15% for alle forurensningskomponentene. Tot-N har høyest virkningsgrad i alle periodene. For spillvannsmengden er virkningsgraden i snitt 512,80%. Det tilføres altså nesten seks ganger så mye avløpsvann som 150 l/PE. Den samme prøveperioden som nevnt ovenfor utpeker seg også her med svært høy virkningsgrad for forurensningskomponentene, men ikke med hensyn til spillvannsmengden.

Tabell 4-14 Skotbu – Resultater fra beregning av virkningsgrad

Skotbu		Tot-P				Tot-N				BOFs				KOF				VG Spillvannsmengde
Start	Slutt	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	VG
28.08.2023	29.08.2023	2,54	2,70	-0,16	106,37 %	16,92	27,00	-10,08	159,55 %	84,61	79,00	5,61	93,37 %	169,23	240,00	-70,77	141,82 %	472,74 %
29.08.2023	30.08.2023	2,82	3,00	-0,18	106,23 %	18,83	30,00	-11,17	159,34 %	94,14	93,00	1,14	98,79 %	188,27	200,00	-11,73	106,23 %	424,92 %
30.08.2023	31.08.2023	2,78	12,00	-9,22	432,27 %	18,51	89,00	-70,49	480,90 %	92,53	300,00	-207,47	324,21 %	185,07	990,00	-804,93	534,94 %	432,27 %
04.09.2023	05.09.2023	2,20	3,80	-1,60	173,00 %	14,64	32,00	-17,36	218,53 %	73,22	96,00	-22,78	131,12 %	146,43	270,00	-123,57	184,38 %	546,32 %
06.09.2023	07.09.2023	2,20	3,10	-0,90	141,13 %	14,64	29,00	-14,36	198,04 %	73,22	55,00	18,22	75,12 %	146,43	170,00	-23,57	116,09 %	546,32 %
10.09.2023	11.09.2023	2,19	2,90	-0,71	132,47 %	14,59	34,00	-19,41	232,97 %	72,97	33,00	39,97	45,22 %	145,94	110,00	35,94	75,37 %	548,16 %
11.09.2023	12.09.2023	2,19	2,20	-0,01	100,50 %	14,59	32,00	-17,41	219,26 %	72,97	49,00	23,97	67,15 %	145,94	140,00	5,94	95,93 %	548,16 %
12.09.2023	13.09.2023	2,19	8,10	-5,91	370,01 %	14,59	70,00	-55,41	479,64 %	72,97	190,00	-117,03	260,38 %	145,94	390,00	-244,06	267,23 %	548,16 %
13.09.2023	14.09.2023	2,19	3,20	-1,01	146,18 %	14,59	40,00	-25,41	274,08 %	72,97	41,00	31,97	56,19 %	145,94	130,00	15,94	89,08 %	548,16 %
Snitt		2,37	4,56	-2,19	189,80 %	15,77	42,56	-26,79	269,15 %	78,84	104,00	-25,16	127,95 %	157,69	293,33	-135,64	179,01 %	512,80 %

VG = Virkningsgrad

For å illustrere hvilken påvirkning prøveperioden 30.08-31.08 har for resultatene er denne perioden fjernet i Tabell 4-15. Dette gir en noe mindre virkningsgrad for de ulike stoffene, den varierer da mellom 103,42% og 242,68%.

Tabell 4-15 Skotbu - Resultater av beregning av virkningsgrad uten største avvik

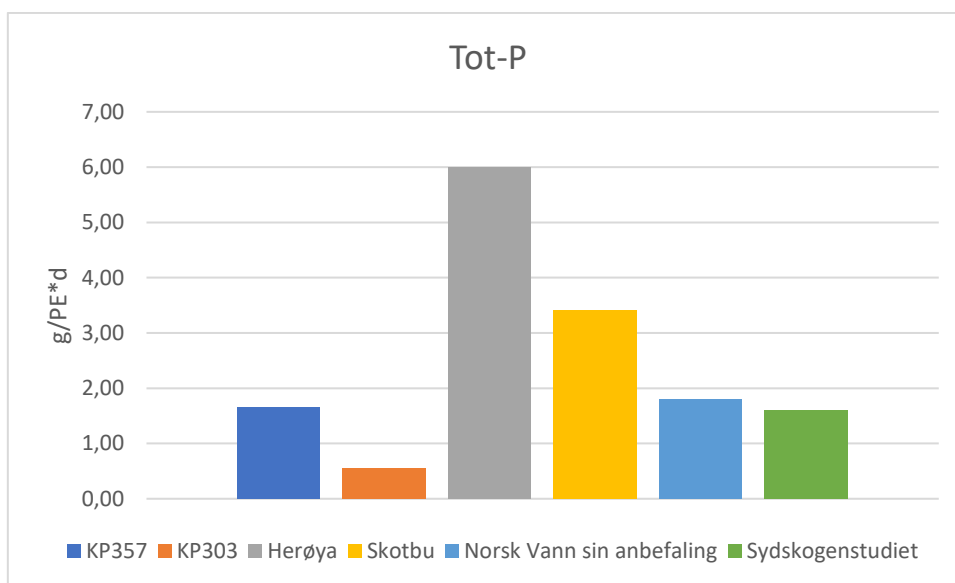
Skotbu		Tot-P				Tot-N				BOFs				KOF				VG
Prøveperiode		Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Forventet mg/l	Målt mg/l	diff	VG	Spillvanns mengde
Start	Slutt																	
28.08.2023	29.08.2023	2,54	2,70	-0,16	106,37 %	16,92	27,00	-10,08	159,55 %	84,61	79,00	5,61	93,37 %	169,23	240,00	-70,77	141,82 %	472,74 %
29.08.2023	30.08.2023	2,82	3,00	-0,18	106,23 %	18,83	30,00	-11,17	159,34 %	94,14	93,00	1,14	98,79 %	188,27	200,00	-11,73	106,23 %	424,92 %
04.09.2023	05.09.2023	2,20	3,80	-1,60	173,00 %	14,64	32,00	-17,36	218,53 %	73,22	96,00	-22,78	131,12 %	146,43	270,00	-123,57	184,38 %	546,32 %
06.09.2023	07.09.2023	2,20	3,10	-0,90	141,13 %	14,64	29,00	-14,36	198,04 %	73,22	55,00	18,22	75,12 %	146,43	170,00	-23,57	116,09 %	546,32 %
10.09.2023	11.09.2023	2,19	2,90	-0,71	132,47 %	14,59	34,00	-19,41	232,97 %	72,97	33,00	39,97	45,22 %	145,94	110,00	35,94	75,37 %	548,16 %
11.09.2023	12.09.2023	2,19	2,20	-0,01	100,50 %	14,59	32,00	-17,41	219,26 %	72,97	49,00	23,97	67,15 %	145,94	140,00	5,94	95,93 %	548,16 %
12.09.2023	13.09.2023	2,19	8,10	-5,91	370,01 %	14,59	70,00	-55,41	479,64 %	72,97	190,00	-117,03	260,38 %	145,94	390,00	-244,06	267,23 %	548,16 %
13.09.2023	14.09.2023	2,19	3,20	-1,01	146,18 %	14,59	40,00	-25,41	274,08 %	72,97	41,00	31,97	56,19 %	145,94	130,00	15,94	89,08 %	548,16 %
Snitt		2,31	3,63	-1,31	159,49 %	15,43	36,75	-21,32	242,68 %	77,13	79,50	-2,37	103,42 %	154,27	206,25	-51,98	134,52 %	522,87 %

VG = Virkningsgrad

4.2.3 Sammenstilling av spesifikke verdier og virkningsgrad

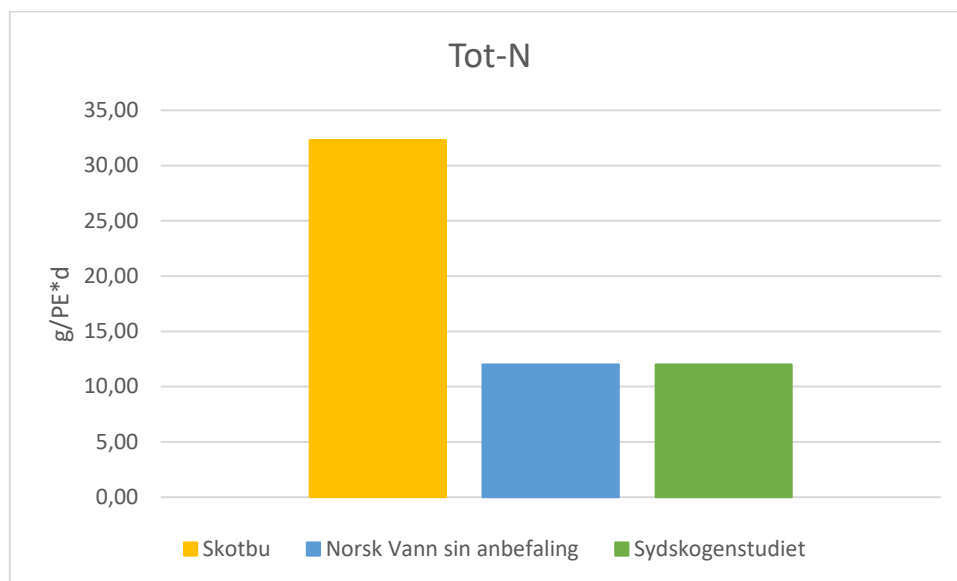
I dette underkapittelet er resultatene fra beregningene av forurensningsproduksjon i g/PE*d for de ulike forurensningskomponentene fremstilt i stolpediagrammer. Verdiene som er illustrert er gjennomsnittsverdiene sammenlignet med anbefalte dimensjonerende verdier fra Norsk Vann og Lasse Vråle sine anbefalinger etter Sydskogenstudiet, se Tabell 4-2 for verdier fra henholdsvis Norsk vann og Sydskogenstudiet.

Figur 4-1 illustrerer forskjellene i mengde Tot-P per personenhet. Herøya Industripark og Skotbu produserer mer enn forventet og KP357 og KP303 produserer mindre enn forventet, men KP357 er svært nære Lasse Vråle sin anbefaling etter Sydskogenstudiet.



