

A.Wasim Habibi

## Separering som tiltak for reduksjon av fremmedvann. Hvor effektivt er det å separere avløpssystemet for å redusere andel fremmedvann?

*Separation as a measure for the reduction of infiltration and inflow. How effective is it to separate the sewage system to reduce the proportion of infiltration and inflow?*

Masteroppgave i Studieretning Veg  
Januar 2023



A.Wasim Habibi

**Separering som tiltak for reduksjon av fremmedvann. Hvor effektivt er det å separere avløpssystemet for å redusere andel fremmedvann?**

*Separation as a measure for the reduction of infiltration and inflow. How effective is it to separate the sewage system to reduce the proportion of infiltration and inflow?*

Masteroppgave i Studieretning Veg  
Januar 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden







## Forord

Denne masteroppgaven er tilknyttet institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng, og er skrevet våren/høst 2022 i samarbeid med Lørenskog kommune.

Som prosjektleder i Lørenskog kommune jobber jeg med rehabilitering og fornying av VA-ledninger, og fremmedvann er et kjent og viktig tema. Ønsket om å tilegne meg mer kunnskap og faglig påfyll innenfor dette viktige temaet, var min motivasjon for å skrive denne masteroppgaven. Prosessen rundt masteroppgaven har vært meget lærerikt og spennende. Her har jeg fått muligheten til å ta et dypdykk i en interessant og viktig problemstilling, samt å tilegne meg kunnskap og erfaring som har kommet til meget god nytte i arbeidslivet.

Jeg vil benytte anledningen til å takke flere personer for all støtten og faglig bistand jeg har fått under skriving av masteroppgaven min.

Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder Tone Merete Muthanna, Professor ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU for konstruktive tilbakemeldinger og faglig påfyll.

Takk til Lørenskog kommune som har gjort denne oppgaven mulig for meg. Takk til mine veiledere i kommunalteknikk, Erlend Skullestad Hølland og Marte Presthus Fylkesnes for faglig veiledning og tilgang til datautstyr. Takk til Bjørn Martin Nymann og Matthew P. Winterbourne for bistand med installasjon av vannmengdemåleren, prøvetakingsutstyr, prøvetaking og bestilling av analyse av avløpsprøvene. Takk til Narda R. Rahasindrainy for hjelp med Gemini og Gurosoft. Takk til Kjersti Ruud Husum for å ha bistått med tilgang til fakturaene knyttet til rensing av avløpsvann hos NRA IKS. Takk til Jan Morten Søraker og Torhild Hestmark ved NRA IKS som har alltid vært tilgjengelig og besvart hver eneste forespørsel relatert til rensing av avløpsvann. Retter en stor takk til Asil Abudayya for alltid ha vært tilgjengelig og bistått meg med både faglig råd, god veiledning i den strukturelle delen av oppgaven og ikke minst gitt meg motivasjon. Takk til min venn, tidligere kollega og den snilleste personen i verden, Jonas Rudi for lesing av oppgaveutkastene.

For å skrive masteroppgave kreves det både støtte og tålmodighet. Derfor vil jeg takke min kone, Salsala Lalpurwal som alltid har vært her og støttet meg både under studien og masteroppgaven. Takk til mine foresatte som alltid har vist støtte i enhver avgjørelse jeg har tatt i livet mitt.

Wasim Habibi

---

18.01.2023

## Sammendrag

Fremmedvann i avløpssystemet er et stort problem for mange kommuner i Norge med negative konsekvenser som kapasitetssvikt i avløpsledningene, miljømessige konsekvenser og ikke minst økonomiske konsekvenser. Å lokalisere fremmedvannkilder og tiltak for reduksjon av fremmedvannsandel i avløpsnettet er ikke en engangsjobb, men kontinuerlig prosess som krever langtidsplanlegging, vedvarende innsats og moderne teknologi og utstyr.

Det finnes flere typer av tiltak mot reduksjon av fremmedvann i avløpssystemet, men i denne oppgaven har jeg forsøkt å se på effekten av separering som tiltak mot reduksjon av fremmedvann. Lørenskog kommune er benyttet som *case* og delområde masteroppgaven omhandler er nord for Lørenskog sentrum. Med utgangspunktet i to ulike type delområder A- Ødegård som har separat avløpssystem og delområde B – Grønlia som har felles avløpssystem. Areal, befolkningstall og antall km ledningsnett er kriteriene som er lagt til grunn for valg av prosjektområdene. For å finne fremmedvannsandelen ble det brukt vannførings-, temperatur- og nedbørsmålinger sammen med avløpsprøver som ble analysert for både Tot-P og pH. Målinger og prøver ble tatt fra de to kummene som er felles avrenningspunkt for hver sitt område.

Resultatene viste store fremmedvannmengder, både fra konstant innlekking under tørrvær og direkte innlekking under nedbørsperioder. For hele delområde A- Ødegård var fremmedvannsandelen på 38 % fra konstant innlekking og 36% fra direkte innlekking i nedbørsepisoder. Beregnet innlekking basert på målt vannføring viser konstant innlekking på 1,14 L/s og fra direkte innlekking under nedbørsperioder på 1,64 L/s. For delområde B- Grønlia var fremmedvannsandelen på 63 % fra konstant innlekking og 93,1% fra direkte innlekking i nedbørsperioder. Beregnet innlekking basert på målt vannføring viser konstant innlekking på 3,86 L/s og fra direkte innlekking under nedbørsperioder på 17,86 L/s.

Delområde A har separatsystem og ledningsnettet er fra 2015-2021 som er i god stand, men det kommer en del fremmedvann inn i ledningsnettet. Det viser seg sannsynlig at området har feilkoblinger (ifølge kommunalteknisk) som bidrar til fremmedvann i systemet. Konstant innlekking er like mye som nedbørsbettinget innlekking i område. Delområde B har felles avløpssystem og byggeår varierer fra 1949 – 1994 og er i relativt dårlig stand. Fremmedvannbidragene i delområde B kommer fra både konstant innlekking og nedbørsbettinget innlekking. Sist nevnte bidrar mest til andel fremmedvann i område spesielt i nedbørsperioder. Nedbørpåvirket innlekking fører til hyppigere overløpsepisoder fra fellesavløpssystemene og som resultat gir den største miljømessige belastningen. Tiltak som å separere avløpssystem, lokal overvannsdiskonering, fjerning av feilkoblinger, tetting av drikkevannsløkkasjer er gode tiltak for å redusere fremmedvannandel i avløpsnettet.

## Abstract

Infiltration and inflow (I/I) in the sewage system is a major problem for many municipalities in Norway with negative consequences such as capacity failure in the sewer lines, environmental consequences, and not least economic consequences. Locating infiltration and inflow (I/I) sources and measures to reduce the proportion of it in the sewage system is not a one-time job, but a continuous process that requires long-term planning, sustained effort and modern technology and equipment.

There are several types of measures against the reduction of foreign water in the sewage system, but in this thesis, I have tried to look at the effect of separation as measures against the reduction of foreign water. Lørenskog municipality is used as a case and sub-area the master's thesis deals with is north of Lørenskog center. Based on two different types of sub-areas A- Ødegård which have a separate sewage system and sub-area B – Grønli which has a common sewage system. Area, population figures and number of kilometers of pipe networks are the criteria used as a basis for choosing the project areas. To find the volume of infiltration and inflow, water flow, temperature and precipitation measurements were used together with sewage samples that were analyzed for both Tot-P and pH. Measurements and samples were taken from the two manholes, which are common runoff points for separate areas.

The results showed large amounts of foreign water, both from constant leaking during dry weather and direct leaking during precipitation periods. For the entire sub-area A- Ødegård, the volume of infiltration and inflow was 38 % from constant leaking and 36 % from direct leaking in precipitation episodes. Estimated leaking based on measured water flow shows constant leaking of 1.14 L/s and from direct leaking during precipitation periods of 1.64 L/s. For sub-area B-Grønli, the volume of infiltration and inflow was 63 % from constant leaking and 93.1 % from direct leaking during precipitation periods. Estimated leaking based on measured water flow shows constant leaking of 3.86 L/s and from direct leaking during precipitation periods of 17.86 L/s.

Sub-area A has a separate sewage system, and the pipe network is from 2015-2021 that is in good condition, but some infiltration and inflow enter the pipe network. It turns out likely that the area has faulty connections (according to municipal technical) that contribute to infiltration and inflow in the system. Constant leaking is as much as precipitation-related leaking in areas. Sub-area B has a common sewage system, and the year of construction varies from 1949 – 1994 and is in relatively poor condition. The infiltration and inflow contributions in sub-area B come from both constant leaking and precipitation-related leaking. The last mentioned contributes most to the proportion of infiltration and inflow in the area, especially during precipitation periods. Precipitation-affected leaking leads to more frequent overflow episodes from the common drainage systems and as a result it leads to the environmental impact. Separating sewage systems, local stormwater disposal, removal of faulty connections, sealing of drinking water leaks are good measures to reduce the proportion of infiltration and inflow to the sewage network.

## Innhold

Forord.....	ii
Sammendrag .....	iii
Abstract .....	iv
Figurliste .....	ix
Tabelliste .....	xii
Terminologi .....	xiv
1. Introduksjon .....	1
1.1 Innledning.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Konsekvenser av fremmedvann i avløpssystemet .....	3
1.3.1 Miljøkostnader .....	3
1.3.2 Driftskostnader.....	3
1.3.3 Investeringskostnader .....	3
1.4 Nytte av redusert fremmedvann i avløpssystemet.....	3
2. Teori.....	4
2.1 Avløpssystemer .....	4
2.1.1 Fellessystem .....	5
2.1.2 Separatsystem .....	5
2.1.3 Ulike typer avløpsvann .....	5
2.1.4 Overløp.....	6
2.1.5 Avløpssystemets tilstand.....	6
2.1.6 Vannforbruk.....	7
2.2 utfordringer.....	8
2.2.1 Urbanisering og befolkningsvekst .....	8
2.2.2 Klimaendringer .....	9
2.2.3 Rekrutering.....	9
2.2.4 Ledningsfornyelse.....	10
2.3 Fremmedvann .....	11
2.3.1 Hva er fremmedvann?.....	11
2.3.2 Direkte nedbørsavhengig avrenning .....	12
2.3.3 Indirekte nedbørsavhengig avrenning .....	12
2.3.4 Tørrværsavrenning (konstant innlekking) .....	12
2.3.5 Fremmedvann i Norge og andre land.....	13
2.3.6 Kilder til fremmedvann.....	14
2.3.7 Standard parametere i fremmedvann.....	15

2.3.8	konsekvenser av fremmedvann .....	16
2.3.9	Tiltak for reduksjon av fremmedvann .....	17
2.4	Beregning av fremmedvann .....	20
2.4.1	Kvantitativ metodikk .....	20
2.4.2	Mengdemåling.....	21
2.4.3	Prøvetaking.....	21
3.	Prosjektområdet.....	22
3.1	Beskrivelse av område.....	22
3.1.1	Delområde A – Ødegård .....	23
3.1.2	Delområde B – Grønlia .....	23
3.2	Dagens avløpsnett .....	25
3.2.1	Oppbygging av avløpssystem i delområde A- Ødegård.....	25
3.2.2	Oppbygging av avløpssystem i delområde B- Grønlia.....	26
3.2.3	Nedre Romerike avløpsselskap (NRA – IKS) renseanlegg.....	27
3.2.4	Overordnet beskrivelse av resipienten Nitelva .....	29
3.3	Grunnforhold.....	29
3.3.1	Grunnforhold i Delområde A-Ødegård.....	29
3.3.2	Grunnforhold i Delområde B – Grønlia .....	30
3.4	Oppfølging og registrering av nedbør i Lørenskog kommune.....	31
3.4.1	Værstasjonene.....	31
3.4.2	Innhenting av data.....	31
4.	Metode .....	32
4.1	Valg av prosjektområdet .....	32
4.2	Valg av kummer.....	33
4.3	Mengdemålings – og prøvetakingstidspunkt .....	34
4.4	Prøvetaking og prøvehåndtering.....	35
4.5	Mengdemåling av spillvannet .....	37
4.5.1	Teledyne ISCO 2150.....	37
4.5.2	Raven EYE .....	38
4.5.3	Vannføring.....	39
4.5.4	Temperatur.....	39
4.6	Prøvetaking av avløpsvannet.....	40
4.6.1	Analyse av total fosfor (Tot-P) og pH-verdi .....	40
4.7	Beregning av fremmedvann .....	42
4.7.1	Fortynningsmetode .....	42
4.7.2	Beregning av fremmedvann basert på vannmengdemålinger.....	43

4.7.3	Teoretisk beregning av avløpsvann.....	44
4.7.4	Vannbalanse-metoden: .....	44
4.8	Nedbørsmålinger .....	45
4.9	Metoder for datainnsamling .....	46
4.9.1	Gurusoft Report.....	46
4.9.2	Flowlink 5.1 (Teledyne ISCO 2150).....	47
4.9.3	Gemini Portalen.....	47
4.9.4	Regnbygge.no.....	47
4.10	Beregning av fremmedvannskostnader .....	47
4.10.1	Rensekostnad NRA IKS.....	48
5.	Resultater .....	49
5.1	Delområde A – Ødegård .....	50
5.1.1	Vannføring – Tørrværsavrenning .....	50
5.1.2	Vannføring – Nedbør .....	51
5.1.3	Vannføring Tørrvær mot nedbør.....	53
5.1.4	Fosforkonsentrasjon i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør .....	54
5.1.5	PH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør.....	54
5.2	Delområde B – Grønlia .....	55
5.2.1	Vannføring – Tørrværsavrenning .....	55
5.2.2	Vannføring – Nedbør .....	56
5.2.3	Vannføring tørrvær mot nedbør .....	58
5.2.4	Temperatur – Tørrvær mot nedbør.....	58
5.2.5	Fosforkonsentrasjon i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør .....	59
5.2.6	PH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør.....	60
5.3	Beregning av fremmedvann .....	61
5.3.1	Delområde A – Ødegård .....	61
5.3.2	Delområde B – Grønlia .....	62
5.4	Beregnet fremmedvannskostnader .....	63
6.	Diskusjon .....	65
6.1	Sammenligning av resultater – Delområde A og B.....	65
6.1.1	Vannføring delområde A og B .....	65
6.1.2	Fosforkonsentrasjon delområde A og B .....	67
6.1.3	PH-verdi delområde A og B .....	68
6.1.4	Beregnet fremmedvann ved hjelp av ulike metoder delområde A og B.....	69
6.2	Korrelasjon .....	71
6.2.1	Korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og vannføring .....	71

6.2.2	Korrelasjon mellom pH-verdi og vannføring .....	71
6.2.3	Korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og nedbør.....	72
6.3	Usikkerheter ved prøvetaking og mengdemåling .....	73
6.3.1	Prøvetaking.....	73
6.3.2	Mengemåling.....	74
6.4	Vurdering av metoder .....	74
6.4.1	Fortynningsmetoden .....	74
6.4.2	Beregning av fremmedvann basert på vannmengdemålinger.....	75
6.4.3	Vannbalanse-metoden .....	75
6.5	Eventuelle tiltak.....	75
6.5.1	Separering av avløpssystem .....	75
6.5.2	LOD – Lokal overvannsdiskonering .....	76
6.5.3	Fjerning av feilkoblinger .....	76
6.5.4	Tetting av drikkevannsløkkasjer .....	76
6.6	Kostnader knyttet til fremmedvann.....	76
6.7	Videre arbeid .....	77
7.	Konklusjon .....	78
8.	Referanser .....	79



## Figurliste

*Figur 2.1 viser oversikt over andelen avbrudd og anmerkninger fordelt på hovedkontrolltemaene i 2021 – Utklipp Miljødirektoratet*

*Figur 2.2 Viser de ulike elementene i avløpsvannet*

*Figur 2.3 viser ulike komponenter knyttet til fremmedvann og deres kilder – Kilde: Bäckman et al. (1993)*

*Figur 2.4 viser estimert fremmedvannmengde til renseanleggene i 2020 – Kilde: Rapport fra bedreVANN\_2020*

*Figur 2.5 Viser oppbyggingen av kvantitativ metodikken*

*Figur 3.1 Viser delområde A- Ødegård – Kilde: Gemini VA, kommunalteknisk*

*Figur 3.2 Viser delområde B – Grønliå – Kilde: Gemini VA, kommunalteknisk*

*Figur 3.5 Viser oversikt over hoved avløpssystemet til NRA – Kilde: Hovedplan VA og vassdrag 2020-2035, vedlegg 4*

*Figur 3.6 Viser renseprosessen til NRA renseanlegget – Kilder: nrva.no/avlop/reseprosess*

*Figur 3.7 Viser forenklet kartografi av løsmasse over delområde A. Kilde: [www.ngu.no](http://www.ngu.no)*

*Figur 3.8 Viser forenklet kartografi av løsmasse over delområde B. Kilde: [www.ngu.no](http://www.ngu.no)*

*Figur 3.9 Viser kart over værstasjonene og overløpsmåler over Lørenskog kommune – Kilde: [www.regnbygge.no](http://www.regnbygge.no)*

*Figur 4.1 viser plassering av kum 80899 i Delområde B – Kilde: Gemini Portalen*

*Figur 4.2 Viser plassering av kum 87682 i Delområde A – Kilde: Gemini portalen*

*Figur 4.3 viser prøvebeleg levert av Noranalyse og kappet beleg og stang som brukes for innhenting av avløpsvann for prøve*

*Figur 4.4 Viser kjølebeleg som brukes til transportering av prøvene for analyse og kjøleelement som brukes for å holde prøvene avkjølte under transport i kjølebagen – Kilde: bildene tatt an nettet*

*Figur 4.7 Viser Teledyne ISCO 2100 Måler og sensor*

*Figur 4.8 Viser Raven EYE Måler og sensor samt prinsipp for plassering – Kilde: [www.flow-tronic.com](http://www.flow-tronic.com)*

*Figur 4.9 Viser pH-måler av type Tiamo analyserobot – Kilde: Bilde tatt av ansatte i Noranalyse for denne oppgaven*

*Figur 4.10 Viser spektrofotometer av type Genesys40 til venstre og beregningsprosess av endeligsvær på instrumentets skjerm til høyre - Bilde tatt av ansatte i Noranalyse for denne oppgaven*

*Figur 4.11 Viser prinsipp for installasjon av nedbørmåler – Kilde: Scanmatic*

*Figur 4.12 Viser nedbørmåler av type Lambrecht med vippepluviograf nedbørsensor – Kilde: Bilde er fra Haneborg høydebasseng tatt av Rosim AS*

*Figur 5.1 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Tørrvær*

*Figur 5.2 viser målt vannføringsdata for Delområde A- Ødegård- Tørrvær*

*Figur 5.3 viser målt vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Tørrvær*

*Figur 5.4 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør*

*Figur 5.5 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør*

*Figur 5.6 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør*

*Figur 5.7 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård – Tørr og nedbør*

*Figur 5.8 viser analyseresultater av fosforkonsentrasjon Tot-P i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør*

*Figur 5.9 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør*

*Figur 5.10 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørrvær*

*Figur 5.11 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørrvær*

*Figur 5.12 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørrvær*

*Figur 5.13 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør*

*Figur 5.14 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør*

*Figur 5.15 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør*

*Figur 5.16 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørr og nedbør*

*Figur 5.17 viser målt temperatur for Delområde B-Grønlia - Tørr mot Nedbør*

*Figur 5.18 viser analyseresultater av fosforkonsentrasjon Tot-P i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør*

*Figur 5.19 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør*

*Figur 6.1 viser målt vannføringsdata for både Delområde A og B – Tørrvær*

*Figur 6.2 viser målt vannføringsdata for både Delområde A og B – Nedbør*

*Figur 6.3 viser analyseresultater av Fosforkonsentrasjon Tot-p for både delområde A og B – Tørrvær*

*Figur 6.4 viser analyseresultater av Fosforkonsentrasjon Tot-p for både delområde A og B – Nedbør*

*Figur 6.5 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for delområde A og B – Tørrvær*

*Figur 6.6 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for delområde A og B – Nedbør*

*Figur 6.7 viser korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og vannføring for delområde A til venstre og delområde B til høyre*

*Figur 6.8 viser korrelasjon mellom pH-verdi og vannføring for delområde A til venstre og delområde B til høyre*

*Figur 6.9 Viser korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og nedbør for begge delområdene, og en korrelasjon mellom temperatur og vannføring for delområde B til nederst.*

## Tabelliste

*Tabell 2.1 viser oversikt over fremmedvannsmengde i prosent hos de største rensesanleggene i de nordiske landene*

*Tabell 2.2 viser oversikt over problemer knyttet til fremmedvann både i felles – og separat system (Lindholm 2012)*

*Tabell 2.3 viser mulige tiltak for å redusere fremmedvannstilførselen til rensesanleggene (Lindholm 2012).*

*Tabell 3.1 viser Innbyggere per område samt oversikt over næringslokalene*

*Tabell 3.2 viser areal per delområde.*

*Tabell 3.3 viser oversikt over avløpssystemet til Lørenskog kommune, Hovedplan VA og vassdrag 2020-2035, vedlegg 4*

*Tabell 3.4 viser fordelingen av ledningsnett mellom kommune og de private, Lørenskog kommune*

*Tabell 4.1 viser oversikt over de kriteriene som er lagt til grunn for valg av områder*

*Tabell 4.2 viser dato og klokkeslett på vannføringsmåling og nedbørsmengde i periode tørrvær*

*Tabell 4.3 viser dato og klokkeslett på vannføringsmåling og nedbørsmengde i periode nedbør*

*Tabell 4.4 viser dato og klokkeslett på prøvetakingsdager og nedbørsmengde i tørrværsperiode*

*Tabell 4.5 Viser dato og klokkeslett på prøvetakingsdager og nedbørsmengde i nedbør*

*Tabellen 4.6 viser det teoretiske vannforbruket for begge områdene*

*Tabell 5.1 viser dato på vannmengdemåling og klokkeslett for delområde A og B- Tørrværsperiode*

*Tabell 5.2 viser dato på vannmengdemåling og klokkeslett for delområde A og B- Nedbør*

*Tabell 5.3 viser dato på prøvetaking og klokkeslett for delområde A og B – Tørrværsperiode*

*Tabell 5.4 viser dato på prøvetaking og klokkeslett for delområde A og B – Nedbør*

*Tabell 5.5 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetode for delområde A*

*Tabell 5.6 viser beregnet innlekking under ulike værforhold basert på målt vannføring for delområde A*

*Tabell 5.7 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av vannbalansemetoden for delområde A*

*Tabell 5.8 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetode for Delområde B*

*Tabell 5.9 viser beregnet innlekking under ulike værforhold basert på målt vannføring for delområde B*

*Tabell 5.10 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av vannbalansemetoden for delområde B*

*Tabell 5.11 viser avløpsmengde for hvert enkelt delområde for hele året (360 dager)*

*Tabell 5.12 viser beregnet andel fremmedvann i kroner per årlig for begge delområdene A og B*

*Tabell 6.1 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av ulike metoder for delområde A og B*

*Tabell 6.2 viser andel fremmedvann total i avløpsnettet beregnet basert på resultatene av ulike metoder for begge delområdene A og B*

## Terminologi

### **Avløpsvann**

Avløpsvann er alt vann som har vært brukt i husholdninger, institusjoner og næringsvirksomheter samt overvann (regnvær, drens vann og takvann).

### **Spillvann**

Spillvannet omfatter vannet som kommer fra husholdninger, næringsvirksomheter, industri og institusjoner

### **Avløpstunnel**

Tunnel, eller stor rør som fører avløpsvannet fra et distrikt/kommune til renseanlegget

### **Avløpsanlegg**

Ethvert anlegg for håndtering av avløpsvann som består av en eller flere av følgende hovedkomponenter: avløpsnett, renseanlegg og utslippsanordning

### **Felles system**

I et felles avløpssystem transporteres spillvann sammen med overvann i en og fellesledning til renseanlegget for rensing før det slippes ut til resipienten.

### **Separat system**

Spillvannet i et separat system føres direkte til renseanlegget for rensing før det slippes ut til naturen (resipienten).

### **Fremmedvann**

Fremmedvann kan defineres som alt vann utover sanitært spillvann fra husholdninger, næringsvirksomheter og institusjoner både i felles og separat systemer.

### **Overløp**

Overløp er en sentral konstruksjon på ledningsnettet for å hindre oversvømmelse og overbelastning av nedstrøms ledningsanlegg. Overløpet sin funksjon er å slippe vannet direkte til resipienten urensset som ellers ville overbelastet ledningsnettet ved nedbør.

### **Regnvannsoverløp**

Regnvannsoverløp etableres på hovedledningene for å unngå kapasitetsproblematikk og oversvømmelse ved nedbørsperiode (mest aktuelt på fellessystem).

### **Nødoverløp**

Nødoverløp er mest aktuelt å etablere i forbindelse med pumpestasjoner, bassenger og renseanlegg for å unngå oversvømmelser (økt vann nivå oppstrøms).

### **Overvann**

Overvann omfatter regnvær, drens vann og takvann.

### **PE**

Spesifikk belastning eller forbruk pr person med hensyn til vannvolum og/eller forurensningsmengde pr døgn, målt som [BOF](#), [fosfor](#) eller nitrogen.

**Tot-P**

Kjemiske stoffet fosfor er grunnstoffet og et viktig mineral for kroppen vår. Fosfor finnes som fosfat i all type mat og kilder er kjøtt, fisk og meieriprodukter. Fosfor i avløpsvannet kommer fra husholdningene, næringsliv og andre virksomheter.

**pH**

Er et mål for konsentrasjonen av hydrogenionet i væske (vannløsning).

**Drensvann**

Vann som ledes bort fra grunnen under terrengoverflaten

**First flush**

First Flush kan være grunnen til høy fosforkonsentrasjonen under nedbørsperiode, fordi etter en periode med tørrvær sitter avleiring av slam fra spillvann i ledningen og kan bli skylt med økt vannføring.

**Konstant innlekking**

Konstant innlekking er uavhengig av en bestemt nedbørsepisode og innebærer utilsiktede tilførsler på avløpsledningen som til enhver tid.

**Nedbørsbetiget innlekking**

Avrenningen som er avhengig av nedbør er definert som direkte nedbørsavhengig avrenning.

**Renseanlegg**

Anlegg for fjerning av uønskede stoffer fra [avløpsvann](#). Beskrives vanligvis ved sine mekaniske, kjemiske eller biologiske prosessstrinn.

**Resipient**

Defineres som mottaker. Vannforekomster som mottar avløpsvann etter rensesprosess i renseanlegget.

**LOD**

Lokal overvannsdiskonering

**Polypropylen (PP)**

Et PP-rør er laget av plaststoffet polypropylen som brukes i dag i avløpssystem.

**Polyvinylklorid (PVC)**

Polyvinylklorid eller PVC er råstoff for PVC-plast, som er en av de mest anvendte av alle typer plast. I dag brukes PVC-rør i alle VA-anlegg.

**NRA IKS**

Nedre Romerike Avløpsselskap IKS (NRA) er et interkommunalt selskap som renser avløpsvannet for eierkommunene Lørenskog, Skedsmo og Rælingen.

**Stikkledninger**

Forbindelsesledningen mellom en bygning og hoved avløpssystem for området.





# 1. Introduksjon

## 1.1 Innledning

Fremmedvann er et betydelig samfunnsproblem som leder til negative konsekvenser for miljø, driftsproblemer på avløpsanleggene samt økte kostnader. Fremmedvann i tørrvær (konstant innlekking) er først og fremst et problem ved at det medfører kostnader i form av rensing og pumping. Fremmedvann ved nedbør medfører i tillegg kapasitetsproblemer på ledningsnettene som igjen fører til overløpsutslipp der spillvann/kloakk blandet med overvann renner via overløp ut i vassdrag og i enkelte tilfeller tilbakestuvning i ledningsnettene som til slutt kan føre til kloakk i kjellere via sluk eller WC (kjelleroversvømmelser).

Fremmedvannsandel i avløpssystemet fører til at ledninger, pumpestasjoner og rensianleggene oppdimensjoneres som koster samfunnet store summer i form av kroner og ører. Norge sammenlignet med andre nordiske land har større andel fremmedvannsmengde i avløpssystemet (*Lindholm et al. 2021*).

Avløpssystemet i Norge består av både separate avløpssystemer og felles avløpssystemer (AF-ledninger). Der ledningsnettene er separert føres spillvannet i separate spillvannsledninger, mens overvannet føres i egne overvannsledninger. Spillvannet i et separatsystem føres direkte til rensianlegget, mens overvannet transporteres til nærmeste bekk/resipient. I et felles avløpssystem transporteres både spillvann og overvann i en og fellesledning til rensianlegget for rensing før den slippes ut til resipienten. Overvann som blir tilført avløpsnettene via fellesledninger, er strengt tatt ikke fremmedvann, da de fellesledningene er ment å håndtere både spillvann (kloakk) og overvann i samme rør. Ved nyanlegg i dag benyttes utelukkende to-rørs separatsystem der spillvann og overvann transporteres i to separate rør. Eventuelt at overvann håndteres åpent på overflaten med såkalte "LOD" løsninger. Man kan derfor argumentere med at fellessystem (fellesledninger med tilhørende overløp) ikke har en naturlig plass i fremtidens avløpshåndtering og bør saneres. Overvann som tilføres avløpsnettene via fellessystem blir derfor i denne oppgaven omtalt som fremmedvann.

Oppgradering og rehabiliteringsbehovet er stort i Norge innenfor vann- og avløpsbransjen. På grunn av dårlig tilstanden til ledningsnettene, renner det mye fremmedvann i avløpsnettene og ved nedbørsepisoder, fører det til kapasitetssvikt og forurensning av vassdragene ved overløpsutslipp. Ut- og innlekkasjer av både vann- og avløpsledninger er et kjent fenomen hos kommunene og mange kommuner sliter med å oppgradere de modne og skifteklare ledningene. I Rådgivende ingeniørers forening nyeste "State of the Nation"- rapport (RIF 2019) ble det kommunale avløpsanlegg gitt tilstandskarakter 3. Anlegget har en akseptabel, men ikke god standard. Det må forventes ekstraordinært vedlikehold for å opprettholde drift. Fremtidige investeringer er nødvendig. Videre har RIF foreslått i rapporten en estimert kostnad på hele 170 mrd. NOK for oppgradering til karakter 4 (Anlegget har god standard. Normalt, løpende vedlikehold er nødvendig for å opprettholde tilstanden). Ledningsfornyelsen har ikke vist noe stigende takt de siste årene. Med dagens takt, vil det ta 150 år før dagens ledninger er skiftet (*State of the nation, Rapport RIF2019*).

Vannlekkasjer er blant de største bidragsytere til fremmedvannsandel i avløpssystemet. Lekkasje prosentene i Norge har ligget på 30.9% (2016), 30.5 % (2020) og 30.9 % (2021) noe som er en god del høyere enn nabolandene for eks. Sverige ligger på 15% og Danmark ligger så lavt som 6%. Lekkasje fra det enkelte ledningsnett bør være mindre enn 25 % innen 2020, dette er et mål som er satt VA-info (*opplysningsutvalget VA-ledninger, innlegg nr. 2 juni 2016*).

Formålet med denne oppgaven er først og fremst å bidra med kunnskap knyttet til forholdet mellom fremmedvannsmengder og de ulike avløpssystemene vi har i Norge. I oppgaven skal jeg se nærmere på de ulike avløpssystemene og kartlegge i hvilken grad bidrar de ulike avløpssystemene med fremmedvannsmengder i ledningsnett. En sammenligning av felles avløpssystem mot separatsystem i to ulike områder skal bidra med å se effekten av separering som tiltak for reduksjon av fremmedvann.

Fremmedvann er et stort problem for samfunnet og å redusere fremmedvannsandel i avløpssystemet er en langvarig, tidskrevende og kostbar prosess. Metoder som benyttes for estimering av fremmedvannsmengder er unøyaktige, tidskrevende og kostbare. For at vi skal kunne måle fremmedvannsmengder mer nøyaktig, kreves det nye og effektive metoder og avansert teknologi. I tillegg til det er det behov for et bredt samarbeid med de kommunene som sliter med samme problematikk for å kartlegge de ulike metodene enkelte kommuner bruker og erfaringene.

## 1.2 Problemstilling

Lørenskog kommune er blant de kommuner som har høyst andel fremmedvann i avløpssystemet. Estimert fremmedvannsmengde til renseanleggene i Lørenskog kommune i 2020 var over 70 %. (*BedreVann, Tilstandsvurdering av kommunale vann og avløpstjenester, 2020*). Størst andel fremmedvann kommer fra områder som har fellesavløpssystem og som i tillegg har et ledningsnett som er modent og skifteklart. Fellesavløpssystemet er en bidragsyter til fremmedvannsandel i avløpsnett og derfor har det gjort et forsøk i denne masteroppgaven å se på følgende problemstillinger:

- Separering som tiltak for reduksjon av fremmedvann. Hvor effektivt er det å separere avløpssystemet for å redusere andel fremmedvann?

For å utforske dette har jeg i denne oppgaven valgt to ulike områder med ulike avløpssystem. Avløpsnett i begge områder skal ved hjelp av ulike metoder undersøkes for andel fremmedvann under ulike værforhold. Dette skal videre brukes til å beregne mengde fremmedvann for begge områdene.

## 1.3 Konsekvenser av fremmedvann i avløpssystemet

### 1.3.1 Miljøkostnader

Dagens dimensjon på ledningsnett er ikke tilstrekkelig for den mengden som per i dag belaster nettet. Med andre ord ved økt mengde vannføring i ledningsnett risikerer vi at maksimalt dimensjonerende vannføring blir overskredet noe som fører til flom og kjelleroversvømmelser. Overløpsutslipp er et resultat av overbelastning av hydraulisk system som fører til negative konsekvenser til nærmiljø og rekreasjonsverdi. Avløpsvannet som slippes ut til resipientene urensert på grunn av overløp fører til algeoppblomstring, hygienisk forringelse av vannet og gjengroing i strandlinje. Slike konsekvenser er vanskelig å vekte i kroner og ører. I utslippstillatelsen setter fylkesmannen visse vilkår som renseanleggene må forholde seg til, men på grunn av økt hydraulisk belastning og økt stoffbelastning sliter de fleste renseanleggene med å overholde utslippstillatelsen.

### 1.3.2 Driftskostnader

Med driftskostnader mener vi alle kostnader som tilhører den løpende driften av avløpsvannet fra den slippes ut av husholdninger og næringsbygg til behandling og igjen til resipienten. Pumpestasjoner og renseanleggenes strømforbruk, kjemikalieforbruk og rentekostnader er knyttet til vannmengde. Jo høyere vannmengde desto større driftskostnader. Fremmedvann i avløpsnett fører til økt slamproduksjon noe som fører til økte kostnader knyttet til slambehandling.

### 1.3.3 Investeringskostnader

Økt hydraulisk belastning forårsaket av fremmedvann fører til at dimensjonerende kapasitet blir spist opp. For å ivareta effektiviteten i avløpssystemet og unngå unødvendig overløpsutslipp må ledningsnett overdimensjoneres. Med overdimensjonering mener vi større pumpestasjoner, større rør og fordrøyningsmagasiner. Alle de nevnte tiltakene fører til økte investeringskostnader samt drift og vedlikeholdskostnader. *(Innlegg fra møter i forening - vannprisseminaret 2016, Fremmedvannsproblematikken av Helen Karstensen)*

## 1.4 Nytte av redusert fremmedvann i avløpssystemet

Reduksjon av fremmedvannet i avløpssystemet fører til både økonomisk – og miljømessig nytte for samfunnet. Redusert fremmedvannsandel i ledningsnett vil sikre bedre ledningskapasitet og dermed mindre sannsynlighet for overløpsutslipp som sparer samfunnet for de miljømessige konsekvensene som er vanskelig å vekte i kroner og ører. Ifølge Lindholm og Bjerkholt kan det antas at dersom man blir kvitt alt fremmedvann i norske avløpsnett, ville utslippene fra avløpsrenseanleggene i gjennomsnitt gå ned med mer enn 50 % i forhold til dagens situasjon *(Innlegg fra vannforeningen (2012). Fremmedvann i nordiske avløpsnett av Lindholm & Bjerkholt)*. Ved redusert overløpsutslipp ivaretas kvaliteten på badevannet, strandlinjer og bedrer opplevelseskvalitet knyttet til rekreasjonsområder. Driftskostnader knyttet til pumpestasjoner og renseanleggene blir redusert ved å redusere fremmedvannsandel i avløpsnett samt at kommunene kommer til klare bedre å oppnå miljømål som er satt av fylkesmannen i utslippstillatelsen. Ved redusert fremmedvannsandel blir det ikke behov for utskifting og oppdimensjonering av dagens avløpsledninger. Mindre fremmedvannsandel i avløpssystemet betyr bedre renseeffekt, ingen utvidelsesbehov samt mindre rensekostnader.

## 2. Teori

### 2.1 Avløpssystemer

Avløpssystemets hovedfunksjon er transport av avløpsvann fra boliger, næringsvirksomheter, industri og institusjoner (hoteller, sykehus, fritidsbebyggelser osv.) til renseanlegget for rensing uten å måtte forurense ytre miljø før den slippes ut til resipienten. I tillegg til avløpsvann nevnt ovenfor, er avløpssystemet bygget for å avlede overvann, infiltrasjonsvann (vann som infiltrerer gjennom ledningen pga. skjøter og sprekker), innlekking av regnvær på grunn av feilkobling av sluk, tak nedløp og drenering. 86 % av Norges innbyggere er tilknyttet til kommunale avløpstjenester (*SSB, kommunal avløp oktober 2022*). Antall kommunale spillvannsledninger under bakken utgjør ca. 39223,537 km og antall separat kommunalt overvannsnett utgjør ca. 20016,073 km (*SSB, kommunal avløp oktober 2022*). Det er 7 400 km fellessystem. Private stikkledninger utgjør ca. 90 000 km (*Rådgivende ingeniørers forening, RIF 2019*).

Avløpstransportsystemet som er i bruk i dag, kan spores fra 100 - 150 år tilbake i tid. På grunn av varierende og krevende klimaforhold i Norge har det vært benyttet mange ulike metoder for planlegging, prosjektering og utførelse av anleggene gjennom årenes løp. Materialbruk i anleggene har utviklet seg fra Teglør, betong – og jernrør til mere bærekraftig og robuste rørmaterialer som PVC, PE og PP. Anleggenes utforming og standard har vært avhengig av den lange utviklingen i bransjen i forskjellige tidsperioder.

Teglør ble bygd i årene (1850-1910) og var de eldste rørtypene som ble brukt som avløpsledning i Norge, men utviklet seg til mere robuste materialer som betong etter anleggene fikk mange skader på grunn av materialet i Teglør var sprøtt. De første betongavløpsledningene ble tatt i bruk i året 1896. I 1909 kom de første normene for styrke og produksjon av betongrør og de økte belastningene på dypere og bredere ledningsanleggene etter 2.verdenskrig førte til at normene ble revidert (1970) og denne gangen med tredoblet styrke for å yte behovet. Rørtype PVC er tatt i bruk fra 1960-tallet med en god del utfordringer og dette på grunn av lite kunnskap om rørtype. (*Vann og avløpsteknikk, utgave 2, kap. 13*).

Å transportere avløpsvannet sammensatt av ulike vanntyper er vedlikeholdskrevende og ikke minst kostnadskrevende prosess. Avløpssystemet ligger stort sett under bakken og å holde det vedlikeholdt er en krevende jobb for kommunene. For å ha god kontroll over ledningsnettet kreves det avansert teknologi og verktøy samt gode rutiner på registrering ute på feltet. Kommunene ved hjelp av ulike dataverktøy samler inn informasjon om sine ledningsnettet i digitale kartverktøy (Gemini) og databaser. Kartverktøyet inneholder informasjon som for eksempel: alder, eierskap, material, størrelse og bilder av kummer.

Avløpssystemet i Norge består av både separate avløpssystemer og felles avløpssystemer (AF-ledninger). Der ledningsnettet er separert føres spillvannet i separate spillvannsledninger, mens overvannet føres i egne overvannsledninger. Spillvannet i et separatsystem føres direkte til renseanlegget, mens overvannet transporteres til nærmeste bekk/resipient. I et felles avløpssystem transporteres både spillvann og overvann i en og fellesledning til renseanlegget for rensing før den slippes ut til resipienten.

### 2.1.1 Fellessystem

Fellesavløpssystem var det første prinsipielle systemet som ble tatt i bruk i Norge. I et felles avløpssystem transporteres spillvann sammen med overvann i en og fellesledning til renseanlegget for rensing før den slippes ut til resipienten. Spillvannet omfatter vannet som kommer fra husholdninger, næringsvirksomheter, industri og institusjoner. Overvann omfatter regnvær, drensvann og takvann. (*Vann og avløpsteknikk, utgave 2, kap. 11*).

Fellesavløpssystem transporterer mye vannmengde til renseanleggene (spillvann+overvann) og jo mer vannmengde til renseanlegg desto mer forurensningsutslipp. Ved kraftig nedbørsperioder kan mye regnvann spise opp kapasiteten til ledningene og dette resulterer med overløpsutslipp fra avløpsnettets som igjen fører til forurenset vassdragene og resipientene. I en rapport utarbeidet av COWI for Lørenskog kommune, har de kommet fram til at 70% av den årlige tilførselen til avløpsrenseanlegget er fremmedvann (*Fremmedvannsrapport. Utarbeidet av Cowi 2016*) og felles avløpssystem er den største bidragsyter. Utfordringene med overløpsutslipp henger sammen med omfang av fellesledningsnett og mengden fremmedvann i avløpsnettets. I en rapport utarbeidet av Bedrevann fra 2020 viser at andel fellessystem på landbasis ved utgangen av 2020 på hele 18% og andelen fellessystem i bedreVANN kommunene er redusert fra 26 % i 2014 til 20 % i 2020. (*BedreVANN, 2020*).

Boliger knyttet til fellessystem risiker kjelleroversvømmelser ved kraftig nedbør eller ekstrem snøsmelting ettersom ledningsnettets blir overbelastet og dette fører til at vann trenger inn i kjelleren gjennom sluk i gulvet.

### 2.1.2 Separatsystem

Prinsippet bak et separatsystem er å separere spillvann og overvann. Spillvannet i et separatsystem føres direkte til renseanlegget for rensing før den slippes ut til naturen (resipienten), mens overvannet transporteres til nærmeste bekk/resipient uten å måtte gå igjennom renseprosessen. Et separatsystem har flere fordeler blant annet mindre kapasitetsproblem ved kraftig nedbørsperioder. Mindre overløpsutslipp ettersom ledningsnettets har god kapasitet til å transportere spillvannet til renseanlegget. Spillvannet i et separatsystem er mest mulig konsentrert, noe som gjør det økonomisk å rense kontra spillvannet som transporteres til renseanlegget via et fellessystem som er fortennet og trengs mer kjemikalier å rense. I et separatsystem er overvannet tatt bort fra spillvannet og dette fører til besparelse i rensekostandene. (*Vann og avløpsteknikk, utgave 2, kap. 11*).

Ulemper ved separatsystem er feilkoblinger av kloakk/spillvann på overvannsledningen noe som gjør at det som slippes ut i naturen (resipienten) er urenset. En annen ulempe ved et separatsystem er at overvannet i sentrumsområder kan være sterkt forurenset som på sikt øker fare for forurensing av vassdragene/resipientene.

### 2.1.3 Ulike typer avløpsvann

Spillvann defineres alt vann som har vært brukt i husholdninger, institusjoner (hoteller, sykehus, fritidsbebyggelser) og næringsvirksomheter som transporteres fra brukerne og videre til et renseanlegg ved hjelp av ledningsnettets.

Avløpsvann er alt vann som har vært brukt i husholdninger, institusjoner og næringsvirksomheter samt overvann (regnvær, drensvann og takvann). I et fellessystem transporteres både spillvann og overvann i en og samme ledning og derfor er begrepet en samlebetegnelse for både spillvann og overvann.

Overvann er vann som renner på overflaten på grunn av regn og eller snøsmelting. Hovedårsaker til at overvann er klimaendring, urbanisering og underdimensjonerte overvannstiltak og avløpsanlegg.

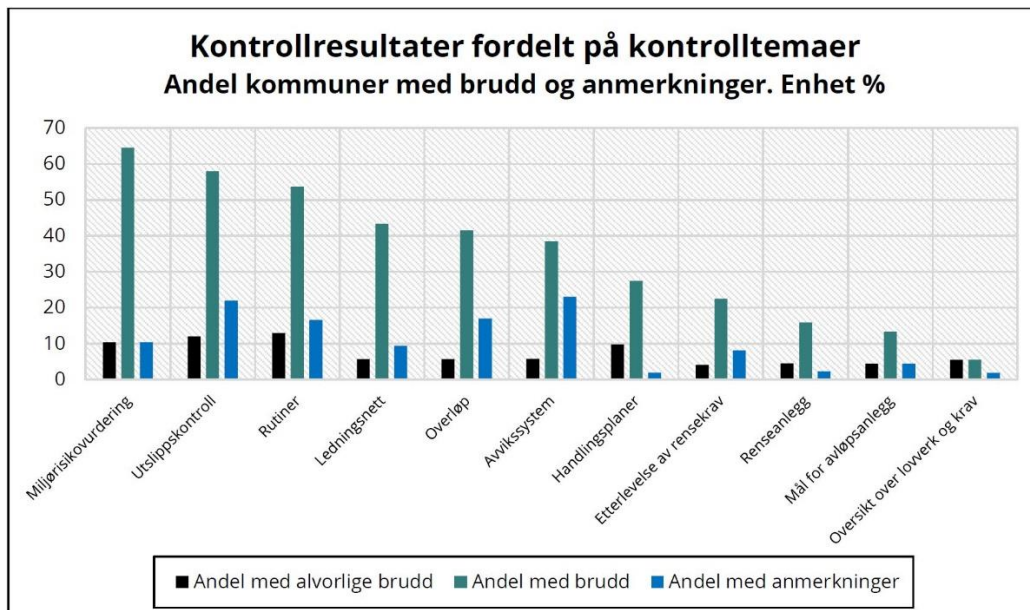
#### 2.1.4 Overløp

Overløp er sentral konstruksjon på ledningsnett for å hindre oversvømmelse og overbelastning av nedstrøms ledningsanlegg. Overløpet sin funksjon er å slippe vannet direkte til resipienten urenset som ellers ville overbelastet ledningsnett ved nedbør. For mye overløpsutslipp bidrar til forurensning og dette er å anse som et betydelig samfunnsproblem som leder til negative konsekvenser for miljø. Det finnes to ulike typer overløp, regnvannsoverløp og nødoverløp. Regnvanns overløp etableres på hovedledningene for å unngå kapasitetsproblematikk og oversvømmelse ved nedbørsperiode (mest aktuelt på fellessystem). Nødoverløp er mest aktuelt å etablere i forbindelse med pumpestasjoner, bassenger og renseanlegg for å unngå oversvømmelser (økt vann nivå oppstrøms).

#### 2.1.5 Avløpssystemets tilstand

Avløpssystemet i Norge er generelt i dårlig stand. Ledningene i avløpsinfrastrukturen er av høy gjennomsnittsalder og er modne for å skiftes ut. De fleste kommunene i Norge sitter med lite kunnskap om ledningsnett og har dårlig kontroll over overløpssystemer. Miljødirektoratet har utarbeidet en rapport hvor statsforvalteren gjennomførte tilsynsaksjon hos kommunale avløpsanlegg i september – oktober 2021. det ble totalt 55 kommuner i ni fylker kontrollert. Det kommer frem av rapporten at så mange som 50 av 55 kontrollerte kommuner bryter miljøregelverket og har ikke god nok oversikt over tilstanden til avløpssystemet. Mange kommuner har ikke tilstrekkelig oversikt over hvilken miljøpåvirkning det kommunale systemet har på omgivelsene. Det ble avdekket lovbrudd på temaet ledningsnett i 26 kommuner (49 %). Det var flest brudd på manglende etterlevelse av funksjonskrav til ledningsnett, f.eks. lekkasjer og kapasitet til å håndtere alt avløpsvannet. Brudd på temaet overløp ble funnet i 26 kommuner (49 %). De fleste bruddene gjaldt manglende tidsregistrering av utslipp fra overløp. Brudd på temaet utslippskontroll i 35 kommuner (70%) hvor de fleste bruddene gjaldt overskridelser av tillatelsenes rensekrav. 10 av 55 kommuner hadde brudd på drift og vedlikehold av renseanlegget hvor flest mangler ble funnet ved renseanleggenes dimensjonering og kontroll med at kravene i tillatelsene ble overholdt. *(Miljødirektoratet. Resultater fra tilsynsaksjon ved kommunale avløpsanlegg - 2021).*





Figur 2.1 viser oversikt over andelen avbrudd og anmerkninger fordelt på hovedkontrolltemaene i 2021 – Utklipp Miljødirektoratet

Av rapporten fremkommer det ganske tydelig at kommunene i Norge har et avløpssystem som ikke er i henhold til regelverket. Årsaker til dårlig tilstand er manglende rutiner og eller kunnskap på de overnevnte temaene noe som på sikt truer det norske avløpssystemet. Tilstanden til avløpssystemet er blant annet påvirket av følgende forhold:

- Manglende avansert teknologi som bidrar med oppfølging av rutiner.
- Manglende overvåkningsteknologi som bidrar til å overvåke og registrere overløp utslippene
- Manglende teknologi som sørger for god nok informasjon om avløpssystemet
- Utette ledninger og kummer som forårsaker inn – og utlekking
- Dårlig anleggsarbeidene
- Feil bruk av materialer
- Feilkoblinger og dårlig installasjon av komponenter
- Manglende eller lite ressurser (mannskap, kompetanse)
- Dårlig økonomi

#### 2.1.6 Vannforbruk

Vann er livets viktige ressurs, og enda viktigere er for oss mennesker å ta vare på denne ressursen. I dag flere kommuner og vandndistributører utfordrer brukere til å installere vannmålere for å ha kontroll over hva det faktiske vannforbruket er i Norge. Ifølge en dansk undersøkelse i 2009 (Winther et. Al, 2009, Vann og avløpsteknikk, utgave 2, kap. 10) viser at vannforbruket i danske husholdninger normalt ligger i område 95 -145 l/p. d (Liter i døgnet per person). Det er gjort et anslag for vannforbruket i Norge og målingene av vannforbruket viser at forbruket i Norske husholdninger ligger normalt i området 130 – 145 l/pd. (VA-teknikk, 2014 2.utgave, kap. 10).

Vestfold vann IKS er hoved produsent og distributør av vann for fem kommuner (*Sandefjord, Tønsberg, Færder, Horten og Holmestrand*). Vestfoldvann sine målinger for 2021 – 2022 viser at Hver nordmann bruker ca. 140 liter rent vann per dag. i en rapport utarbeidet av Norsk vann (NV rapport B20, Norske tall for vannforbruk) fastslår de at vannforbruket i landet er 140 liter i døgnet per person. Miljø Blad (*Fremmedvann i avløpsledninger, Nr 123, 2017*) har satt vannforbruket til 140 l/p. d i sine beregninger av fremmedvannsmengder ved hjelp av fortynningsmetode. Et innlegg fra 01.10.2021, publisert av Bergen kommune i sin side under tittelen *Er du vannsmart?* Har fastslått at hver person bruker ca. 140 liter i døgnet per person (L/p. d).

Med referanse til de overnevnte artiklene og at 140 liter per person per døgn er en fornuftig verdi, har jeg brukt 140 l/p. d i oppgaven min.

## 2.2 utfordringer

Vann og avløpsbransjen er Norges viktigste og mest kompliserte infrastruktur som kommer til å møte en del krevende utfordringer i framtiden. Det er mange ulike faktorer som påvirker avløpssystem, blant annet befolkningsvekst, urbanisering, klimaendring, vedlikeholdsetterslep, fremmedvannproblematikk og ikke minst strengere kvalitets og dimensjoneringskrav fra myndighetene. Kommunene i dag sitter med hovedansvaret for avløpssystem, og de opplever utfordringer med å rekruttere nok fagpersoner innen feltet.

### 2.2.1 Urbanisering og befolkningsvekst

Det er store utfordringer knyttet til urbanisering og befolkningsvekst. Norge vokser, og veksten er ujevnt fordelt over hele landet. Byer og tettsteder forventes å få sterk befolkningsvekst noe som fører til tette impermeable flater, som medfører en økning i overflateavrenning. En økning i overflateavrenning betyr mer tilførsel av vann direkte til avløpsnett enn det er dimensjonert for, som fører til kapasitetsproblemer på ledningsnett. En økning i befolkningstallet resulterer med økte spillvannsmengder som fører til økt fare for kapasitets problemer på avløpsnett samt økt belastning på rensesanleggene. Ved fellessystem kan dette føre til økt overløpsutslipp som er skadelig for ytre miljø.

Befolkningen samlet sett vil vokse med 11 % fram til 2050, på nasjonalbasis (*SSB, nasjonale befolknings framskrivninger 2020*). Dimensjonering av ledningsnett og rensesanleggene er avhengig av brukere og befolkningsvekst fører til at kommunene må ta høyde for det og dimensjonere etter det økende volumet av brukere.

Viken fylkeskommune skal vokse med hele 18,5% fram til 2050 (*SSB, regionale befolkningsframskrivninger. juli 2022*). Lørenskog kommune hadde rundet 40.000 innbyggere per 1.1.2019. Kommuneplan for årene 2015 – 2026 antydte en befolknings- og boligutvikling med gjennomsnittlig befolkningsvekst på 2 % per år (*kommuneplan 2015 – 2026, Lørenskog kommune*), men veksten de siste årene har vært på ca. 3 %. Veksten forventes å fortsette og dette stiller store krav til utbygging, dimensjonering og utskifting av vann- og avløpsnett. (*Hovedplan VA og vannmiljø 2020-2035, Lørenskog kommune*).



### 2.2.2 Klimaendringer

Klimaendringene fører til økt nedbørsmengde og intensitet som fører til flom, forurensning av vassdrag og ledningsnett som går fullt i nedbørsituasjoner. Økt nedbørsmengde spiser opp ledningskapasitet og fører til økt renskostnader. Dagens avløpssystem er ikke dimensjonert for å håndtere store mengder av vann som resultat av klimaendringer og derfor er det viktig at både kommuner og vann- og avløpsselskaper ivaretar de nevnte forholdene ved dimensjonering av vann- og avløpssystemet og rensanleggene.

Klimaendringer gjør at temperatur på jordkloden stiger. Gjennomsnittstemperatur på jorden har allerede økt med 1.1 grader siden 1750 og fortsetter raskere enn antatt (*FN-samband, klimaendringer rapport, 2022*).

2020 var det varmeste året som er målt i Norge. Temperaturen var da 1,4 grader over normalen (1991 til 2020). Det nest varmeste året var 2014 med 1,2 grader over normalen. Vi har fått en ny normal vi måler avvikene i temperaturen mot. Den nye normalen (som går fra 1991 til 2020) er i snitt 1 grad varmere enn den forrige normalen (som gikk fra 1961 til 1990). Årstemperaturen i 2021 var helt lik gjennomsnittet i den nye normalen, og var det kaldeste året siden 2013. Siden år 1900 har den årlige nedbøren for hele Norge økt med ca. 20%. Intense nedbørshendelser, der det kommer mye nedbør i løpet av kort tid, har også blitt kraftigere og hyppigere de senere årene. 2021 var et forholdsvis tørt år, og års nedbør havnet på 90 % av den nye normalen for nedbør (som går fra 1991 til 2020). Siden klimaendringer fører til mer nedbør har også den nye normalen blitt våtere. Sammenlignet med den forrige normalen (fra 1961 til 1990) var 2021 et ganske gjennomsnittlig år. (*Miljødirektoratet. Miljøstatus klimaendringer i Norge*)

Økt fremmedvannsmengde er en direkte konsekvens knyttet til klimaendringer. Dagens kvalitet på ledningsnettet er ikke tilstrekkelig, og økt nedbørsmengde som resultat av klimaendring øker fremmedvannsmengden i avløpssystemet. Fellessystemet er av de mest sårbare system under kraftig nedbørshendelser, da det renner både overvann og spillvann i samme ledningsnettet. Dette fører til økt mengde fremmedvann, kapasitetsvikt og økte renskostnader.

### 2.2.3 Rekruttering

Rekruttering av VA-ingeniører regnes som en av de største utfordringene i VA-bransjen. For å rekruttere dagens ungdommer innen bransjen, kreves det innsats innen forskning, utvikling og innovasjon. Dette for å gjøre plattformen mer interessant og spennende. Norske VA-virksomheter bruker bare 2–3 promille av omsetningen til FoU. Dette er mye lavere enn sammenlignbare bransjer, og langt fra tilstrekkelig til å sikre den rekruttering og bærekraft som er nødvendig for å levere disse samfunnsviktige tjenestene i fremtiden (*Norsk vann, bulletin nr 2, juni 2012*).

Antall studenter som utdannes innen faget har økt (ca. 40 master-studenter uteksamineres nå pr. år på NTNU/NMBU), og det er en positiv trend som viser fortsatt økning i studenttallet på utdanningsstedene for vann og avløp (*RIF "State of the Nation"- rapport 2019*). Det fortsatt en lang vei å gå for å sikre nok antall VA-ingeniører for å kunne oppfylle kommende behov innenfor bransjen.

#### 2.2.4 Ledningsfornyelse

Oppgradering og rehabiliteringsbehovet er stort i Norge innenfor vann- og avløpsbransjen. På grunn av dårlig tilstanden til ledningsnett, renner det mye fremmedvann i avløpsnett og ved nedbørsepisoder, fører det til kapasitetssvikt og forurensning av vassdragene ved overløpsutslipp. Ut- og innlekkasjer av både vann- og avløpsledninger er et kjent fenomen hos kommunene og mange kommuner sliter med å oppgradere de modne og skifteklare ledningene.

I Rådgivende ingeniørers forening nyeste ”State of the Nation”- rapport (RIF 2019) ble det kommunale avløpsanlegg gitt tilstandskarakter 3. Anlegget har en akseptabel, men ikke god standard. Det må forventes ekstraordinært vedlikehold for å opprettholde drift. Fremtidige investeringer er nødvendig. Videre har RIF foreslått i rapporten en estimert kostnad på hele 170 mrd. NOK for oppgradering til karakter 4 (Anlegget har god standard. Normalt, løpende vedlikehold er nødvendig for å opprettholde tilstanden). Ledningsfornyelsen har ikke vist noe stigende takt de siste årene. Med dagens takt, vil det ta 150 år før dagens ledninger er skiftet (*State of the nation, Rapport RIF2019*).

Andel fornyet kommunalt vannledning i årene 2016 (0,70%), 2020 (0,71 %) og i 2021 lå på 0,68% (*SSB, kommunal vannforsyning 2022*), mens Norsk Vanns årsmøte vedtok i 2017 en «nasjonal bærekraftstrategi for vannbransjen», hvor delmål 5 sikter mot at «Vannledningsnett skal på nasjonalt nivå ha en gjennomsnittlig årlig fornyelse på 1,2 % fram til 2040 (*Norsk vann. Årsmøte 2017. Nasjonale bærekraftstrategi for vannbransjen*). en økning på gjennomsnitt 0,50% kreves for å unngå etterslep og treffes mål som er satt til 2040. VA- Info (opplysningsutvalget VA-ledningsnett) i et innlegg (Nr.2 – Juni 2016) satte følgende mål for vannforsyningssystemet: årlig utskiftning/rehabilitering av vannledningsnett bør i gjennomsnitt være 2 % på nasjonalt nivå frem til 2035 og Lekkasje fra det enkelte ledningsnett bør være mindre enn 25 % innen 2020. men ifølge SSB sine tall fra 2022 ser vi at lekkasje prosentene har ligget på 30.9% (2016), 30.5 % (2020) og 30.9 % (2021). Lekkasjeprosenten på 30 prosent (redusert fra enda høyere nivå for få år siden), er en god del høyere enn sammenlignbare land (Sverige har 15 prosent og Danmark har 6 prosent). Noe av forskjellen kan skyldes topografi, kaldere klima og at det ikke har vært jobbet nok med utbedring av private vannanlegg (*State of the nation, Rapport RIF2019*).

Andel fornyet kommunalt spillvannnett i årene 2016 (0,61%), 2020 (0,69%) og i 2021 lå det på 0,77 % (*SSB, Kommunal avløp oktober 2022*). Regjeringen har fastsatt et nasjonalt mål at ledningsnett i alle kommunene skal fornyes med en prosentsats på 2% hvert år frem til 2040. sammenligner vi dette med tallet fra SSB, ligger vi ganske bak målet.

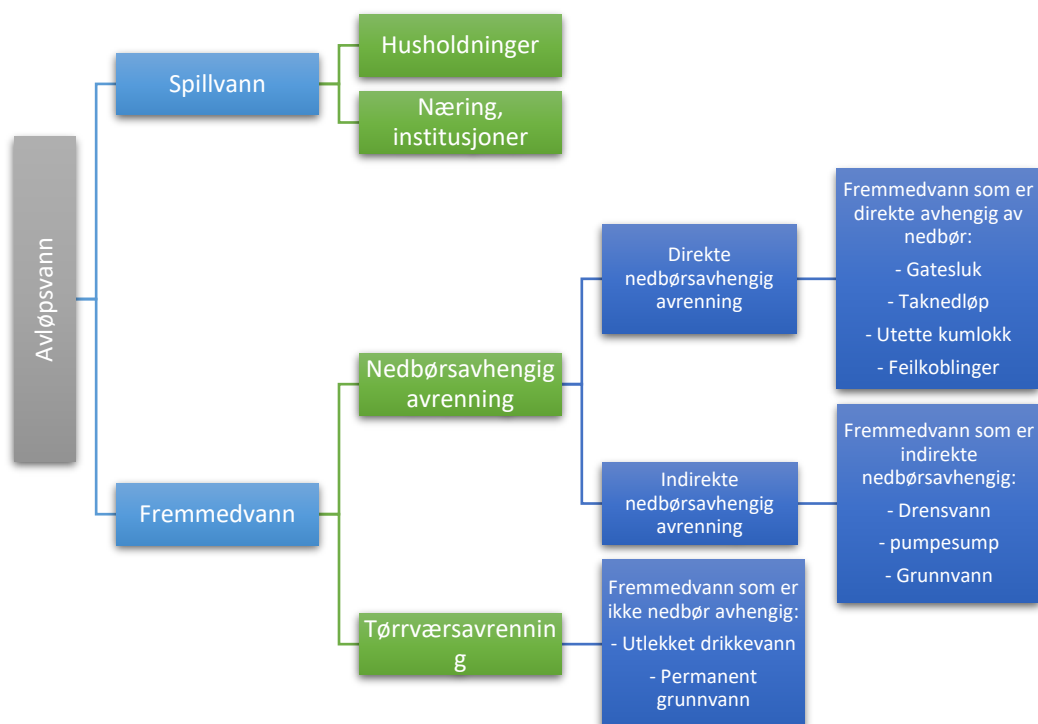
Norske kommuner må gjøre stor innsats innenfor oppgradering/rehabilitering og bygging av ny infrastruktur for at innbyggere skal ha tilgang til nok rent drikkevann og forsvarlig rensing av avløpsvann uten å måtte forurense ytre miljø. Investeringsbehovet innen vann og avløpsbransjen er beregnet til 332 milliarder kroner (*Norsk Vann-rapport 259/2021 kommunalt investeringsbehov for vann og avløp 2021-2040*). Ifølge rapporten er det en økning på hele 50 milliarder norske kroner siden 2017, da forrige rapporten om temaet ble laget.

## 2.3 Fremmedvann

### 2.3.1 Hva er fremmedvann?

Fremmedvann kan defineres som alt vann utover sanitært spillvann fra husholdninger, næringsvirksomheter og institusjoner både i felles og separate systemer. Fremmedvann består av grunnvann, overflatevann fra snøsmelting og nedbør, utlekket drikkevann eller innlekket vann pga. feilkoblinger, drensledninger og takvann. Det er delte meninger når det kommer til overvann i avløpssystemet. Overvann som blir tilført avløpsnettet via fellesledninger, er strengt tatt ikke fremmedvann, da et fellesledninger er ment å håndtere både spillvann (kloakk) og overvann i samme rør. Ved nyanlegg i dag benyttes utelukkende to-rørs separatsystem der spillvann og overvann transporteres i to separate rør og eventuelt at overvann håndteres lokalt. Fellessystemet er en betydelig bidragsyter til fremmedvannandel i avløpssystemet vårt og derfor kan vi trygt argumentere for at fellessystem (med tilhørende overløp) ikke har en naturlig plass i fremtidens avløpshåndtering og bør saneres. Fremmedvann er å anse som et betydelig samfunnsproblem som leder til negative konsekvenser for både miljø, driftsproblemer på avløpsanleggene, samt økte kostnader. I denne oppgaven ser jeg på alt vann annet enn spillvannet som fremmedvann.

Når det gjelder fremmedvann skiller vi mellom nedbørsavhengig avrenning og tørrvæsavrenningen (konstant innlekking). Nedbørsavhengig avrenning oppstår etter nedbørsrike perioder og perioder med høy nedbørsintensitet, disse kan deles inn i to underkategorier: Direkte nedbørsavhengig avrenning og indirekte nedbørsavhengig avrenning. Tørrvæsavrenningen eller konstant innlekking er avrenning som er ikke nedbørsavhengig.



Figur 2.2 Viser de ulike elementene i avløpsvannet

### 2.3.2 Direkte nedbørsavhengig avrenning

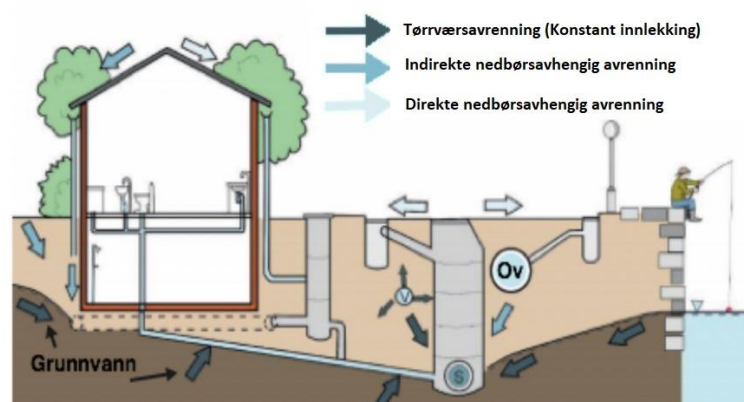
Avrenningen som er avhengig av nedbør er definert som direkte nedbørsavhengig avrenning. Under en nedbørsperiode vil alt vannet som renner på impermeable overflater tilføres direkte til avløpssystemet via f.eks. feilkoblinger av overvann inn på spillvannsledningen, overvann som renner inn i avløpssystemet via utette kumløkker og andre sanitære installasjoner. Belastningene på avløpsledningene merkes fortløpende etter store og betydelig nedbørsmengder da det er store og tette flater som gir raskt avrenning. Fremmedvann ved nedbør medfører i tillegg kapasitetsproblemer på ledningsnettets som igjen fører til overløpsutslipp der spillvann/kloakk blandet med overvann renner via overløp ut i vassdrag og i enkelte tilfeller tilbakestuvning i ledningsnettets som til slutt kan føre til kloakk i kjellere via sluk eller WC (kjelleroversvømmelser).

### 2.3.3 Indirekte nedbørsavhengig avrenning

Avrenningen som infiltrerer i grunn før den finner veien inn til avløpssystemet etter noen dager i nedbørsperioden. Deler av nedbøren perkolerer til grunnvannet og hever grunnvannsspeilet. Modne og skifteklare rør er ofte årsakene til at vannet trenger inn i avløpssystemet blant annet utette rørskjøter, feilkoblede drenerør og drener vann fra bygninger.

### 2.3.4 Tørrværsavrenning (konstant innlekking)

Konstant innlekking er uavhengig av en bestemt nedbørsepisode og innebærer utilsiktede tilførsler på avløpsledningen til enhver tid. Denne type avrenningen kommer ofte fra det stabile grunnvannsmagasinet og eller lekkasjer fra drikkevannsledninger via kummer, rørsprekker og utette skjøter. Drikkevannsl lekkasje er den største bidragsyter til konstant innlekking både under tørrvær og nedbørsepisoder. VA-ledningene i Norge ligger i en og samme grøft, hvor overvannsledningen ligger nederst, spillvannsledning i midten og vannledningen øverst. Når det oppstår lekkasjer i drikkevannsledninger, renner vannet konstant nedover i grøften (vannmettede sonen) og havner i spillvannsledning via sprekker, og dette er kontinuerlig vannstrøm som hele tiden trenger inn i ledningen. Fremmedvann i tørrvær (konstant innlekking) er først og fremst et problem ved at det medfører kostnader i form av rensing og pumping.

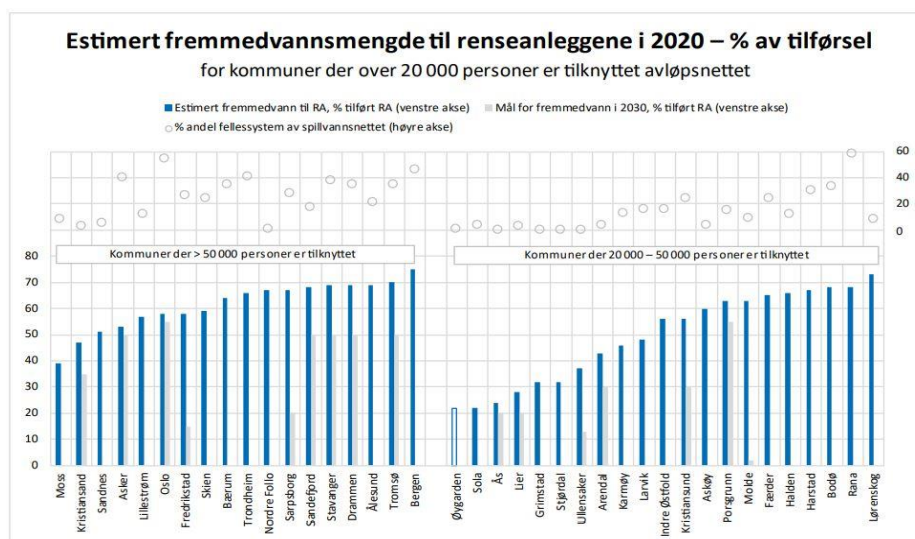


Figur 2.3 viser ulike komponenter knyttet til fremmedvann og deres kilder – Kilde: Bäckman et al. (1993)

### 2.3.5 Fremmedvann i Norge og andre land

Fremmedvann i avløpssystemet er et stort problem for mange kommuner i Norge med negative konsekvenser som kapasitetssvikt i avløpsledningene, miljømessige konsekvenser og ikke minst økonomiske konsekvenser. I 2008 ble det beregnet fremmedvann på 14 store anlegg hvor 50% av anleggene hadde mer enn 50% fremmedvann (gjennomsnitt 60 -70 %) (Lindholm & Bjerkholt, *Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg, 2011*). I 2016 utarbeidet Lørenskog kommune en fremmedvannsrapport og basert på tall fra NRA (Nedre Romerike Avløpssekselskap IKS) viser at 70% av den årlige tilførselen til renseanlegget er fremmedvann. I 2021 Sarpsborg kommune utarbeidet en rapport (*Handlingsprogram fremmedvann og ledningsfornyelse avløp. 2021*) i samarbeid med Norconsult hvor det er konkludert at i 2019, 73,2% av levert avløpsmengden til Alvim RA var fremmedvann. Godt Vann Drammensregionen (GVD), som er et samarbeidsprosjekt mellom ni kommuner i Drammensregionen og Glitrevannverket gjorde i 2009 (*Godt Vann, 2009*) en undersøkelse, basert på målinger og data for 2007, av mengden fremmedvann i avløpsnett til Drammen. Undersøkelsene er utført ved å måle vannforbruket og avløpsmengder og så gjøre de nødvendige beregninger ut fra dette. Resultatene viste at avløpsnett i Drammen kommune hadde 67 % fremmedvann. I artikkelen *Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett (Jarle T., Oddvar L., Ole L., 2012)* er det beregnet gjennomsnittlig fremmedvannsmengde hos 15 store renseanleggene som hadde totalt 1,74 millioner PE tilknytning (2009) med et gjennomsnittlig vannforbruk på 140 l/pd. den gjennomsnittlig andel fremmedvann for alle renseanleggene var 68%.

I Bedre Vann sin rapport om tilstandsvurdering av kommunale vann- og avløpstjenester fra 2020, hvor 76 kommuner og 9 interkommunale vann- og avløpssekselskap har vært deltakere har blant annet sett på fremmedvann i spillvannsnett. Skisse under viser estimert fremmedvannsmengde til renseanleggene i 2020. samt mål for fremmedvann i 2030 og en grafisk framstilling av prosent andel fellessystem av spillvannsnett i de forskjellige kommunene.



Figur 2.4 viser estimert fremmedvannsmengde til renseanleggene i 2020 – Kilde: Rapport fra *bedreVANN\_2020*

For å se på fremmedvannsandel fra andre land, har jeg valgt å se på de nordiske landene da de har tilnærmet likt klima og nesten likt topografi (unntatt Danmark). I artikkelen *Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett (Jarle T., Oddvar L., Ole L., 2012)* er det beregnet gjennomsnittlig fremmedvannsmengde hos de største av renseanleggene i landene Danmark, Finland og Sverige. Resultatene er fremstilt i tabellen under.

*Tabell 2.1 viser oversikt over fremmedvannsmengde i prosent hos de største renseanleggene i de nordiske landene*

Land	Antall avløpsanleggene	Fremmedvannsmengde (%)	Omfang av Fellesavløpssystem (%)	Antall PE
<b>Norge</b>	15	68	22	1,7 mill.
<b>Danmark</b>	15	23	Ca. 50	2,5 mill.
<b>Sverige</b>	15	58	Ca. 15-20	3,7 mill.
<b>Finland</b>	8	29	Ca. 10-15	1,8 mill.

Av resultatene ser man at det er store variasjoner mellom landene. Norge har størst andel fremmedvann i avløpssystemet i forhold til de andre landene til tross for at andel fellesavløpssystem i Danmark er høyere enn Norge. Sverige har tilnærmet likt andel fellesavløpssystem, men ligger likevel bak Norge i andel fremmedvannsmengde. Norge har et grøftesnitt hvor overvannledningen er strategisk plassert nederst, spillvannsledningen i midten og vannledningen øverst i grøften. Mens i andre nordiske land ligger spillvannsledning nederst i grøften, overvannsledningen er plassert i midten og vannledningen øverst. Ut ifra plasseringene burde Norge unngå en del fremmedvann da spillvannledningen er i midten, mens i andre land ligger den nederst. Når spillvannsledningen ligger nederst, vil grunnvannet komme raskere opp på nivå med ledningen, og dermed infiltrere. I Norske Grøfter er spillvannsledningen mer utsatt for drikkevannslekkasjer da de ligger rett under vannledningene. Lekkasjeandelen fra drikkevannsledninger i Norge er høye, i 2021 var lekkasjetallet som et snitt for hele Norge på 30.9 %. Grunnforhold er mye å si. I landene med lite tele, ligger ledningene grunnere og dette fører at ledningene bli mindre påvirket av grunnvann. I Norge ligger ledningene ganske dypt og dermed er sannsynlighet stort for grunnvannsinntrengning. Norsk avløpssystem har større behov for rehabilitering/renovering enn de andre nordiske landene og dette kan være en av årsakene til størst andel fremmedvann i systemet.

### 2.3.6 Kilder til fremmedvann

Fremmedvann trenger inn i avløpssystemet på ulike måter. I dette delkapittelet skal jeg kaste lys over de viktigste kildene som fører til at fremmedvann trenger inn i avløpssystemet. Fremmedvann blant annet fører til økt belastning på avløpssystemet og øker hydraulisk belastning på renseanleggene som igjen resulterer med mindre oppholdstid, dårlig sedimentering og økte kostnader for pumping og rensekjemikalier (*Oddvar Lindholm. 360 grade. Fremmedvann i avløpsnett .2012*).