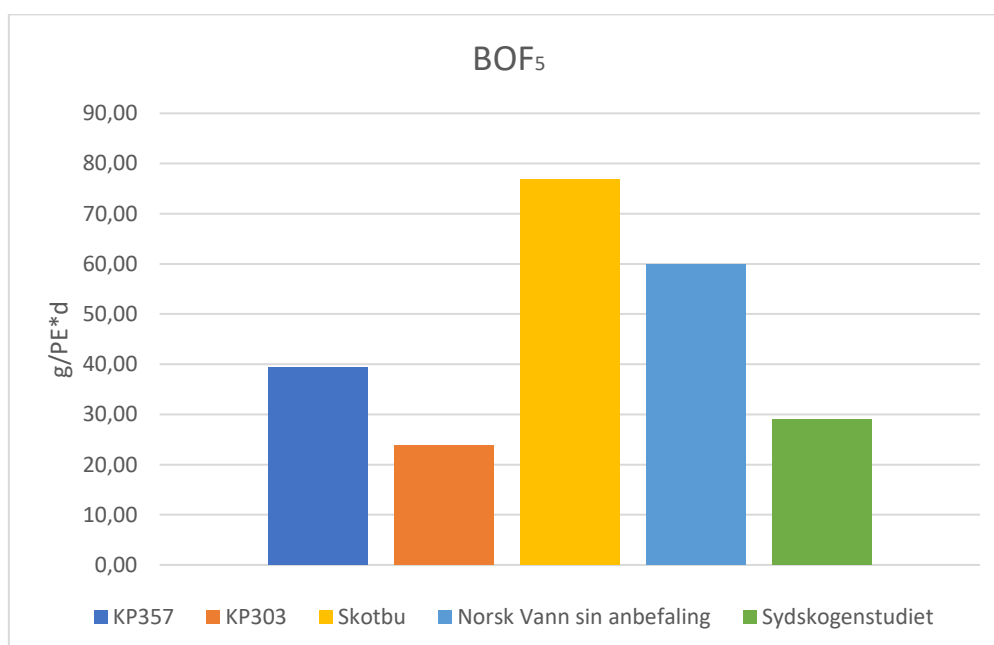
Figur 4-1 Gjennomsnitt Tot-P i g/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde

I Figur 4-2 vises produksjonen av Tot-N for Skotbu sammenlignet med forventet produksjon per personenheter. Det er kun i denne sonen det er målt på denne parameteren. Produksjonen i sonen ligger godt over forventet nivå.



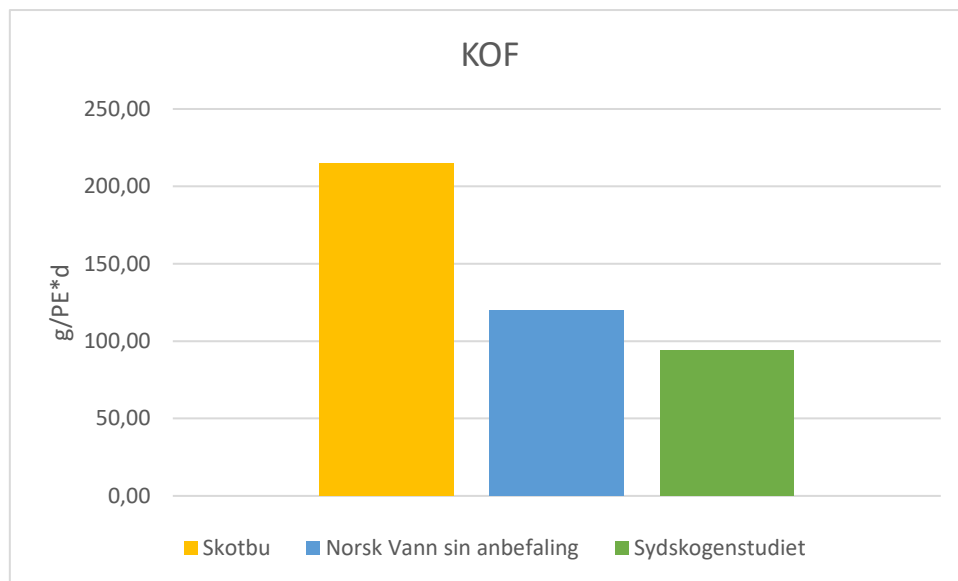
Figur 4-2 Gjennomsnitt Tot-P i g/PE*d fra Skotbu sammenlignet med forventet mengde

Produksjon av BOF₅ for alle sonene utenom Herøya Industripark er illustrert i Figur 4-3. Industriparken er ikke medtatt fordi det ikke er målt BOF₅ i denne sonen. Det er kun Skotbu som ligger over forventet verdi. KP303 har lavest produksjon per personenheter av sonene. Verdiene for både KP357 og KP303 ligger nærmere verdien fra Sydsbogenstudiet enn anbefalt verdi fra Norsk Vann.



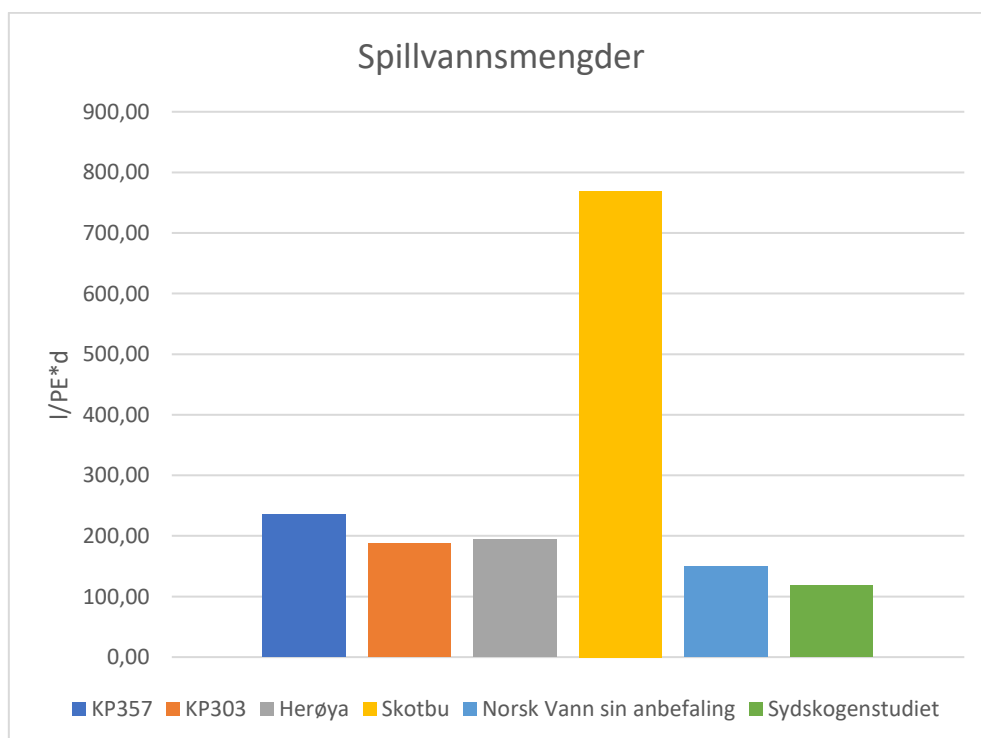
Figur 4-3 Gjennomsnitt BOF₅ i g/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde

Likt som for Tot-N er det kun i Skotbu det er målt på komponenten KOF. Figur 4-4 viser at også for denne parameteren ligger sonen over forventet verdi.



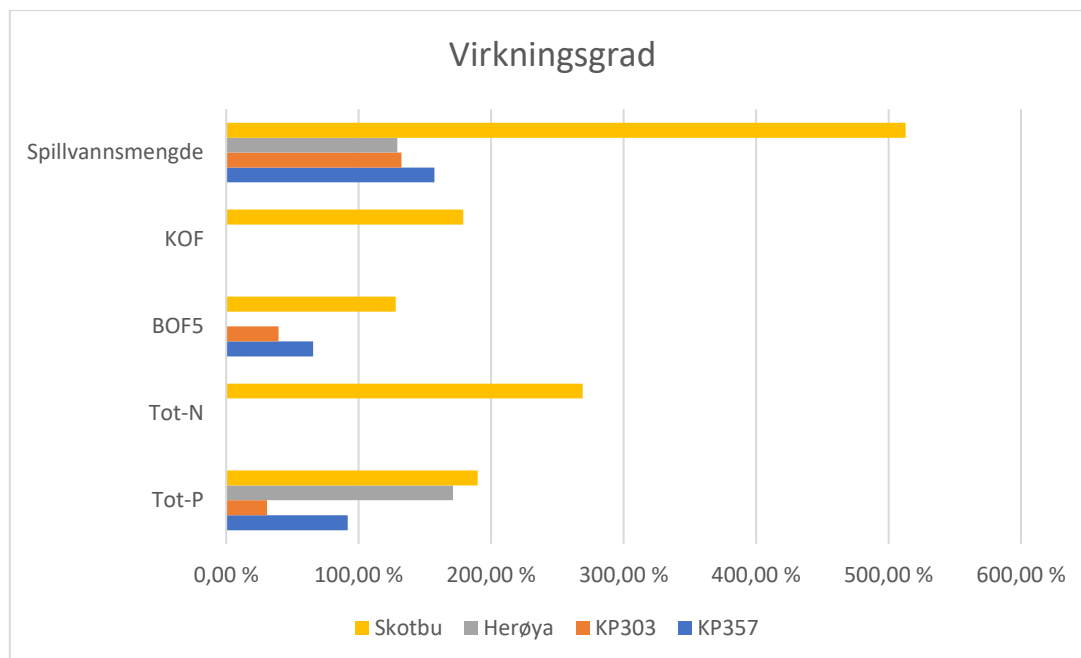
Figur 4-4 Gjennomsnitt KOF i g/PE*d fra Skotbu sammenlignet med forventet mengde

I Figur 4-5 er spillvannsmengder i l/PE*d fremvist. KP357 produserer omtrent 80 liter mer per personenhet enn forventet. KP303 og Herøya Industripark har omtrent lik produksjon, noe over forventet mengde. Skotbu er den som utpeker seg mest med godt over 700 l/PE*d



Figur 4-5 Gjennomsnitt spillvannsmengde i l/PE*d fra de ulike sonene sammenlignet med forventet mengde

Figur 4-6 viser en sammenligning av virkningsgraden med hensyn på spillvannsmengden og de ulike forurensningskomponentene. Av figuren ser man at alle sonene har en virkningsgrad på over 100% hva gjelder spillvannsmengden. Skotbu har virkningsgrad på over 100% på alle komponenter. KP357 og KP303 ligger under 100% på BOF₅ og KOF. Industriparken ligger nesten på 200% på Tot-P. Virkningsgraden er basert på de anbefalte verdiene for forurensningsproduksjon fra Norsk Vann.