- **Drikkevannsl lekkasjer:** Drikkevannsl lekkasjer i Norge er høy og noe av årsakene er høyt vanntrykk, høy alder på ledningsnett og varierende grunnforhold (Bedre Vann, 2021). Lekkasjevann fra vannledningene trer inn i avløpsledningen via kummer, rørsprekker og utette skjøter.
- **Grunnvann:** Høy drikkevannsl lekkasjer og infiltrert nedbør i grunnen fører til at grunnvannsnivået stiger og noen ledninger blir påvirket av mettede løsmasser. Ledninger som er modne for å skifte eller er i dårlig stand, eller kummer med sprekker blir ofte utsatt for infiltrasjon av grunnvannet.
- **Overvann:** Vann som renner på impermeable flater og fra tak gjennom takrenner ledes direkte til avløpssystemet (fellesavløpssystem). Det er uenigheter ved prinsippet å definere overvann som fremmedvann, da formålet med et fellesavløpssystem er å håndtere både spillvann og overvann i samme rør. To-rørs separatsystem er det nye prinsippet som skal tas i bruk ved nyanlegg, der spillvann og overvann transporteres i to separate rør. Ved ekstrem nedbørsperioder blir ledningens overbelastet og fører til negative økonomisk- og samfunnsmessige konsekvenser.
- **Bekkevannsinntak:** I gamle dager ble bekkene brukt som resipient til spillvann. Mange av de bekkene ble lagt i rør pga. forurensningen. Slike bekker er blant de bidragsyttere til fremmedvann i avløpssystemet. Mange avløpsledninger krysser eller ligger langs med åpne bekker hvor rørene ligger på bunnen eller gravd ned i den vannmettede sonen i bakken. Når ledningene ikke er helt tette, trenger en kontinuerlig vannstrøm inn i røret. Dette bidraget til fremmedvann er omtrent konstant og uavhengige av nedbør.
- **Drensvann:** For å unngå skader på bygninger og konstruksjoner er det viktig å fjerne vannet som infiltrer rundt dem. Drenering er en tradisjonelt metoden som brukes for å lede vannet bort fra bygninger og konstruksjoner. Drensledningene er som regel koblet til overvannsledning, men ved feilkoblinger blir en høy andel drensvann ført inn på spillvannsledningene som fører til økt hydrauliskbelastning på nettet og spiser opp kapasiteten.

#### 2.3.7 Standard parametere i fremmedvann

- **pH-verdien:** Er et mål for konsentrasjonen av hydrogenionet i væske (vannløsning). pH-verdien beskriver vannets surhet. Skalaen går fra 0-14, høyere verdier (over 7) betyr at vannet er basisk og lavere verdier på pH (mindre enn 7) betyr at vannet er surt. Vannet med pH-verdi lik 7 er nøytral. PH kan måles på forskjellige måter som pH-papir eller pH-meter. Overflatevann som for eks. bekker, elver og innsjøer har pH-verdi på 6-8 og avløpsvann har en pH- verdi på 7-8.
- **Temperatur:** Avløpsvannets temperatur kan bidra med å detektere innlekking av fremmedvann. Temperaturen av innlekkende fremmedvann er vanligvis lavere enn selve avløpsvannet som kommer fra husholdningene som er en blanding av både

kaldt og varmtvann. Temperatur i avløpsvannet kan måles på ulike måter som fiberoptiske kabler som legges ut i ledningene eller ved hjelp av innebygd sensor i vannmengdemålere.

- **Fosfor:** Det kjemiske stoffet fosfor er et grunnstoff og er et viktig mineral for kroppen vår. Fosfor finnes som fosfat i all type mat og typiske kilder er kjøtt, fisk og meieriprodukter. Fosfor i avløpsvannet kommer fra husholdningene, næringsliv og andre virksomheter. Fosfor i spillvannet kan brukes som sporstoff hvor man tar stikkprøver av avløpsvannet fra ulike steder i ledningsnettet og måler den totale konsentrasjonen av fosfor (Tot-p). Hvis resultatene viser at fosfor konsentrasjonen er høy, indikerer det lite innhold av fremmedvann og lavere fosfor konsentrasjon indikerer at avløpsvannet er fortynnet og det er mye fremmedvann i spillvannsnettet.

### 2.3.8 konsekvenser av fremmedvann

Fremmedvann anses som et betydelig samfunnsproblem som leder til negative konsekvenser for miljø, driftsproblemer på avløpsanleggene samt pumpestasjoner og ikke minst økte kostnader. Fremmedvann i tørrvær (konstant innlekking) er først og fremst et problem ved at det medfører kostnader i form av rensing og pumping. Fremmedvann ved nedbør medfører i tillegg kapasitetsproblemer på ledningsnettet som igjen fører til overløpsutslipp der spillvann/kloakk blandet med overvann renner via overløp ut i vassdrag og i enkelte tilfeller tilbakestuvning i ledningsnettet som til slutt kan føre til kloakk i kjellere via sluk eller WC (kjelleroversvømmelser). Fremmedvannsandel finnes både i felles avløpssystem og separate avløpssystemer. Tabellen under illustrerer en oversikt over problemer knyttet til fremmedvann både i felles- og separat avløpssystem (*Oddvar Lindholm. 360 grade. Fremmedvann i avløpsnettet .2012*)

Tabell 2.2 viser oversikt over problemer knyttet til fremmedvann både i felles – og separat system (Lindholm, 2012)

Type problem	Spillvannsledning i separatsystemer	Fellesavløpssystemer (AF)
Opptar kapasitet i ledningen	Ja	Nei
Økt utslipp via regnvannsoverløp	Nei	Ja
Økt utslipp i nødoverløp i pumpestasjoner	Ja	Ja, i enkelte avløpsnett
Opptar kapasitet i renseanlegg	Ja	Ja
Frakter med forurensninger ut av renseanlegg	Ja	Ja
Økte kostnader til drift og investeringer	Ja	Ja

For mye fremmedvann kan føre til sårbarhet av resipientene ved økt forurensningsutslippene. Økt fremmedvann betyr økt hydraulisk belastningen på



renseanleggene, noe som særlig betyr noe for effekten av sedimenteringsbassengene i rensesanleggene. Når fremmedvann belaster spillvannsystemet så senker vannets temperatur noe som også senker renseseffekten. På grunn av fremmedvann øker vannmengden i avløpsnettene noe som fører til økt gjennomstrømning i rensesanleggene og dette tar med seg forurensninger ut gjennom avløpsrenseanlegget (*Miljø blad, fremmedvann i avløpsnettene 2017*).

I tillegg til overnevnte konsekvenser er det viktig å nevne de økonomiske konsekvensene ved tilførsel av fremmedvann. Avløpsnettene består av pumpestasjoner som transporterer avløpsvannet i områder uten selvføll. For mye fremmedvann i avløpsnettene fører til at pumpene øker i drift og bruker mer strøm enn nødvendig. I tillegg til strømforbruket blir pumpene mer utsatt for slitasje og øker vedlikeholdsbehovet.

Store fremmedvannsmengder forårsaker overdimensjonering av rensesanleggene og ledningsnettene. Ved nybygg eller rehabilitering av rensesanleggene og ledningsnettene må det benyttes større ledninger og at rensesanleggene må bygges større og dette øker kostandene betraktelig.

Ved fellesavløpssystem er risikoen stor for at ved store regnskyll går rørene så fulle at vannet finner veien tilbake til kjellersluk og dermed oversvømmer kjellere og påfører skader på boligene. Skader på boligene kan koste både kommunen og forsikringselskapene store summer.

#### 2.3.9 Tiltak for reduksjon av fremmedvann

I forrige delkapittel beskrev jeg konsekvensene knyttet til fremmedvann i ledningsnettene. Fremmedvann i avløpssystemet fører til både samfunnsmessige, miljø og økonomiske konsekvenser. For å avgjøre hvor effektivt et tiltak mot fremmedvann er, må kostnaden og virkningen av tiltaket veies opp mot kostnadene og ulempene fremmedvannet medfører. Å redusere andel fremmedvann i avløpssystemet er et komplekst og langsiktig arbeid. Før man setter i gang et fremmedvanns reduserende tiltak, er det viktig med å kartlegge type avløpssystem om det er fellessystem eller separatsystem. Oddvard Lindholm har sett nærmere på dette og har laget en oversikt over mulige tiltak, og om de egner seg for separat system, fellessystem eller begge. (*Oddvar Lindholm. 360 grade. Fremmedvann i avløpsnettene .2012*)

Tabell 2.3 viser mulige tiltak for å redusere fremmedvannstilførselen til renseanleggene (Lindholm 2012)

Mulig tiltak	Separatsystem	Fellessystem
Minke drikkevannslekkasjer	Ja	ja
Fjerne feilkoblinger	Ja	Nei
Fjerne mulighet for overlekking/innlekking i kummer	Ja	Ja
Tette kummer, fornye/rehabiliterer kummer	Ja	Ja
Tette rørskjøter	Ja	Ja
Fornye/rehabiliterer rør	Ja	Ja
Separere fellessystem	Nei	Ja
Bruke mer LOD-metoder	Nei	Ja
Senke grunnvannsspeilet lokalt med ny drensledning eller grunnvannspumpe	Ja	Ja
Få bort hus dreneringer fra spillvannsførende ledninger	Ja	Ja

Fjerning av bekkelukkinger er tiltaket som reduserer fremmedvannandelen i avløpssystemet og er ikke tatt med i listen ovenfor, men er kort beskrevet nedenfor i tillegg til de overnevnte tiltakene.

**Tetting av lekkasjer på drikkevannsledninger:** Drikkevannslekkasjer er et stort problem i Norge hvor 30 % (Norsk vann) av drikkevannet lekker ut av rørene før det når forbrukere. Lekkasjer av drikkevannet koster norske kommuner store summer både i form av rensing av drikkevannet og avløpsvannet. Trykket i vannledningene tvinger vannet ut av ledningsnettene via sprekker og utette rørskjøter. Drikkevannet som lekker infiltreres i grunn og deretter finner sin vei inn i avløpsledningene som har sprekker og eller er utette. Tiltak som fører til redusert drikkevannslekkasjer, har dermed flere positive effekter.

**Fjerne feilkoblinger:** I noen tilfeller forekommer feilkoblinger i avløpsnettene. Når overvannsledning er koblet til spillvannsledning ved feilkobling, fører dette til at ved nedbørsperioder føres alt overvann på spillvannsledning som bidrar med vesentlige fremmedvannsmengder avløpssystemet. For å unngå slike feil ved nyanlegg er det viktig at ansvarlige fagfolk som jobber med anbringelser på ledningsnettene har god opplæring. Det finnes ulike metoder å finne feilkoblinger på blant annet ved hjelp av tilsetning av farge eller sporstoff i vannet eller røyktester.

**Fjerne mulighet for overlekking/innlekking i kummer:** Kum som er ikke tett og som disponeres av flere ulike type ledninger kan øke faren for både overlekking og innlekking. Overlekking skjer mellom to ledninger i felleskum særlig når ledningene ikke har lokk. Innlekking av fremmedvann skjer ved manglende eller dårlige pakninger.

**Tetting av kummer, fornying/rehabilitering av kummer:** Kummer er en viktig del av ledningsnettene og vedlikehold av kummer er like viktig som VA-ledninger. Utette kummer forårsaker mye grunnvannsinntrengning og utlekking av avløpsvann. Det finnes ulike metoder for rehabilitering av utette kummer for eksempel glassfiberstrømpe. Totalrenovering av kum med glassfiberstrømpe er

både billig og tidsbesparende sammenlignet med utskifting av kum. En formsydd glassfiberstrømpe blir senket ned i kummen og blåst opp til den sitter tett mot veggene. Deretter blir den herdet med UV-lys og skjære rent i kumbunnen og frese ut åpninger i sidene til gren. Bunn og renne i kummen blir renoveret i egen prosess med betongprodukter eller glass-/polyesterprodukter (<https://olimb.no/rorfornyning/rorfornyning-offentlig-va/kummer/>)

**Tetting av rørskjøter:** Utette rørskjøter medfører at fremmedvann lekker inn i ledningsnett og øker belastningen. Utlekking er også et problem ved utette rørskjøter. Årsaken til utette rørskjøter er at de fleste ledningene fra eldre tider er lagt uten pakninger eller de som har lagt med pakninger har dårlig pakninger. Setningskader er også blant årsakene til utette rørskjøter. Tiltak for å redusere innlekking og utlekking av vann fra utette rørskjøter er å tette rørkoblinger ved å skifte eller rehabilitere. Bytte av pakninger er blant tiltakene. Ved totalrenovering er det viktig å velge material som er produsert for å tåle belastningene de utsettes for.

**Fornye/rehabiliterer rør:** Modne og skifteklare ledninger er blant årsakene til at det er fremmedvannsmengde i avløpssystemet. De fleste områdene som har høy andel fremmedvann har eldre avløpsledninger under bakken. Tiltak for å redusere fremmedvann er rehabilitering eller utskifting av de rørene. Å skifte ut ledninger kostbart tiltak i motsetning til rehabilitering. Per i dag finnes flere metoder som erstatter total utskifting av rørene. Disse er både kostnadseffektive og tidsbesparende for eksempel No-Dig metoden.

**Separere fellessystem:** Felles avløpssystem transporterer både spillvann og overvann til rensesanlegg og ved store nedbørsperioder øker hydraulisk belastning på ledningsnett som fører til overløp direkte til resipienten. Ved å separere fellessystem kan man fordele den hydrauliske belastningen på to ulike ledninger hvor overvann i egen ledning og spillvann i egen ledning. Tiltaket reduserer overløpsutslippene samt øker kapasitet på ledningsnett.

**LOD – Lokal overvannsdiskontering:** Overvannshåndtering lokalt er metoden brukt i nyere tid fremfor den tradisjonelle metoden ved å transportere det bort i ledninger under bakken. Målet med LOD-metoden er å ivareta sikkerhet mot skade på helse, miljø og infrastruktur og ikke minst benyttes overvann som ressurs. For eksempel åpning av dammer og bekker, tiltaket er både flomdempende og bidrar til at vannet blir et trivselselement i byområdet. Bygging av regnbed er blant tiltakene som brukes for overvannshåndtering. LOD tiltaket bremser ned stor tilførsel av vannmengde ved kraftig nedbørsperioder til ledningsnett (der det er fellessystem) og redusere den hydrauliske belastningen.

**Senke grunnvannsspeilet:** Når dårlig ledninger med sprekker og utette rørskjøter ligger i grøfter hvor grunnvannsspeilet ligger høyere, er sjansen stor for at grunnvann lekker inn til ledningsnett. Tiltak for å senke grunnvannsnivå er å lede bort vannet ved hjelp av drensledning eller ved hjelp av elektrisk pumpe som pumper vannet vekk. Samtidig er det viktig å nevne at dersom grunnvannstanden snekes i jordmassene, kan massene settes seg og dette medfører til store problemer for bygninger og konstruksjoner som er fundamentert på setningsømfintlige løsmasser.

**Fjerne hus dreneringer fra spillvannsførende ledninger:** Bygg og konstruksjoner må ha drenering for at grunnmuren ikke blir utsatt for vann som fører til fuktskader.

Drensledningene som fører bort vannet fra grunnmuren er ofte koblet på avløpssystemet og bidrar til mye fremmedvann. Tiltak for å redusere fremmedvann er frakobling av drensledningen fra avløpsledningen og bruke LOD-metoden. Der det er lagt separatsystem kan drensledningen kobles over på overvannsledningen. Frakobling av taknedløp er blant tiltakene som kan bidra til redusert fremmedvann.

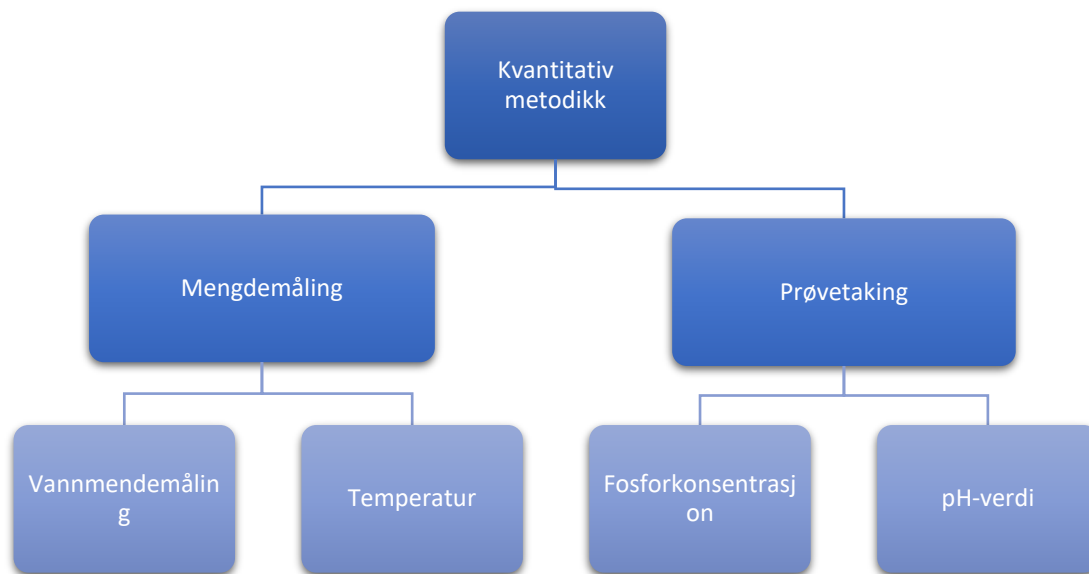
**Fjerning av bekkelukkinger:** I gamle dager ble bekkene brukt som resipient til spillvann og mange av de bekkene ble lagt i rør pga. forurensningen. Mye styrtregn og tettere flater i byen fører til at mye vann renner til avløpssystemet og forårsaker oversvømmelser. En åpen bekk kan håndtere mye større vannmengder enn bekk i rør, og gir bedre sikring mot oversvømmelse (Sintef, august 2021). utfordringer knyttet til bekkeåpninger er at de beslaglegger mye areal og det kan være ekstra utfordrende der det er involvert flere grunneiere. (<https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/apne-bekker-redder-byene-fra-oversvømmelse/>).

## 2.4 Beregning av fremmedvann

Beregning av fremmedvann er en vanskelig og kompleks jobb og kan ikke måles direkte adskilt fra spillvann. Det finnes ulike metoder å beregne fremmedvannsmengde på som for eksempel kvalitativ metodikk som går ut på rørinspeksjon, fargestoff, røyktesting og kvantitativ metodikk som går ut på mengemåling og prøvetaking. Begge metodene kan benyttes for å kartlegge og estimere fremmedvannsmengde, men i denne oppgaven har jeg valgt å benytte kvantitativ metodikk for å estimere og kartlegging av fremmedvannsmengde i avløpsnett. Metodikken er beskrevet nærmere nedenfor.

### 2.4.1 Kvantitativ metodikk

Kvantitativ metode er fremgangsmåten for å samle inn og analysere kvantitative data. Med kvantitative data menes det data som foreligger i form av tall, i motsetning til kvalitative data, som vanligvis uttrykkes i form av tekst. (snl.no, professor Sigmund Grønmo, universitetet i Bergen).



Figur 2.5 Viser oppbyggingen av kvantitativ metodikken

#### 2.4.2 Mengdemåling

Målinger av vannføringen i avløpsrørene gir et riktigere estimat for fremmedvannsmengde enn om man beregner det teoretisk ved hjelp av formler. Ved hjelp av vannmengdemålere kan man utføre ulike typer målinger for eksempel måling av temperatur i avløpsvannet. I lekkasjesøk, fungerer temperaturmålinger som en virtuell sensor som sier noe om potensialet for noe annet. Da er det ikke egentlig temperaturen man er ute etter, men effekten temperaturen har på noe annet, eller årsaker til at temperaturen er som den er.

#### 2.4.3 Prøvetaking

Beregning av fremmedvannsmengde kan også utføres ved hjelp av sporstoffmålinger. Som f.eks. ved utnytting av sporstoff i avløpsvannet. Fosfor fra spillvannet kan benyttes som sporstoff siden spillvann fra husholdninger inneholder mye fosfor når det ikke er fortynnet. Ved å måle fosforkonsentrasjonen i avløpsvannet, kan man ved hjelp av fortynningsmetoden finne ut hvor fortynnet avløpsvannet er, og beregne fremmedvannsmengdene på grunnlag av det. Dersom fosforkonsentrasjonen er lav i avløpsvannet, tyder det på at det er mye fremmedvann i avløpsnett og dermed mye fortynning. Denne metoden er grundigere forklart i metodedel. Måling av pH-verdi i avløpsvannet er en metode som brukes for å detektere fremmedvannsandelen i avløpsvannet.

### 3. Prosjektområdet

#### 3.1 Beskrivelse av område

Prosjektområdene som er valgt for denne oppgaven, ligger i Lørenskog kommune. Lørenskog kommune ble en selvstendig kommune, skilt fra Lillestrøm kommune i 1908. Lørenskog per i dag grenser til Oslo kommune, Enebakk, Rælingen og Lillestrøm kommune. Lørenskog kommune har en befolkning på 46 531 per 3. kvartal 2022 (*SSB, Befolkning, 2022*). Lørenskog kommune er en del av viken fylkeskommune fra 2020 og som fortsatt ligger i Akershus valgkrets. Kommunens totale areal er på 70.5 km<sup>2</sup>. De aller fleste innbyggere bor i den nordlige tredjedelen av kommune, grunnen til det er at store deler av kommunen (sørdelen) utgjøres av lørenskogdelen av den utbyggingsvernedede Østmarka, som omkranses av Oslos andel av skogsarealene. Innbyggerne er for det meste samlet på 15% av arealet i kommunen og en velutviklet infrastruktur dekker bo og næringsområdene. I denne delen ligger jernbane og motorvei som knytter kommunen til Oslo i vest og Romerike i øst.

(<https://www.lorenskog.kommune.no/om-kommunen/fakta-om-lorenskog-kommune/>)

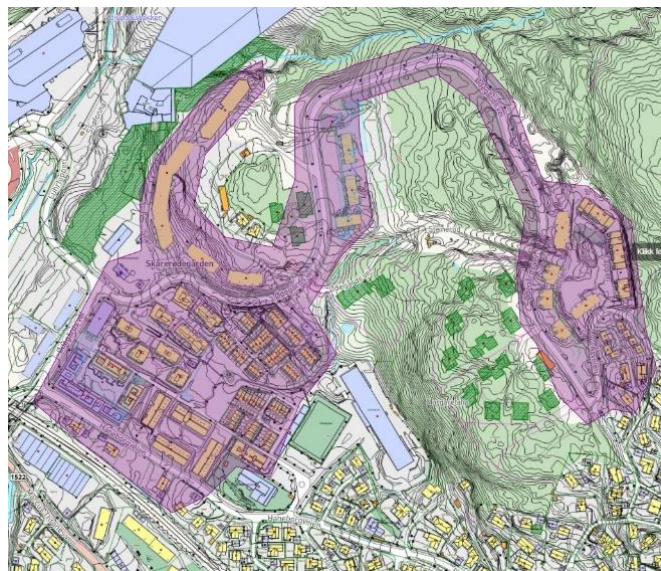
Ny hovedplan VA og vannmiljø 2020 – 2035 ble vedtatt i 2020. Hovedplan er en temaplan som gir en god oversikt over det som bør forbedres innen arbeidet med vann, avløp og miljø. Planen er gjeldende for periode 2020 – 2035. Et av målene som er definert i hovedplan er bærekraftig utvikling. Ved å arbeide med vann, avløp og miljø er kommunen spesielt oppmerksom på å ta vare på behovene til mennesker som lever i dag, uten å ødelegge framtidige generasjons muligheter til å dekke sine behov. Førrige hovedplan het «Hovedplan VA-infrastruktur» og ble vedtatt i kommunestyret 22.10.2014. I planperioden har hovedfokuset vært på utbyggingen i Lørenskog og å sikre vann og avløp for de nye utbyggingsområdene. Rehabilitering og utskifting av eksisterende ledningsnett har vært nedprioritert og målsetningene i førrige hovedplan er derfor ikke nådd på dette området. Denne hovedplanen legger derfor opp til en intensivering av ledningsfornyelsen. I kommuneplan vedtatt i 2015 som gjelder for periode 2015-2026 er definert at befolkningsvekst vil ligge på 2% per år, men veksten de siste årene har vært på 3 % per år. Veksten forventes å fortsette, med andre ord stilles det store krav til utbygging, dimensjonering og utskifting av vann- og avløpsnett. Klimaendringer bidrar til mer regn og mer vann og derfor avrenning fra utbyggingsområdene og utnyttelse av vassdragene må også planlegges på en god måte, både med tanke på flom, men også med tanke på vassdragskvalitet. Det er definert en del viktige strategier i dokumentet som er nyttig å nevne her. Utskifting av aldrende ledningsnett og kritiske ledninger, utbygging og kapasitet, tilstrekkelig trykkforhold og brannvannsdekning, lekkasjer og tap på ledningsnett, rehabilitering av private vannledninger som er gamle, sikre sårbare abonnenter og tilfredsstillende vannkvalitet til alle beboere i Lørenskog kommune. I tillegg til hovedplan er det utarbeidet temaplan av Lørenskog kommune som gjelder strategi for overvann og vassdrag med gjeldende periode er 2017-2026 (*Strategi for overvann og vassdrag 2017-2026. Lørenskog kommune*). Planen har satt en del hovedmål blant annet redusere fremmedvann i avløpssystemet, altså vann som kommer av innlekking i ledninger og kummer, skadede rør og utette kumlokk.

Lørenskog kommune har både fellesavløpssystem og separatsystem. Fellessystem står for transport av både spillvann og overvann i en og samme ledningen. I separatsystem transporteres spillvann i eget rør og overvann i eget rør. Lørenskog kommune leverer alt avløpsvann til NRA sitt renseanlegg. NRA er et interkommunalt selskap som er eid av flere kommuner (Lillestrøm, Rælingen, Nittedal og Lørenskog kommune).

Område masteroppgaven tar for seg er nord for Lørenskog sentrum i Lørenskog kommune. For å se effekten av separering som tiltak for reduksjon av fremmedvannsandel i avløpsnett, har jeg valgt to ulike delområder med ulike avløpssystem for sammenligning. Delområde A – Ødegård har separert avløpssystem og delområde B – Grønlia har fellesavløpssystem. Areal, befolkningstall og antall km ledningsnett er kriteriene som er lagt til grunn for valg av prosjektområdene. Delområde-A er relativt nytt etablert område, mens Delområde-B av eldre tidsperiode med variert byggeår.

### 3.1.1 Delområde A – Ødegård

Delområde A- Ødegård er et nytt etablert område fra 2015 ved Lørenskog stasjon, hvor bebyggelsen består av boligblokker. Område består av både byggefelter, næringsvirksomheter, skole, barnehage, fotballbane, turveier og skogsområde og har et areal på 0,168 km<sup>2</sup>. I delområde A bor det totalt 1297 personer ifølge Gemini VA. I tillegg til boenheter omfatter område tre næringsvirksomheter, Rema1000, Pizzabakeren og Bislet kebab. Det er totalt 38 antall ansatte som jobber i de tre næringsvirksomhetene. Delområde A omfatter også Luhr barneskole, Framtida barnehage og fotballbane, men tilfører ikke avløpsvann til oppgavens område.



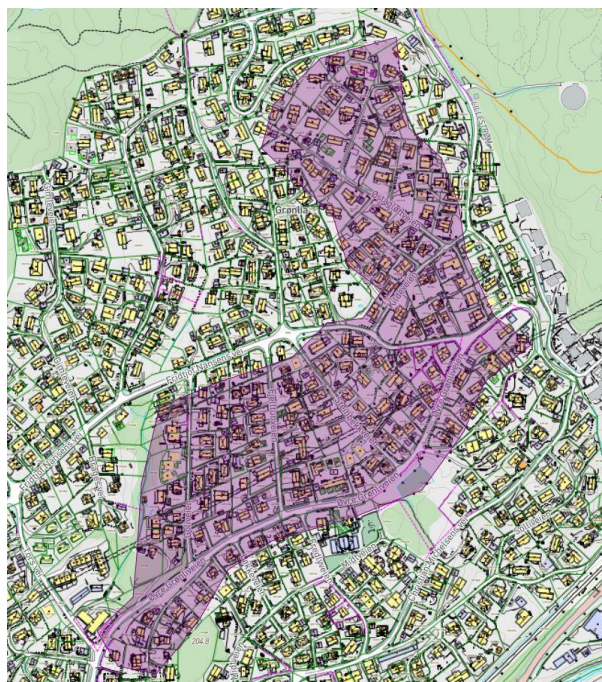
Figur 3.1 Viser delområde A- Ødegård – Kilde: Gemini VA, kommunalteknisk

### 3.1.2 Delområde B – Grønlia

Delområde B- Grønlia i motsetning til Delområde B, består av eneboliger med variert byggeår og er tett bebygd og barnevennlig område. Område har ingen store næringsaktiviteter med unntak av noe lokale forretningslokaler og en barnehage (Grønlia barnehage). Område grenser mot Bråteskogen med gode tur muligheter og Hinderskogen



klatreparke). I delområde B bor det totalt 523 personer ifølge Gemini VA. Delområde B har et areal på 0,175 km<sup>2</sup>. Grønlia barnehage er under utvidelse og påkoblinger av avløpsvannet er flyttet til en annen kum som ligger i krysset Midtveien/Fredlyveien. Det er per i dag ingen påkoblinger av avløpsvann fra barnehage til oppgavens område.



Figur 3.2 Viser delområde B – Grønlia – Kilde: Gemini VA, kommunalteknisk

Tabellene under viser fordelingene av antall personer og areal per området. Både delområde A og B har tilnærmet likt areal, men det er stor differanse i antall personer som bor i områdene. Differansen skyldes at delområde A består av kun boligblokker og tett bebyggelse, mens Delområde B består av eneboliger som ligger spredt.

Tabell 3.1 viser Innbyggere per delområde samt oversikt over næringslokalene

	Delområde A - Ødegård	Delområde B- Grønlia	Kommentar
<b>Innbyggere</b>	1297	523	Antall registrert innbygger/Gemini VA
<b>Næringsvirksomhet</b>	38	Ingen	Tallet fikk jeg etter at jeg kontaktet virksomhetene. Rema1000 (18 stk), Pizzabakkeren (15 stk), Bislet Kebab H (5 stk)
<b>Barnehage/skole</b>	Ingen	Ingen	
<b>Totalt</b>	1335	523	



Tabell 3.2 viser areal per delområde

Delområde A - Ødegård		Delområde B - Grønli	
Areal	168551,4 m <sup>2</sup>	Areal	175166,5 m <sup>2</sup>
	(0,168 km <sup>2</sup> )		(0,175 km <sup>2</sup> )

### 3.2 Dagens avløpsnett

I Lørenskog kommune er 99,7 % av alle innbyggere tilknyttet et kommunalt avløpssystem og betaler avløpsgebyr. De øvrige få abonnentene (ca. 100 personer) har egne løsninger som septiktanker, slamavskillere eller minirensanlegg. Lørenskog kommunens avløpsnett består av ca. 122 km avløpsledninger, 7 km avløpstunnel hvor driftsansvaret ligger hos NRA, 109 km separat spillvannnett, hvorav 8,2 km som pumpeledning, 13 km fellesledninger for spillvann og overvann. Lørenskog kommune har totalt 13 pumpestasjoner, disse pumper avløpsvann til fjelltunnelen som går gjennom kommunen, fra Karihaugen til kommunegrensa mot Lillestrøm. Derifra renner avløpsvannet med selvføll til rensanlegget til NRA ved hjelp av avløpstunnelen. Avløpsnettet i Lørenskog kommune består av både spillvannsledninger og fellesledninger, samt overvannsledninger. Der ledningsnettet er separert føres spillvannet i separate spillvannsledninger, mens overvannet føres i egne overvannsledninger. I noen områder føres derimot spillvannet og overvannet bort i en felles ledning (AF-ledninger/fellesledninger). Fellessystemene i kommunen er i stor grad lokalisert i områdene Kjenn, Fjellhamar/Grønli og Vittenberg. (*Hovedplan VA og vassdrag 2020 – 2035, vedlegg 4. Lørenskog kommune*).

Tabell 3.3 viser oversikt over avløpssystemet til Lørenskog kommune, Hovedplan VA og vassdrag 2020-2035, vedlegg 4

<b>Renseanlegg</b>	NRA (Nedre Romerike Avløpsselskap IKS)
<b>Avløpstunnel</b>	Ca. 7 km avløpstunnel
<b>Avløpsnett</b>	Ca. 122 km
<b>Separat spillvannledning</b>	Ca. 109 km, hvorav 8,2 km pumpeledning
<b>AF-ledning</b>	Ca. 13 km
<b>Overløp</b>	11 ordinære regnvanns overløp ute på ledningsnettet samt 11 nød overløp i tilknytting til pumpestasjoner
<b>Pumpestasjoner (inkl private)</b>	13 stk
<b>Påslipp til avløpstunnel</b>	3 påslippspunkter i Lørenskog kommune
<b>Avløpssoner</b>	21 avløpssoner

#### 3.2.1 Oppbygging av avløpssystem i delområde A- Ødegård

Delområde A - Ødegård har to-rørs separatsystem noe som er vanlig prinsipp ved nyanlegg. I to-rørs separatsystem (separatavløpssystem) er spillvannet og overvannet transporteres i to separate rør. Spillvannsledningen transporterer alt spillvann fra husholdninger, næringsbygg

o.l. til renseanlegget for rensing før den slippes ut til resipienten, mens overvannsrør transporterer overvann, takvann direkte til resipienten urensset. Eventuelt at overvann håndteres åpent på overflaten. Det sist nevnte er tiltaket Lørenskog kommune prioriterer i områder der overvannshåndtering er en utfordring.

Hovednettets eies og driftes av Lørenskog kommune med private påkoblinger. De private påkoblingsledningene eies og driftes av bygningseiere (private). Det kommunale ledningsnettets utgjør ca. 1598,39m og det private ledningsnettets utgjør ca. 2638,44 (Gemini VA). Kommunens ledningsnett består av hovedledning og dimensjonen varierer mellom 200mm og 315mm. Det private ledningsnettets består av fordelingsnett og stikkledningsnett og dimensjonen varierer mellom 110mm og 160mm. Rørene i område er av materialene Polypropylen (PPP) og Polyvinylklorid (PVC). Byggeår på ledningstid (kommunal og privat) varierer mellom 2015 – 2021.

Delområde A har per i dag ingen pumpestasjoner, spillvann går på selvføll ned til kum 87682, se figur 4.2, før den går til avløpstunnelen som transporteres til NRA for rensing. Det er per i dag en pumpestasjon ifølge Gemini VA som er registrert som VF (pumpestasjon for vann).

### 3.2.2 Oppbygging av avløpssystem i delområde B- Grønli

Område Grønliveien består av både fellessystem (AF-system) og separatsystem. I et fellessystem føres både spillvannet og overvannet i en og samme ledning. både spillvann og overvann transporteres til renseanlegget for rensing før den slippes ut til resipienten. Høy andel av spillvannsnettet i delområde B er aldrende og består hovedsakelig av betongrør.

Det kommunale ledningsnettets utgjør ca. 1800,82 m og det private ledningsnettets utgjør ca. 3770,75m (Gemini VA). Byggeår på hovedledningene som eies og driftes av Lørenskog kommune varierer fra 1949 - 1994. Enkelte parseller er blitt rehabilitert/Rørfornyet av kommunen ved strømpføring i 2002 og 2021. Kommunens ledningsnett består av hovedledning og dimensjonen varierer mellom 150mm, 160mm, 230mm og 380mm. Det private ledningsnettets består av fordelingsnett og stikkledningsnett og dimensjonen varierer mellom 110mm, 125mm og 150mm. Rørene i område er av materialene Betong, Polypropylen (PPP) og Polyvinylklorid (PVC). Den store variasjonen i materialforbruket skyldes rehabilitering av ledningsnettets i ulike tidsperioder.

Delområde B (Grønli) på lik linje som Delområde A (Ødegård) disponerer ingen pumpestasjoner og avrenning til kum 80899, se figur 4.2, skjer på selvføll. Delområde B har private pumpestasjoner ifølge Gemini VA som styres av de private grunneiere.

Tabellen under viser fordelingen av ledningsnett per område og mellom kommune og de private. Både delområde A og B har tilnærmet likt antall meter ledningsnett med differansen. Det er utfordrende å unngå differansen da det er vanskelig å finne to helt identiske områder med likt antall meter ledning. differansen skyldes av bebyggelse i Delområde B er spredt, mens i delområde A er bor folk tett og kompakt.