Figur 4-6 Virkningsgrad med hensyn på KOF, BOF₅, Tot-N, Tot-P og spillvannsmengde i de ulike sonene

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene som er presentert i foregående kapittel. Resultatene diskuteres med hensyn på forskningsspørsmålene oppgaven er basert på. Avvik fra forventede resultater belyses og mulige grunner til disse avvikene diskuteres. Kapitlet drøfter svakheter og styrker ved benyttede metoder, mulige feilkilder og forbedringer.

5.1 Litteraturstudie og informasjonsinnhenting

Gjennom litteraturstudiet og informasjonsinnhenting viste det seg at det var utfordrende å finne et konkret opphav til kravet som stilles til dokumentasjon av virkningsgraden. Dette kravet stilles til kommunene gjennom utslippstillatelsen de får av sin respektive statsforvalter. Statsforvalteren formulerer utslippstillatelsene sine basert på maler som Miljødirektoratet utarbeider. Miljødirektoratet bidrar i denne sammenheng med å tolke forskriftene. Forurensningsforskriften er i hovedsak den forskriften som skal følges når det omhandler avløpsnett og avløpsrenseanlegg. Denne forskriften er igjen basert på EU sitt avløpsdirektiv som Norge er forpliktet til å følge som et EØS-land. Det står ingen konkret plass at det stilles krav til rapportering av virkningsgraden på avløpsnett. Men det stilles krav til at virksomheter med utslippstillatelse skal dokumentere rensegrad og utslippsmengder, og rapportere dette årlig [14]. Da ikke all forurensning blir sluppet ut ved renseanleggene, men også en del blir sluppet ut før avløpsvannet kommer så langt, ved overløp, utette rør og lignende, kan kravet som stilles til dokumentasjon av virkningsgrad på ledningsnett være et virkemiddel for å oppfylle kravet til dokumentasjon av utslippsmengder fra kommunen.

Som et resultat av litteraturstudiet kom det frem av eldre litteratur at tilføringsgraden har vært et fokusområde tidligere [1]. Etter hvert som avløpsnett har blitt mer og mer utbygd har tilknytningsgraden økt og er ikke lenger en like stor kilde til utslipp. Virkningsgraden til selve avløpsledningsnett er derfor en mer aktuell problemstilling for å kartlegge utilsiktede utslipp av urensset avløpsvann.

Norskeutslipp.no viser at flere kommuner fortsatt har utslipp av urensset avløp. Det kan tenkes at dårlig virkningsgrad i avløpsnett med direkteutslipp er betydningsløst, da utslippet føres urensset ut i resipient uansett, men dårlig virkningsgrad på slike avløpsnett kan føre til forurensning av utilsiktede resipienter langs ledningsnett.

Det kom også frem at ledningsnett over store deler av landet har behov for fornying og at det fortsatt eksisterer en stor andel fellessystemer. Arbeid med separering av disse er på agendaen i flere kommuner. Som en konsekvens av økte nedbørmengder bidrar disse fellessystemene negativt til virkningsgraden fordi kapasiteten ofte sprenges både for pumpestasjoner og renseanlegg, da disse ikke er dimensjonert for å håndtere mengdene [16]. Når kapasiteten overskrides, slippes ofte avløpsvannet urensset ut via overløp.

De siste årene er det lite forskning som er gjort i Norge i forbindelse med dette temaet. Dette fører til at det er en utfordrende parameter å dokumentere, da det er mangel på veiledere og praksis å se til når virkningsgraden skal beregnes. Kravene som stilles til prøvetaking gjør at det er stor variasjon i hvor godt utslipp langs avløpsnett er

dokumentert fra kommune til kommune. Dersom kommunene har lagt seg på et minimum hva gjelder prøvetaking og overvåking av avløpsnett, vil det bli nødvendig med mange antagelser i forbindelse med utregningen. Dette vil øke usikkerheten på resultatet. Mangel på litteratur å støtte seg på, og manglende kjennskap til utslipp fra ledningsanlegget, kan være faktorer som bidrar til at nivået på rapporteringen varierer fra kommune til kommune, slik den gjør i Vedlegg 2.

Tidligere forskning, gjort spesielt av Lasse Vråle, er godt dokumentert og gjennomarbeidet, men begynner å bli gammel og muligens utdatert. Vråle referer i stor grad til seg selv i sine publikasjoner, noe som tyder på liten variasjon i forskningen på temaet også i tidligere år. Dette kan bidra til å svekke troverdigheten og objektiviteten, i og med at ingen har bekreftet forskningen.

Det har som nevnt blitt kartlagt at det er stor variasjon i rapporteringen, og at det er en del som foreløpig ikke har rapportert noe tall for virkningsgraden over hodet. Etter hvert som utslippstillatelsene følges opp, og flere kommuner rapporterer virkningsgraden, vil behovet for målinger langs avløpsnett bli tydelig for kommunene. Dette kan føre med seg at slik overvåking blir høyere prioritert, men det fører naturligvis med seg kostnader og vil antageligvis ta tid da det vil være ønskelig med både mengdemålinger og prøver av avløpsvannets sammensetning, for mest mulig nøyaktige beregninger. Slik overvåking vil for noen kommuner kreve store mengder ressurser, avhengig av eksisterende overvåking og ledningsnettets størrelse.

I Norsk Vann sin rapport nr. 227 frarådes det å gjøre disse beregningene på et for omfattende detaljningsnivå, da dette vil kreve et voldsomt oppdateringsarbeid ved årlig rapportering [3]. Denne oppgaven bygger oppunder denne oppfatningen. På den annen side er det ikke gitt at en overordnet beregning av virkningsgraden til avløpsledningsnett for en hel kommune vil gi et riktig bilde av tilstanden. Ledningsnett kan i teorien være i en slik forfatning at det er like store lekkasjer inn og ut, og dermed ha en virkningsgrad tilnærmet 100%. I slike tilfeller vil ikke beregning av virkningsgraden nødvendigvis bidra til å kartlegge eventuelle lekkasjer, som kan forurense utilsiktede resipienter.

Ulik formulering av kravet i utslippstillatelsene fra kommune til kommune kan være opphav til forvirring og misforståelse av begrepet. I kapittel 2.2 - Krav til rapportering av virkningsgrad, er det hentet ut utdrag fra ulike utslippstillatelser. Formuleringen fra Statsforvalteren i Innlandet tilsier at en nedgang i virkningsgrad er uønsket, men dette er ikke nødvendigvis tilfelle. Dersom kommunen i utgangspunktet har en virkningsgrad på over 100% vil det være ønskelig å senke virkningsgraden, da for høy virkningsgrad kan medføre større risiko for overløpsdrift og utilsiktede utslipp. Det kan òg være en indikasjon på utette ledningsnett som i seg selv ikke er ønskelig. Tilpasning av kravet bør vurderes fra kommune til kommune, i enkelte kommuner kan det være hensiktsmessig å beregne den med hensyn på BOF₅, og i andre kommuner kan det være mer hensiktsmessig å beregne den med hensyn på fosfor, avhengig av tilstanden i resipienten. I noen kommuner kan det også være at urensede direkteutslipp bidrar med mer forurensning enn det dårlig virkningsgrad på avløpsnett gjør. I disse kommunene bør det vurderes om det er viktigere å finne nye løsninger for håndtering av direkteutslippene, enn å bruke ressursene på å beregne virkningsgraden på ledningsnett.

5.2 Kasusstudie – Målekampanje og beregninger

Resultatene fra prøvetakingen og beregningen diskuteres her for hver avløpssone som er undersøkt. Diskusjonen er organisert på samme måte som i resultatkapittelet av hensyn til oppgavens struktur og lesbarhet.

5.2.1 Porsgrunn kommune

Under følger diskusjon av funnene i de tre avløpssonene i Porsgrunn kommune.

KP357 Skipsbakken

I forkant av målekampanjen i denne avløpssonen var det antatt god virkningsgrad på ledningsnett. På bakgrunn av denne antakelsen, samt at avløpssonen kun består av boligbebyggelse, ble det ansett som relevant å sammenligne funnene i denne sonen med anbefalte spesifikke forurensningstall for husholdninger fra Norsk Vann. Uten virksomheter i sonen var det kun nødvendig å justere antall personenheter for fravær fra bolig. Med god oversikt over beboere og aldersfordeling fra Porsgrunn kommune kan denne justeringen ansees som troverdig.

I løpet av målekampanjen var det to dager med, i perioder, store nedbørsmengder. Resultatene viser tydelig at dette påvirker vannmengden i pumpestasjonen da mengdemålingene viser over to ganger så mye som på tørrværsdager den ene dagen, og fem ganger så store mengder den andre dagen. Dette beviser at virkningsgraden ikke var like god som først antatt, i det minste ikke ved store nedbør. Beregningene viser en gjennomsnittlig virkningsgrad for Tot-P på 91,72 %, BOF₅ på 65,56 % og spillvannsmengde på 157 %. På tørrværsdagene ligger virkningsgraden for Tot-P mellom 66 % og 91 %, BOF₅ mellom 47 % og 63 % og spillvannsmengde 74 % og 119 %. Spillvannsmengden som blir tilført pumpestasjonen per persondøgn i sonen, i tørrvær, er altså ganske nære den anbefalte dimensjoneringsverdien fra Norsk Vann. Dette kan tyde på at avløpsnett fungerer godt med hensyn på å håndtere spillvannet fra husholdningene, men at det ved regnhendelser trenger mye fremmedvann inn i systemet. Det er som nevnt i tidligere kapitler noen få ledningsstrek med fellessystem i sonen, det er snakk om 37 meter med ett til tre tilkoblede sandfang [40]. Mengden fremmedvann i pumpestasjonen kan, i tillegg til nevnte fellessystem, skyldes feilkoblinger på ledningsnett fra kommunale sandfang, eller privat drenering og takvann, innlekk av grunnvann og utette kumlokk. Det er ikke kartlagt noen overløp fra overvannsystemet på ledningsnett.