Tabell 3.4 viser fordelingen av ledningsnett mellom kommune og de private, Lørenskog kommune

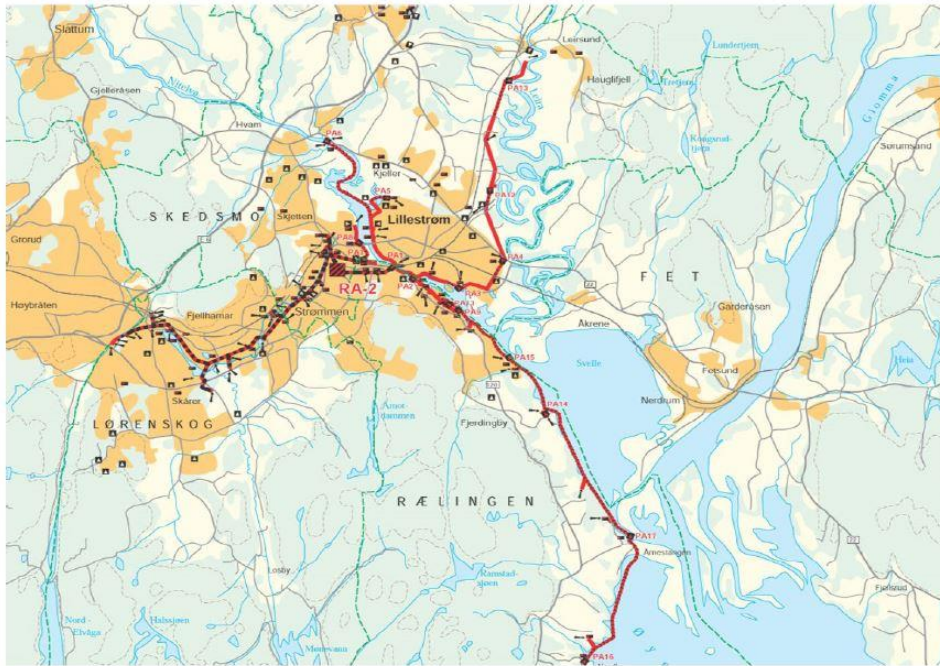
	Delområde A - Ødegård	Delområde B - Grønli	Kommentar
<b>Kommunaledning</b>	1599 m	1801 m	Hovednett kommunalt
<b>Privatledning</b>	2639 m	3771 m	Fordelingsnett og stikkledninger
<b>Totalt</b>	4237 m	5572 m	Hovednett samt fordelingsnett og stikkledning både kommunalt og privat

### 3.2.3 Nedre Romerike avløpsselskap (NRA – IKS) renseanlegg

Nedre Romerike Avløpsselskap IKS er et interkommunalt selskap og Lørenskog kommune er medeier. Følgende andre kommuner er også medeiere i NRA IKS: Lillestrøm, Rælingen og Nittedal. Avløpsvannet fra Lørenskog ledes i en avløpstunnel med selvføll, via Strømmen og frem til renseanlegget RA-2, som ligger i en fjellhall ved Lillestrøm. Renset avløpsvann renner til nærmeste resipient Nitelva.

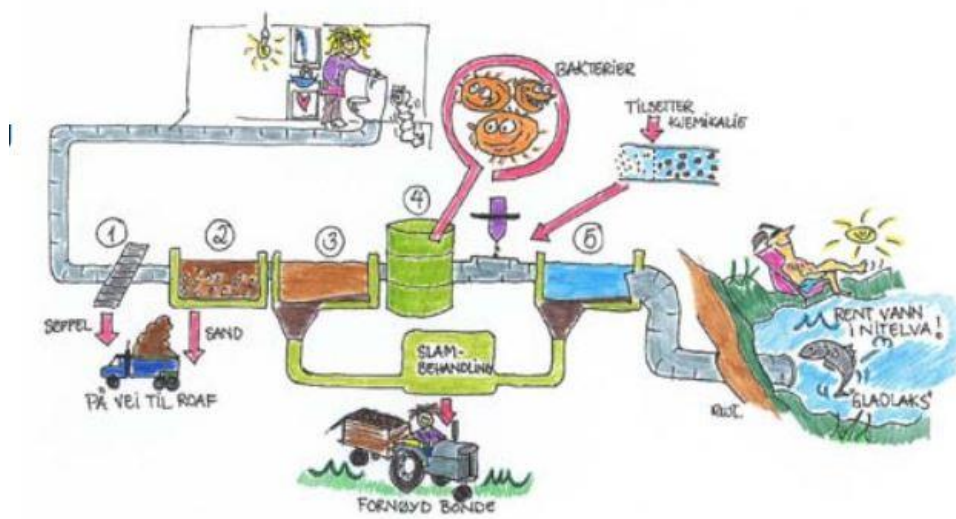
NRA IKS sitt avløpssystem består av avløpsrenseanlegget (hovedanlegget RA2), 3,5 km tunneler og ca. 2 km pumpeledninger, samt pumpestasjonene PA1 og PA7 med tilhørende driftsoverløp/nødoverløp. I tillegg har selskapet ansvaret for driften av avløpstunnelen fra Karihaugen i Lørenskog til kommunegrensa til Skedsmo, avløpsledningen fra PA16 i Rælingen inn til avløps-renseanlegget og pumpeledningen fra PA13 til PA1. Avløpsvannet fra Lørenskog går i avløpstunnel med selvføll inn til anlegget. Fra Rælingen pumpes vannet fra Nordby og inn til PA1 hvor det så pumpes inn til anlegget. Fra Skedsmo avledes den største delen av avløpsvannet til NRA IKS sin avløpspumpestasjon PA1 for videre pumping til renseanlegget. Avløps-vannet fra Sagdalen og Skjetten tilføres til anlegget via en tunnel som møter avløpstunnelen fra Lørenskog. Pumpeledningen fra PA1 er lagt i utløps-tunnelen fra renseanlegget og føres direkte til innløpskammeret til renseanlegget der dette avløpsvannet blandes med vannet fra henholdsvis Lørenskog og Sagdalen/Skjetten (Hovedplan NRA IKS 2020-2033). NRA behandler ca. 18,9 mill. m<sup>3</sup> avløpsvann i året fra alle de eierkommune samt betryggende sluttdisponering av slam som produseres ved renseanleggets drift.

Hovedanlegget RA2 hadde begrenset kapasitet og ved stor tilførsel vil dette føre til at urensset avløpsvann går i overløp og til resipienten urensset. For å begrense dette satte NRA oppgraderingstiltak ved bygging av et nytt anlegg OREA (Overvannrenseanlegg). Utbygging av OREA, som ble ferdigstilt og satt i drift i 2019, har økt anleggets mekaniske og kjemiske renskapasitet. Dette tiltaket vil erstatte overløp og vil kunne bidra til mindre utslipp til Nitelva. RA2 har i dag hydraulisk kapasitet på 5000 m<sup>3</sup>/t og OREA har kapasitet på 15000 m<sup>3</sup>/t. Nødoverløp settes i drift når kapasitet overstiger 20 000 m<sup>3</sup>. Nytt rensetrinn OREA reduserer overløpsdrift fra RA2 fra 250 timer per år til 10 timer per år. (Hovedplan NRA IKS 2020-2033).



Figur 3.5 Viser oversikt over hoved avløpssystemet til NRA – Kilde: Hovedplan VA og vassdrag 2020-2035, vedlegg 4

Avløpsvannet fra husholdninger og næringseiendommer transporteres ved hjelp av avløpsledningsnett til rensanleggene hvor avløpsvannet gjennomgår en omfattende rensprosess før den slippes ut til resipienten (Nitelva). Dette er en viktig prosess for å beskytte vassdraget. I NRA sitt rensanleggene benyttes det per i dag mekanisk, kjemisk og biologisk rensing som rensemetoder.



Figur 3.6 Viser rensprosessen til NRA rensanlegget – Kilder: nrva.no/avlop/renseprosess

### 3.2.4 Overordnet beskrivelse av resipienten Nitelva

NRA IKS er tilknyttet vannregion Glomma og vannområdet Leira-Nitelva. NRA IKS sitt avløpssystem ligger i sin helhet i nedbørfeltet til Nitelva, det vil si at både utslipp fra renseanlegget og fra selskapets pumpestasjoner ledes ut til Nitelva. Det rensede avløpsvannet og overløpsvannet fra NRA IKS sitt renseanlegg renner til Nitelva via en sprengt utløpstunnel som ender ved jernbanebrua i nærheten av Lillestrøm sentrum. De kommunale overløpsutslippene har i tillegg til utslipp til Nitelva også utslipp til Fjellhamarelva, Sagelva og Leira.

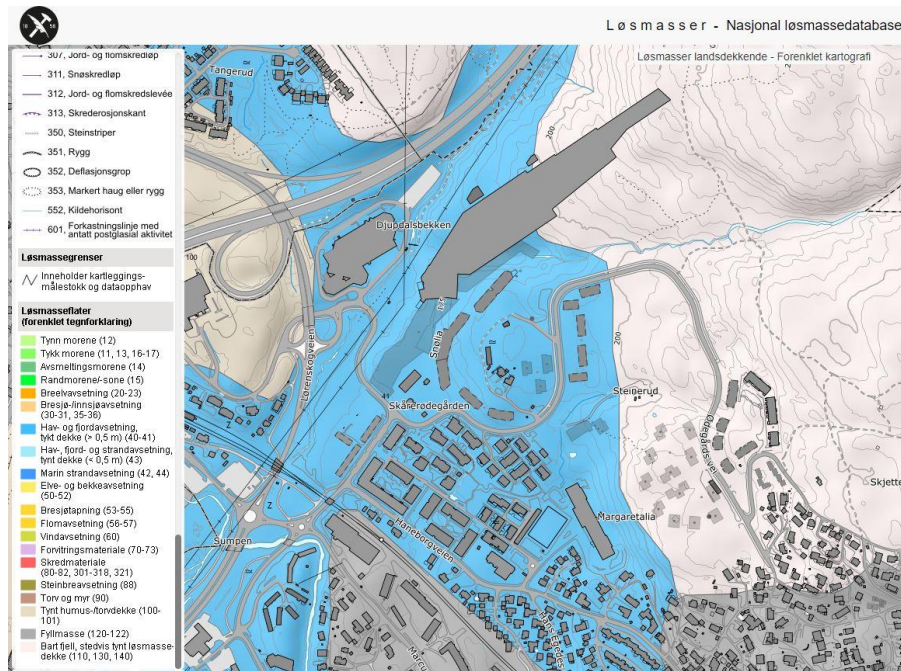
Nedbørsfeltet til Nitelva er totalt ca. 455 km<sup>2</sup>, der nesten 90 % er skog, og ca. 7 % er jordbruk. Nedbørfeltet omfatter arealer i kommunene Lunner, Nittedal, Oslo, Gjerdrum, Lørenskog, Skedsmo, Rælingen og Fet. Nitelva er et varig vernet vassdrag. Det særpregede ravinlandskapet innebærer at det er en høy andel leire i jordsmonnet, med intensiv erosjon og høyt innhold av leire i vannet over lange strekninger. Dette gir et annet bunnssubstrat og andre lysforhold enn det som ellers finnes i norske vassdrag med mindre leire i nedbørfeltet. Lange strekninger av elva er også stilleflytende og meanderende. Nitelva har sitt utløp i Øyeren. Dagens brukerinteresser i Nitelva er primært knyttet til bading (oppstrøms NRA IKS sitt influensområde), rekreasjon, fritidsfiske og jordvanning. Nitelva er et viktig rekreasjonsområde i tilknytning til bebyggelsen som ligger tett på NRA IKS sine anlegg, og er etter utbygging av strandpromenader og sykkelveier blitt lett tilgjengelig. I takt med at gammel industrivirksomhet blir lagt ned og boligbebyggelse overtar de gamle industritomtene, vil flere mennesker være tett på Nitelva til daglig. Nitelva er betydelig forurenset av plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen, samt erosjonsmateriale og bakterier. Forurensningene kommer primært fra avrenning fra jordbruk, kommunale avløpsanlegg og spredt bebyggelse. Overbelastning med næringsstoffer forårsaker algevekst på bunnssubstratet hva betyr dette ordet?? Finnes det ikke annet enklere ord? For eksempel elvebunnen?, hvilket medfører gjengroing av selve vannstrengen. I tillegg medfører jorderosjon at vannet er grumsete med en brun misfarging, særlig ved mye nedbør og høy vannføring. Nitelva har svært dårlig hygienisk kvalitet på flere strekninger, spesielt nedstrøms tettbebyggelsen i elvas nedre del samt etter utløpet av Leira.

## 3.3 Grunnforhold

### 3.3.1 Grunnforhold i Delområde A-Ødegård

Løsmasse kart fra NGU (Norges Geologiske Undersøkelse) viser at mer enn halv parten av Delområde A - Ødegård er bygd på hav og fjordavsetning. Deler av den ytre områdene ligger på bart fjell. Hav og fjordavsetning er Finkornete løsmasser avsatt i fjordene. Materialet er vanligvis silt og leir og mektigheten varierer fra 0,5 m til flere til-tall meter ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)). Ut ifra kartet er det få eller ingen fjellblotninger i område. Bart fjell er ofte områder som har lite eller er mangel på løsmasser. Se figur 3.7 For et forenklet løsmassekart.

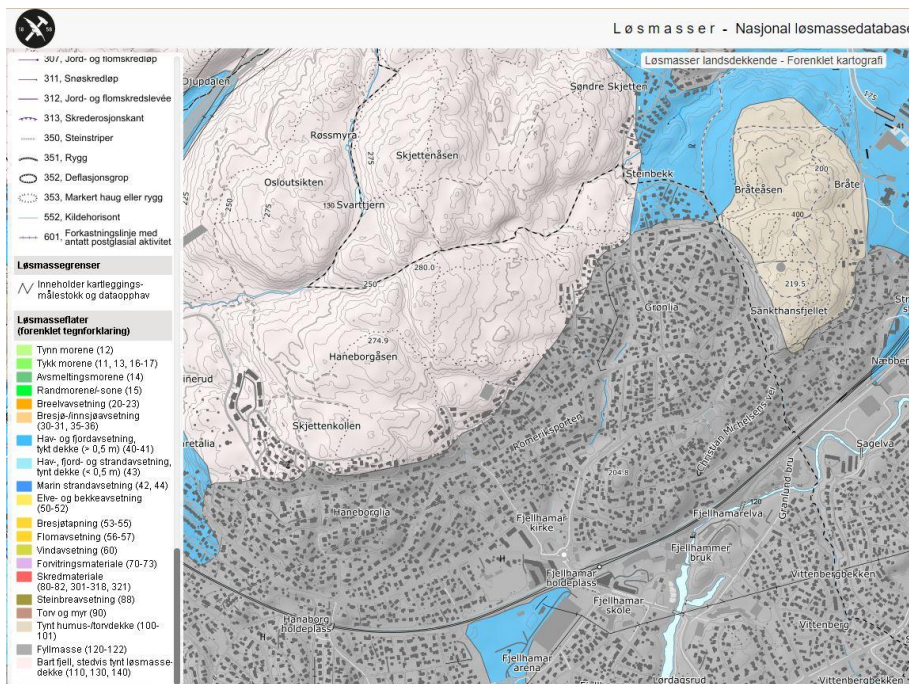




Figur 3.7 Viser forenklet kartografi av løsmasse over delområde A. Kilde: [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

### 3.3.2 Grunnforhold i Delområde B – Grønli

Ifølge NGUs Løsmassekart består grunnen i delområde B- Grønli av fyllmasser. Opprinnelig grunn antas bestå av leire og i forbindelse med bebyggelse ble området fylt med fyllmasser. Ifølge NVE sine kart for kvikkleireområder, ligger delområde B under marine grensen, men det er ikke identifisert aktsomhetsområde. Se figur 3.8 for et forenklet løsmassekart.



Figur 3.8 Viser forenklet kartografi av løsmasse over delområde B. Kilde: [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

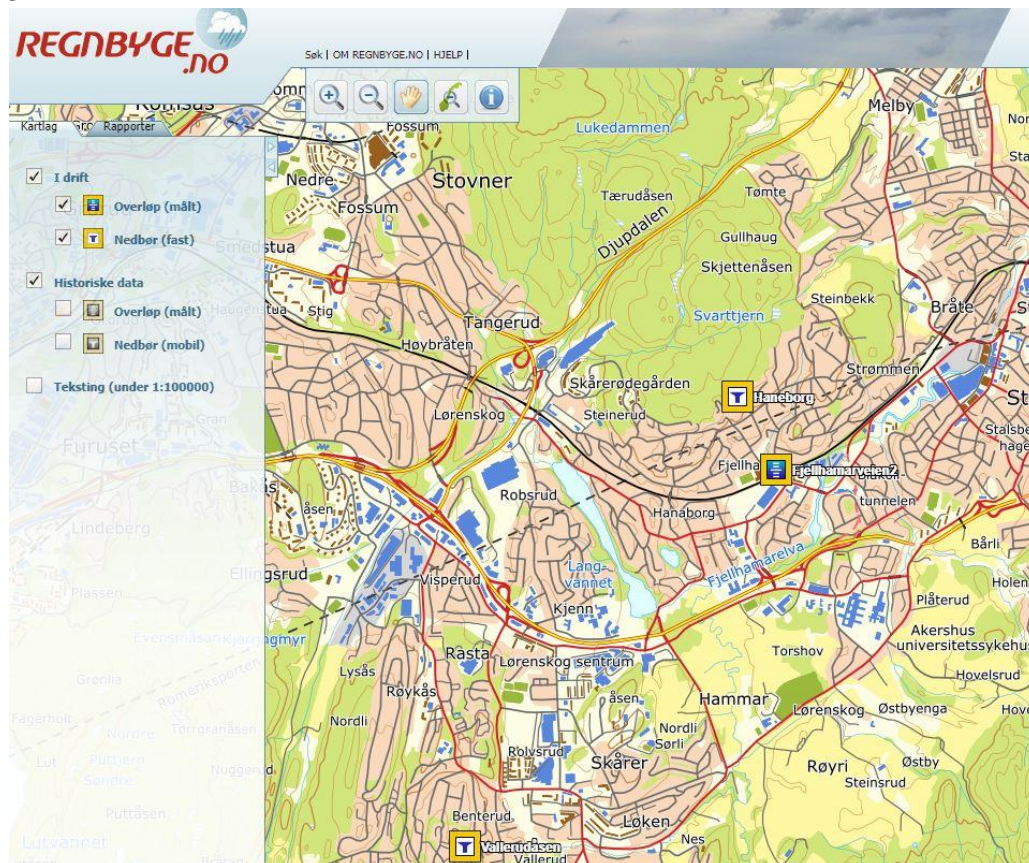
### 3.4 Oppfølging og registrering av nedbør i Lørenskog kommune

#### 3.4.1 Værstasjonene

Værstasjonene brukes i Lørenskog kommune for å måle nedbør, luftfuktighet og temperatur. Det er per i dag to faste og en mobil nedbørmåler. En måler er plassert i Haneborg område og den andre er plassert i Vallerudåsen. Måleren som er plassert i Haneborg skal brukes i denne oppgaven siden plasseringen er nærmest vårt studieområde. Nærmest mulig plassering vil sikre mest mulig nøyaktig data. I tillegg til nedbørs målere har Lørenskog kommune en overløpsmåler plassert ved Fjellhamar stasjon. Målingene som hentes fra nedbørmålere skal brukes til å kontrollere vannmengde mål av vannmengdemålere som er plassert i de to valgte kummene i prosjektområdene.

#### 3.4.2 Innhenting av data

**Regnbyge.no** er en portal for overvåking av måledata mottatt fra målepunkter via trådløst nettverk (GPRS). Som bakgrunns kart i Regnbyge.no brukes Topografisk norgeskart WMS levert av Kartverket. Portalen har all historisk data lagret, noe som kan hentes ut i form av rapport i forskjellige formater (Rådata, SWMM format, Met format, IVF) etter ønsket periode.



Figur 3.9 Viser kart over værstationene og overløpsmåler over Lørenskog kommune – Kilde: [www.regnbyge.no](http://www.regnbyge.no)



## 4. Metode

I denne oppgaven har jeg valgt to ulike område med ulike avløpssystem, separat avløpssystem og felles avløpssystem for å se effekten av separering som tiltak for reduisering av fremmedvannandel i avløpssystemet. For å se at effekten av separering er optimal, er det benyttet kvantitativ metodikk i denne oppgaven som går ut på mengdemåling og prøvetaking av avløpsvannet fra prosjektområdene.

Vannføringsmålere er benyttet i denne oppgaven til å registrere vannføring og temperatur i utvalgte kummer. Nedbørdata fra nedbørmålere er benyttet for sammenligning med vannføringsdata fra vannføringsmålere. Fosfor fra spillvannet er benyttet som sporstoff, der jeg har tatt stikkprøver av avløpsvannet og analysert for fosforkonsentrasjon (Tot-P) samt måling av pH-verdi i avløpsvannet. Metodene brukt i denne oppgaven er beskrevet nærmere under.

### 4.1 Valg av prosjektområdet

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Lørenskog kommune, på bakgrunn av dette ble Lørenskog kommune valgt som prosjektområdet. De to valgte områdene som skal studeres videre i denne oppgaven ligger nord for Lørenskog sentrum. For å komme frem til et rettfærdig resultat er det veldig viktig at de to områdene er mest mulig identiske. Kriteriene som er lagt til grunn for valg av områder er følgende:

- Antall PE
- Antall meter ledningsnett
- Areal av områdene

Det å finne to helt identiske områder med ulikt avløpssystem i Lørenskog kommune var i seg selv en utfordring. Det er nesten umulig å finne to ulike områder som oppfyller kriteriene som lagt til grunn uten differanser og avvik. Delområde A- Ødegård og Delområde B-Grønli er de to nærmest identiske områdene som jeg kunne finne til denne oppgaven. Begge områdene har noe differanse i kriteriene som er lagt til grunn for valg av områdene. Se tabellen under for en oversikt over det. Det er brukt Gemini VA og Gemini portalen for beregningene.

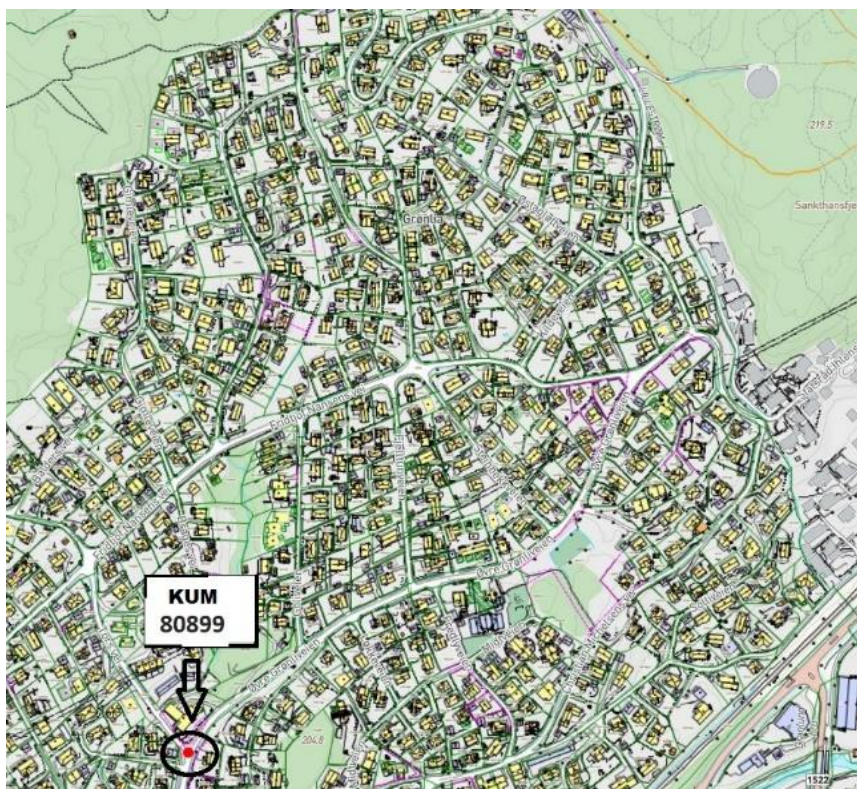
Tabell 4.1 viser oversikt over de kriteriene som er lagt til grunn for valg av områder

Delområde A-Ødegård		Delområde B-Grønli	
Antall ledning	4237 m	Antall meter ledning	5572 m
Antall PE	1297	Antall PE	523
Areal	175167 m <sup>2</sup>	Areal	168552m <sup>2</sup>



## 4.2 Valg av kummer

Mengde avløpsvann og innhold av kjemiske parametere i avløpsvannet skal brukes til å finne fremmedvannsandel i avløpssystemet. For både mengdemåling og prøvetaking skal vi ha minst ett fellespunkt per område hvor alt avløpsvann renner gjennom. En avløpskum per område er valgt i denne oppgaven som brukes til både prøvetaking og mengdemåling ved hjelp av vannføringsmålere. Ved hjelp av Gemini VA og Gemini portal har jeg valgt kum 87682 som et fellespunkt for alt avløpsvann som renner fra Delområde A- Ødegård med selvfølgelig gjennom denne kummen før den slippes ut til avløpstunnelen og videre til rensanlegget NRA. For delområde B – Grønliia valgte jeg kum 80899. Den valgte kummen oppfylder kravene til monterings av vannføringsmålere. For at vannføringsmåleren (Type ISCO 2150) skal monteres korrekt bør strekningen hvor måleren monteres skal være rett samt at det ikke kommer vann fra grennrør direkte inn i vannstrømmen.



Figur 4.1 viser plassering av kum 80899 i Delområde B – Kilde: Gemini Portalen



Tabell 4.3 viser dato og klokkeslett på vannføringsmåling og nedbørsmengde i periode nedbør

Nr	Dato	Klokkeslett	Nedbørsmengde mm/døgn
1	16.08.2022	00:00 – 05:00	32,20 mm
2	13.09.2022	00:00 – 05:00	19,10 mm
3	25.10.2022	00:00 – 05:00	5,40 mm

Prøvetaking av avløpsvannet for analyse av fosforkonsentrasjon og pH-verdi ble utført i tidsrommet sommer – høst 2022. Vannprøvene ble tatt fra begge delområdene med et uregelmessig tidsmellomrom. Prøvetakingsdagene ble bestemt etter værvarsel ved å følge opp med meteorologisk nettsted. Det er tatt 3 stk. prøver under tørrvær og 3 stk. prøver under nedbør per delområde som utgjør totalt 12 stk. prøver, dette for å finne en gjennomsnittsverdi av Tot-P for både tørrvær og nedbør. Prøvetaking under ulike værforhold er viktig for å se hvorvidt konsentrasjonen av fosfor og pH-verdi forandrer seg. Tabellen nedenfor viser dagene prøvetakingen ble tatt både under tørrvær og nedbør.

Tabell 4.4 viser dato og klokkeslett på prøvetakingsdager og nedbørsmengde i tørrværsperiode

Nr	Dato	Klokkeslett	Nedbørsmengde mm/døgn
1	09.08.2022	09:45	0
2	10.08.2022	13:00	0
3	15.08.2022	14:30	0

Tabell 4.5 Viser dato og klokkeslett på prøvetakingsdager og nedbørsmengde i nedbør

Nr	Dato	Klokkeslett	Nedbørsmengde mm/døgn
1	27.09.2022	13:00	6,50
2	17.10.2022	12:45	4,60
3	25.10.2022	09:00	5,40

#### 4.4 Prøvetaking og prøvebehandling

Vannprøvene ble tatt i de to valgte kummene (87682) og (80899) for hvert delområde. I samtlige prøver ble det analysert for total fosfor (Tot-p) og pH-verdi. Flere parametere kunne ha blitt analysert som for eks. turbiditet og ledningsevne for å detektere og måle fremmedvannandel i avløpsnett, men jeg har valgt å gå videre med total fosfor (Tot-P) og pH.

Prøver ble tatt med en spesialbygget vannhenter (Type stang), fra kummene. Under prøvetaking brukte jeg prøveflasker av plast levert av Noranalyse laboratoriet. Ved prøvetaking ble flaskene dykket raskt ned i vannet, og ført rolig fremover med flaskemunningen ca. 5 cm under vannoverflaten, og slik at det ikke virvlet opp



sedimenter/grus. 0,5 L plastflasker ble brukt til analyse for Tot-P og pH. Begge parameterne ble analysert i NorAnalyse – NRV/NRA. NorAnalyse er et analyselaboratorium organisert som en egen avdeling i NRV IKS. Ved levering av prøver må følgeskjema fylles, skjema vedlegg xx. Nedenfor er det illustrert utstyr som behøves for prøvetaking og transport av prøver til laboratorium.



*Figur 4.3 viser prøvebeholder levert av Noranalyse og kappet beger og stang som brukes for innhenting av avløpsvann for prøve*



Figur 4.4 Viser kjølebag som brukes til transportering av prøvene for analyse og kjøleelement som brukes for å holde prøvene avkjølte under transport i kjølebagen – Kilde: bildene tatt an nettet

#### 4.5 Mengdemåling av spillvannet

Det er benyttet to ulike typer av elektroniske vannmengdemålere i denne oppgaven. I kum 87682, i delområde A- Ødegård har Lørenskog kommune utplassert vannmengdemåler av type Raven EYE levert av flow tronic. I kum 80899, i delområde B – Grønlia utplasserte jeg et måleinstrument kalt Teledyne ISCO 2150 levert av Hartco Environmental.

##### 4.5.1 Teledyne ISCO 2150

Måleinstrumentet Teledyne ISCO 2150 består av en boks med logger som registrerer vannstand, hastighet, vannføring og temperatur etter ønsket kalibrert tidsintervall. Data registreres ved hjelp av en sensor som er festet på en fleksibel metallring som festes inni spillvannsrøret. Måleren ble utplassert i kum 80899 den 1.07.2022 ved hjelp av kommunalteknikk. Måleren skal bistå med å logge vannføring og temperatur hvert 5. minutt for hele område Grønliveien som har tilrenning til den valgte kummen hvor måleren er utplassert. Data hentes ut av den blå boksen ved hjelp av egen PC og programvare som heter Flowlink. Dataene eksporteres til rådata for å kunne hentes inn i Excel-programmet. Nødvendig parameter som måtte registreres var dimensjon på spillvannsrøret etter utplassering av måleren. (<https://store.teledyneisco.com/pages/isco-2150-area-velocity-flow-module>).



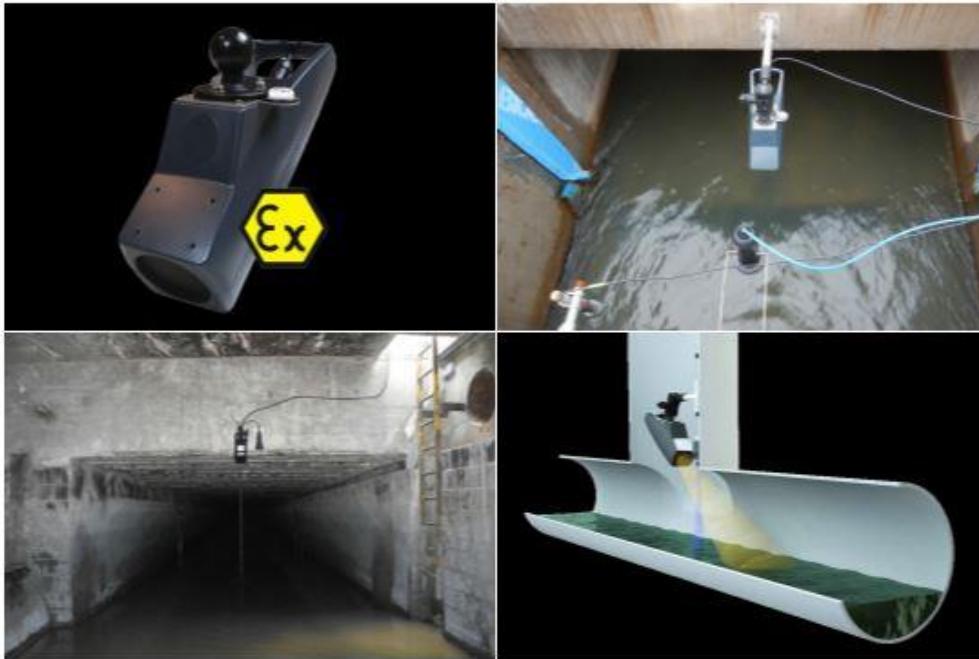
*Figur 4.7 Viser Teledyne ISCO 2100 Måler og sensor*

#### 4.5.2 Raven EYE

Måleinstrumentet, Raven EYE er det nyeste berøringsfrie vannmengdemåler levert av Flowtronic med ny og banebrytende teknologi. Måleren har toppmoderne berøringsfri (ikke – kontakt) radarmåleteknologi som måler strømning fra over vannflaten med enkel integrering i eksisterende SCADA- eller telemetrisystemer. I motsetningen til ISCO 2150, trenger man ikke her å utplassere sensoren fysisk ned i røråpningen eller sørge for plassering av mottakeren. Installasjon av måleren er enkelt og krever ikke spesifikt kompetanse. Sensoren installeres enkelt over vannoverflaten (kumvegg for eks.) og kobles ved hjelp av ledning til mottakeren som kan fritt plasseres enten i kummen eller utenfor kummen. Sensoren sender all logget data til en mottaker som lagrer logget data umiddelbart og en trenger ikke å hente ut eller lagre dataene. Denne sendes til PC/server og resultatene/dataene kan leses av ved hjelp av Gurosoft Report web basert program. Dataene i Gurosoft kan hentes ut i forskjellige formater som for eks. Excel, PDF, grafer, linjer osv.

Under hver målesyklus, måleren gjør tusenvis av individuelle hastighetsmålinger som analyseres og bearbeides til en ekstremt nøyaktig gjennomsnittshastighetsmåling ved hjelp av en dedikert digital signalprosessor som lager spektralanalyse i sanntid. Gjennomsnittlig hastighet beregnes inne i sensoren ved å analysere overflatehastigheten distribusjon og bruk av en selvlærende teknologi som ikke krever teoretiske moduler eller stedskalibrering. Fordelen med berøringsfrie vannmengdemålere er at de er plassert over vannoverflaten og en unngår dermed alle problemer (fett, begroing, etsende væsker, toalettpapir o.l.)

assosiert med tradisjonelle vannføringsmålere hvor sensor er nedsenket i røret (<https://www.flow-tronic.com/products/raven-eye-2>).



Figur 4.8 Viser Raven EYE Måler og sensor samt prinsipp for plassering – Kilde: [www.flow-tronic.com](http://www.flow-tronic.com)

#### 4.5.3 Vannføring

Data fra vannføringsmålere kan brukes til flere formål som for eks. kalibrering av hydrauliske nettmodeller, de kan brukes til å detektere driftsproblemer, innlekking og utlekking. Vannføringen måles ikke direkte, men blir beregnet ut ifra målinger av nivå og hastighet på spillvannet. Vannføringsdata fra målerne skal brukes til å beregne fremmedvannsmengde i avløpsnett i begge delområdene. Målingene skal bistå med å kartlegge både Tørrværavrenning (konstant innlekking) og nedbørvhengig avrenning (nedbørsbetiget innlekking). Vannføring blir beregnet ut ifra kontinuitetsprinsippet:

$$Q = A * V \text{ gjennomsnitt}$$

Q= Vannføring

V= Volum

A= Areal (det våte arealet)

#### 4.5.4 Temperatur

I teorien er innlekkende fremmedvann kaldere enn avløpsvann. Innlekking og/eller infiltrasjon av fremmedvann kan avdekkes ved å måle vanntemperatur i kummer. Vannmengdemålere som er benyttet i denne oppgaven måler temperatur i avløpsvannet i tillegg til de overnevnte parameterne.



## 4.6 Prøvetaking av avløpsvannet

Prøvetaking av avløpsvannet er metoden som er benyttet i denne oppgaven i tillegg til mengdemåling (Vannføring og PH) for kartlegging av fremmedvannandel i avløpsnett. Vannprøvene ble tatt i de to valgte kummene (87682) og (80899) for hvert delområde. I samtlige prøver ble det analyser for total fosfor (Tot-p) og pH-verdi. Avløpsvannet inneholder ulike typer av kjemiske stoffer, ved tilførsel av stor mengde fremmedvann kan denne forandre seg. Høyere verdier av kjemiske stoffer i avløpsvannet indikerer lite tilførsel av fremmedvann og derimot lavere verdi av kjemiske stoffer i avløpsvannet indikerer høyt tilførsel av fremmedvann.

Det er tatt totalt 12 prøver for analyse, hvorav 3 tørrvær og 3 regnvær per områder. Dette for å finne den gjennomsnittsverdien av total fosfor (Tot-P) som danner grunnlag for beregning av fremmedvannsmengde ved fortynningsmetode og ikke minst oppfølging av PH verdi under tørr- og regnvær periodene. Konsentrasjonen av Tot-p er lavere ved stor tilførsel/innlekking av fremmedvann i ledningsnett og derimot høyere konsentrasjon ved lite tilførsel/innlekking av fremmedvann.

### 4.6.1 Analyse av total fosfor (Tot-P) og pH-verdi

Tidligere i denne oppgaven har jeg nevnt at pH-verdien i naturlige vannforekomster er lavere enn verdien i avløpsvannet. Derfor kan vi måle pH og se om denne parameteren kan hjelpe oss ved lokalisering av fremmedvann. Analyse av pH ble gjort av Noranalyse laboratorium og målt med en kalibrert PH-måler Tiamo analyserobot (Figur 4.9). Prøvene undersøkes så snart som mulig etter uttak. Hvis lagring ikke kan unngås, må prøvene oppbevares mørkt og kjølig, men ikke lenger enn 24 timer. Før prøvene settes i prøvekarusell for analyse, temperes de til romtemperatur. Total fosfor (Tot-p) ble målt av å riste prøveflasken godt før utakk av 50,0 ML prøve eller fortynt prøve. Prøven fortyntes med 0,04M svovelsyre hvis fosforinnhold overskrider 1000 µg/l. Deretter tilsettes 5 ML kaliumperoksidisulfatløsning. Opplutningsglasset lukkes godt. Det oppsluttes i tillegg en blindprøve av 0,04M svovelsyre og kontrollprøver med kjent verdi. Løsningen kokes i 30 minutter ved 200 kPa trykk (120°C) og deretter avkjøles til romtemperatur. Analyseresultatet beregnes automatisk av instrumentet når kalibreringskurven er lagret på forhånd. Resultatet oppgis i mg P/l. Verdier under 0,01 mg P/l oppgis som < 0,01 mg P/l Analyse av Tot-p er målt med spektrofotometer Genesys 40 (Figur xx). For å få en verdi av resultatet fremkalles det farge (Blå) hvor 50 ml prøve tilsettes 2,0 ml askorbinsyreløsning etter ca. et halvt minutt settes det 2,0 ml molybdatreagens. Absorbansen måles i 1 cm eller 5 cm kyvetter tidligst 10 og senest 30 minutter etter siste reagenstilsetning. Mørke blå/blank farge indikerer at det stor innhold av fosfor i avløpsvannet og blå og klare farger indikerer lite innhold av fosfor.

Endelig analyse resultat beregnes automatisk av instrumentet når kalibreringskurven er lagret på forhånd (figur xx). Resultatet oppgis i mg P/l. Verdier under 0,01 mg P/l oppgis som < 0,01 mg P/l. følgende formel bruker instrumentet til beregning av verdi:

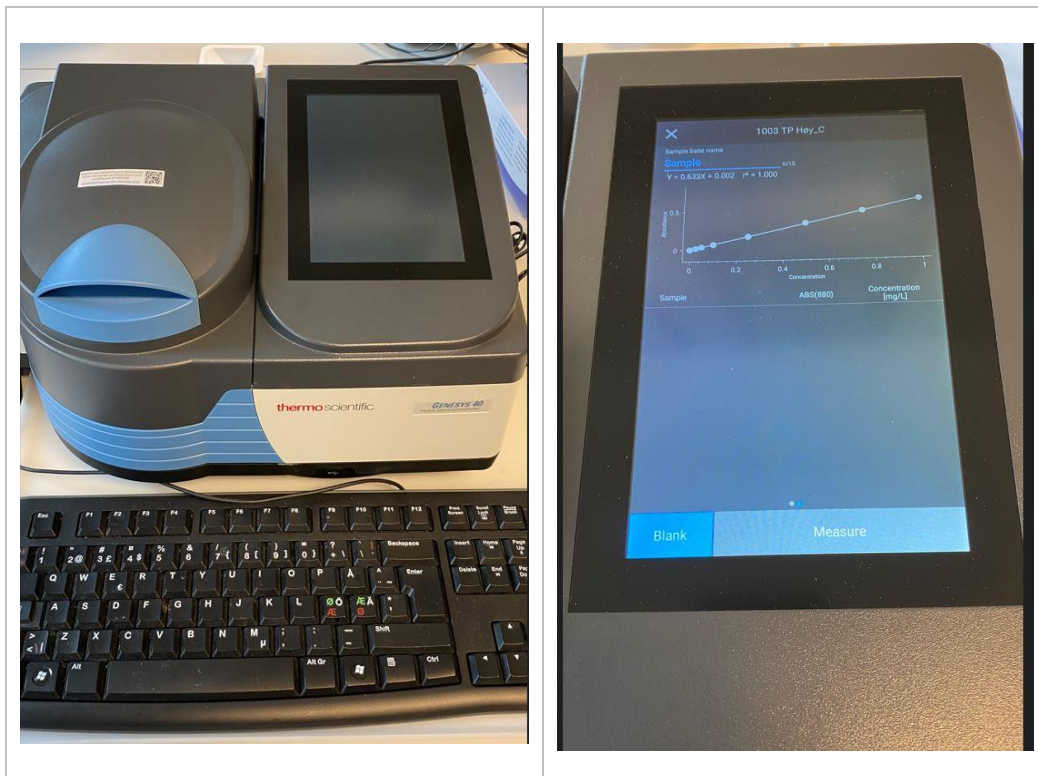
$$Y = 0,633X + 0,002 \quad r^2 = 1,000$$

resultatet mottatt av instrumentet ganges med enten 5 eller 10 i Excel, avhengig av antall ganger prøven er fortynt.





Figur 4.9 Viser pH-måler av type Tiamo analyserobot – Kilde: Bilde tatt av ansatte i Noranalyse for denne oppgaven



Figur 4.10 Viser spektrofotometer av type Genesys40 til venstre og beregningsprosess av endelig svar på instrumentets skjerm til høyere - Bilde tatt av ansatte i Noranalyse for denne oppgaven

## 4.7 Beregning av fremmedvann

Beregning av andel fremmedvann i avløpsnettet er både kompleks og tidkrevende. Faktorer som tidsperioder, steder med ulike topografi og metoder for beregning gjør det vanskelig å anslå eksakt mengde fremmedvann i avløpsnettet. Nedenfor har jeg utført forsøk på å beregne andel fremmedvann i avløpsnettet ved hjelp av ulike metoder.

### 4.7.1 Fortynningsmetode

Fortynningsmetoden er benyttet for å beregne fremmedvannsmengde i avløpssystemet. Avløpsvannet fra husholdninger og næringsbedrifter inneholder fosfor i motsetning til fremmedvann som inneholder ingen fosfor. Fremmedvannets påvirkninger i avløpssystemet vil medføre fortynninger og lavere fosforkonsentrasjoner. Selv om fortynningsmetoden er grov, men gir en viss identifikasjon av fremmedvannets innhold i avløpssystemet. Metoden går ut på antakelsen om at hvert enkelt individ i gjennomsnitt produserer en viss mengde total fosfor (Tot-P) og en viss mengde avløpsvann per døgn. Hvis konsentrasjonen av Tot-P i innløpet til renseanlegget er høy, indikerer det at det er lav andel fremmedvann i avløpsvannet. Jo lavere konsentrasjon av fosfor i avløpsvannet desto mer uttynnet avløpsvannet blir.

I artikkelen *Fremmedvann i avløpsledninger* (Oddvar Lindholm, Nr 123, 2017) beregning av fremmedvannandel er gjort basert på antakelsen om at hver personenheter i gjennomsnitt produserer 1,6 g Tot-P per døgn og 140 Liter avløpsvann per døgn. Med disse antakelsene kommer vi frem til at avløpsvannet uten fremmedvann vil inneholde fosforkonsentrasjon på 11,4 mg per liter.

I beregningene har jeg antatt at hver personenheter i gjennomsnitt produserer 1,8 g Tot-p per døgn og 140 L/pd avløpsvann per døgn (Vann- og avløpsteknikk, Hallvard Ødegaard) og (Hovedplan VA og vannmiljø 2020-2035, Lørenskog kommune).

Det er tatt totalt 12 prøver for analyse, hvorav 3 tørrvær og 3 regnvær per områder. Dette for å finne den gjennomsnittsverdien av Tot-p som danner grunnlag for beregning av fremmedvannsmengde ved fortynningsmetoden. Basert på den gjennomsnittsverdien av konsentrasjonen av Tot-p har jeg beregnet fremmedvannsandel for begge områdene og resultatene er sammenlignet.

Følgende formel er brukt for beregning av andel fremmedvann:

$$FV = \left(1 - \frac{Q_{ap} C_i}{P_{pd}}\right) \times 100$$

FV = Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$P_{pd}$  = Produsert mg fosfor (Tot-P) per personenheter og døgn (mg/PE døgn)

$C_i$  = Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegget (mg/l)

$Q_{ap}$  = Mengde produsert avløpsvann per person og døgn (l/pe døgn)

#### 4.7.2 Beregning av fremmedvann basert på vannmengdemålinger

Både den nedbørsavhengige avrenningen (nedbørsbetiget innlekking) og tørrværavrenningen (konstant innlekking) er betydelig bidragsyttere til fremmedvannmengde i avløpsnettets vårt. Det er både en tidskrevende og kompleks oppgave å detektere og måle verdiene på innlekking av fremmedvann i avløpssystemet. I denne delen av oppgaven har jeg gjort et forsøk på å finne hvor mye fremmedvann lekker inn til avløpssystemet i begge delområder som har ulike avløpssystem både under tørrvær og nedbør.

For å finne fremmedvannsmengde i de valgte områdene skal jeg analysere vannføringsdata målt av vannføringsmålere utplassert i begge kummene (80899 og 87682). Målingene skal bidra med å kartlegge Tørrværavrenning (konstant innlekking) og nedbørvhengig avrenning (nedbørsbetiget innlekking). Dataene for analyse er innhentet direkte fra målerne og derfor har jeg ikke beregnet det manuelt ved hjelp av likninger.

##### **Tørrværavrenning (Konstant innlekking):**

For å detektere og måle konstant innlekking trenger jeg en periode med tørrvær, helst 3 dager. Etter en tørrperiode på 3 dager har jeg målt vannføringen om natta i tidsperioden 00:00 – 05:00 med bakgrunn i at vannforbruket i denne perioden er minimalt eller tilnærmet lik null. For å finne gjennomsnittlig vannføring har jeg valgt å analysere data fra vannføringsmålerne i begge kummer i tre netter i tørrværsperiode. Den gjennomsnittlige vannføringen skal brukes til å finne innlekking per dag og per år.

Nattvannføringer i denne oppgaven er satt til 1 liter per person per time. I delområde A bor det ca. 1297 personer (Næringsvirksomhet har null vannforbruk om natten 00:00 – 05:00), noe som tilsvarer et nattforbruk på ca. 0,36 L/s. I delområde B bor det ca. 523 personer, noe som tilsvarer et nattforbruk på 0,14 L/s. Differansen mellom beregnet nattforbruk og målt vannføring på natta defineres som konstant innlekking.

##### **Nedbørvhengig avrenning (Nedbørsbetiget innlekking):**

For å kartlegge nedbørsbetiget innlekking har jeg valgt å analysere data fra vannføringsmålere i nedbørsperiode. For å finne gjennomsnittlig vannføring har jeg valgt å analysere data fra tre netter alle i nedbør, i tidsperiode 00:00 – 05:00.

Nedbørsavhengig avrenning finner jeg ved å beregne differansen mellom den gjennomsnittlige vannføringen målt i tørrvær og nedbør.

$$Vannføring_{nedbør} - Vannføring_{tørrvær} = \text{Fremmedvann}$$

Når det gjelder fremmedvann er det viktig å skille mellom direkte nedbørvhengig fremmedvann og indirekte nedbørvhengig fremmedvann. I denne oppgaven er alle de målte dataene antatt som direkte nedbørsavhengig fremmedvann, dette fordi at indirekte nedbørsavhengig fremmedvann karakteriseres som treg avrenning og er både vanskelig å måle og kan vare i flere dager.

#### 4.7.3 Teoretisk beregning av avløpsvann

Grunnleggende parameterne for å beregne det teoretiske vannforbruket er PE (Personekvivalent) og personlig forbruk (L/pd). Den gjennomsnitte vannforbruket setter jeg til 140 L/pd (Vann- og avløpsteknikk, Hallvard Ødegaard) og (Hovedplan VA og vannmiljø 2020-2035, Lørenskog kommune).

Delområde B-Grønlia har ingen påkoblinger av avløpsvann fra barnehage/skoler eller næringsvirksomhet til den valgte avløpsnett og derfor har jeg ikke tatt det i beregningene mine. Ifølge Gemini VA er det registrert totalt 523 personer.

Delområde A- Ødegård omfatter 3 næringsvirksomheter (Rema1000, Pizzabakeren, BKH) og totalt antall ansatte er 38 personer. Omregningsfaktor for hydraulisk belastning fra servicevirksomhet er satt til 80 L/ansatt. Døgn (vann- og avløpsteknikk, utgave 2, Ødegaard et al., 2009). Antall registrerte innbyggere ifølge Gemini VA er 1297 personer.

Følgende formel er brukt for utregning av den teoretiske spillvannsmengden:

$$\text{Spillvann} = PE * 140 \text{ L/pd}$$

Tabellen 4.6 viser det teoretiske vannforbruket for begge områdene

Område	PE	Tilrenning	Næringsvirksomhet	Total tilrenning pr. døgn	L/S
Delområde A- Ødegård	1297	1297*140= 181580	38*80= 3040	184620 L/pd	2.14
Delområde B- Grønlia	523	523*140= 73220		73220 L/pd	0.85

#### 4.7.4 Vannbalanse-metoden:

I tillegg til overnevnte metoder, har jeg utført et forsøk på å beregne fremmedvannsandel i avløpsnett ved hjelp av vannbalanse-metoden. Grunnleggende data som trengs for å beregne andel fremmedvann ved hjelp av vannbalanse-metoden er målt vannmengde ved hjelp av vannmengdemålere og antall PE delfeltet eller rensedistrikt i tillegg til personlig forbruk (l/pd). Avløpsmengde for begge delområdene er målt ved hjelp av vannføringsmålere for en periode på 4 måneder (120 dager). I beregningene setter jeg den gjennomsnitte vannforbruket til 140 L/pd (0,14 m<sup>3</sup>/pd) (Vann- og avløpsteknikk, Hallvard Ødegaard) og (Hovedplan VA og vannmiljø 2020-2035, Lørenskog kommune) for begge delområdene. Delområde A- Ødegård har totalt 1297 personer koblet til avløpsnett (PE) og delområde B-Grønlia har 511 personer koblet til avløpsnett (PE).

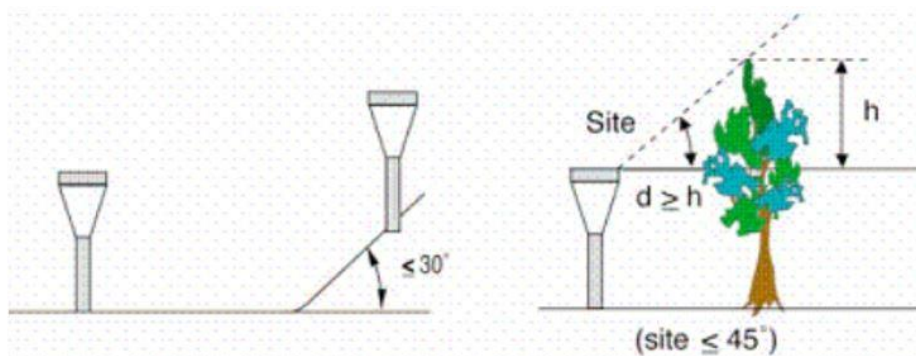
Følgende formel er brukt for beregning av andel fremmedvann:

$$Q = \frac{\text{Målt vannmengde} - \text{Antatt vannmengde fra bevisst påslipp}}{\text{Målt vannmengde}} * 100$$

## 4.8 Nedbørsmålinger

Det er flere kommuner som benytter seg av stasjonerte nedbørmålere på tvers av landet på bakgrunn av pålegg fra myndighetene og fylkesmannen. Kommunene i Norge benytter seg av stasjonerte nedbørmålere for å ha kontroll på nedbør og på bakgrunn av pålegg fra myndighetene og fylkesmannen. Nedbørmålere bistår med å få bedre oversikt over utfordringer i VA-nettet. Ved hjelp av nedbørdata kan vi beregne kapasitet og ikke minst overløp. Nedbørdata kan sammenlignes med data fra vannføringsmålere for å se kapasiteten til ledningsnett under nedbør. Data fra nedbørmålere kan brukes som grunnlag for utforming av kulverter og drens-systemer og avløpsmodeller for bebygde områder. (Scanmatic, nedbørmålere, VA konferansen Hordaland, 2018).

Vindeksponering har den største påvirkningen på måling av nedbør og ender opp med usikkerhet i målte data. Det er derfor meget viktig å være nøye med installering av nedbørmålere. Målere skal være beskyttet mot vind, enten naturlig ved vegetasjon, eller kunstig med en vindskjerm. Se figuren 4.11 prinsipp for installasjon av nedbørmålere.



Figur 4.11 Viser prinsipp for installasjon av nedbørmåler – Kilde: Scanmatic

Nedbørmålere som er benyttet i denne oppgaven er levert av regnbygge.no. og er av type Lambrecht med Vippepluviograf nedbørsensor 0.1mm pr vipp hvor hver vipp blir registrert ned på sekund intervaller. Nedbørmålerne har oppvarmet kolbe og måler hele året. se figur 4.12. Nedbørssensorene tilfredsstillt krav meteorologisk institutt. Det er to fastmonterte nedbørmålere og en mobil. Måleren plassert i Haneborg er nærmest måler til studieområdene og dataene fra denne måleren kan lastes direkte fra regnbygge.no i forskjellige formater.





*Figur 4.12 Viser nedbørmåler av type Lambrecht med vippepluviograf nedbørsensor – Kilde: Bilde er fra Haneborg høydebasseng tatt av Rosim AS*

Hensikten med nedbørmålinger i denne oppgaven er å kunne sammenligne data fra vannføringsmålere med data fra nedbørmålere. Dette for å detektere og måle nedbørsavhengig innlekking av fremmedvann.

#### 4.9 Metoder for datainnsamling

I denne oppgaven har jeg benyttet forskjellig programvarer og tjenester for å innhente data fra ulike kilder. Disse programvarene er listet nedenfor:

##### 4.9.1 Gurusoft Report

Gurusoft Report er programvare for datainnsamling og rapportering. Gurusoft Report er en av bransjens aller mest populære og anerkjente fagløsninger. Løsningen er et helhetlig informasjons – og analysesystem som dekker alle behovene innen kommunalteknikk vann og avløp, med andre ord dette er kommunens data hub (datanettverk). Verktøyet brukes av Lørenskog kommune for innhenting av data fra avløpsmålere, EOS (energiovervåkningssystem), Overvannsmålere, Vannmålere og nedbørmålere.

Gurusoft Report er brukt for å innhente data fra avløpsmåleren av type Raven Eye som er installert i kum 87682 ved Delområde A – ødegård. Data fra måleren lagres fortløpende i en mottaker og deretter sendes til PC/server ved hjelp av skyløsning og deretter resultatene/dataene kan leses ved hjelp av Gurusoft Report og kan eksporteres både til Excel og PDF. I tillegg har programmet funksjoner som analysegrafer av ulike typer, for eksempel kan man velge mellom tidsserie eller korrelasjoner. For å hente ut data trenger man ikke å

dra ut på feltet, måleren logger data automatisk til mottakeren og deretter sender den til PC/server ved hjelp sky-løsning.

#### 4.9.2 Flowlink 5.1 (Teledyne ISCO 2150)

Flowlink 5.1 er programvare som benyttes til overføring av data fra vannmengdemåleren ISCO 2150. Programvaren er installert i en spesialbygd PC som brukes ute på feltet for innhenting av data. PC-en kobles direkte til vannmengdemåleren for å kunne lese, endre eller hente ut data. All data lagres i den blå boksen som har minnekort. Alle innmålte data lagres i en database (Microsoft Access – database). Data må overføres fra boksens minne til pc, for å unngå overlapping og eller tap av data ved fullt minne. I denne oppgaven har jeg valgt overføring av data hver andre uke.

Ved kalibrering er det viktig å legge riktig dimensjon på røret og ønsket loggintervall. Jeg har valgt hvert 5. minutt som loggintervall. I tillegg til vannføring, hastighet og vannmengde, kan man også måle temperatur i vannet.

Flowlink har en rekke nyttig funksjoner blant annet visualisering av målt data på grafer og tabeller, noe som gjør det lettere for brukere å sammenligne data fra flere områder. Flowlink eksporterer også data til regnearkfiler for analyse med programmer som Microsoft Excel.

#### 4.9.3 Gemini Portalen

Gemini-portalen er verktøy som gir brukerne tilgang til vann – og avløpsdata i sanntid. Gemini Portal viser både kart- og fagdata og henter dataene direkte fra kommunenes Gemini VA-database. Tjenesten er levert av Powel AS og gir god oversikt over data med informasjon som alder, material, eierform o.l. om ledningsnett, kummer og pumper. Brukerne kan velge mellom flere temakart for informasjon blant annet avløp, vann, brannkart, trykksoner og avløpssoner.

Gemini-portalen er en mindre avansert versjon av Gemini VA med kun lesetilgang. Løsningen er nettbasert og kan enkelt benyttes fra mobil, nettbrett og PC.

#### 4.9.4 Regnbygge.no

Regnbygge.no er portalen som Lørenskog kommune bruker for å overvåke nedbør ved hjelp av en mobil og to fastmonterte nedbørmålere i Haneborg og Vallerudåsen. I tillegg til nedbørmålere har Lørenskog kommune en overløpsmåler plassert ved Fjellhamar stasjon som overvåker overløp ved kraftig nedbørsperiode. Data målt av målere sendes direkte til nettstedet og deretter kan man utarbeide rapport i forskjellige formater blant annet, SWMM format, Met format, IVF, døgn-data, time-data osv.

### 4.10 Beregning av fremmedvannskostnader

Å beregne kostnad knyttet til fremmedvann er fortsatt en av de komplekse oppgavene å løse. Fremmedvann påfører belastning og skade på avløpsnett og dette fører til økte og unødvendige kostnader. I denne delen av oppgaven har jeg gjort et forsøk på å beregne grovt renskostnadene basert på fakturaene sendt til Lørenskog kommune av NRA IKS. Hensikten med å beregne renskostnadene er å se hvor mye av det Lørenskog-kommune betaler til NRA IKS er knyttet til fremmedvann og hvor mye er det Lørenskog kommune faktisk bør betale NRA IKS for rensing hvis det ikke hadde vært fremmedvann i avløpsnett.

#### 4.10.1 Rensekostnad NRA IKS

Eier kommunene har medlemmer i styret, og hvert år vedtar de et budsjett til NRA IKS for rensing av avløpsvannet basert på prognosetall eierkommune får fra NRA IKS hvor eier kommunene blir etter fakturert kvartalsvis med 50% basert på PE tilknyttet til renseanlegget og 50% på avløpsmengden levert til NRA IKS for rensing. Driftstilskuddet NRA IKS får er sammensatt av budsjett, drift – og vedlikehold renseanlegget, investeringskostnader, kjemikalier, strøm, lønn, feriepenger, arbeidsgiver avgift og pensjonskostnader, maskiner og utstyr, renhold og arbeidstøy. For eksempel hvis Lørenskog kommune utgjør 30% av PE tilknyttet til NRA og NRA har driftskostnader på 100 Mill Nok, blir 50 % av de 100 Mill. NOK som utgjør 50 Mill. Nok blir fordeles på PE, basert på dette regnstykke blir Lørenskog kommune faktureres 30% av de 50 Mill. Nok. De resterende 50% som går på avløpsmengden beregnes slik for eksempel. Vi antar at NRA mottar 10 mill. kubikk avløpsmengden og Lørenskog kommune utgjør 40% av den totale leverte avløpsmengden, så faktureres Lørenskog kommune for 40% av de resterende 50 Mill. Nok. Hvis NRA bruker mindre i driftskostnader enn budsjettet, blir det utbetalt tilbake til eierkommune, hvis driftskostnader overskrider budsjettet, blir eierkommune fakturert for de ekstra driftskostnadene som er påløpt.

Å beregne kubikkmeter pris er ikke lett, på grunn av fordelingene etter avløpsmengden og PE. Siden 50% av kostnadene fordeles ut fra PE-tall per eierkommune og mengden fremmedvann påvirker dermed ikke denne andelen. De resterende 50% av kostandene fordeles ut ifra målt og beregnet avløpsmengde per eierkommune og her ha mengden fremmedvann mye å si hvor mye andel hver kommune skal betale.

Gjennomsnitt kubikkmeterpris basert på de 50% av kostnadene som går ut på målt avløpsmengde finner jeg ut ifra hvor mye Lørenskog kommune har betalt NRA for tjeneste i de siste 3 årene. Kommunalteknisk ved Lørenskog kommune sendte en oversikt over betalingene til NRA for tjenesten samt oversikt over avløpsmengden levert til NRA IKS for rensing i de sist 3 årene og oversikt over PE. Merk at NRA fakturerer eierkommune for 3. og 4. kvartal fra forrige år og 1. og 2. kvartal i nåværende år sammen.

Den gjennomsnittlige kubikkmeterpris Lørenskog har betalt NRA for rensing av avløpsvann basert på betalte fakturaer de siste 3 årene er beregnet til 3,13 Kr/m<sup>3</sup>. Beregningene er vedlagt. Ved hjelp av fortynningsmetoden finner vi antall kubikkmeter fremmedvann og deretter multipliserer jeg med denne kubikkmeterprisen. Vedlegg 04 viser fullstendig beregning av kubikkmeterpris.



## 5. Resultater

Vannførings- og temperaturmåling har pågått kontinuerlig på sommer – høst 2022. Grunnet begrenset tidsperiode har jeg valgt måleperiode på 4 måneder (Juli, august, september og oktober). I denne oppgaven har jeg sett på både tørrværavrenning og nedbørsavhengig avrenning for begge delområdene A og B på følgende dager, se tabellene under:

*Tabell 5.1 viser dato på vannmengdemåling og klokkeslett for delområde A og B- Tørrværsperiode*

Tørrværsperiode		
Nr	Dato	Klokkeslett
1	08.08.2022	00:00 – 05:00
2	11.08.2022	00:00 – 05:00
3	07.09.2022	00:00 – 05:00

*Tabell 5.2 viser dato på vannmengdemåling og klokkeslett for delområde A og B- Nedbør*

Nedbør		
Nr	Dato	Klokkeslett
1	16.08.2022	00:00 – 05:00
2	13.09.2022	00:00 – 05:00
3	25.10.2022	00:00 – 05:00

Prøvetaking av avløpsvannet for analyse av fosforkonsentrasjon og pH-verdi ble utført i sommer – høst 2022. Vannprøvene ble tatt av begge delområdene A og B på følgende dager både under tørrvær og nedbør. Se tabellene under:

*Tabell 5.3 viser dato på prøvetaking og klokkeslett for delområde A og B – Tørrværsperiode*

Tørrværsperiode		
Nr	Dato	Klokkeslett
1	09.08.2022	09:45
2	10.08.2022	13:00
3	15.08.2022	14:30

Tabell 5.4 viser dato på prøvetaking og klokkeslett for delområde A og B – Nedbør

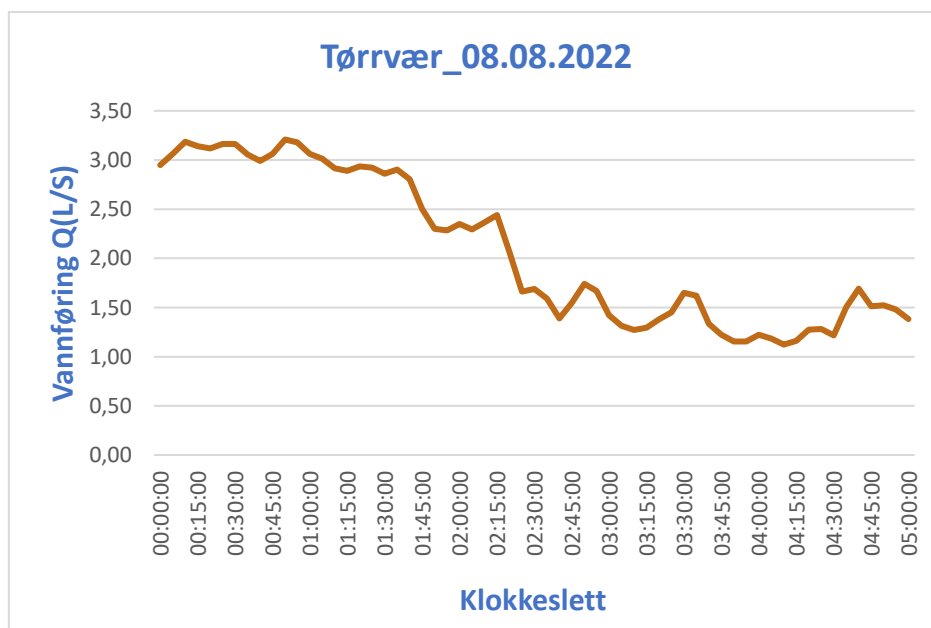
Nedbør		
Nr	Dato	Klokkeslett
1	27.09.2022	13:00
2	17.10.2022	12:45
3	25.10.2022	09:00

## 5.1 Delområde A – Ødegård

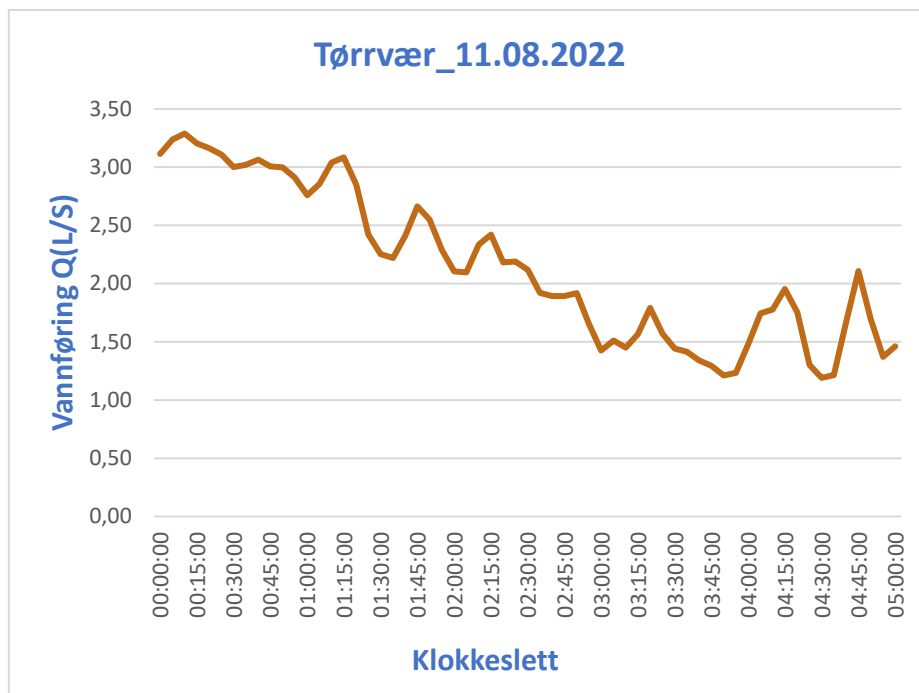
Dette delkapittelet omhandler resultater fra både mengdemåling og prøvetaking av delområde A-Ødegård. Resultatene er presentert grafisk under.

### 5.1.1 Vannføring – Tørrværsavrenning

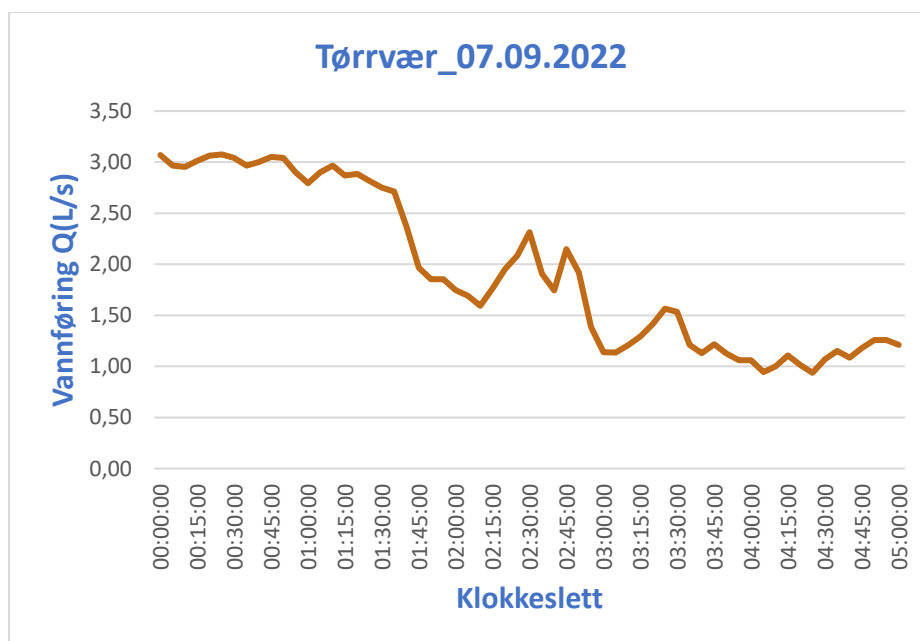
Vannføringsdataene fra ulike netter av samme område i tørrværsperioden viser at vannføringen er ganske stabilt i området. Vannforbruket (3.0 l/s) fra kl. 00:00 til ca. kl. 01:00 holder seg stabilt og deretter går vannforbruket ned mot 1,0 l/s pga. lavere aktivitet i denne tidsperioden. Tidligere i oppgaven nevnte jeg at vi i denne oppgaven setter nattvannføring til 1 liter per person per time. I delområde A bor det ca. 1297 personer (Næringsvirksomhet har null vannforbruk om natten 01:00 – 05:00), noe som tilsvarer et nattforbruk på ca. 0,36 L/s. Men ut ifra målt vannføring i ulike netter, observerer vi at målt vannføring om natta er på ca. 1,0 – 1,50 L/S (figurene 5.1, 5.2, 5.3). Nattvannføring på 1,0 – 1,5 L/S består altså av ca. 0,36 L/S forbruksvann (Nattforbruk) og 0,64 – 1,14 L/S Innlekking eller med andre ord fremmedvann. Den konstante innlekking er ut ifra målt vannføringsdata ser ut til å være i størrelsesorden 0,64 – 1,14 L/S.



Figur 5.1 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Tørrvær



Figur 5.2 viser målt vannføringsdata for Delområde A- Ødegård- Tørrvær



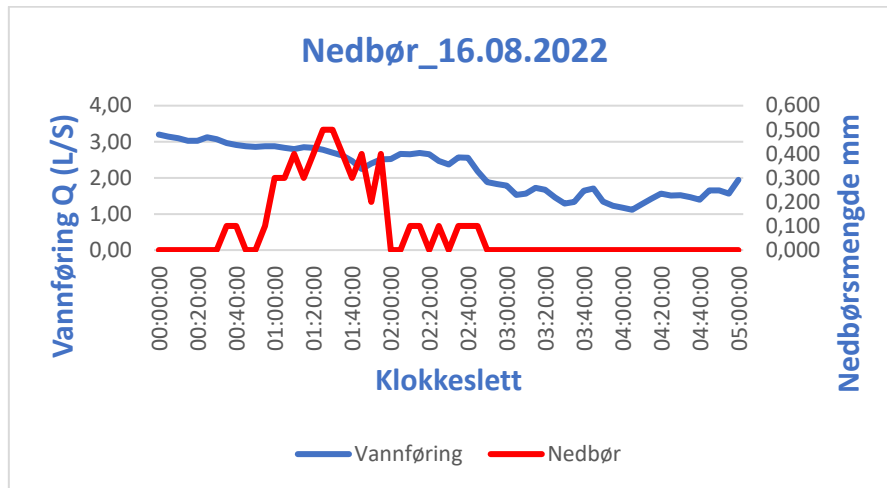
Figur 5.3 viser målt vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Tørrvær

### 5.1.2 Vannføring – Nedbør

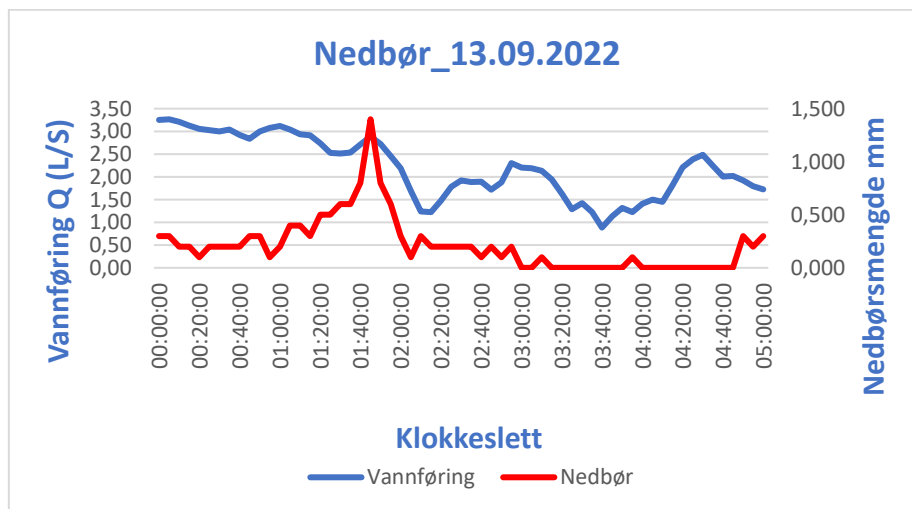
Under nedbørperiodene ser vi ut ifra vannføringsdataene fra ulike netter at det er økning i vannføringen. Vannforbruket er på 4,0 L/S fra kl. 00:00 og trapper ned gradvis til ca. 1,5 L/S – 2,0 L/S fram til kl. 05:00. dette pga. lavere aktivitet og påslipp i denne tidsperioden.

Vannforbruket i Delområde A er satt til 0,36 L/S, sammenligner vi det med målt vannføring i

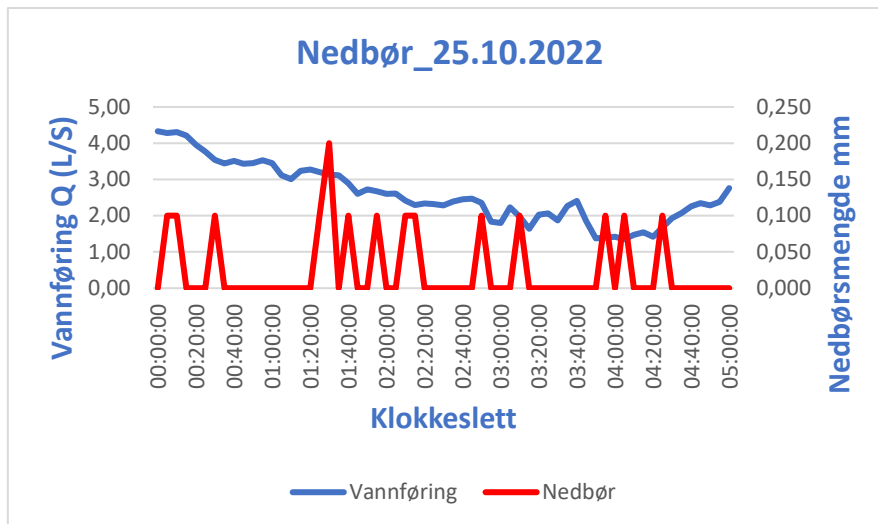
nedbør så observerer vi at målt vannføring om natta er på ca. 1,5 – 2,0 L/S i nedbør (se figurene 5.4, 5.5, 5.6). Nattvannføring i nedbør på 1,5 – 2,0 L/S består altså av ca. 0,36 L/S forbruksvann (Nattforbruk) og 1,14 – 1,64 L/S defineres som nedbørbetinget innlekking. Den nedbørbetinget innlekking er ut ifra målt vannføringsdata ser ut til å være i størrelsesorden 1,14 – 1,64 L/S.