Ved sammenlikning av resultatene fra denne sonen med anbefalte verdier fra Norsk Vann og verdiene fra Sydsbogenstudiet til Lasse Vråle er det interessant å se at verdien for BOF₅ og Tot-P per PE i døgnet ligger nærmere resultatene fra Sydsbogenstudiet enn anbefalinger fra Norsk Vann.

Beregning av gjennomsnittsverdier inkluderer de dagene som skiller seg ut med mye nedbør. Dette bidrar til økt prosentverdi for alle parametere med hensyn på virkningsgraden. Disse dagene kunne vært luket ut av beregningene, men dette er ansett som lite hensiktsmessig da det ikke vil beskrive den reelle virkningsgraden. Positiv virkningsgrad er ikke nødvendigvis mer ønskelig enn negativ virkningsgrad, da det kan være en faktor ved overløpsdrift.

KP303 sentrum

I denne avløpssonen er det mange virksomheter, aktiviteten i sonen vil derfor variere stort fra dag til dag. Beregning av justert antall PE innebærer i dette tilfellet en vesentlig større usikkerhet enn i eksempelvis KP357 og Skotbu. I forkant av målekampanjen var det en forventning om at kinoen og kulturhuset ville være store bidragsytere med tanke på avløpsmengder, da dette er lokaler med mange besøkende i løpet av uken. Når justeringene skulle gjøres ble det tydelig at dette ikke er plassene det forbrukes mest vann per besøkende, da konseptet går ut på å sitte i en sal og se på en forestilling i 2-3 timer. Det lages ikke mat og man kan ikke forvente at alle går på do når de er der. Derimot er det flere skjønnhetssaloner og restauranter i sonen som kan forventes å forbruke vesentlig større mengder vann per besøkende. Aktiviteten i ukedagene sammenlignet med i helgene vil også variere stort, da det er flere kontorlokaler i sonen som står så og si tomme i helgene. Det er gjort en spesiell justering for den ene helgedagen det ble gjort målinger i sonen. Det er mange antagelser involvert i disse justeringene, men en mer detaljert kartlegging av aktiviteten ville være svært ressurskrevende og er vurdert til å ikke være hensiktsmessig for denne oppgaven. Det er grunn til å anta at dette vil bli vurdert som lite hensiktsmessig ved rapportering av virkningsgraden i en kommune også.

Det var forventet større fremmedvannsmengder og dårligere virkningsgrad enn i KP357, da det er større andel fellessystem og Porsgrunn kommune har kartlagt større mengder fremmedvann i denne sonen [42]. Resultatene viser at denne avløpssonen ligger under forventet mengde Tot-P og BOF₅ per PE, og at det er den sonen, av alle de undersøkte sonene, som ligger nærmest både Norsk Vann sin anbefalte dimensjoneringsverdi på 150 l/persondøgn og kartlagt verdi fra Sydsbogenstudiet på 118 l/persondøgn. I løpet av målekampanjen var det én dag med store nedbørsmengder, denne dagen er virkningsgraden spesielt høy med hensyn på alle parametere, for spillvannsmengde er den på 470 %. Disse resultatene bekrefter antagelsene som ble gjort i forkant av målekampanjen.

Dersom justert antall PE benyttet i beregningene er høyere enn reelt antall PE i sonen, kan dette også bidra til at verdiene er lave i forhold til de anbefalte dimensjoneringsverdiene. Det kan òg være en konsekvens av utette rør som fører til mye utlekk i tørrværsperioder og innlekk i nedbørsperioder, eller feilvurderinger i forbindelse med justeringstall for utslipp per personenheter fra de ulike virksomhetene.

Herøya Industripark

Som beskrevet i kapittel 3.3 og vist i Tabell 4-9 er det i denne sonen gjort en justering for antall PE i ukedagen og en i helgen. Av resultatene i Tabell 4-10 vises det at spillvannsmengden per PE blir 379,15 liter i helgene og 147 liter i ukedagene. Den høye verdien i helgene kan komme av feilvurderinger ved justering for antall PE. Det kan også komme av at den totale mengden avløpsvann i måneden er dividert likt på alle månedens dager. Spillvannsmengden kunne vært justert med hensyn på antall ansatte på jobb per dag, heller enn antall dager i måneden, dette kunne gitt et en riktigere fremstilling av mengdene og dermed også forurensningsgraden. I helgene har prøveperioden vært lengre og det vises av resultatene, at forurensningskonsentrasjonen per PE målt i helgene, er vesentlig høyere enn i ukedagene. Teoretisk forurensningsgrad er lavere i helgene fordi det er regnet med færre tilstedeværende PE. Industriparken har en gjennomsnittlig virkningsgrad med hensyn på Tot-P på 171 %, nest høyest etter Skotbu avløpssone. I denne sonen er det som nevnt kun industri og næring, fosfor kan tilføres

spillvannsnettets via innlekk av grunnvann, feilkoblinger eller avrenning fra overflaten. Type industri og stoffer, brukt og produsert, i forbindelse med prosessene inne i industriparken er ikke kartlagt. Det er derfor ikke grunnlag til å komme med uttalelser om enkelte bedrifter kan være kilde til avløpsvann med høyt innhold av fosfor. Det er ikke gjort grunnundersøkelser for å kartlegge eventuelle forurensninger i grunnen, men det er ikke en faktor som helt kan utelukkes, da det har vært ulike typer industri på Herøya siden 1928 [53].

Skotbu

For denne sonen er det grunn til å anta at justeringene som er gjort for antall PE er på et tilfredsstillende nivå, da kommunen har god oversikt over antall beboere og aldersfordeling. Det er riktignok gjort noen antakelser vedrørende klassestørrelse og antall elever på den lokale skolen og barnehagen, men dette vil antageligvis ikke ha store konsekvenser for forurensningen. Denne sonen ble valgt på bakgrunn av sammensetningen og at den var aktuell å sammenligne med KP357. Det var antatt en del fremmedvann, da Nordre Follo kommune hadde god innsikt i dette i forkant. Resultatene viser at dette stemmer. Spillvannsmengden er i snitt fem ganger høyere enn ved beregning med Norsk Vann sine anbefalte verdier. Avløpssonen har virkningsgrad på over 100 % for alle parametere, og har høyest verdier i $g/PE \cdot d$ på alle punkter av de kartlagte sonene, bortsett fra for Tot-P der Herøya Industripark har høyest verdi. Skotbu er den eneste sonen det er målt konsentrasjon av KOF og Tot-N. Nitrogen er interessant i denne sonen da Nordre Follo har krav om rensing av dette stoffet i sitt avløpsvann [54]. Resultatene viser en virkningsgrad på 269 % for Tot-N. For fosfor er virkningsgraden 190 %, dette er dobbelt så mye som i KP357 og seks ganger så mye som i KP303. Mye av forurensningen i denne sonen kommer antageligvis fra avrenning fra jordbruk [54]. Det kan være privatpersoner som har koblet drenering fra jordene sine på kommunalt nett, utette rør og inntrenging av grunnvann. For å konkludere på dette punktet bør avløpsnettets inspiseres både med tanke på tilkoblinger og rørtilstand.

5.3 Feilkilder og svakheter

En del av de mulige feilkildene og grunnene til avvik fra forventede resultater er belyst i foregående underkapitler i forbindelse med diskusjon av resultatene fra litteraturstudiet og kasusstudien. Resterende feilkilder og svakheter i forbindelse med beregninger, antagelser og benyttede metoder vil belyses i dette underkapittelet

5.3.1 Litteraturstudiet

På grunn av manglende internasjonale begreper som beskriver virkningsgrad i forbindelse med avløpsnett godt, har det vært utfordrende å finne god, relevant internasjonal forskning på temaet. Det kan også grunne i at temaet ikke er høyere på agendaen i andre land, enn det er i Norge, da det også har vært utfordrende å finne oppdatert litteratur fra Norge. Mye av teorien er basert på forskning fra Lasse Vråle. Vråle har produsert flere utgivelser, også i forbindelse med andre temaer, og bør derfor ansees som en troverdig forfatter. Dog referer Vråle selv ofte til sin egen forskning og sine egne utgivelser, dette kan være en faktor som svekker objektiviteten i utgivelsene.

5.3.2 Prøvetaking

I forbindelse med prøvetakingen kunne det ført til mer reelle resultater og økt troverdighet dersom det hadde blitt utført mengdeproporsjonal prøvetaking [34]. Prøvetakerne som ble benyttet i Porsgrunn var ikke utstyrt med kjøleskap, dette kan ha

bidratt til endringer i avløpsprøvens sammensetning under prøvetakingsperioden, det samme kan transportetappen fra prøvetakingslokasjon til fryser på Knarrdalstrand [34]. Enkelte av prøvetakingsperiodene har vart i over 24 timer, dette er det gjort justeringer for ved beregninger, men det kan ha bidratt til et feilaktig bilde av konsentrasjonen for det prøvedøgnet perioden representerer.

Enkelte justeringer og forskyvninger i måleprogrammet er utført, men dette ansees ikke som avgjørende for resultatene.

Det er utfordrende å si noe om mengde pendling inn og ut av avløpssonene i helgene, på bakgrunn av målte konsentrasjoner. Konsentrasjonene er relativt like som i ukedagene. For å kunne si noe mer om dette må man ha bedre kjennskap til beboernes aktivitet i helgene. Om de medregnede personenehene forbruker vann utenfor sonen, vil vannmengden trekkes fra på samme måte som forurensningen. Det kan være grunnen til at det ikke gir utslag på konsentrasjonen. Nedbør er det som påvirker konsentrasjonen i størst grad.

5.3.3 Beregninger

Ved beregninger er det alltid en risiko for menneskelige feil, i denne forbindelse kan det være feil bruk av formler, feil i input av formler i Excel eller skrivefeil input-data. Det kan også være feil i måldata eller antagelser. Feilaktige antagelser ved eksempelvis beregning av antall PE eller vannmengder vil forplante seg til sluttresultatet. Feilaktige antagelser i justering for utslipp og antall personeneheter per virksomhet kan i stor grad påvirke resultatet.