Figur 5.4 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør



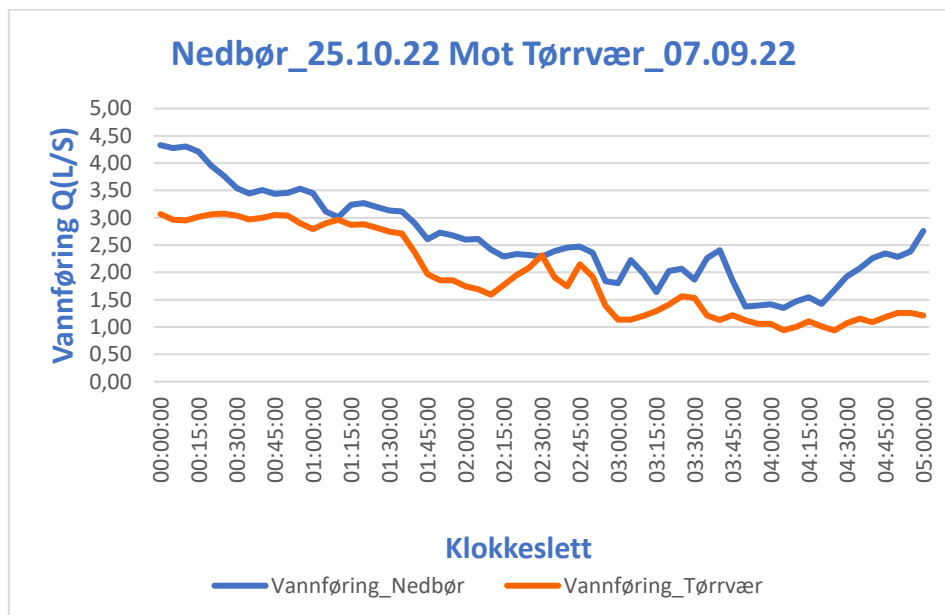
Figur 5.5 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør



Figur 5.6 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård - Nedbør

### 5.1.3 Vannføring Tørrvær mot nedbør

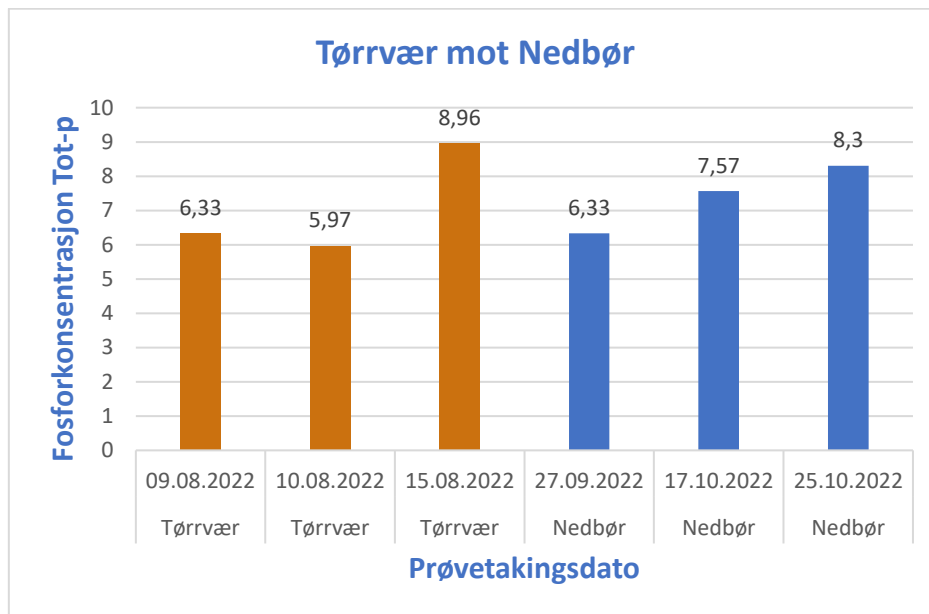
Vannføringen i avløpsnettet er målt over tre ulike netter både i tørrvær og nedbør. av de målte nettene har jeg valgt en natt per værforhold for å sammenligne hvordan nedbør påvirker volumet av avløpet. Figur 5.7 viser sammenligning av vannføringsdata for en natt med tørr (07.09.2022) mot en natt med nedbør (25.10.2022). Ut ifra målt data som er fremstilt i figuren under, ser vi at nedbørsbetinget innlekking er tilfelle her og differensen er på en størrelsesorden ca. 0,5 L/S.



Figur 5.7 viser målte vannføringsdata for Delområde A- Ødegård – Tørr og nedbør

#### 5.1.4 Fosforkonsentrasjon i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

Figuren 5.8 viser analyseresultater av de ulike dagene både i tørrvær og nedbør. av analyseresultatene ser vi at nedbør har lite påvirkninger på fosforkonsentrasjonen i avløpsvannet i delområde-A. Sammenligning viser at fosforkonsentrasjonen er tilnærmet uendret og ganske stabilt, selv under regnværet. Delområde A-Ødegård har separat avløpssystem hvor overvann, takvann og drensvannet transporteres til resipienten direkte. I et separat system er det ingen planlagt påslipp til spillvannsledningen og dette kan være årsaken at den stabile fosforkonsentrasjonen.

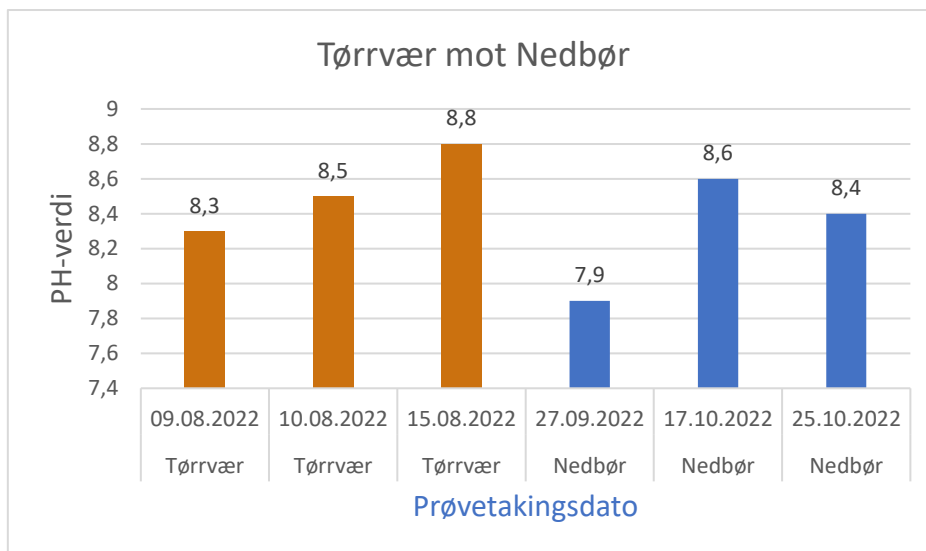


Figur 5.8 viser analyseresultater av fosforkonsentrasjon Tot-P i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

#### 5.1.5 PH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

Figuren 5.9 viser analyseresultater av de ulike dagene både i tørrvær og nedbør for delområde A-Ødegård. Av analyseresultatene ser vi at nedbør har lite påvirkninger på pH-verdien i avløpsvannet i delområde-A. Sammenligning viser at pH-verdien i de ulike dagene ligger rundt 8 og oppover. pH-verdien nærmere 8 og oppover både i nedbør og tørrvær indikerer at avløpsvannet er konsentrert og tyder på høyt innhold av fosfor. Høyt innhold av fosfor betyr lite eller ingen fremmedvann i avløpsledningen.





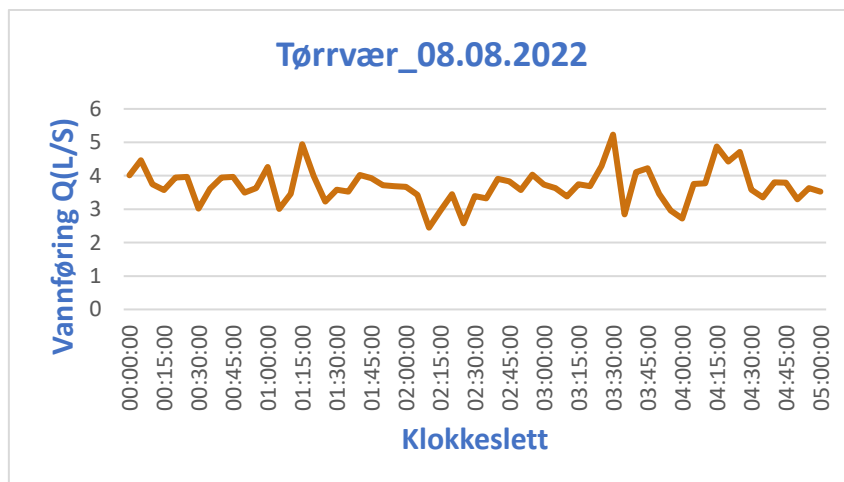
Figur 5.9 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

## 5.2 Delområde B – Grønli

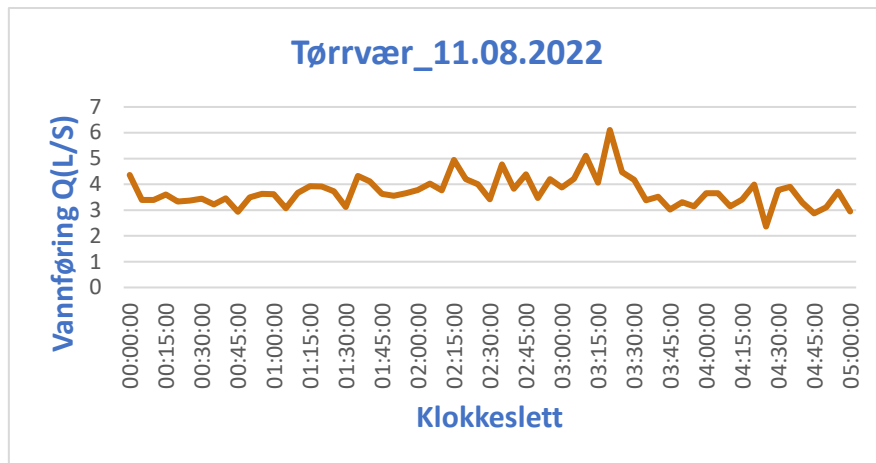
Dette delkapittelet omhandler resultater fra både mengdemåling og prøvetaking av delområde B- Grønli. Resultatene er presentert grafisk nedenfor.

### 5.2.1 Vannføring – Tørrværsavrenning

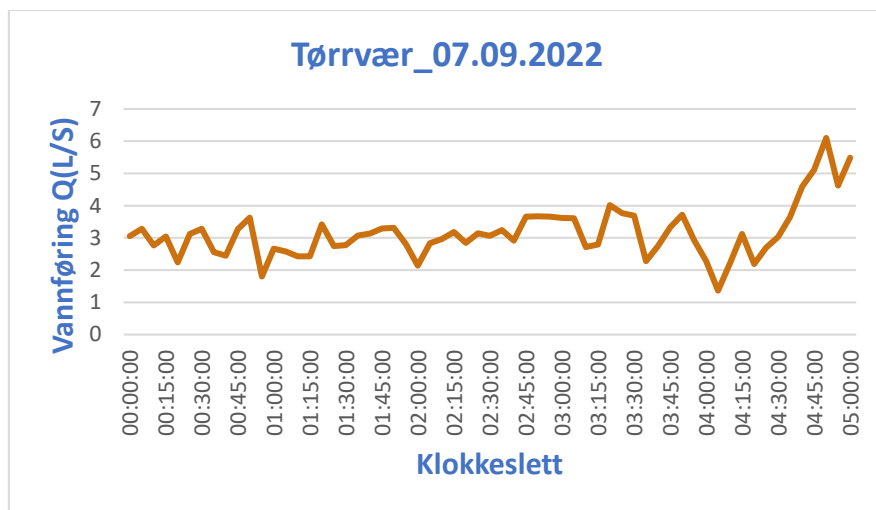
Figurene (5.10, 5.11, 5.12) viser grafisk fremstilling av målt vannføringsdata fra ulike netter i delområde B- Grønli i tørrværsperiode. Ut ifra målt vannføringsdata ser vi at vannforbruket ligger 3,0 – 4,0 L/S og er ganske stabilt fra kl. 00:00 til 05:00 som er vår måleperiode. I delområde B bor det ca. 523 personer, noe som tilsvarer et nattforbruk på 0,14 L/s. Men ut ifra målt vannføring i ulike netter, observerer vi at målt vannføring om natta er på ca. 3,0 – 4,0 L/S. Nattvannføring på 3,0 – 4,0 L/S består altså av ca. 0,14 L/S forbruksvann (Nattforbruk) og 2,86 – 3,86 L/S Innlekking eller med andre ord fremmedvann. Den konstante innlekking er ut ifra målt vannføringsdata ser ut til å være i størrelsesorden 2,86 – 3,86 L/S



Figur 5.10 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønli – Tørrvær



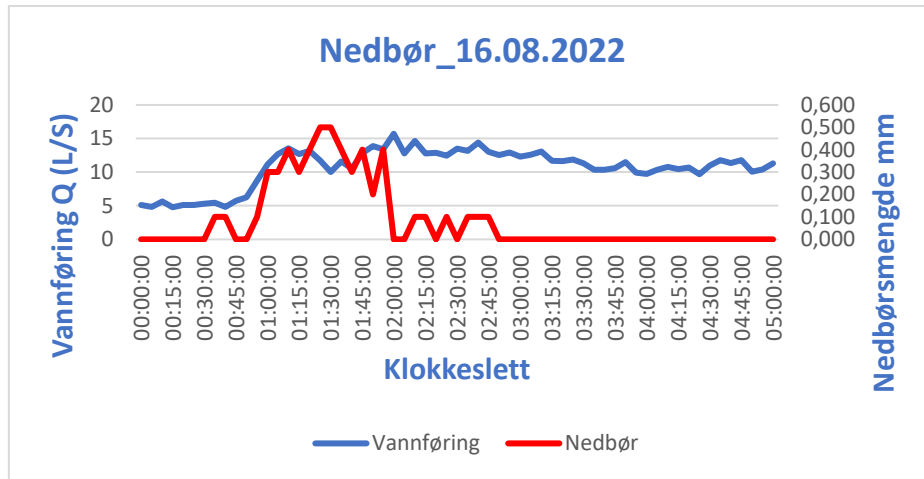
Figur 5.11 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørrvær



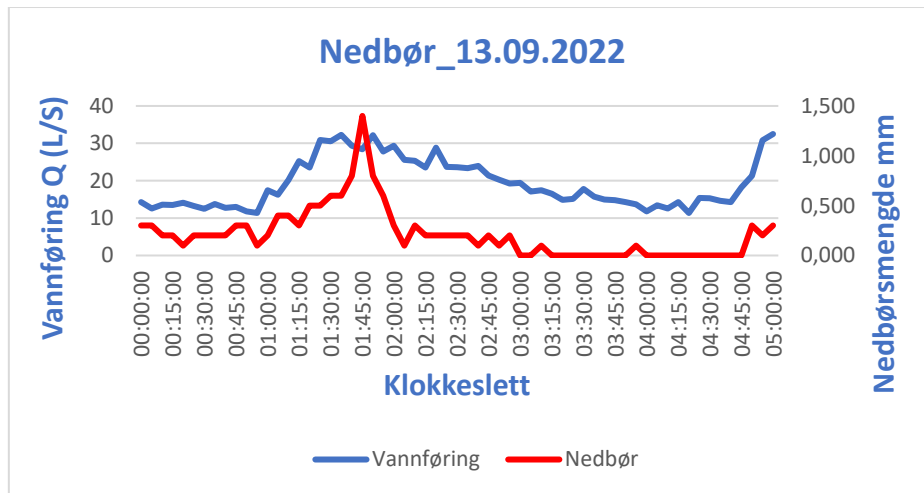
Figur 5.12 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørrvær

### 5.2.2 Vannføring – Nedbør

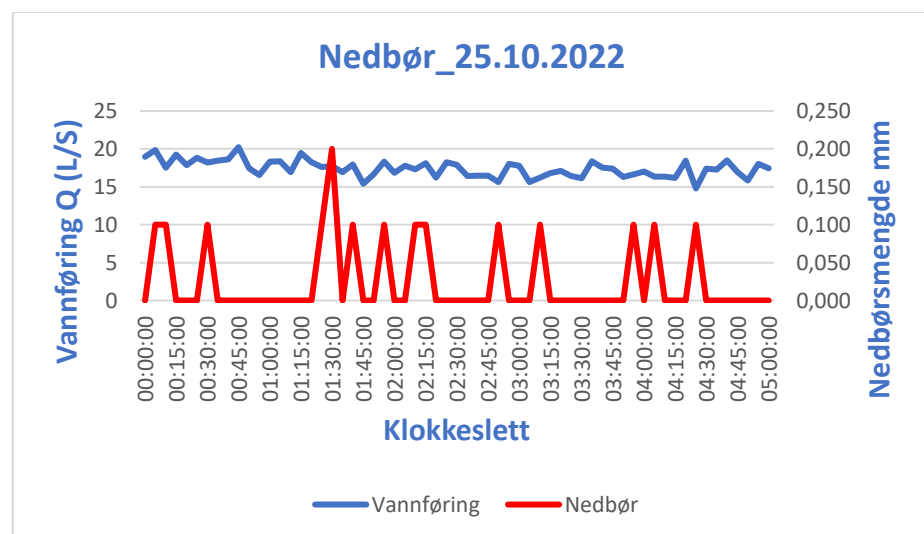
Målt vannføringsdata for Delområde B- Grønlia i nedbør viser at det er store mengder av nedbørsbetiget innlekking i området se figurene (5.13, 5.14, 5.15). Hvis vi ser på de tre nettene ut ifra målt vannføring i nedbør så observerer vi et gjennomsnitt vannføring på ca. 16 - 18 L/S. Beregnet nattforbruk for delområde B er 0,14 L/S. Nattvannføring i nedbør på 16 - 18 L/S består altså av ca. 0,14 L/S forbruksvann (Nattforbruk) og 15,86 - 17,86 L/S nedbørsbetiget innlekking. Den nedbørsbetiget innlekking er ut ifra målt vannføringsdata ser ut til å være i størrelsesorden 15,86 - 17,86 L/S.



Figur 5.13 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør



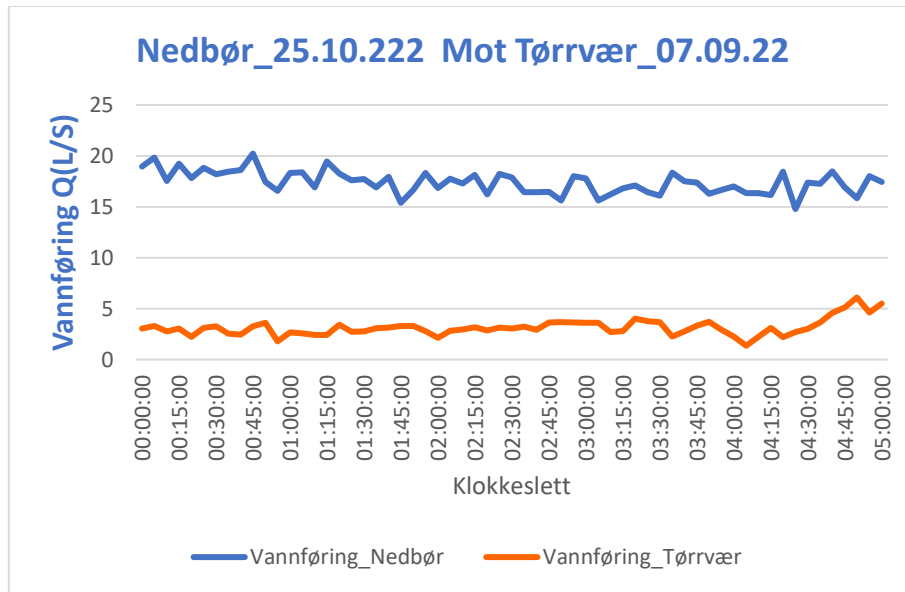
Figur 5.14 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør



Figur 5.15 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Nedbør

### 5.2.3 Vannføring tørrvær mot nedbør

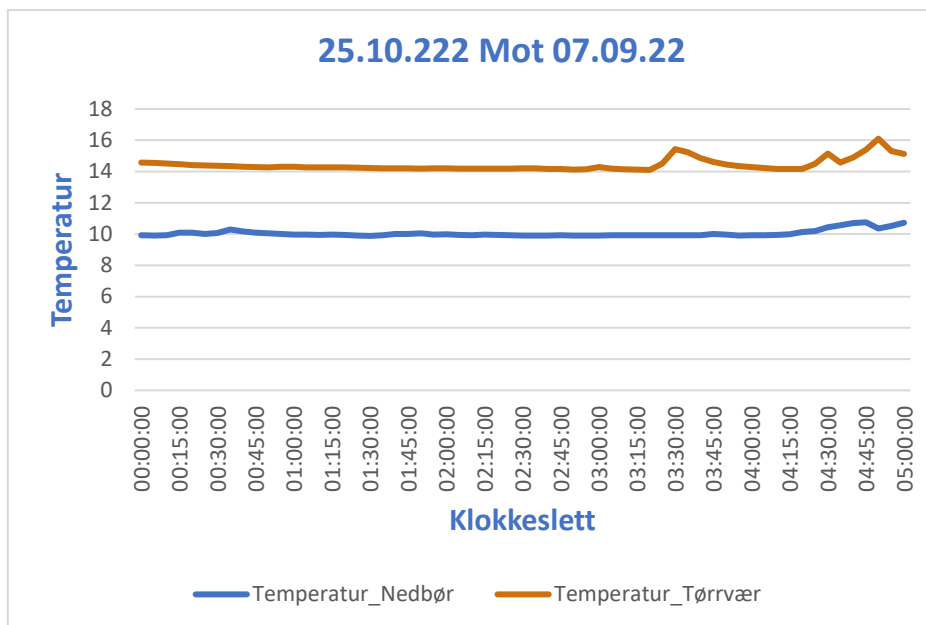
Figur 5.16 viser sammenligning av vannføringsdata for en natt med tørr (07.09.2022) mot en natt med nedbør (25.10.2022). Ut ifra målt data som er fremstilt i figuren under, ser vi at nedbørsbettinget innlekking er tilfelle her og differensen er på en størrelsesorden ca. 14 - 15 L/S. Område Grønlia har fellesavløpssystem (AF-system) og derfor mye av avrenning spesielt under nedbør, er muligens fra taknedløp, kobling av drensledning direkte til spillvannsledning og innlekking pga. dårlig tilstand på ledningsnett.



Figur 5.16 viser målte vannføringsdata for Delområde B- Grønlia – Tørr og nedbør

### 5.2.4 Temperatur – Tørrvær mot nedbør

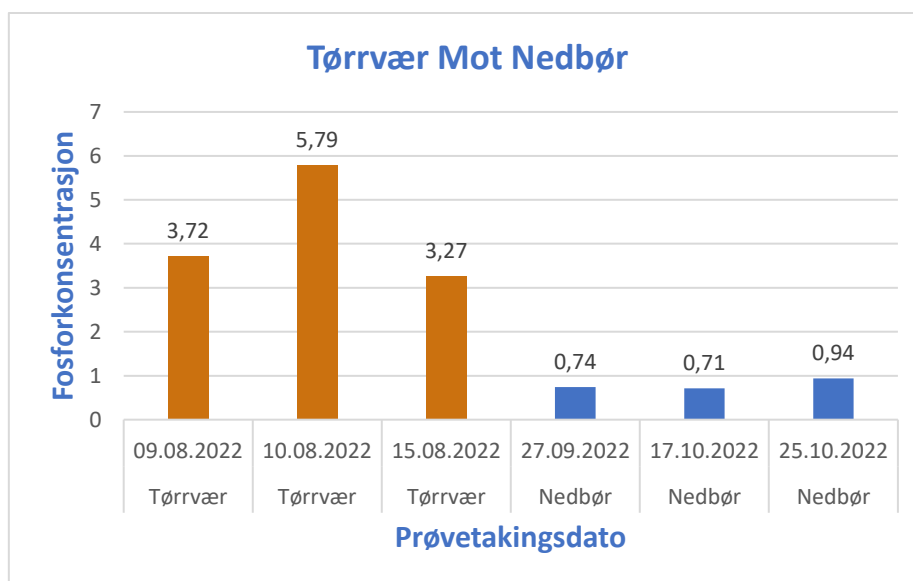
Figur 5.17 viser målt temperatur i ulike netter 07.09.22 og 25.10.22 med ulike værforhold. En natt med nedbør og en natt i tørrvær. Natt med nedbør viser at temperaturen er 10.0 grader og er kaldere enn natten med tørrvær. Differansen her er på ca. 5.0 grader. En differanse i denne størrelsesorden indikerer at det er mye nedbørsbettinget innlekking i området. Temperatur på 14.5 grader betyr ikke at ikke finnes fremmedvann i området under tørrvær, men at innlekking er i mindre skala sammenlignet med nedbørsbettinget innlekking.



Figur 5.17 viser målt temperatur for Delområde B-Grønlia - Tørr mot Nedbør

### 5.2.5 Fosforkonsentrasjon i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

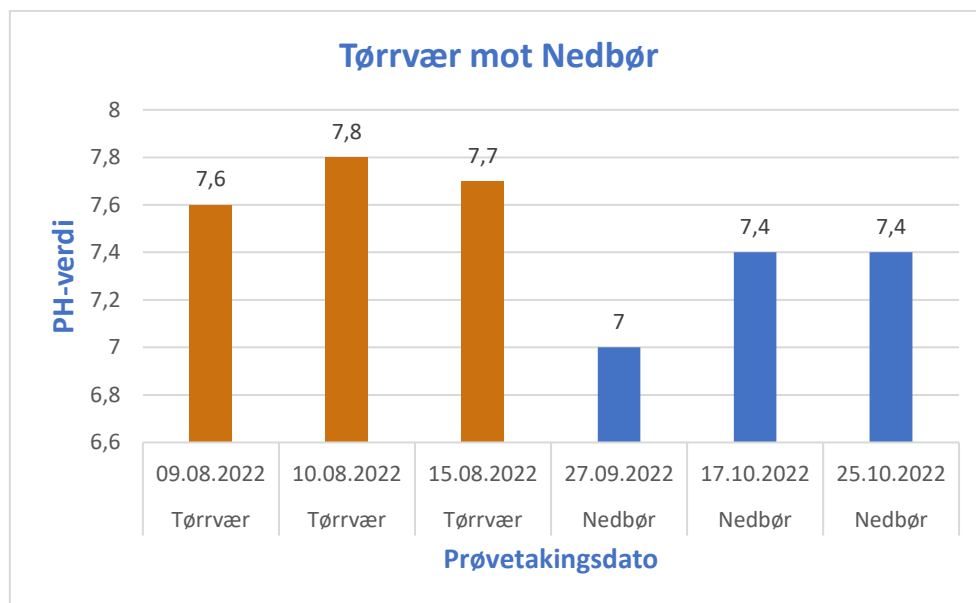
Figuren 5.18 viser analyseresultater av de ulike dagene i både tørrvær og nedbør. Av analyseresultatene ser vi at nedbør har stor påvirkning på fosforkonsentrasjonen i avløpsvannet. Sammenligning viser at fosforkonsentrasjonen i nedbør er meget lavt og sterkt fortynnet. Delområde B-Grønlia har fellesavløpssystem (AF-system) hvor overvann, takvann og drensvannet transporteres i et og samme ledning som spillvann til rensesanleggene. Sterkt fortynnet fosforkonsentrasjon i nedbør skyldes takvann, drensvann og overvann som er koblet direkte til spillvannsledningen som naturligvis øker når det er nedbørperioder.



Figur 5.18 viser analyseresultater av fosforkonsentrasjon Tot-P i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

### 5.2.6 PH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør

Figuren 5.19 viser analyseresultater av de ulike dagene både i tørrvær og nedbør for delområde B-Grønli. Det er ikke direkte sammenheng mellom PH-måling og mengde fosfor i avløpsvannet, men pH-verdi kan gi oss en indikator på om vi kan anta om det finnes fremmedvann i avløpssystemet eller ikke. Av analyseresultatene ser vi at nedbør i stor grad har påvirkninger på pH-verdien i avløpsvannet og sammenligning viser at pH-verdien er 7 eller nærmere i de dagene det er nedbør. Når pH-verdien nærmere seg 7 indikerer det at vannet er sterkt fortynnet og påvirket av nedbør og sannsynligheten er stor for at det er fremmedvann i avløpsnett.



Figur 5.19 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet – Tørrvær mot nedbør



### 5.3 Beregning av fremmedvann

I Dette delkapittelet er det presentert resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp ulike metoder. Fremgangsmåten er beskrevet i delkapittelet *Metoder*. Fullstendig beregning av metodene er lagt ved som vedlegg.

#### 5.3.1 Delområde A – Ødegård

##### *Fortynningsmetode*

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 01.

*Tabell 5.5 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetode for delområde A*

Delområde A- Ødegård	Værforhold	Resultat/Andel fremmedvann	
	Tørrvær	38%	Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård i tørrvær utgjør ca. 38%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosforkonsentrasjon i avløpsvannet.
	Nedbør	36%	Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård i tørrvær utgjør ca. 36%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosforkonsentrasjon i avløpsvannet.

##### *Beregning av fremmedvann basert på vannmengdemåler*

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 02.

*Tabell 5.6 viser beregnet innlekking under ulike værforhold basert på målt vannføring for delområde A*

	Nattføring	Målt vannføring	Beregning	Kommentar
Konstant innlekking	0,36 L/S	1,0 – 1,5 L/S	1,5 L/S – 0,36 L/S = <u>1,14 L/S</u>	For beregning har jeg valgt avrundet tall (målt vannføring)
Nedbørsbetinget innlekking	0,36 L/S	1,5 – 2,0 L/S	2,0 L/S – 0,36 L/S = <u>1,64 L/S</u>	For beregning har jeg valgt avrundet tall (målt vannføring)

$$\begin{aligned} \text{Andel Fremmedvann} &= \text{Vannføring}_{\text{nedbør}} - \text{Vannføring}_{\text{tørrvær}} \\ &= 1,64 \text{ L/S} - 1,14 \text{ L/S} = \underline{\underline{0,5 \text{ L/S}}} \end{aligned}$$

### Vannbalanse-metoden

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 03.

Tabell 5.7 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av vannbalanse-metoden for delområde A

	Målt vannmengde $Q_{tot}$	Vannmengde fra bevisst påslipp $Q_a * PE$	Resultat/Andel fremmedvann
Vannføring m/fremmedvann $Q_{FV}$	29657,4 m <sup>3</sup>	21 789,6 m <sup>3</sup> (Avløpsvann p/person. Døgn)	26,5 %

### 5.3.2 Delområde B – Grønli

#### Fortynningsmetode

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 01.

Tabell 5.8 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetode for Delområde B

Delområde B- Grønli	Værforhold	Resultat/Andel fremmedvann	
	Tørrvær	63%	Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård i tørrvær utgjør ca. 63%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosforkonsentrasjon i avløpsvannet.
	Nedbør	93,1%	Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård i tørrvær utgjør ca. 93,1%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosforkonsentrasjon i avløpsvannet.

### Beregnings av fremmedvann basert på vannmengdemålinger

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 02.

Tabell 5.9 viser beregnet innlekking under ulike værforhold basert på målt vannføring for delområde B

	Nattføring	Målt vannføring	Beregning	Kommentar
Konstant innlekking	0,14 L/S	3,0 – 4,0 L/S	$4,0 \text{ L/S} - 0,14 \text{ L/S} = \underline{3,86 \text{ L/S}}$	For beregning har jeg valgt avrundet tall (målt vannføring)
Nedbørsbetiget innlekking	0,14 L/S	16,0 – 18,0 L/S	$18,0 \text{ L/S} - 0,14 \text{ L/S} = \underline{17,86 \text{ L/S}}$	For beregning har jeg valgt avrundet tall (målt vannføring)

$$\text{Andel Fremmedvann} = Vannføring_{nedbør} - Vannføring_{tørrvær}$$

$$17,86 \text{ L/S} - 3,86 \text{ L/S} = \underline{14,0 \text{ L/S}}$$

### Vannbalanse-metoden

Fullstendig beregning er visst i vedlegg 03.

Tabell 5.10 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av vannbalanse-metoden for delområde B

	Målt vannmengde $Q_{tot}$	Vannmengde fra bevisst påslipp $Q_a * PE$	Resultat/Andel fremmedvann
Vannføring m/fremmedvann $Q_{FV}$	64882 m3	8584,8 m3 (Avløpsvann p/person. Døgn)	86,7 %

## 5.4 Beregnet fremmedvannskostnader

Kostnad knyttet til fremmedvann kan forekomme i ulike former for eksempel rensekostnader knyttet til rensing av avløpsvann i renseanlegget, drift og pumpekostnader, vedlikeholdskostnader av ledningsnettet ved overbelastning grunnet fremmedvann i avløpsnettet og kostnader knyttet til skade ved kjelleroversvømmelser. I denne oppgaven har begge delområdene selvfølgelig mot NRA sitt avløpstunnel og det har derfor ikke blitt sett på drifts – og pumpekostnader. I denne oppgaven har jeg kun beregnet rensekostnader som forekommer ved rensing av avløpsvannet i NRA IKs sitt renseanlegg.

For å beregne kostnad knyttet til fremmedvann, har jeg lagt til grunn kubikkmeterpris på 3,13 kr/m<sup>3</sup> for rensing. Tabell 5.11 viser avløpsmengde som er lagt til grunn for beregning av

fremmedvann i kroner og ører. Viser til vedlegg 04 for fullstendig beregning av kubikkmeterpris Lørenskog kommune betaler NRA for rensing av avløpsvann.

Tabell 5.11 viser avløpsmengde for hvert delområde basert på vannmengdemålere for hele året (360 dager)

Delområder		Avløpsmengde/år
Avløpsmengde, Delområde A-Ødegård	Data fra avløpsmåleren viser avløpsmengde for 4 måneder (120 dager som tilsvarer 29657,4 m3). Oppgitte mengde for hele året (360 dager) er en gjennomsnittsverdi basert på målt avløpsmengde.	<u>88 973 m3/per år</u>
Avløpsmengde, Delområde B-Grønli	Data fra avløpsmåleren viser avløpsmengde for 4 måneder (120 dager som tilsvarer 64882 m3). Oppgitte mengde for hele året (360 dager) er en gjennomsnittsverdi basert på målt avløpsmengde.	<u>194 646 m3/ per år</u>

Tabell 5.14 viser beregnet andel fremmedvann i kroner og ører årlig for begge delområdene A og B

Metoder	Delområde A	Delområde B
	Kr/år	Kr/år
<b>Fortynningsmetode</b>	<b>103 043,-</b>	<b>475 206,-</b>
<b>Vannmengdemåler</b>	<b>48 678,-</b>	<b>1 362 978,-</b>
<b>Vannbalanse-Metode</b>	<b>73 796,-</b>	<b>528 213,-</b>

## 6. Diskusjon

Overbelastning av avløpsnett, miljøskader og økt renskostnad er blant konsekvensene som forårsakes av fremmedvann. Fremmedvann i tørrvær (konstant innlekking) er først og fremst et problem ved at det medfører kostnader i form av rensing og pumping.

Fremmedvann ved nedbør medfører i tillegg kapasitetsproblemer på ledningsnett som igjen fører til overløpsutslipp der spillvann/kloakk blandet med overvann renner via overløp ut i vassdrag og i enkelte tilfeller tilbake stuvning i ledningsnett som til slutt kan føre til kloakk i kjellere via sluk eller WC (kjelleroversvømmelser). Fremmedvannsandel i avløpssystemet fører til at ledninger, pumpestasjoner og rensanleggene oppdimensjoneres som koster samfunnet store summer i form av kroner og ører. Norge sammenlignet med andre nordiske land har større andel fremmedvannsmengde i avløpssystemet (Lindholm et al. 2021).

Vannlekkasjer er blant de største bidragsyttere til fremmedvannsandel i avløpssystemet. Lekkasje prosentene i Norge har ligget på 30,9 % (SSB, 2021) noe som er en god del høyere enn nabolandene for eks. Sverige ligger på 15% og Danmark ligger så lavt som 6%. Lekkasje fra det enkelte ledningsnett bør være mindre enn 25 % innen 2020 er et mål satt av VA-info (opplysningsutvalget VA-ledninger, innlegg nr. 2 juni 2016).

Fremmedvann er et stort problem for samfunnet og å redusere fremmedvannsandel i avløpssystemet er en langvarig, tidskrevende og kostbar prosess. Metoder som benyttes for estimering av fremmedvannsmengder er unøyaktige, tidskrevende og kostbare. For at vi skal kunne måle fremmedvannsmengder mer nøyaktig, kreves det nye og effektive metoder og avansert teknologi. I tillegg til det er det behov for et bredt samarbeid mellom kommunene som sliter med samme problematikk for å kartlegge de ulike metodene enkelte kommuner bruker og erfaringsdeling. I denne oppgaven har jeg brukt ulike metoder for beregning av fremmedvannsandel i avløpsnett. Ulike metoder gir ulike svar og dette skyldes usikkerheter i metodene. Jeg har brukt fortynningsmetode, vannbalanse-metode samt analyse av data målt ved hjelp av vannmengdemålere. Resultatene fra de ulike metodene er benyttet for å estimere fremmedvannsmengde i begge delområdene. Resultatene fra delområdene ble brukt til å sammenligne effekten av ulike avløpssystem som betjener våre abonnenter i de valgte områdene. Hvor effektivt er det å separere avløpsnett for å redusere fremmedvannsandelen.