Grundigere kartlegging av aktivitet i virksomheten ville bidratt til å øke nøyaktigheten av beregningene. I utregningene for Skotbu og KP357 er det antatt lik aktivitet i helger og ukedager, for KP303 og Herøya Industripark er det gjort justeringer for mindre aktivitet i helgene. Dersom disse justeringene hadde blitt gjort på bakgrunn av andre antagelser enn det som er gjort i denne oppgaven, ville resultatene antageligvis fremstått annerledes. Hvilket detaljeringsnivå det er hensiktsmessig å legge kartleggingen på er utfordrende å ta stilling til, og vil antageligvis variere fra område til område. Det kan også stilles spørsmål ved hvor detaljert informasjon man kan forvente å få tilgang på, når det gjelder oppholdssted for privatpersoner og daglige rutiner.

Ved beregning av virkningsgraden for et helt avløpsnett i tilknytning til et renseanlegg, kan man i teorien beregne forventet forurensningsproduksjon for antall personeneheter tilknyttet. Det bør justeres for inn- og utpendling og type virksomheter i måneden. Man kan da dividere målt forurensningsproduksjon fra renseanlegget på beregnet forurensningsproduksjon for å få en verdi. Om en slik beregning vil ha noe verdi for forvaltning av ledningsnettet er da et spørsmål man kan stille. Det vil kanskje være mer interessant å utføre en slik beregning sone for sone, for å kartlegge kritiske områder hvor virkningsgraden enten er for høy, eller for lav og årsakene til dette.

6 Konklusjon

I dette kapittelet konkluderes det med hensyn på forskningsspørsmålene basert på funnene som er gjort i denne oppgaven.

Hva er grunnlaget for kravene som stilles til rapportering på virkningsgrad for avløpsledningsnett?

Basert på teori og resultater lagt frem i denne oppgaven, fremstår det at kravet til rapportering og dokumentasjon av virkningsgraden til avløpsledningsnett som stilles i utslippstillatelser gitt av Statsforvalteren, har sitt opphav i EU sitt avløpsdirektiv og fungerer som et virkemiddel for å oppfylle krav som stilles i Forurensningsforskriften § 11-5 om at kommunen plikter og årlig rapportere nødvendige opplysninger om avløpsanlegg og utslipp, og § 14-5 om at den ansvarlige skal ha oversikt over alle overløp og lekkasjer av betydning på avløpsnettet.

Hva er status på forskning og praksis i forbindelse med dokumentasjon av virkningsgrad på avløpsledningsnett?

Det er lite ny og oppdatert forskning på feltet i dag, mesteparten av den relevante forskningen som er gjort i Norge, er utført fra midten av 80-tallet og frem til 2010 av Lasse Vråle, og har i utgangspunktet hovedfokus på tilføringsgrad og tilknytningsgrad.

Det er stor variasjon i formuleringen av kravet til rapportering av virkningsgraden i utslippstillatelsene fra kommune til kommune. Det kan se ut til at dette varierer ettersom hvilken stasforvalter som har gitt tillatelsen. Denne variasjonen fører med seg stort sprik i praksis for rapportering fra kommunene. Ulike situasjoner i de ulike kommunene, i forbindelse med overvåking av ledningsnettet, rensemetode og forurensningsutfordringer, gjør det utfordrende å utarbeide en standardisert metode for beregning og rapportering

Hva er virkningsgraden for avløpsnettet i de undersøkte sonene?

Tabell 6-1 viser gjennomsnittlig beregnet virkningsgrad for de ulike sonene med hensyn på de målte forurensningsparametrene og spillvannsmengdene i respektive soner.

Tabell 6-1 Beregnet virkningsgrad fra kasusstudie

Avløpssone	Tot-P	Tot-N	BOF ₅	KOF	Spillvannsmengde
KP357	91,72 %		65,56 %		157,22 %
KP303	30,69 %		39,55 %		132,19 %
Herøya	171,15 %				129,13 %
Skotbu	189,80 %	269,15 %	127,95 %	179,01 %	512,80 %

Verdiene vist i Tabell 6-1 er illustrert som stolpediagram i resultatkapittelet ved Figur 4-6.

Er virkningsgrad en god styringsparameter for avløpsledningsnett?

Virkningsgraden til avløpsledningsnettene er, i teorien, en god styringsparameter for prioriteringen av hvilke tiltak som er nødvendige for å begrense forurensningsutslipp. For at det skal være en god styringsparameter i praksis er det av betydning at grunnlagsdataene er på et tilfredsstillende nivå, og at beregningene blir gjort på et detaljert nok nivå til at resultatene kan benyttes for å detektere eventuelle punkter på avløpsnettet med behov for utbedring. For at dette skal være en nyttig verdi for å kartlegge trender over tid, er det viktig at beregningene blir utført ved bruk av samme metode fra år til år. Det vil dog kreve omfattende målekampanjer og kartlegging, for å komme frem til et nøyaktig svar på hva virkningsgraden er for avløpsnettet i en hel kommune. Nyten av denne verdien bør måles opp mot kostnadene og ressursbruken som kreves for å oppnå tilfredsstillende kvalitet på grunnlagsdataene, for enkelte kommuner kan dette bli svært kostbart. Det kan være andre metoder som er mer hensiktsmessig å benytte for å kartlegge tilstanden på et avløpsledningsnett.

Hva er de største usikkerhetene ved beregning av virkningsgraden på avløpsledningsnett og hva kan eventuelt gjøres for å redusere disse?

Den største usikkerheten vil være kvaliteten på grunnlagsdataene og hvor mange antagelser og hvor nøyaktige justeringer som gjøres for å danne grunnlaget til å utføre en beregning. Det kreves omfattende kartleggingsarbeid og kunnskap om avløpssonens sammensetning for å utføre nøyaktige beregninger. Kommunene i Norge tar i varierende grad prøver av avløpsvannet ute på ledningsnettet og det er stor variasjon i hva slags mengdemåling som blir gjort i de ulike punktene for utslipp og pumping. I praksis vil det ikke være realistisk at alle kommuner i Norge utfører målinger og undersøkelser i så stor grad, og med høy nok nøyaktighet til at en eksakt virkningsgrad kan beregnes. Det er mulig å utføre en målekampanje i likhet med den som er gjennomført i denne oppgaven, men da bør feilkildene elimineres i størst mulig grad

6.1 Videre arbeid

Det er flere ting denne oppgaven ikke rommer, som kan være aktuelt å undersøke videre. Det kan for eksempel være aktuelt å gjennomføre en ekstensiv målekampanje, i likhet med Sydskogenstudiet, for å etterprøve de spesifikke verdiene for forurensningsproduksjon som anbefales av Norsk Vann i dag.

Ettersom trenden tilsier at flere kommuner vil få krav om rapportering av virkningsgraden på avløpsledningsnettet, bør det utarbeides en veiledning for rapportering og legges føringer for hvilket detaljeringsnivå beregningene bør ligge på. Det bør vurderes om detaljeringsnivået kan tilpasses ut ifra tilstand på avløpsnett og overvåkning av dette.

Det ville vært nyttig og utviklet et standardisert format for registrering av grunnlagsdata for beregning. Da kan man lage koblinger mellom grunnlagsdataene og tekstbehandlingsverktøy for å generere rapporter automatisk, da vil man kunne utvikle en standardisert form for rapportering relativt enkelt.

Referanser

Flytt referanselisten hit

- [1] L. Vråle, "Bestemmelse av tilføringsgrad," in "NIVA-rapport," NIVA, 1917, 16.11.1986 1986. [Online]. Available: <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/204625?show=full>
- [2] N. Vann. "Fremmedvann." <https://norskvann.no/ledningsnett-og-teknologi/fremmedvann/> (accessed 27.10.2023).
- [3] R. S. o. O. L. Elisabeth Lyngstad, "Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg," 227, 2017.
- [4] Miljødirektoratet. "Norske utslipp - Virksomheter med tillatelse." Miljødirektoratet. <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90> (accessed).
- [5] A. Heggøy, "Personlig kommunikasjon," ed, 2023.
- [6] N. t.-n. universitet. "Skrive og levere masteroppgave." <https://i.ntnu.no/masteroppgave> (accessed 2023).
- [7] F. f. i. I. f. b.-o. miljøteknikk. "Retningslinjer for gjennomføring av masteroppgaven ved erfaringsbasert masterprogram i veg og jernbane." <https://www.ntnu.no/documents/17420637/0/Retningslinjer+for+masteroppgave+n+erfaringsbasert+masterprogram+veg+og+jernbane+2020.pdf/b1e79a6b-a702-6322-3ff0-649cac70a47f?t=1599725309217> (accessed 2023).
- [8] J. R. Kristiansen, "Virkningsgrad," in *Store Norske Leksikon*, ed: Store Norske Leksikon, 2022.
- [9] S. o. U. i. Bergen, *Bokmålsordboka*, S. o. U. i. Bergen, ed., Språkrådet og Universitetet i Bergen. [Online]. Available: <https://ordbokene.no/bm/68686>. Accessed on: 25.10.2023.
- [10] D. Gundersen, "Rådet for teknisk terminologi," in *Store Norske Leksikon*, ed. Store Norske Leksikon: Store Norske Leksikon, 2005-2007.
- [11] R. f. t. terminologi, *Ordbok for vann og avløp*. no#: Universitetsforlaget (in Flerspråklig Norsk (Bokmål) Engelsk Fransk Tysk), 1977, p. 274 s.
- [12] L. Vråle, "Riktige, spesifikke forurensningstall nødvendig for gjennomføring av funksjonsanalyser for avløpsnett " (in Norwegian), *VANN*, no. 02, p. 10, 2013.
- [13] Den europeiske union. (2014). *Council Directive 91/271EEC of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment*. [Online] Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A01991L0271-20140101>
- [14] *Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)*, K.-o. miljødepartementet 11, 2004.
- [15] *Bestemmelse av personekvivalenter (pe) i forbindelse med utslippstillatelse for avløpsvann*, Standard Norge, 2006.