### 6.1 Sammenligning av resultater – Delområde A og B

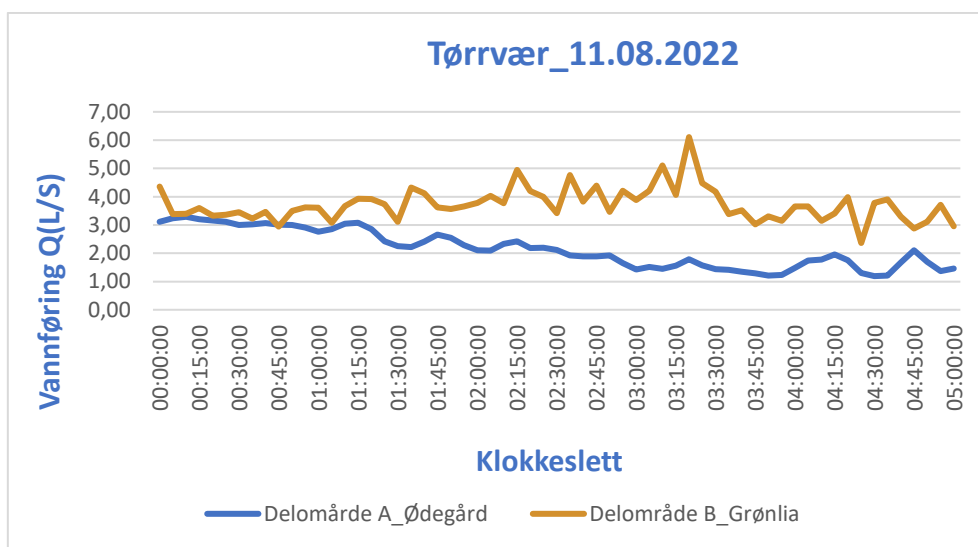
I dette delkapittelet har jeg sammenlignet resultater fra både mengdemåling og prøvetaking i begge delområdene A og B. Jeg har tatt utgangspunktet i to netter, en for tørrvær (11.08.2022) og en for nedbør (25.10.2022). I tillegg til det har jeg presentert resultatene av beregnet fremmedvann ved hjelp av ulike metodene for begge delområdene A og B.

#### 6.1.1 Vannføring delområde A og B

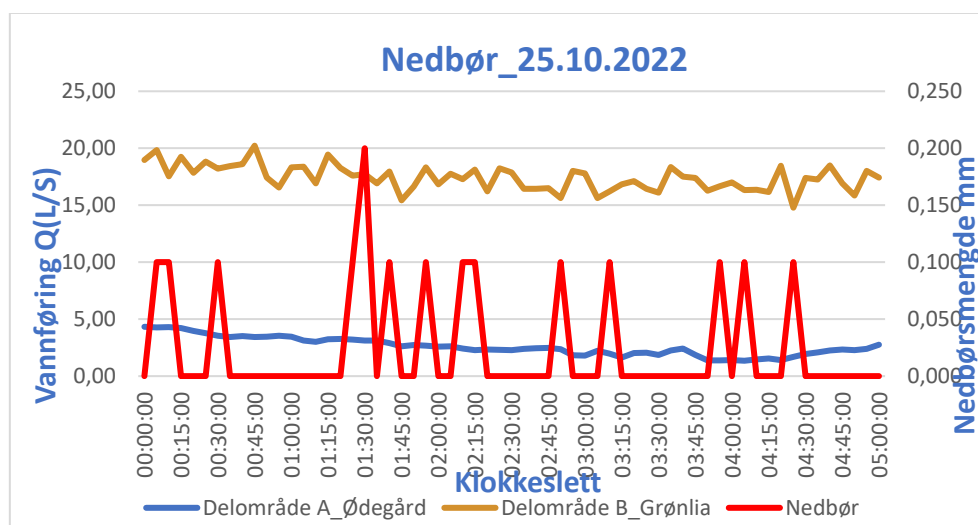
Figur 6.1 viser målt vannføringsdata for begge delområdene A og B i tørrvær. Grafisk fremstillingen viser at vannføringen er likt til å starte med ved midnatten, men i delområde A som har separat avløpssystem synker etter hvert vannføringen mot 1 l/s dette på grunn av lite aktivitet mellom 03:00 – 05:00. Nattforbruket i delområde A er på 0,36 l/s og gjennomsnitt vannføringen er på ca. 1,0 -1,5 l/s. Konstant innlekking finnes i område.

Delområde B som har felles avløpssystem har økende vannføringen ca. 4 - 5 l/s selv om det er lite aktivitet i den målte perioden. Nattforbruket i delområde B er på 0,14 l/s og gjennomsnitt vannføringen er på ca. 4,0 - 5 l/s. Konstant innlekking finnes i område og er 3 - 4 ganger mer i størrelsesorden enn delområde A.

Figur 6.2 viser målt vannføringsdata for begge delområdene A og B i nedbør. Ut ifra grafen ser man stor forskjell i vannføringen i begge delområdene. Delområde A har en vannføring som tilsvarer ca. 2,5 - 3,0 l/s og ligger ganske stabilt i måleperioden. Delområde B har vannføring som er i størrelsesorden 18,0 - 20,0 l/s og mye mer i mengde sammenlignet med delområde A. Sammenligner vi målt vannføringsdata så blir forskjellen i størrelsesorden 15,5 - 17,0 l/s.



Figur 6.1 viser målt vannføringsdata for både Delområde A og B – Tørrvær

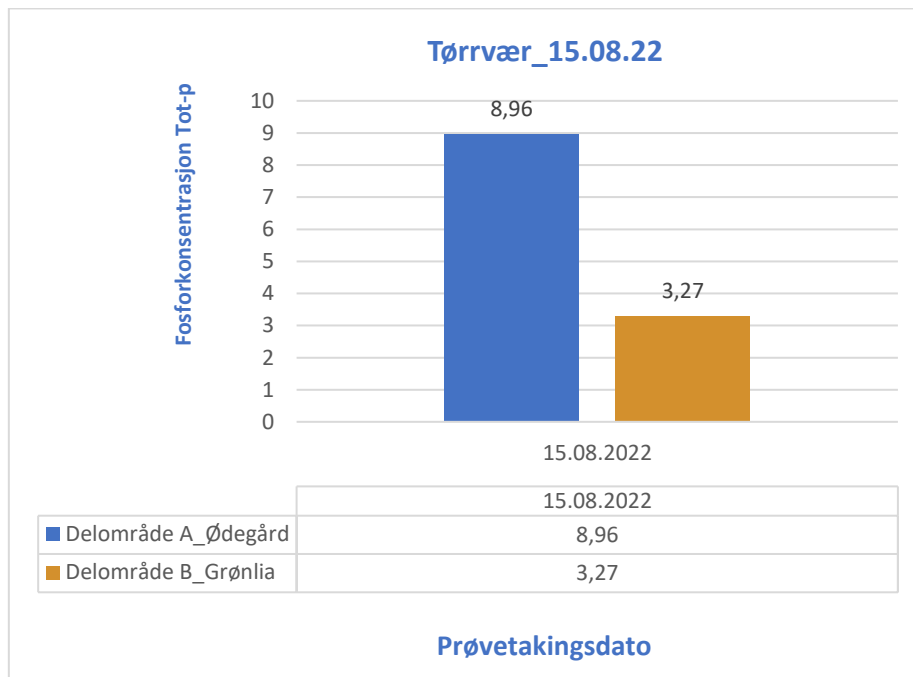


Figur 6.2 viser målt vannføringsdata for både Delområde A og B – Nedbør

### 6.1.2 Fosforkonsentrasjon delområde A og B

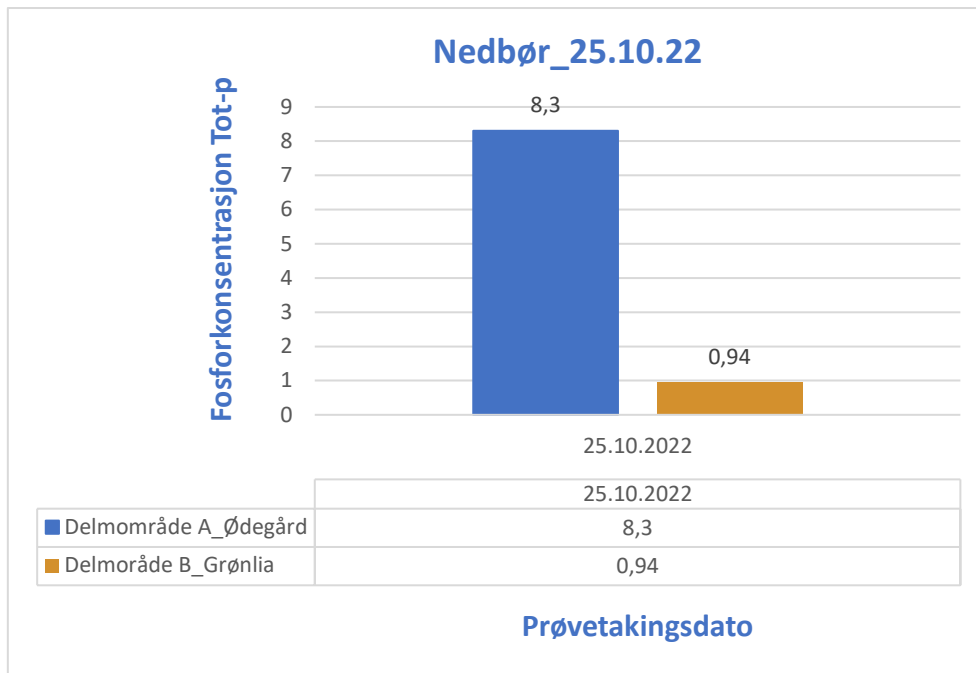
Figur 6.3 viser analyseresultater av fosforkonsentrasjon (Tot-p) for begge delområdene A og B i tørrvær. Delområde A hadde høyt innhold av fosforkonsentrasjon ca. 8,96 Mg/l i avløpsvannet sammenlignet med delområde B som ligger på ca. 3,27 Mg/l. Resultatene tyder på at Delområde A har lite fremmedvann i avløpssystemet sammenlignet med delområde B. Differansen av fosforkonsentrasjon i avløpsvannet er på hele 5,0 Mg/l.

Figur 6.4 viser analyseresultater av Tot-p for begge delområdene A og B i nedbør. av resultatene ser vi at fosforkonsentrasjonen i avløpsvannet i delområde A ligger på ca. 8,3 Mg/l (nærmere samme verdi som under tørrvær) og i Delområde B ligger verdien av fosforkonsentrasjon på ca. 0,94 Mg/l som indikerer sterk fortynnet avløpsvann. Den lave fosforkonsentrasjonen i delområde B i nedbør skyldes AF system i området. Både Taknedløp, drens – og Overvannsledninger er koblet direkte til spillvannsledningen som bidrar til stor mengde av fremmedvann spesielt under nedbørsperioder.



Figur 6.3 viser analyseresultater av Fosforkonsentrasjon Tot-p for både delområde A og B – Tørrvær



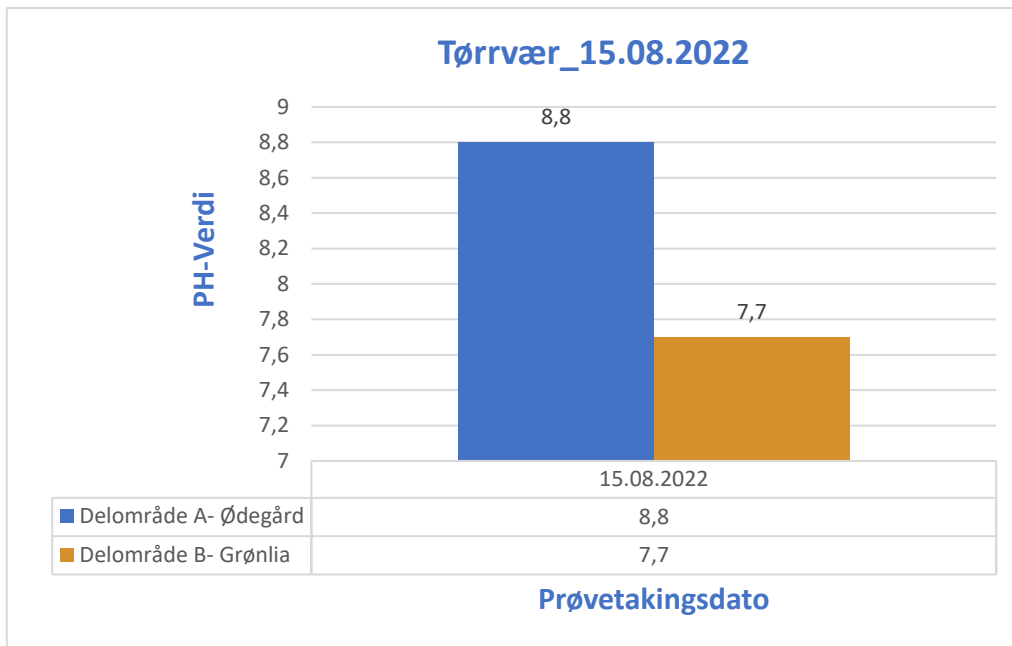


Figur 6.4 viser analyseresultater av Fosforkonsentrasjon Tot-p for både delområde A og B – Nedbør

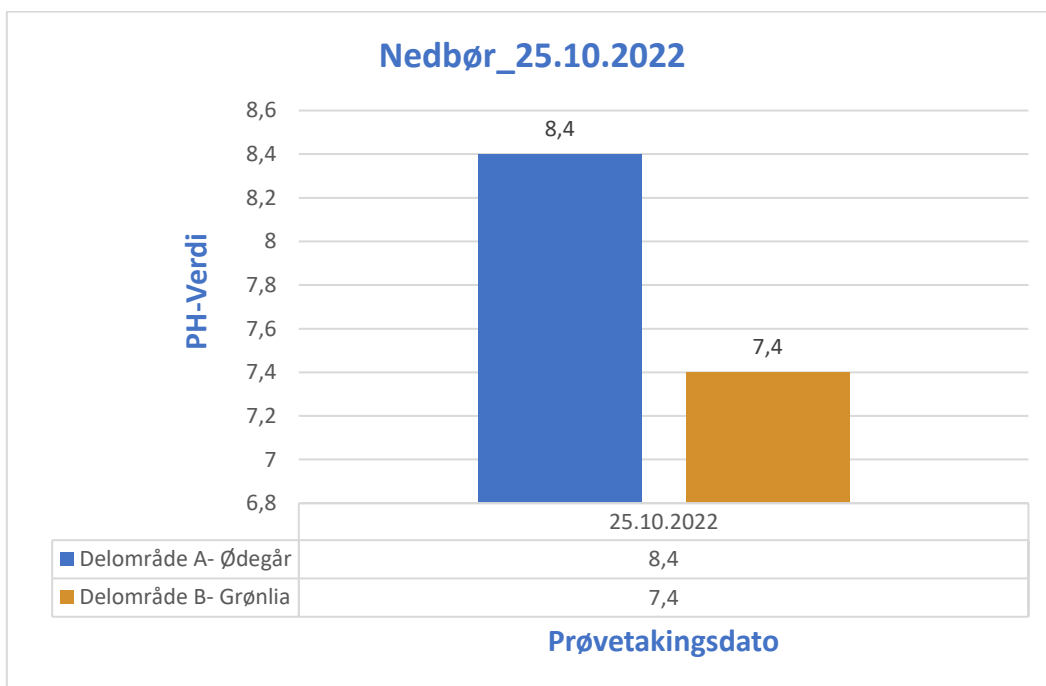
### 6.1.3 PH-verdi delområde A og B

Figur 6.5 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for begge delområdene A og B i tørrvær. Tidligere i oppgaven har jeg nevnt at pH-verdi har ingen direkte sammenheng med fremmedvannsinhold eller fosforkonsentrasjon, men verdiene kan gi indikator på innhold av fosfor i avløpsvannet i en vis grad. Analyseresultatene viser at delområde A har en pH-verdi på over 8, noe som indikerer at avløpsvannet er konsentrert, og tyder på høyt innhold av fosfor. Mens delområde B har pH-verdi 7.7 noe som indikerer at avløpsvannet er fortynnet, og tyder på innhold av fremmedvann i avløpsnettet.

Figur 6.6 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for begge delområdene A og B i nedbør. Her ser vi at verdiene på pH synker for begge delområdene, men delområde A ligger fortsatt over 8 og delområde B ligger nå enda nærmere 7 (7.4). Nedbør påvirker begge delområdene og indikerer at nedbørsbetiget innlekking er tilfelle her.



Figur 6.5 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for delområde A og B – Tørrvær



Figur 6.6 viser analyseresultater av pH-verdi i avløpsvannet for delområde A og B – Nedbør

#### 6.1.4 Beregnet fremmedvann ved hjelp av ulike metoder delområde A og B

Tabell 6.1 viser resultater av beregnet andel fremmedvann i avløpsnettet ved hjelp av ulike metoder for begge delområdene A og B. Resultatene fra fortynningsmetoden viser at det er i gjennomsnitt 37% fremmedvann i delområde A, mens i delområde B ligger fremmedvannsandel helt opptil 78,05%. over dobbelt så mye fremmedvann i delområde B

sammenlignet med delområde A. i tillegg har jeg gjort et forsøk på å beregne fremmedvannsandel ved hjelp av målt vannføring både under tørrvær og nedbør. Resultatene viser at fremmedvannsandel i delområde A ligger på 0,5 l/s og i delområde ligger den på 14.0 l/s. Av differansen ser vi at fremmedvannsandel er i større volum i delområde B enn i delområde A. Vannbalanse-metoden er brukt i tillegg til de to nevnte metodene for beregning av fremmedvann. Resultatene viser at fremmedvannsandel i delområde A ligger på 26,5%, men i delområde er andel fremmedvannet er på hele 86,7%. det er store mengder av fremmedvannsandel i avløpsnett i delområde B sammenlignet med delområde A ut ifra resultatene beregnet ved hjelp vannbalanse-metoden.

Tabell 6.2 viser andel fremmedvann total i avløpsnett i kubikkmeter (m<sup>3</sup>). Beregningene er gjort basert på tabell 6.1 og tabell 5.11 som viser målt avløpsmengde i avløpsnett i begge delområdene. Avløpsmengde som er presentert i tabell 5.11 for hele året (360 dager) er en gjennomsnittsverdi basert på målt avløpsmengde. For fullstendig beregning se vedlegg 16.

*Tabell 6.1 viser resultater av beregnet andel fremmedvann ved hjelp av ulike metoder for delområde A og B*

Metoder	Delområde A	Delområde B
Fortynningsmetode	38% (Tørrvær) 36% (Nedbør) Gjennomsn. 37%	63% (Tørrvær) 93,1% (Nedbør) Gjennomsn. 78,05%
Vannmengdemåler	0,5 L/S	14,0 L/S
Vannbalanse-Metode	26,5 %	86,7 %

*Tabell 6.2 viser andel fremmedvann total i avløpsnett beregnet basert på resultatene av ulike metoder for begge delområdene A og B*

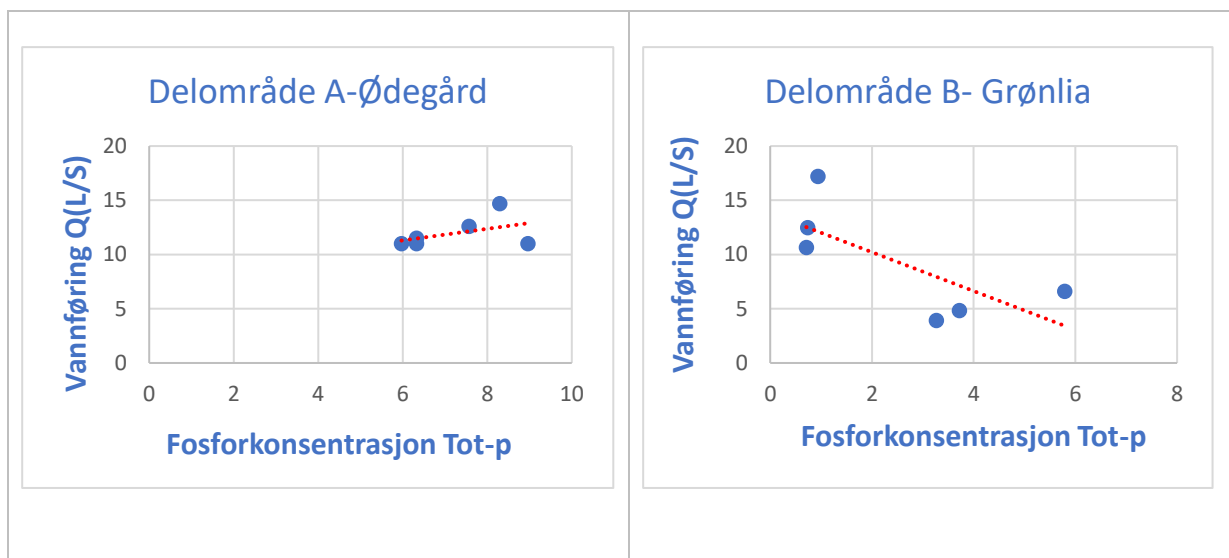
Metoder	Delområde A		Delområde B	
	L/S	m <sup>3</sup> /år	L/S	m <sup>3</sup> /år
Fortynningsmetode	1,05 l/s	<u>32 921 m<sup>3</sup>/år</u>	4,88 l/s	<u>151 823 m<sup>3</sup>/år</u>
Vannmengdemåler	0,5 l/s	<u>15 552 m<sup>3</sup>/år</u>	14,0 l/s	<u>435 456 m<sup>3</sup>/år</u>
Vannbalanse-Metode	0,74 l/s	<u>23 577 m<sup>3</sup>/år</u>	5,42 l/s	<u>168 758 m<sup>3</sup>/år</u>

## 6.2 Korrelasjon

I dette delkapittelet har jeg gjort et forsøk på å finne korrelasjon mellom målte parameterne. Korrelasjon er et statistisk mål på hvor mye to målbare størrelser henger sammen med hverandre. Når vi beregner korrelasjon mellom to parameterne, er resultatet et tall mellom -1 og 1. Et positivt tall betyr at det er positiv korrelasjon og et negativt tall betyr at det er negativ korrelasjon. Jo nærmere 1 eller -1 tallet jo sterkere er sammenhengen mellom de parameterne (<https://snl.no/korrelasjon>).

### 6.2.1 Korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og vannføring

Delområde A-Ødegård gir positiv korrelasjon mellom vannføring og fosforkonsentrasjon. Når vannføring øker, øker også fosforkonsentrasjon i takt. Korrelasjonsverdien er på 0,44, dvs. en moderat sammenheng. Dette indikerer at ledningsnettets er i god stand og har lite innlekking/fremmedvann. Se figur 6.7. Delområde B-Grønli gir negativ korrelasjon mellom vannføring og fosforkonsentrasjon. Når vannføring øker, synker fosforkonsentrasjon i avløpsvannet. Korrelasjonsverdien er på -0,73 noe som gir ganske sterk sammenheng mellom vannføring og Tot-p. den negative korrelasjonsverdien kan indikere på Innlekking/fremmedvann i avløpsnettets i Delområde B. se figur 6.7.

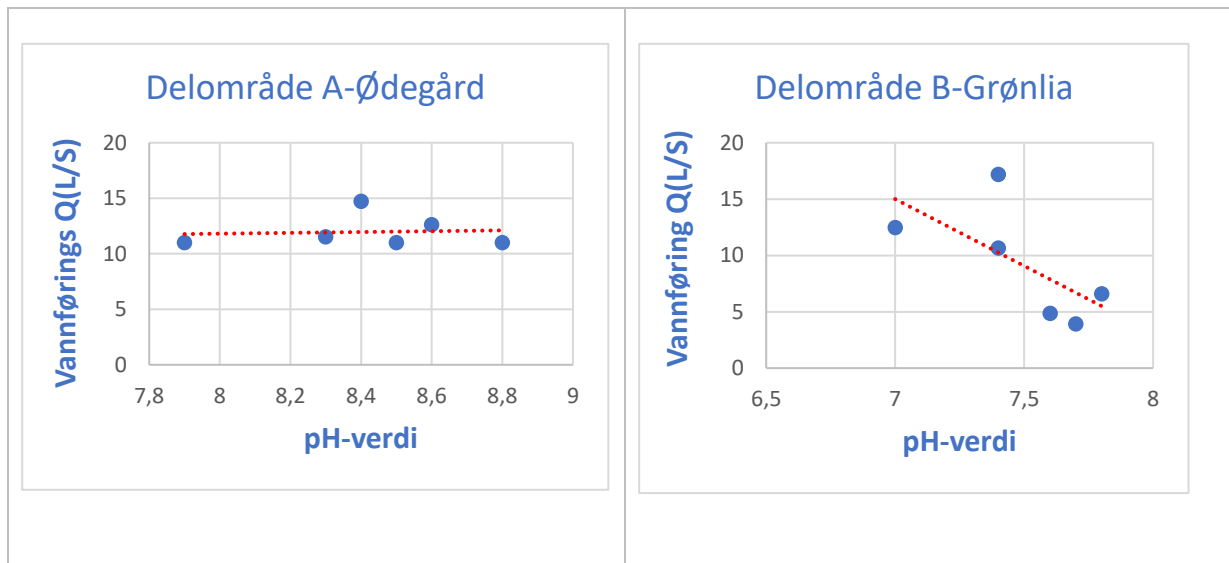


Figur 6.7 viser korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og vannføring for delområde A til venstre og delområde B til høyre

### 6.2.2 Korrelasjon mellom pH-verdi og vannføring

Det ble gjort en analyse av korrelasjon mellom pH og vannføring se figur 6.3. I delområde A-Ødegård er korrelasjonsverdien lik 0,08. Verdien er tilnærmet lik null og en korrelasjon nær null betyr at det ikke eksisterer noen lineær sammenheng mellom de målte parameterne og det indikerer at vannføringen har lite effekt på pH-verdien i avløpsvannet. Se figur 6.8. Delområde B – Grønli gir negativ korrelasjon med korrelasjonsverdi på -0,66. Negativ korrelasjonsverdi betyr negativt sammenheng mellom de målte parameterne. Når vannføringen øker, synker pH-verdi i takt. Og dette gir klare indikasjoner på fremmedvann i

avløpsnett. Når pH-verdien synker ved økt vannføring betyr det at avløpsvannet er sterkt fortynnet i delområde B. se figur 6.8

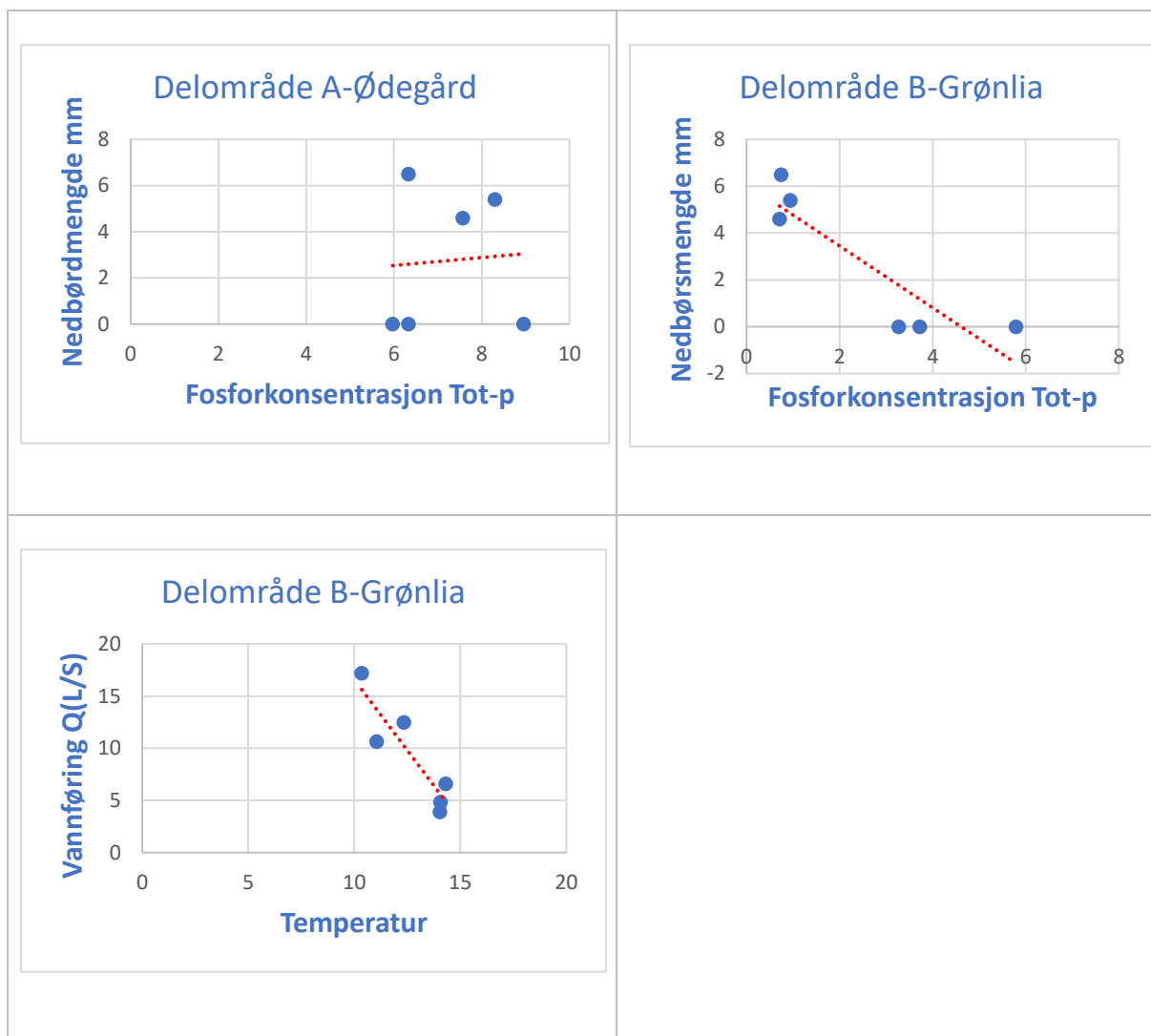


Figur 6.8 viser korrelasjon mellom pH-verdi og vannføring for delområde A til venstre og delområde B til høyre

### 6.2.3 Korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og nedbør

Delområde A-Ødegård gir positiv korrelasjon med korrelasjonsverdi på 0,07. Verdien er tilnærmet lik null og korrelasjon nær null betyr at det ikke eksisterer noen lineære sammenheng mellom de målte parameterne og det indikerer at nedbør har lite effekt på fosforkonsentrasjon i avløpsvannet. Se figur 6.9. Delområde B- Grønli gir negativ korrelasjon med korrelasjonsverdi på -0,89. Negativ korrelasjonsverdi betyr negativt sammenheng mellom de målte parameterne. Når vannføringen på grunn av nedbør øker, synker fosforkonsentrasjonen i takt. Og dette gir klare indikasjoner på fremmedvann i avløpsnett. se figur 6.9.

Det er også gjort en korrelasjon mellom temperatur og vannføring i delområde B - Grønli. I denne oppgaven hadde jeg kun mulighet til å måle temperatur av avløpsvannet i delområde B. av figuren kan vi observerer at hvordan temperaturen synker når vannføringen øker. Avløpsvann er varmere når innhold av fosfor høy og kaldere når avløpsvannet er fortynnet og inneholder mye fremmedvann eller innlekket vann. Korrelasjon på -0,91 viser sterk sammenheng mellom vannføring og temperatur. Se figur 6.9.



Figur 6.9 Viser korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon Tot-p og nedbør for begge delområdene, og en korrelasjon mellom temperatur og vannføring for delområde B til nederst.

Et viktig resultat ved korrelasjon at ved fellessystem er Tot-p (fortynningsmetoden) metoden god for å beregne fremmedvann, men den er uegnet for område A - Ødegård som har separat system, siden fellessystem har bevist på slipp av overvann, takvann og drens vann til spillvannsledningen og påvirker fosforinnholdet sterke enn i separat system.

### 6.3 Usikkerheter ved prøvetaking og mengdemåling

#### 6.3.1 Prøvetaking

For at analysedata skal ha god kvalitet, er det veldig viktig med riktig prøvetaking. I denne oppgaven ble både Tot-p og pH analysert i avløpsvannet og derfor analyseresultatene er viktig grunnlag for beregningene. For å få enda nøyere resultater burde jeg ha tatt flere prøver gjerne opp mot 10 prøver per værforhold, men på grunn av tidsmangel måtte jeg begrense meg til 3 prøver per værforhold.

Usikkerheter knyttet til prøvetaking er tidspunktet prøvene ble tatt. Beste tidspunkt er etter kl. 17.00 hverdager eller tidlig på morgenen når vannforbruket er på sitt høyest. Prøvene er tatt midt på dagen og det er naturligvis lite vannforbruk i denne tidsperioden. Målt fosforkonsentrasjonen representerer for hele dagen, men i virkelighet er fosforkonsentrasjonen mye høyere enn målt. 10 prøver per værforhold i ulike tidspunkter om dagen hadde gitt et mer presist tall på mengden av fosfor i avløpsvannet. Forurensninger av prøver og omgivelsesfaktorer er usikkerheter knyttet til prøvetaking, men dette er avdekket i stor grad. Prøveflaskene som er brukt ved prøvetaking er sterile flasker brukt av Noranalyse ved kjemiske undersøkelser. Prøvene ble transportert til Noranalyse umiddelbart i kjølebagg som oppbevarer prøvene både mørkt og kjølig.

Prøvetakingene under nedbør har med seg en meget kjent usikkerhet som kalles for «First Flush». Sist nevnte kan være grunnen til høy fosforkonsentrasjonen under nedbørsperiode, fordi etter en periode med tørrvær sitter avleiring av slam fra spillvann i ledningen og kan bli skylt med økt vannføring. Analyseresultatene av delområde B var overraskende lav, noe som indikerer at «First Flush» var ikke tilfelle der.

### 6.3.2 Mengemåling

I denne oppgaven har jeg benyttet to ulike typer av vannmengdemålere. I delområde A-Ødegård har Lørenskog kommune allerede installert en nyere og moderne type måler som er utstyr med sensor og null fysisk kontakt med avløpsvannet. Sensoren måler avløpsvannet kontinuerlig uten noe form for forstyrrelser. Måleren logger data i minuttverdi-nivå. Dette er mer presis og pålitelig data. Fordelen med berøringsfrie vannmengdemålere er at de er plassert over vannoverflaten og en unngår dermed alle problemer (fett, begroing, etsende væsker, toalettpapir o.l.). Usikkerheter med silke målere kan være strømforsyning og andre tekniske problemer. Hvis måleren ikke får forsynt strøm så stopper den å måle og da taper man måling av avløpsvann i perioden eller ved tekniske feil stopper sensoren å måle til feilen er rettet opp. I min studieperiode opplevde jeg heldigvis ikke slike problemer og måleren var i drift i den valgte perioden uten problemer. I Delområde B-Grønli har jeg benyttet en eldre modell av vannmengdemåleren (Isco 2150). Måleren installeres fysisk ned i kummen med en sensor i bunnen av metallplaten som registrere vannstrømmen, hastigheten og nivå. Største usikkerheten med slike målere er at platen er i bunnen av kummen og sensoren munner ut mot vannstrømmen og det er stor sjans for at dopapirer eller andre ting setter seg fast i sensoren og dermed får man uriktig data. For å unngå dette problemet, har jeg valgt å gå ned i kummen minst en gang i uken for å sjekke om sensoren ligger fritt for dopapirer og andre gjenstander. Andre mulig usikkerhet ved slike målere kan være den avstanden mellom kummen og metalleden, hvis metalleden ikke sitter tett inn til bunnen så går en del vann under den og de blir ikke registrert av sensoren. Hvis metalleden sitter for godt så risikerer vi et lite hopp i vannet før den treffer sensoren på grunn av metalleden, og dette kan fører til feildata.

## 6.4 Vurdering av metoder

### 6.4.1 Fortynningsmetoden

Analyseresultatene av fosforkonsentrasjonen er lagt til grunn i beregning av andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetoden. Det er knyttet en del usikkerheter til



metoden for eks. antagelse om at en person produserer 1,6 g Tot-P per døgn og 140 L. avløpsvann per person per døgn. I beregningen legger man 1,6 g Tot-P til grunn selv om et område har påslipp av avløpsvann fra industri og næring som kan ha ulike konsentrasjon av fosfor. Pendlere som bor og jobber ulike steder er ikke tatt høyde for i beregningen. En annen svakhet knyttet til metoden er dersom det er usikkerheter knyttet drikkevannforbruk eller analyseresultatene av fosforkonsentrasjon kan dette påvirke resultatene.

Den varierte prøvetakingen av avløpsvannet og gjennomsnittverdi av analyseresultatene av Tot-p antas som god nok og beregnet andel fremmedvann ved hjelp av fortynningsmetoden gir god indikasjon og ikke minst en metode som er nyttig.

#### 6.4.2 Beregning av fremmedvann basert på vannmengdemålinger

I denne metoden brukte jeg data som er logget ved hjelp av vannføringsmålerne. Nyere og moderne vannføringsmålere gir bedre og sikrere data enn gamle og utgåtte modeller. Valg av riktig vannmengdemåler er viktig for å ha gode resultater. I delområde B-Grønli har vi usikkerheter ved målinger blant annet at måleren logget hvert 5. minutt og ikke kontinuerlig. Dvs mellom hver stans mistet vi et visst volum avløpsvann som ikke kunne måles. I delområde A- Ødegård har vi nyere og moderne målere som måler kontinuerlig og gir mer nøyaktig data. Nattforbruket som er lagt til grunn i denne metoden er en ren antagelse og det er vanskelig å finne eksakt nattforbruk per person.

Til tross for usikkerhetene, har beregning av fremmedvann ved hjelp av denne metoden gitt oss en indikasjon på andel fremmedvann i avløpssystemet. Selv om metoden er grov, sammenlignet med de andre metodene som er brukt er resultatene tilfredsstillende.

#### 6.4.3 Vannbalanse-metoden

Målte vannføring i studieperioden ved hjelp av vannmengdemålere er benyttet til å beregne fremmedvannsandel i avløpsnett ved hjelp av vannbalanse-metoden. Metoden gir et mer realistisk bilde av fremmedvannsandel i avløpsnett dersom der er ikke knyttet usikkerheter med avløpsmåling. Hvis avløpsmålingen skjer uten problemer og data er god nok, kan resultatene fra metoden være pålitelige. I tillegg er god oversikt over antall PE knyttet til systemet en viktig parameter. Teoretisk beregning av avløpsvann er alternativet, men denne metoden har følgelig egne usikkerheter.