- [16] L. Vråle, "Fremmedvann - Et stort problem for norske ledningsnett og renseanlegg," (in Norsk), *Vann*, vol. 03, p. 11, 2011.
- [17] Statsforvalteren. "Forurensning " <https://www.statsforvalteren.no/nb/portal/Miljo-og-klima/Forurensning/> (accessed 12.11.2023, 2023).
- [18] (2021). *Tillatelse etter forurensningsloven for Porsgrunn kommune til utslipp av kommunalt avløpsvann og overvann fra Knarrdalstrand avløpsanlegg*. [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [19] (2021). *Tillatelse etter forurensningsloven for Larvik kommune til utslipp av kommunalt avløpsvann og overvann fra Lillevik avløpsanlegg i Larvik tettbebyggelse*. [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [20] (2017). *Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Nøtterøy kommune, til transport av kommunalt avløpsvann og utslipp av overvann fra avløpsanlegg i Nøtterøy tettbebyggelse*. [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [21] (2022). *Ny oversendelse av utslippstillatelse for Gausdal kommune*. [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [22] (2022). *Vedtak om tillatelse etter forurensningsloven for utslipp av kommunalt avløpsvann fra Lørenskog kommune* [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [23] (2022). *Ny utslippstillatelse for avløpsvann og overvann for Lillehammer tettbebyggelse*. [Online] Available: <https://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?SectorID=90&s=100&n=stord>
- [24] S. T. T. Hallvard Ødegaard, Oddvar Lindholm, Stein Wold Østerhus, Sveinung Sægrov, Gunnar Mosevoll, Arve Heistad, H. Ødegaard, Ed. *Vann- og avløpsteknikk*, 2 ed. Norsk Vann: Norsk vann (in Norsk), 2014, p. 664.
- [25] Miljødirektoratet. "Fosfor total Tot-P." Miljødirektoratet. <https://www.norskeutslipp.no/no/Komponenter/Utslipp/Totalfosfor/?ComponentType=utslipp&ComponentPageID=231&SectorID=100> (accessed).
- [26] NIBIO, *Gjødslingshåndboka*: Norsk institutt for bioøkonomi, 2012. [Online]. Available: <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel/1.naeringsinnhold-i-husdyrgjodsel-tabeller>.
- [27] R. Biørnstad, "Konsekvenser av tiltak overfor fosfatholdige vaskemidler," (in Norsk), *VANN*, Innlegg no. 2, p. 6, 29.03.1982 1982. [Online]. Available: <https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/konsekvenser-av-tiltak-overfor-fosfatholdige-vaskemidler/>.

- [28] Miljødirektoratet. "Veileder: Importere kjemikalier (stoff eller stoffblandinger)." Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/for-naringsliv/importere-kjemikalier-eller-produkter/importere-stoffer-og-stoffblandinger/importere-stoffer-eller-stoffblandinger/vaskemidler/> (accessed).
- [29] L. Vråle, "Forurensningsmodell for avløpsvann fra boliger - Bestemmelse av spesifikke tall," in "NIVA - Rapport ", Norsk institutt for vannforskning, 2030, 15.03.1987 1987.
- [30] Miljødirektoratet. "Nitrogen total (Tot-N)." <https://www.norskeutslipp.no/no/Komponenter/Utslipp/Nitrogen-total/?ComponentType=utslipp&ComponentPageID=226> (accessed 12.11.2023, 2023).
- [31] L. vråle, "Spesifikt vannforbruk sydskogen - Røyken 1981 og 2010," (in Norsk), *Vann*, vol. 02, p. 12, 2012.
- [32] B. R. Erik Johannessen, Eirik Bjørn, Hallvard Ødegaard og Bjarne Paulsrud, "Veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg," Norsk Vann, Norsk Vann, 06.2020 2020.
- [33] European Union. (2004). *Good laboratory practice*. [Online] Available: <https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/research-development/compliance/good-laboratory-practice-compliance#:~:text=The%20principles%20of%20Good%20Laboratory%20Practice%20%28GLP%29%20define,are%20planned%2C%20performed%2C%20monitored%2C%20recorded%2C%20reported%20and%20archived.>
- [34] R. Storhaug, "Prøvetaking av avløpsvann og slam," in "Norsk Vann Rapport," Norsk Vann, 182, 15.02.2011 2011.
- [35] N. V. BA. "Om Norsk Vann." <https://norskvann.no/om-norsk-vann/> (accessed 2023).
- [36] S. VA/Miljø-blad. "VA/Miljø-blad stiftelsen." <https://www.va-blad.no/> (accessed 08.11.2023).
- [37] N. Vannforening. "Om foreningen." norsk vannforening. <https://vannforeningen.no/om-foreningen/> (accessed 08.11.2023).
- [38] P. kommune. "Avløpsanlegg." <https://www.porsgrunn.kommune.no/vann-vei-og-renovasjon/avloep/avloepsanlegg/> (accessed 04.11.2023, 2023).
- [39] P. kommune, "Personlig kommunikasjon med Porsgrunn kommune," ed, 2023.
- [40] G. Portal, "Gemini Portal for Porsgrunn kommune," ed, 2023.
- [41] S. sentralbyrå. "Kommunefakta Porsgrunn (Vestfold og Telemark)." <https://www.ssb.no/kommunefakta/porsgrunn> (accessed).
- [42] P. kommune, "Fremmedvannskartlegging," ed, 2023.
- [43] P. o. E. G. Proff. Enento Group. <https://www.proff.no/> (accessed 2023).
- [44] H. Industripark. "Bedrifter i industriparken." <https://www.heroya-industripark.no/om-industriparken/bedrifter-i-industriparken> (accessed).

- [45] H. Industripark, "Møte med Herøya Industripark," E. Lien, Ed., ed, 2023.
- [46] S. sentralbyrå. "Kommunefakta Nordre Follo (Viken)." <https://www.ssb.no/kommunefakta/nordre-follo> (accessed).
- [47] G. Thorsnæs, "Vansjø," in *Store Norske Leksikon*, ed: Store Norske Leksikon, 2021.
- [48] G. Thorsnæs, "Mossevasstraget," in *Store Norske Leksikon*, ed, 2023.
- [49] Scalgo Live [Online] Available: <https://scalgo.com/>
- [50] MJK. "780 Sampler." <https://mjk.com/mjk-product-line/analytical-measurement/water-sampling/780-sampler> (accessed).
- [51] P. kommune, "Innføring i prøvetaking," E. Lien, Ed., ed, 2023.
- [52] T. A. Johansen, *Det viktige vannet - Norsk vann- og avløpshistorie*. Interconsult ASA, 2004.
- [53] H. Industripark. "Vår historie." <https://www.heroya-industripark.no/om-industriparken/vaar-historie> (accessed).
- [54] R. M. Aamodt, "Personlig kommunikasjon," E. Lien, Ed., ed, 2023.

Vedlegg

Vedlegg 1: Prøvetakingsrapport

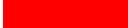





Vedlegg 2: Eksempler på rapportering fra 5 ulike kommuner

Vedlegg 1 - Prøvetakingsrapport

Planlagt måleprogram

Planlagt måleprogram		Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
	29.aug	30.aug	31.aug	01.sep	02.sep	03.sep	04.sep	05.sep	06.sep	07.sep	08.sep	09.sep	10.sep	10.sep
07:00		E	E	E	E	E	E							
08:00														
09:00														
10:00							E	H	H	H				
11:00														
12:00														
13:00										E	E	E		
14:00														
15:00	E													
16:00														
17:00														
18:00														
19:00														
20:00														
21:00														
22:00														
23:00														
00:00														

Fargekoder

	Prøvetakere opptatt
	Sette ut prøvetakere
	Hente inn prøver og starte ny døgnblandeprøve
	Hente inn prøver
	Start ny døgnblandeprøve
	Hente inn prøver og sette tilbake prøvetakere

Ansvarlig for gjennomføring

E = Elin
H = Håvard

Faktisk måleprogram

Faktisk måleprogram		Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag		
		29.aug	30.aug	31.aug	01.sep	02.sep	03.sep	04.sep	05.sep	06.sep	07.sep	08.sep	09.sep	10.sep	11.sep	12.sep	13.sep	14.sep	15.sep	16.sep	17.sep	18.sep	19.sep	20.sep	21.sep		
07:00																											
08:00																											
09:00																											
10:00																											
11:00																											
12:00								E - Begge	H - KP357	H - KP357																	
13:00								H - KP303	H - KP303	E - Begge																	
14:00																											
15:00	E - Begge																E - Begge										
16:00																											
17:00																											
18:00																							E - KP303				
19:00					E - Begge	E - KP357	E - KP357																E - KP357				
20:00												E - Begge	E - KP357										H - KP303				
21:00						E - KP303																				E - Begge	
22:00																											
23:00																											
00:00																											

- Fargekoder
- Prøvetakere opptatt
 - Sette ut prøvetakere
 - Hente inn prøver og starte ny døgnblandeprøve
 - Hente inn prøver
 - Start ny døgnblandeprøve
 - Hente inn prøver og sette tilbake prøvetakere

Ansvarlig for gjennomføring
 E = Elin
 H = Håvard

* Når det står "Begge" i cellene, gjelder det begge prøvetakingspunkt

Risikovurdering

Nr	Tema	Usikkerhet/Hendelse	Mulig egenskap	Kriterie (tid, kostnad, kvalitet osv)	Usikkerhets gradering (se	Potensiell konsekvens (sum)	Tiltak/ kommentar
					Kritikalitet		
1	Medarbeider	Fall ned i pumpestasjon		Helse		Død	Rist over pumpeump skal være lukket til enhver tid
2	Medarbeider	Gassforgiftning		Helse		Død	Ventilasjon i pumpestasjon skal være påslått ved opphold i pumpestasjon. Arbeidet kan med fordel foregå med åpen dør dersom det ikke er fare for uvedkomende.
3	Medarbeider	Fall på glatt underlag		Helse		Hjernrystelse, benbrudd, blåmerker	Prøvetaker må se seg for å vurdere underlaget før hen enterer pumpestasjon
4	Medarbeider	Smittefare		Helse		Sykdom	God hygiene, engangshansker, engangsmunnbind og vernebriller skal benyttes. Arbeidsklær skal benyttes i forbindelse med prøvetakingen. Dette settet med arbeidsklær skal ikke benyttes i andre miljøer der det kan føre til smittefare for tredjepart. Dersom sprut fra avløpsvann treffer prøvetaker eller dens klær, skal prøvetaker og tøy spyles omgående.
5	Medarbeider	Oksygenmangel		Helse		Besvimmelse, død	Luftleanlegg i pumpestasjon skal være på under arbeid. Arbeidet kan med fordel foregå med åpen dør dersom det ikke er fare for uvedkomende

Prosjekt			
Usikkerhetsgrad / Sannsynlighet	Påvirkningsgrad (konsekvens)		
	1	2	3
Liten/neglisjerbar påvirkning på prosjektet (enå/neglisjerbare tap)	M/derat påvirkning på prosjektet (vil ikke stans/hindre prosjektet, men så negativt ut)	Høy påvirkning på prosjektet (kan stanse/hindre prosjektet)	
3 Høy usikkerhet. Mer enn 40% sannsynlighet for at "usikkerheten" inntreffer			
2 Moderat usikkerhet. I området 20-40% sannsynlighet for at "usikkerheten" inntreffer			
1 Liten/neglisjerbar usikkerhet. Mindre en 20% sannsynlighet for at "usikkerheten" inntreffer			

Dato	01/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 18.42

SIGN	
------	---

Dato	02/09-23
Navn på pumpestasjon	KP357 B

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 17:55
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 21:24

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 19:18

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	03/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 21.41
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 22.15

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.57

ikke startet

SIGN	<i>Elin Lien</i>
------	------------------

Dato	04/04-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. —
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. —

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 11.30

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	05.09.23
Navn på pumpestasjon	KP357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	X
Engangsmunnbind	X
Engangshansker	X

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 11.30
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	X
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	X
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	X
Rengjør kolbe og beholder	X
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	X
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	X
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	X
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	X
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 11.44

SIGN	Harald Øien
------	-------------

Dato	06.09.23
Navn på pumpestasjon	KP-357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	X
Engangsmunnbind	X
Engangshansker	X

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 11.30 11.44
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	X
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	X
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	X
Rengjør kolbe og beholder	13.46
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	X
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	X
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	X
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	X
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 17.53 11.53

SIGN	Harald Dleic's
------	----------------

Dato	07/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 13.02
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 14.10

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	08/09-23
Navn på pumpestasjon	KP357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaske/flaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 18.24

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	09/09-23
Navn på pumpestasjon	KP357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 18.24
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

SIGN	
------	---

Dato	14/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.24

SIGN	
------	---

Dato	15/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. —
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	—
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	—
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	—
Rengjør kolbe og beholder	—
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. —

Prøvetaker
 Blokkert?
 Ingen prøver
 hentet

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.30

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	16/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 21.30
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 22.12

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.37

SIGN	
------	---

Dato	17/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 21.25
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 21.53

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.29

SIGN	
------	---

Dato	18/09-22
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 17.34
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 17.34 18.19

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 17.38

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	19/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 357

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 19.00
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 19.05

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	20/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 857

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 21.00
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 21.00

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	01/09-23
Navn på pumpestasjon	KP303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avisuttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 19.10

SIGN	
------	---

Dato	02109-23
Navn på pumpestasjon	KP 503 S

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 20.46
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 21.24

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. —

~~SE~~ Jordingssteil

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	04/09-23
Navn på pumpestasjon	KP303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 11.45

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	05.09.23
Navn på pumpestasjon	KP 507 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	x
Engangsmunnbind	x
Engangshansker	x

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 12.31
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	x
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	x
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	x
Rengjør kolbe og beholder	x
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	x
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	x
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	x
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	x
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 12.53

SIGN	Harald Devis
------	--------------

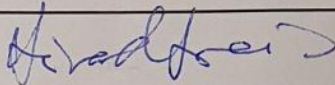
Dato	06.09.23
Navn på pumpestasjon	KP-303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	X
Engangsmunnbind	X
Engangshansker	X

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 12.53
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	X
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	X
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	X
Rengjør kolbe og beholder	X
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 13.46

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	X
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	X
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	X
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	X
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 13.53

13-00

SIGN	
------	---

Dato	07/09
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 13.40
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 14.10

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	08/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 9.05

SIGN	
------	---

Dato	09/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303 sentrum

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 19.15
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 19.43

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	14/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.41

SIGN	
------	---

Dato	15/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 21.45
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	✓
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 22.10

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 21.55

SIGN	
------	---

Dato	16/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	
Rengjør kolbe og beholder	
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl.

Jordingsstil
Ingen prøver
tatt

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl.

Fikk ikke
startet opp

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Dato	18/09-23
Navn på pumpestasjon	KP303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. —
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	—
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven, hell over i prøveflaske	—
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon og dato, ta bilde	—
Rengjør kolbe og beholder	—
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. —

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 17:10

SIGN	
------	---

Dato	19/09-23
Navn på pumpestasjon	KP303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl. 19.40
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 20.15

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. 19.47

SIGN	
------	---

Dato	20/09-23
Navn på pumpestasjon	KP 303

Nødvendig verneutstyr	Kontr.
Vernebriller	✓
Engangsmunnbind	✓
Engangshansker	✓

Prosedyre for innhenting av prøver	Tidspunkt
Avsluttet prøvesyklus	kl.
	Kontr.
Rør i oppsamlingsbeholder i 8-tallsmønster 5 ganger	✓
Hent ut 0,5 l av døgnblandeprøven når det er god sirkulasjon i beholderen, hell over i prøveflaske	✓
Merk prøveflaskeflaske med navn på pumpestasjon, dato, BOF5 og Tot-P. Ta bilde av mekret prøveflaske.	✓
Rengjør kolbe og beholder	✓
	Tidspunkt
Prøver plassert i fryser	kl. 21.35

Prosedyre for oppstart av prøvesyklus	Kontr.
Kontroll av prøveslange, sjekk for evt. blokkeringer/knekker	✓
Pluggkjør prøveslange 2 ganger	✓
Kontroll av kolbe. Er den skrudd godt fast?	✓
Kontroller at prøvemengde er satt til 150 ml	✓
	Tidspunkt
Start prøvetaker	kl. ✓

SIGN	Elin Lien
------	-----------

Porsgrunn Kommune
Driftsass Telemark, AVLØP
PB 128
3901 PORSGRUNN

Att: Per Våtvik

Dato: 25.09.2023
Prøve ID: 2023-20088
ver 1

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 11.09.23

Analyseperiode: 11.09.23 - 25.09.23

2023-20088-1 Avløpsvann Tatt ut: 02.09.23 - 02.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP-303-2/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 4.73	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.473
BOF 5	HA) 233	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±58.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-2 Avløpsvann Tatt ut: 05.09.23 - 05.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP-303-5/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 3.63	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.363
BOF 5	HA) 159	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±39.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-3 Avløpsvann Tatt ut: 06.09.23 - 06.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP-303-6/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 4.69	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.469
BOF 5	HA) 191	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±47.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-4 Avløpsvann Tatt ut: 07.09.23 - 07.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP-303-7/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 4.41	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.441
BOF 5	HA) 178	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±44.5

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-5 Avløpsvann Tatt ut: 09.09.23 - 09.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP-303-9/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 5.20	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.520
BOF 5	HA) 248	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±62.0

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-6 Avløpsvann Tatt ut: 02.09.23 - 02.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-353**
Referanse: **KP-353-2/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 2.54	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.254
BOF 5	HA) 22	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±5.5

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-7 Avløpsvann Tatt ut: 02.09.23 - 02.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP-357-2/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 10.7	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±1.070
BOF 5	HA) 255	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±63.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-8 Avløpsvann Tatt ut: 03.09.23 - 03.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP-357-3/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 10.1	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±1.010
BOF 5	HA) 253	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±63.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-9 Avløpsvann Tatt ut: 05.09.23 - 05.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP-357-5/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 9.65	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.965
BOF 5	HA) 233	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±58.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-10 Avløpsvann Tatt ut: 06.09.23 - 06.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP-357-6/9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 8.71	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.871
BOF 5	HA) 239	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±59.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-11 Avløpsvann Tatt ut: 07.09.23 - 07.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: KP-357-7/9

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 10.6	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±1.060
BOF 5	HA) 243	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±60.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20088-12 Avløpsvann Tatt ut: 09.09.23 - 09.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: KP-357-9/9

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 10.4	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±1.040
BOF 5	HA) 206	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±51.5

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

Med hilsen



Marianne Hansen
Laboratorieleder/Lab.manager

Kopi til

Knardalstrand RA (E-post)
Petter Hellum (E-post)
John Andre Nordhus (E-post)
Katrine Willer Strand (E-post)
Driftsassistansen (E-post)
Rune Hogstad Hansen (E-post)
Silje Nesheim Haugane (E-post)
Christian Halvorsen (E-post)
Melissa F. Egeland (E-post)
Lise Lotte Glad (E-post)

Angitt måleusikkerhet er beregnet med en dekningsfaktor k=2.

For opplysninger om måleusikkerhet ta kontakt med laboratoriet.

Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvene slik mottatt. Rapporten må ikke offentliggjøres annet enn i sin helhet uten skriftlig tillatelse.

Analysen utført av underleverandører: akkrediteringsnummer som er angitt i fotnoten betyr at underleverandør er akkreditert for analysen.

Porsgrunn Kommune
Driftsass Telemark, AVLØP
PB 128
3901 PORSGRUNN

Att: Per Våtvik

Dato: 27.09.2023
Prøve ID: 2023-20747
ver 1

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 18.09.23

Analyseperiode: 18.09.23 - 27.09.23

2023-20747-1

Avløpsvann

Tatt ut: 15.09.23 - 15.09.23

Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg**

Sted: **KP-303**

Referanse: **KP-303**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 4.08	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.408
BOF 5	HA) 168	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±42.0

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20747-2

Avløpsvann

Tatt ut: 16.09.23 - 16.09.23

Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg**

Sted: **KP-357**

Referanse: **KP-357**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 9.72	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.972
BOF 5	HA) 237	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±59.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-20747-3

Avløpsvann

Tatt ut: 17.09.23 - 17.09.23

Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg**

Sted: **KP-357**

Referanse: **KP-357**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 8.73	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.873
BOF 5	HA) 213	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±53.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

Med hilsen



Marianne Hansen
Laboratorieleder/Lab.manager

Kopi til

Knardalstrand RA (E-post)
Petter Hellum (E-post)
John Andre Nordhus (E-post)
Katrine Willer Strand (E-post)
Driftsassistansen (E-post)
Rune Hogstad Hansen (E-post)
Silje Nesheim Haugane (E-post)
Christian Halvorsen (E-post)
Melissa F. Egeland (E-post)
Lise Lotte Glad (E-post)

Porsgrunn Kommune
Driftsass Telemark, AVLØP
PB 128
3901 PORSGRUNN

Att: Per Våtvik

Dato: 04.10.2023
Prøve ID: 2023-21507
ver 1

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 25.09.23

Analyseperiode: 25.09.23 - 04.10.23

2023-21507-1 Avløpsvann Tatt ut: 19.09.23 - 19.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP 303 19-9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 1.41	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.141
BOF 5	HA) 57	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±14.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-21507-2 Avløpsvann Tatt ut: 20.09.23 - 20.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-303**
Referanse: **KP 303 20-9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 2.22	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.222
BOF 5	HA) 88	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±22.0

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-21507-3 Avløpsvann Tatt ut: 18.09.23 - 18.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP 357 18-9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 8.07	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.807
BOF 5	HA) 177	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±44.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortynninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-21507-4 Avløpsvann Tatt ut: 19.09.23 - 19.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: **KP 357 19-9**

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 2.52	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.252
BOF 5	HA) 63	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±15.8

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortyninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

2023-21507-5 Avløpsvann Tatt ut: 20.09.23 - 20.09.23
Gjelder: **KP-Knardalstrand Renseanlegg** Sted: **KP-357**
Referanse: KP 357 20-9

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Total fosfor	HA) 7.76	mg P/l	NS-EN-ISO 6878	±0.776
BOF 5	HA) 197	mg O/l	NS-EN ISO 5815-1:2019	±49.3

BOF: Analysen er utført ved hemming av nitrifisering. Informasjon om antall fortyninger, antall paralleller etc. kan angis ved forespørsel.

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

Med hilsen

Marianne Hansen
Laboratorieleder/Lab.manager

Kopi til
Knardalstrand RA (E-post)
Petter Hellum (E-post)
John Andre Nordhus (E-post)
Katrine Willer Strand (E-post)
Driftsassistansen (E-post)
Rune Hogstad Hansen (E-post)
Silje Nesheim Haugane (E-post)
Christian Halvorsen (E-post)
Melissa F. Egeland (E-post)
Lise Lotte Glad (E-post)

Angitt måleusikkerhet er beregnet med en dekningsfaktor k=2.

For opplysninger om måleusikkerhet ta kontakt med laboratoriet.

Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvene slik mottatt. Rapporten må ikke offentliggjøres annet enn i sin helhet uten skriftlig tillatelse.

Analysen utført av underleverandører: akkrediteringsnummer som er angitt i fotnoten betyr at underleverandør er akkreditert for analysen.

Vedlegg 2 – Eksempler på rapportering fra 5 ulike kommuner

KOMMUNE NR. 1

Utregnet virkningsgrad for ledningsnettets siste år:

- Oppgi samlet virkningsgrad for ledningsnettets
- Beskriv hvordan virkningsgraden er regnet ut

Svar fra Kommunen:

Vi har regnet ut virkningsgrad for ledningsnettets som går til de ulike renseanleggene på følgende måte:

- Vannmengden i den tørreste uken i 2022. Plusset på 20% for å finne tørrværmengden. Hentet ut alle døgnprøver innenfor denne vannmengden og beregnet hvor mye organisk stoff (BOF) som kommer inn til hvert enkelt anlegg.
- Vannmengde i høyeste hydrauliske uke i 2022. Redusert vannmengden med 20% (dvs. 80% av maks uke - 20%). Hentet ut alle døgnprøvene innenfor denne vannmengden og beregnet hvor mye organisk stoff (BOF) som kommer inn til hvert anlegg. Her har vi tatt vekk prøver der vi ser at det inneholder «first flush». Hvis vi få for få prøver (mindre enn 2), har vi redusert vannmengden med 30% slik at flere døgnprøver faller inn under denne vannmengden.
- Virkningsgraden blir mengde som kommer inn ved store nedbørsmengder dividert på det som kommer inn i tørrværsavrenning.
- Dette er ikke en ideell modell, men det beste vi klarer å få til nå. Det er anlegg der virkningsgraden blir mer enn 100% fordi det av og til kommer inn mer organisk stoff når det regner (pga. sedimentering i nettet i tørrværsperioder.
- Resultatene er angitt som i tabell under:

Anlegg	Vannmengde maks uke - 80% (m ³ /d)	Vannmengde min uke + 20% (m ³ /d)	Mengde BOF (kg/d) maks uke	Antall prøver i beregningene	Mengde BOF (kg/d) tørrvær	Antall prøver i beregningene	Virkningsgrad (%)
Nr. 1	-	-	-	4	-	8	56
Nr. 2	-	-	-	2	-	11	87
Nr. 3	-	-	-	4	-	7	102
Nr. 4	-	-	-	5	-	4	124
Nr. 5	-	-	-	4	-	4	50

*En del av tallene var uleselige i grunnlaget og er derfor ikke gjengitt i tabellen

- Virkningsgraden i Kommune nr. 1 varierer fra 87 – 124 %. Hvis vi ser bort i fra tallene over 100%, så er virkningsgraden i Kommune nr. 1 91%

KOMMUNE NR. 2

Utreget virkningsgrad for ledningsnettets siste år:

- Oppgi samlet virkningsgrad for ledningsnettets
- Synliggjør deretter vurdert størrelse av de ulike kildene til tap på ledningsnettets:
 - o Regnvannsoverløp
 - o Nødoverløp
 - o Lekkasjer

Svar fra Kommunen:

Antall personer tilknyttet renseanlegg nr.1 i 2022 er ca 12 846. etter Norsk Vann sin anbefaling regnes 1,6 g totP per person per dag. Tilførsel til Renseanlegg nr1 vil være ca. 20,55 kg/dag

Måledata for renseanlegg nr.1 (5 prøver i løpet av 2022) viser gjennomsnitt tilførsel av totP på 27,86 kg/dag.

Det gir en virkningsgrad på 73,76%

Det er uvisst størrelse av de ulike kildene til tap på ledningsnettets.

- Beskriv hvordan virkningsgraden er regnet ut

Svar fra Kommunen:

CA. 12 846 personer er tilknyttet Renseanlegg nr. 1
1,6g totP per person per dag
 $12846 * 0,0016 = 20,55 \text{ kg/dag}$

Snitt TotP inn per døgn var 3,36 mg/l
Snitt vannføring var 8 291 m³
 $8\ 291\ 000 \text{ l} * 3,36 \text{ mg/l} = 27\ 857\ 760 \text{ mg}$
 $27\ 857\ 760 \text{ mg} * 0,000001 = 27,86 \text{ kg}$

$20,55 \text{ kg} / 27,86 \text{ kg} = 0,7376$
Virkningsgraden er 73,76%

KOMMUNE NR. 3

Utregnet virkningsgrad for ledningsnettets siste år:

- Oppgi samlet virkningsgrad for ledningsnettets
- Synliggjør deretter vurdert størrelse av de ulike kildene til tap på ledningsnettets:
 - o Regnvannsoverløp
 - o Nødoverløp
 - o Lekkasje

Svar fra Kommunen:

Regnvannsoverløp forekommer sporadisk på et begrenset rørstrekk med i underkant av 300 pe påkoblet via privat septik. Dette har liten påvirkning på samlet virkningsgrad.

Nødoverløp er vurdert til å ha gitt 5200 pe*døgn med overløp i 2022. Dette er lite sett opp mot størrelsen på avløpsnettets.

Lekkasje utgjør trolig den største utslippskilden. Disse er dessverre vanskelig å kvantifisere. Siden Renseanlegg nr.1 er et nyanlagt renseanlegg i en kommune som har opplevd kraftig vekst er mye av ledningsnettets forholdsvis ungt. Dette og en kontinuerlig innsats mot lekkasje gjør at Renseanlegg nr. 1 sannsynligvis vil ha lave lekkasjetall sammenlignet med anlegg av tilsvarende størrelse

- Beskriv hvordan virkningsgraden er regnet ut

Svar fra Kommunen:

Regnvannsoverløp: Neglisjerbar andel

Overløp: $(5200 \text{ pe} \cdot \text{døgn} \cdot 100\%) / (12\,152 \text{ pe} \cdot 365 \text{ døgn}) = 0,12\%$

Lekkasje: Ukjent

Totalt: 0,12% + lekkasje

KOMMUNE NR. 4

Utreget virkningsgrad for ledningsnettets siste år:

- Oppgi samlet virkningsgrad for ledningsnettets
- Synliggjør deretter vurdert størrelse av de ulike kildene til tap på ledningsnettets:
 - o Regnvannsoverløp
 - o Nødoverløp
 - o Lekkasjer

Svar fra Kommunen:

Utslipp fra overløp i nødoverløp er beregnet til å være 3,9% for 2022

- Beskriv hvordan virkningsgraden er regnet ut

Svar fra Kommunen:

Virkningsgraden er beregnet ut ifra mengde i nødoverløp i forhold til mengde tilført ledningsnett totalt.

KOMMUNE NR. 5

Utreget virkningsgrad for ledningsnettene siste år:

- Oppgi samlet virkningsgrad for ledningsnettene
- Synliggjør deretter vurdert størrelse av de ulike kildene til tap på ledningsnettene:
 - o Regnvannsoverløp
 - o Nødoverløp
 - o Lekkasje

Svar fra Kommunen:

Virkningsgraden på ledningsnettene er vurdert til 90% med hensyn på lekkasje. Som fradrag på virkningsgraden for ledningsnettene kommer mengde i regnvannsoverløp og nødoverløp.

- Beskriv hvordan virkningsgraden er regnet ut

Svar fra Kommunen:

Ut ifra kjennskap til ledningsnettene er lekkasjemengden vurdert til 10%.

Det er ikke mengdemåling på regnvannsoverløp og nødoverløp.

Antall timer i regnvannsoverløp og nødoverløp i 2022 er:

Regnvannsoverløp: 1885 t

Nødoverløp: 160 t