### 6.5 Eventuelle tiltak

#### 6.5.1 Separering av avløpssystem

Formålet med denne masteroppgaven var å finne ut hvor stor effekt separat avløpssystem har som tiltak for reduksjon av fremmedvann. Gjennom studien har jeg kommet frem til at felles avløpssystem bør tas ut av prosjektering av nye ledninger samt vurdere å separere overvannet fra spillvannet i områder som har AF-system. Ved å velge separat avløpssystem, øker en hydraulisk kapasitet i spillvannet samt mindre belastning på pumpestasjoner og renseanlegg og mindre overløpshendelser. Delområde B-Grønli har stort sett AF-system og separering av avløpssystemet er blant de mest effektive tiltakene mot reduksjon av fremmedvann. Rørrehabilitering kan også vurderes i dette området, men dette kommer ikke til å stoppe tilrenning av koblet overvann inntil spillvannsledning som anses største bidragsyter til fremmedvann.

### 6.5.2 LOD – Lokal overvannsdiskonering

Håndtering av overvann på riktig måte er viktig for å unngå at den finner veien tilbake til spillvannsledninger via feilkoblinger, dårlig rør eller utette rørskjøter. Det er viktig at taknedløp som er koblet direkte til spillvannsledninger fjernes og håndteres lokalt (Af-system). regnvannet kan brukes som ressurs for eks samle det opp i en regntønne og bruke den til å vanne hage og blomster eller bygge et dekorativt regnbed. Store sammenhengende tette flater kan føre til store mengder av overvann på kort tid og som tiltak bør det bygges magasiner for å samle opp vannet. Magasinene bremser ned overvannet før infiltrasjonen. Infiltrasjonsevnen er avhengig av massen rundt magasinene. Dette er type tiltak som er mest aktuelt for områder med Felles avløpssystem.

### 6.5.3 Fjerning av feilkoblinger

Feilkoblinger er blant bidragsytere til fremmedvann, spesielt under nedbørsperioder. I separate avløpssystem forekommer ofte feilkoblinger som fører til mengde fremmedvann i avløpsnett. Feilkoblinger finnes ved hjelp av ulike metoder. I Delområde A-Ødegård forekommer fremmedvann og sannsynligheten er stor for at dette kommer pga. feilkoblinger i området.

### 6.5.4 Tetting av drikkevannsløkkasjer

Utlekking av drikkevann finner veien tilbake til spillvannsledninger gjennom dårlig/sprukket rør og rør med dårlige skjøter siden alle rørene ligger i samme grøft. Derfor er tetting av drikkevannsløkkasjer like viktig som andre tiltak som rehabilitering av rør og separering.

## 6.6 Kostnader knyttet til fremmedvann

Hele Lørenskog kommune betjenes av 8 pumpestasjoner som eies av kommunen i tillegg til de private som betjener private grunneiere. Hver av de 8 pumpestasjonene som eies av Lørenskog kommune påfører kommunen årlig kostnad i form av strømforbruk og driftskostnader. I tillegg til pumpekostnader betaler kommunen for rensing av avløpsvannet hos NRA IKS renseanlegg. Av de nevnte kostnadene er de største bidragsyterne de områdene med felles avløpssystem. Gjennom denne oppgaven kom jeg frem til at områder med fellessystem har opptil 70% fremmedvann i avløpsnett. Med andre ord 70% av all kostand knyttet til pumping og rensing av avløpsvannet er rent fremmedvann. I tillegg må man beregne kostnader knyttet til vedlikeholdskostnader av ledningsnett ved overbelastning grunnet fremmedvann i avløpsnett og kostnader knyttet til skade ved kjelleroversvømmelser.

Renseanleggene er bygget for en spesifikk mengde avløpsvann som de kan rense og ved så høyt som 70% fremmedvann i avløpsnett risikerer vi kapasitetsproblemer så fører til utvidelse av renseanleggene. Det er både tids- og kostnadskrevende å utvide et renseanlegg på størrelse som NRA IKS som betjener fire ulike kommuner.

Store mengder av fremmedvann i avløpsnett fører til kapasitet problem spesielt under nedbørsperioder som igjen forårsaker overløpsepisoder. Ved hyppige overløpsepisoder økes risikoen for forurensning av resipientene. Forurenset resipient skader lokalt miljø som har

direkte påvirkninger på helse for de som bor i nærhet og eller bruker resipientene som badevann. Hyppige overløp fører til algeoppblomstrings problematikk til resipientene.

### 6.7 Videre arbeid

Reduksjon av fremmedvann er et ønske som ligger høyest på listen til flere kommuner i Norge. Det er mange kommuner som per i dag sliter med fremmedvanns problematikk. Gjennom studieperioden fikk jeg inntrykk av at fremmedvann er et ganske stort og bredt tema og kartlegging og reduksjon av dette er både tidskrevende og kostnadskreven. I tillegg kreves det et velfungerende system for overvåking av avløpsnettets spesielt i områder med felles avløpssystem både for konstant og nedbørsbettinget innlekking/fremmedvann og ikke minst avansert og presist verktøy som bidrar til god rådata.

For måling av vannmengde bør det brukes mer av kontaktløse vannmengdemålere med laser, da de pleier å være mer presise, måler kontinuerlig og slipper en svikt i sensoren på grunn av ting som sitter fast i den. Måleperioden i denne oppgaven var satt til ca. 4 måneder (120 dager), men for mer presise resultater bør en sette måleperiode til minst 1 år med minst 6 nedbørshendelser og periode med snøsmelting for å sammenligne snøsmeltingsperiode med nedbørsperioder. Året 2022 har vært relativt tørt, men årene med mye regn og snøsmelting hadde gitt et helt annet utslag på data og resultatene. En måleperiode på 1 år gir rom for å ta flere prøver av avløpsvannet for analyse av fosforkonsentrasjon og andre parameterne. Befaring/inspeksjon bør kombineres med målte data og god oppfølging av været er faktorer som gir grundigere resultater. Erfaringsutbytte er viktig i dette feltet og et tverrfaglig samarbeid med andre kommuner i Norge som sliter med samme problematikk er både nyttig, kostnads- og tidsbesparende. For eksempel har flere kommuner utarbeidet fremmedvannsrapport og tiltaksplan for å bekjempe fremmedvann i avløpsnettets og det er viktig å se hvor effektivt de tiltaksplanene har vært.

En annen interessant faktor som er viktig å undersøke er tap av vann ved drikkevannsløkkasjer. Det er like viktig å ha kontroll på vannløkkasjer som å detektere og måle fremmedvannandel i avløpssystemet. En oversikt som kan vise tap av vann ved vannløkkasjer hjelper med å detektere årsakene til fremmedvann, siden tapt drikkevann finner sin vei tilbake til spillvannsledningene gjennom blant annet dårlige rør og rørskjøter.

Enda et interessant tema å undersøke som ikke er tatt med i denne oppgaven er å se hvor mye av avløpsvannet lekker ut av spillvannsledningene. Utlekket avløpsvann fra spillvannsledning kan forårsake forurenset grunn.

## 7. Konklusjon

Prosjektområdet ligger nord for Lørenskog sentrum og er delt inn i to delområder med ulike avløpssystemer under bakken. Fremmedvann er et problem som finnes i begge delområder, men i ulik grad.

Ut ifra resultatene i oppgaven, kan det konkluderes med at separat avløpssystem har store effekter på reduksjon av fremmedvann i avløpssystemet. Av resultatene ser vi klart og tydelig at andel fremmedvann i delområde A-Ødegård som har separatsystem er mye mindre enn delområde B-Grønli som har Felles avløpssystem. Delområde A har separatsystem og ledningsnett er fra 2015-2021 som er i god stand, men det kommer en del fremmedvann i område. Det viser seg at området har feilkoblinger (ifølge kommunalteknisk) som bidrar til fremmedvann i systemet. Konstant innlekking er like mye som nedbørsbetinget innlekking i område. Delområde B har felles avløpssystem og byggeår varierer fra 1949 – 1994 og er i relativt dårlig stand. Fremmedvannsbidragene i delområde B kommer fra både konstant innlekking og nedbørsbetinget innlekking. Sist nevnte bidrar mest av andel fremmedvann i område spesielt i nedbørsperioder.

I denne oppgaven har jeg benyttet ulike metoder for å beregne fremmedvann basert på data fra vannmengdemålere og analyseresultatene av fosfor Tot-P og pH-verdi. Å benytte flere ulike metoder var gjort bevist for å se effekten av separering fra ulike vinkler og avdekke usikkerheter som finnes i de ulike metodene. Nedenfor er oversikt over resultatene:

### **Delområde A:**

- **Fortynningsmetoden: 37% av levert avløpsvann til NRA er fremmedvann**
- **Vannmengdemåler: 0,5 L/S er volumet av fremmedvann i avløpsnett**
- **Vannbalanse-metoden: 26,5 av levert avløpsvann til NRA regnes som fremmedvann**

### **Delområde B:**

- **Fortynningsmetoden: 78,05% av levert avløpsvann til NRA er fremmedvann**
- **Vannmengdemåler: 14,0 L/S er volumet av fremmedvann i avløpsnett**
- **Vannbalanse-metoden: 86,7% av levert avløpsvann til NRA regnes som fremmedvann**

Av resultatene ser vi at separering som tiltak er effektivt for reduksjon av fremmedvannandel i avløpsnett. Ved å redusere fremmedvann unngår en negative konsekvenser knyttet til miljø, driftsproblemer på avløpsanleggene samt økte kostnader knyttet til drift, pumping og rensing av avløpsvannet. Miljø er en av de viktigste målene å oppnå for å ivareta lokalt miljø og resipientene. Store mengder av fremmedvann opptar kapasitet i renseanlegget, noe som fører til redusert renseseffekt utslipp av urensset avløpsvann til resipienten. Ved å redusere fremmedvann eliminerer vi behovet for utvidelse av renseanlegget som koster eierkommunene enorme summer. For å imøtekomme fremtidens klimaendringer og de utfordringene knyttet til det, vil det være lønnsomt å prioritere reduksjon/fjerning av fremmedvann fra avløpssystemet vårt ved å bruke separat avløpssystem.

## 8. Referanser

9. Rådgivende Ingeniørens Forening, State of the nation (RIF 2019). Tilgjengelig fra: <https://rif.no/wp-content/uploads/2019/08/Vei.pdf>
10. Oval (Opplysningsutvalget VA-ledninger, innlegg nr. 2 juni 2016). Tilgjengelig fra: [https://www.ovalinfo.no/wp-content/uploads/2018/02/oval\\_nr2\\_2016\\_skjerm.pdf](https://www.ovalinfo.no/wp-content/uploads/2018/02/oval_nr2_2016_skjerm.pdf)
11. SSB. (2021). Kommunal vannforsyning – KOSTRA. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/vann-og-avlop/statistikk/kommunal-vannforsyning>
12. BedreVANN. (2020). Tilstandsvurdering av kommunale vann og avløpstjenester. Tilgjengelig fra: <https://bedrevann.no/pdf/bedreVANN2020.pdf>
13. Innlegg fra møter i forening (vannprisseminaret 2016). Fremmedvannsproblematikken av Helen Karstensen. Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/fremmedvannproblematikken/>
14. Miljøblad. Fremmedvann i avløpsledninger (Nr. 123. 2017). tilgjengelig fra: [https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2017/10/Blad-123\\_29.11.17.pdf](https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2017/10/Blad-123_29.11.17.pdf)
15. Innlegg fra vannforeningen (2012). Fremmedvann i nordiske avløpsnett av Lindholm & Bjerkholt. Tilgjengelig fra: [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012\\_847610.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012_847610.pdf)
16. SSB. (2022) Kommunalt avløp – KOSTRA. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/vann-og-avlop/statistikk/utslipp-og-rensing-av-kommunalt-avlop>
17. Sægrov. mfl. – (2014). Vann og avløpsteknikk. Forlag. Kapittel 13.
18. Ødegård. mfl. – (2014). Vann og avløpsteknikk. Forlag. Kapittel 11
19. Ødegård. mfl. – (2014). Vann og avløpsteknikk. Forlag. Kapittel 110
20. Fremmedvannsrapport utarbeidet av Cowi for Lørenskog kommune (2016)
21. Miljødirektoratet. Resultater fra tilsynsaksjon ved kommunale avløpsanlegg (2021). Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/januar/resultater-fra-tilsynsaksjon-ved-kommunale-avlopsanlegg-2021/>
22. SSB. (2022). Regionale befolkningsframskrivninger. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivninger/statistikk/regionale-befolkningsframskrivninger>
23. Hovedplan VA og vannmiljø 2020- 2035, Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.lorenskog.kommune.no/f/p71/if7ad5c9b-62cc-4228-8578-adddc024017e/hovedplan-va.pdf>
24. Kommuneplan 2015 – 2026, Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.lorenskog.kommune.no/f/p71/i7076975f-b537-4394-a0c2-956c0e842b24/kommuneplan-del-3-2015-2026-revidert-2017.pdf>
25. Miljødirektoratet. Miljøstatus klimaendringer i Norge. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/>

26. FN-sambandet. Klimaendringer Rapport (2022). Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
27. Norsk vann. Bulletin Nr. 2, 2012. Tilgjengelig fra: <https://pdfslide.net/documents/norsk-vann-bulletin-2-2012.html?page=1>
28. Norsk vann. Årsmøte 2017. Nasjonale bærekraftstrategi for vannbransjen. Tilgjengelig fra: [https://norskvann.no/wp-content/uploads/baerekraftstrategi\\_2017.pdf](https://norskvann.no/wp-content/uploads/baerekraftstrategi_2017.pdf)
29. Norsk Vann-rapport 259/2021 kommunalt investeringsbehov for vann og avløp 2021-2040. tilgjengelig fra: <https://295965-www.web.tornado-node.net/wp-content/uploads/Rapport259.pdf>
30. Lindholm & Bjerkholt, Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg, 2011. tilgjengelig fra: [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011\\_820086.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011_820086.pdf)
31. *Handlingsprogram fremmedvann og ledningsfornyelse avløp. Sarpsborg kommune (2021)*. Tilgjengelig fra: <https://sru.sarpsborg.com/api/utvalg/637503/moter/4180626/behandlinger/3/1>
32. Godt vann. Drammensregion. (2009). tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/5221906-Godt-vann-drammensregionen-gvd.html>
33. Oddvar Lindholm. 360 grade. Fremmedvann i avløpsnett (2012). Tilgjengelig fra: [http://www.360.no/versions/ver/users/symposium/foredrag2012/va/oddvard\\_lindholm.pdf](http://www.360.no/versions/ver/users/symposium/foredrag2012/va/oddvard_lindholm.pdf)
34. Beheshti & Sægrov, 2018; Jansen Sola et al., 2021; G. Lindholm, Nordeidet, Ratnaweera, & Aasgaard, 1999. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2594048?locale-attribute=no>
35. SSB. Befolkningstall Lørenskog kommune (2022). tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kommunefakta/lorenskog>
36. Fakta om Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.lorenskog.kommune.no/om-kommunen/fakta-om-lorenskog-kommune/>
37. Strategi for overvann og vassdrag 2017-2026. Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.lorenskog.kommune.no/f/p71/i22f32fbb-4eb1-4574-839d-5638a66e1092/temaplan-strategi-for-overvann-og-vassdrag.pdf>
38. Hovedplan VA og vassdrag 2020 – 2035, vedlegg 4. Lørenskog kommune.
39. Hovedplan NRA IKS 2020 – 2033. Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: [http://www.nrva.no/images/om/dokumenter/Hovedplan\\_NRA\\_IKS\\_2020\\_-\\_2033.pdf](http://www.nrva.no/images/om/dokumenter/Hovedplan_NRA_IKS_2020_-_2033.pdf)
40. Grunnforhold. Løsmassekart. Tilgjengelig fra: [www.ngu.no](http://www.ngu.no)
41. Rosim AS. Dokument om nedbørmålere. Lørenskog kommune. Ikke publisert dokument.
42. Nedbørmålere. Lørenskog kommune. Tilgjengelig fra: [www.regnbygge.no](http://www.regnbygge.no)
43. Teledyne Isco 2150. vannmengdemåler. Tilgjengelig fra: <https://store.teledyneisco.com/pages/isco-2150-area-velocity-flow-module>

44. Raven EYE. Mengdemåler. Tilgjengelig fra: <https://www.flowtronic.com/products/raven-eye-2>
45. Kathrine Frey Frøslie fra NMBU. Korrelasjon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/korrelasjon>



## Vedlegg 01

Beregning av fremmedvannsandel i avløpsnettet ved hjelp av fortynningsmetoden:

### *Delområde A-Ødegård: Tørr-vær*

	Parameter	Resultat	Enhet	Værforhold	Dato
	Total Fosfor	6,33	Mg/l	Tørr	09.08.2022
	Total Fosfor	5,97	Mg/l	Tørr	10.08.2022
	Total Fosfor	8,96	Mg/l	Tørr	15.08.2022
	<b>Gjennomsnittsverdi Tot-p</b>	7,09	Mg/l		

$$FV = \left( 1 - \frac{Q_{ap} C_i}{P_{pd}} \right) \times 100$$

$FV$  = Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$P_{pd}$  = Produsert mg fosfor (Tot-P) per personenhet og døgn (mg/PE døgn)

$C_i$  = Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegget (mg/l)

$Q_{ap}$  = Mengde produsert avløpsvann per person og døgn (l/PE døgn)

$P_{pd}$  = 1,6 mg/PE. d

$C_i$  = 7,09 mg/l - gjennomsnitt verdien av tre stikkprøver i forskjellige tidsperioder

$Q_{ap}$  = 140 l/PE. d

$$\begin{aligned}
FV &= \left(1 - \frac{Q_{ap}C_i}{P_{pd}}\right) \times 100 \\
&= \left(1 - \frac{140 \frac{l}{PE \cdot d} \cdot 7,09 \text{ mg/l}}{1600 \frac{mg}{PE \cdot d}}\right) \times 100 \\
&= \left(1 - \frac{992,6}{1600}\right) \times 100 \\
&= (1 - 0,62) \times 100 \\
&= (0,38) \times 100 \\
&= \underline{38 \%}
\end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård utgjør ca. 38%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosfor i avløpsvannet.

#### **Delområde A- Ødegård: Nedbør**

	Parameter	Resultat	Enhet	Værforhold	Dato
	Total Fosfor	6,33	Mg/l	Nedbør	27.09.2022
	Total Fosfor	7,57	Mg/l	Nedbør	17.10.2022
	Total Fosfor	8,30	Mg/l	Nedbør	
<b>Gjennomsnittsverdi Tot-p</b>			Mg/l		

$$FV = \left(1 - \frac{Q_{ap}C_i}{P_{pd}}\right) \times 100$$

$FV =$  Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$P_{pd} =$  Produsert mg fosfor (Tot-P) per personenhet og døgn (mg/PE døgn)

$C_i =$  Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegget (mg/l)

$Q_{ap} =$  Mengde produsert avløpsvann per person og døgn (l/PE døgn)

$P_{pd} =$  1,6 g/PE. d

$C_i =$  7,4 mg/l - gjennomsnitt verdien av tre stikkprøver i forskjellige tidsperioder

$$Q_{ap} = 140 \text{ l/PE. d}$$

$$\begin{aligned} FV &= \left(1 - \frac{Q_{ap} C_i}{P_{pd}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{140 \frac{\text{l}}{\text{PE.d}} \cdot 7,4 \text{ mg/l}}{1600 \frac{\text{mg}}{\text{PE.d}}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{1036}{1600}\right) \times 100 \\ &= (1 - 0,64) \times 100 \\ &= (0,36) \times 100 \\ &= \underline{36\%} \end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde A- Ødegård i tørrvær utgjør ca. 36%. basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosfor i avløpsvannet.

#### **Delområde B-Grønli: Tørr-vær**

	Parameter	Resultat	Enhet	Værforhold	Dato
	Total Fosfor	3,72	Mg/l	Tørr	09.08.2022
	Total Fosfor	5,79	Mg/l	Tørr	10.08.2022
	Total Fosfor	3,27	Mg/l	Tørr	15.08.2022
<b>Gjennomsnittsverdi Tot-p</b>		5,79	Mg/l		

$$FV = \left(1 - \frac{Q_{ap} C_i}{P_{pd}}\right) \times 100$$

$FV$  = Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$P_{pd}$  = Produsert mg fosfor (Tot-P) per personenhet og døgn (mg/pe døgn)

$C_i$  = Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegget (mg/l)

$Q_{ap}$  = Mengde produsert avløpsvann per person og døgn (l/pe døgn)

$P_{pd}$  = 1,6 mg/PE. d

$C_i = 4,26 \text{ mg/l}$  - gjennomsnitt verdien av tre stikkprøver i forskjellige tidsperioder

$Q_{ap} = 140 \text{ l/PE. d}$

$$\begin{aligned} FV &= \left(1 - \frac{Q_{ap}C_i}{P_{pd}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{140 \frac{\text{l}}{\text{PE.d}} \cdot 4,26 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{1600 \frac{\text{mg}}{\text{PE.d}}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{596,4}{1600}\right) \times 100 \\ &= (1 - 0,37) \times 100 \\ &= (0,63) \times 100 \\ &= \underline{\underline{63\%}} \end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnett til delområde B- Grønli utgjør ca. 68% basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosfor i avløpsvannet i tørrvær.

#### **Delområde B- Grønli: Nedbør**

	Parameter	Resultat	Enhet	Værforhold	Dato
	Total Fosfor	0,74	Mg/l	Nedbør	27.09.2022
	Total Fosfor	0,71	Mg/l	Nedbør	17.10.2022
	Total Fosfor	0,94	Mg/l	Nedbør	
	<b>Gjennomsnittsverdi Tot-p</b>	0,79	Mg/l		

$$FV = \left(1 - \frac{Q_{ap}C_i}{P_{pd}}\right) \times 100$$

$FV =$  Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$P_{pd} =$  Produsert mg fosfor (Tot-P) per personenheter og døgn (mg/pe døgn)

$C_i =$  Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegget (mg/l)

$Q_{ap} =$  Mengde produsert avløpsvann per person og døgn (l/pe døgn)

$P_{pd} = 1,6 \text{ g/PE. d}$

$C_i = 4,26 \text{ mg/l}$  - gjennomsnitt verdien av tre stikkprøver i forskjellige tidsperioder

$$Q_{ap} = 140 \text{ l/PE. d}$$

$$\begin{aligned} FV &= \left(1 - \frac{Q_{ap} C_i}{P_{pd}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{140 \frac{\text{l}}{\text{PE.d}} \cdot 0,79 \text{ mg/l}}{1600 \frac{\text{mg}}{\text{PE.d}}}\right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{111,53}{1600}\right) \times 100 \\ &= (1 - 0,069) \times 100 \\ &= (0,93) \times 100 \\ &= \underline{\underline{93,1\%}} \end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnettet til delområde B- Grønlia utgjør ca. 93,1% basert på gjennomsnitt verdi av målt mengde fosfor i avløpsvannet i nedbør.

## Vedlegg 02

### Beregning av fremmedvannsandel i avløpsnettet basert på vannmengdemåler:

#### ***Delområde A-Ødegård:***

#### **Tørrværavrenning (Konstant innlekking):**

Nattvannføringer i denne oppgaven er satt til 1 liter per person per time. I delområde A bor det ca. 1297 personer (Næringsvirksomhet har null vannforbruk om natten 00:00 – 05:00), noe som tilsvarer et nattforbruk på ca. 0,36 L/s. Data fra vannføringsmåleren viser gjennomsnitt vannføring på 1,0 -1,5 L/S. For videre beregning velger jeg avrundet tall og derfor setter målt vannføring til 1,5 L/S. Den konstante innlekkingen blir i størrelsesorden:

$$1,5 \text{ L/S} - 0,36 \text{ L/S} = \underline{1,14 \text{ L/S}}$$

#### **Nedbørsavhengig avrenning (Nedbørsbetinget innlekking):**

Data fra vannføringsmåleren i nedbør viser gjennomsnitt vannføring på 1,5 -2,0 L/S. For videre beregning velger jeg avrundet tall og derfor setter jeg målt vannføring til 2,0 L/S. Den konstante innlekkingen bli i størrelsesorden:

$$2,0 \text{ L/S} - 0,36 \text{ L/S} = \underline{1,64 \text{ L/S}}$$

$$Vannføring_{nedbør} - Vannføring_{tørrvær} = \text{Fremmedvann}$$

$$1,64 \text{ L/S} - 1,14 \text{ L/S} = \underline{0,5 \text{ L/S}}$$

Den nedbørsavhengig avrenning for Delområde A-Ødegård blir differansen mellom vannføringen i nedbør og tørrvær som utgjør ca. 0.5 L/S.

**Delområde B- Grønlia:**

**Tørrværavrenning (Konstant innlekking):**

Nattvannføringer i denne oppgaven er satt til 1 liter per person per time. I delområde A bor det ca. 523 personer, noe som tilsvarer et nattforbruk på ca. 0,14 L/s. Data fra vannføringsmåleren viser gjennomsnitt vannføring på 3,0 -4,0 L/S. For videre beregning velger jeg avrundet tall og derfor setter jeg målt vannføring til 4,0 L/S. Den konstante innlekkingen blir i størrelsesorden:

$$4,0 \text{ L/S} - 0,14 \text{ L/S} = \underline{3,86 \text{ L/S}}$$

**Nedbøravhengig avrenning (Nedbørsbetiget innlekking):**

Data fra vannføringsmåleren i nedbør viser gjennomsnitt vannføring på 16,0 -18,0 L/S. For videre beregning velger jeg avrundet tall og derfor setter jeg målt vannføring til 18,0 L/S. Den konstante innlekkingen bli i størrelsesorden:

$$18,0 \text{ L/S} - 0,14 \text{ L/S} = \underline{17,86 \text{ L/S}}$$

$$Vannføring_{nedbør} - Vannføring_{tørrvær} = \text{Fremmedvann}$$

$$17,86 \text{ L/S} - 3,86 \text{ L/S} = \underline{14,0 \text{ L/S}}$$

Den nedbørsavhengig avrenning for Delområde A-Ødegård blir differansen mellom vannføringen i nedbør og tørrvær som utgjør ca. 14,0 L/S.



## Vedlegg 03

### Beregning av fremmedvannsandel i avløpsnettet ved hjelp av Vannbalansemetoden:

#### **Delområde A-Ødegård:**

$$Q_{FV} = \left( \frac{Q_{tot} - (Qa * PE)}{Q_{tot}} \right) X 100$$

$Q_{FV}$  = Vannføring med Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$Q_{tot}$  = Målt vannmengde (m<sup>3</sup>)

$Qa * PE$  = Antatt vannmengde fra bevisst påslipp (m<sup>3</sup>)

$$Q_{tot} = 29657,4 \text{ m}^3$$

$$PE = 1297$$

Antall dager = 120 (4 måneder)

$$Qa * PE = [0,14 \text{ m}^3 X 1297 X 120] = [21 789,6 \text{ m}^3 \text{ Avløpsvann p/person. Døgn}]$$

$$\begin{aligned} Q_{FV} &= \left( \frac{Q_{tot} - (Qa * PE)}{Q_{tot}} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{29657,4 - (0,14 * 1297 * 120)}{29657,4} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{29657,4 - (21789,6)}{29657,4} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{7867,8}{29657,4} \right) X 100 \\ &= (0,265) X 100 \\ &= \underline{\underline{26,5 \%}} \end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnettets til delområde A- Ødegård utgjør ca. 26,5%. basert på Antall personer koblet til avløpsnettets (PE) og målt avløpsmengde i de siste 4 månedene (120 dagene).

**Delområde B- Grønli:**

$$Q_{FV} = \left( \frac{Q_{tot} - (Qa * PE)}{Q_{tot}} \right) X 100$$

$Q_{FV}$  = Vannføring med Fremmedvann i avløpsanlegget (%)

$Q_{tot}$  = Målt vannmengde (m3)

$Qa * PE$  = Antatt vannmengde fra bevisst påslipp

$$Q_{tot} = 64882 \text{ m}^3$$

$$PE = 511$$

Antall dager = 120 (4 måneder)

$$Qa * PE = [0,14 \text{ m}^3 X 511 X 120] = [8584,8 \text{ m}^3 \text{ Avløpsvann p/person. Døgn}]$$

$$\begin{aligned} Q_{FV} &= \left( \frac{Q_{tot} - (Qa * PE)}{Q_{tot}} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{64882 - (0,14 * 511 * 120)}{64882} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{64882 - (8584,8)}{64882} \right) X 100 \\ &= \left( \frac{56297,2}{64882} \right) X 100 \\ &= (0,867) X 100 \\ &= \underline{\underline{86,7\%}} \end{aligned}$$

Andel fremmedvann i avløpsnettets til delområde B-Grønli utgjør ca. 86,7%. basert på Antall personer koblet til avløpsnettets (PE) og målt avløpsmengde i de siste 4 månedene (120 dagene).

Med andre ord, 86,7 % av alt avløpsvann fra Delområde B-Grønli i de siste 4 månedene var fremmedvann og kun 13,3 % var rent avløp.

## Vedlegg 04

### Beregning av kubikkmeterpris Lørenskog kommune betaler for rensing av avløpsvannet

Beregnet kubikkmeterpris er et gjennomsnitt pris beregnet basert på hva eierkommune har betalt NRA for rensing av avløpsvann i de siste 3 årene, 2020, 2021 og 2022.

**2022:**

Kommune	Målt mengde – m3	%-andel vannføring	PE	%-andel PE*	%-andel vektet 50/50 (PE/vannføring)	Fordelt selvkost 2022 etter avregning	kommentar
Lørenskog	7 603 743	36%	42 033	33%	34%	54 832 700	
Rælingen	1 566 511	7%	16 308	13%	10%	16 070 737	
Lillestrøm	11 513 735	54%	61 082	48%	51%	81 427 535	
Nittedal	573 670	3%	8 650	7%	5%	7 556 784	
<b>Sum</b>	<b>21 257 659</b>	<b>100%</b>	<b>128 073</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>159 887 755</b>	Totalt driftstilskudd
						79 943 878	50% av driftstilskuddet

kommune		Kostnad basert på mengde	Kostnad basert på PE	Totalt
Lørenskog		28 595 468	26 237 232	54 832 700
Rælingen		5 891 193	10 179 544	16 070 737
Lillestrøm		43 299 811	38 127 723	81 427 535
Nittedal		2 157 406	5 399 378	7 556 784
<b>Sum</b>		<b>79 943 878</b>	<b>79 943 878</b>	<b>159 887 755</b>

Kommune	Pris per kubikkmeter	Kostnader basert på mengde	Målt mengde m3	Regnestykke
Lørenskog	3,76	28 595 468	7 603 743	$28\,595\,468 \text{ kr} / 7\,603\,743 \text{ m}^3 = \underline{3,76 \text{ kr/m}^3}$

2021:

Kommune	Målt mengde – m3	%-andel vannføring	PE	%-andel PE*	%-andel vektet 50/50 (PE/vannføring)	Fordelt selvkost 2022 etter avregning	kommentar
Lørenskog	10 043 483	39%	42 033	33%	36%	53 158 622	
Rælingen	1 879 328	7%	16 308	13%	10%	14 854 912	
Lillestrøm	13 322 248	51%	61 082	48%	49%	73 609 295	
Nittedal	786 587	3%	8 650	7%	5%	7 277 987	
<b>Sum</b>	<b>26 031 646</b>	<b>100%</b>	<b>128 073</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>148 900 815</b>	Totalt driftstilskudd
						74 450 408	50% av driftstilskuddet

kommune		Kostnad basert på mengde	Kostnad basert på PE	Totalt
Lørenskog		28 724 323	24 434 299	53 158 622
Rælingen		5 374 871	9 480 041	14 854 912
Lillestrøm		38 101 578	35 507 717	73 609 295
Nittedal		2 249 636	5 028 351	7 277 987
<b>Sum</b>		<b>74 450 408</b>	<b>74 450 408</b>	<b>148 900 815</b>

Kommune	Pris per kubikkmeter	Kostnader basert på mengde	Målt mengde m3	Regnestykke
Lørenskog	2,86	28 724 323	10 043 483	$28\,724\,323\text{kr} / 10\,043\,483\text{ m}^3 = \underline{2,86\text{ kr/m}^3}$

2020:

Kommune	Målt mengde – m3	%-andel vannføring	PE	%-andel PE*	%-andel vektet 50/50 (PE/vannføring)	Fordelt selvkost 2022 etter avregning	kommentar
Lørenskog	10 240 342	42%	42 033	33%	37%	50 934 635	
Rælingen	1 666 595	7%	16 308	13%	9,8%	13 340 470	
Lillestrøm	12 014 217	49%	61 082	48%	48%	66 036 155	
Nittedal	622 537	3%	8 650	7%	4,6%	6 348 104	
<b>Sum</b>	<b>24 543 691</b>	<b>100%</b>	<b>128 073</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>136 659 365</b>	Totalt driftstilskudd
						68 329 683	50% av driftstilskuddet

kommune	Kostnad basert på mengde	Kostnad basert på PE	Totalt
Lørenskog	25 509 132	22 425 504	50 934 635
Rælingen	4 639 804	8 700 667	13 340 470
Lillestrøm	33 447 603	32 588 552	66 036 155
Nittedal	1 733 144	4 614 960	6 348 104
<b>Sum</b>	<b>68 329 683</b>	<b>68 329 683</b>	<b>136 659 365</b>

Kommune	Pris per kubikkmeter	Kostnader basert på mengde	Målt mengde m3	Regnestykke
Lørenskog	2,78	25 509 132	10 240 342	25 509 132kr / 10 240 342m3 = <u>2,78 kr/m3</u>

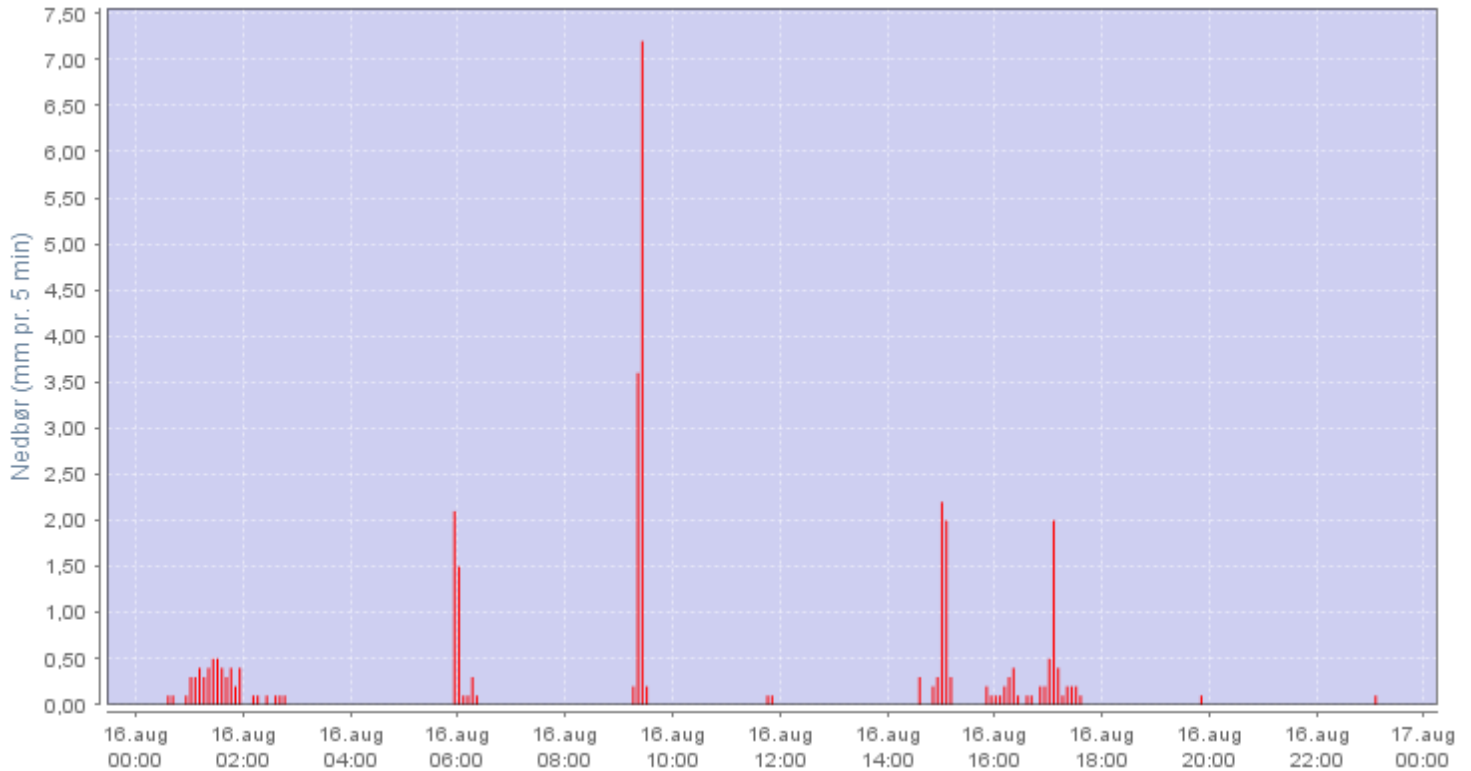
Gjennomsnitt kubikkmeterpris basert på de tre siste årene, 2022, 2021 og 2020:

	Kommune	Pris per kubikkmeter	År
	Lørenskog	3,76 kr/m3	2022
	Lørenskog	2,86 kr/m3	2021
	Lørenskog	2,78 kr/m3	2020
<b>Gjennomsnitt kubikkmeterpris basert på de tre siste årene. (N=3)</b>		<u>3,13 kr/m3</u>	



# Nedbørsrapport - Haneborg

Nedbørsperiode 2022-08-16 00:00 - 2022-08-17 00:00



## Gjentaksintervall for Nedbørsperiode

Interval	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Gjentak år	2 - 5	2 - 5	5 - 10	5 - 10	2 - 5	2 - 5	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sum (mm)	2,1	3,8	5,4	8,4	10,8	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,4	16,7	26,7	32,2
Tidspunkt	16/08/22 09:25:52	16/08/22 09:25:37	16/08/22 09:25:41	16/08/22 09:23:53	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 09:19:21	16/08/22 05:58:13	16/08/22 00:36:11

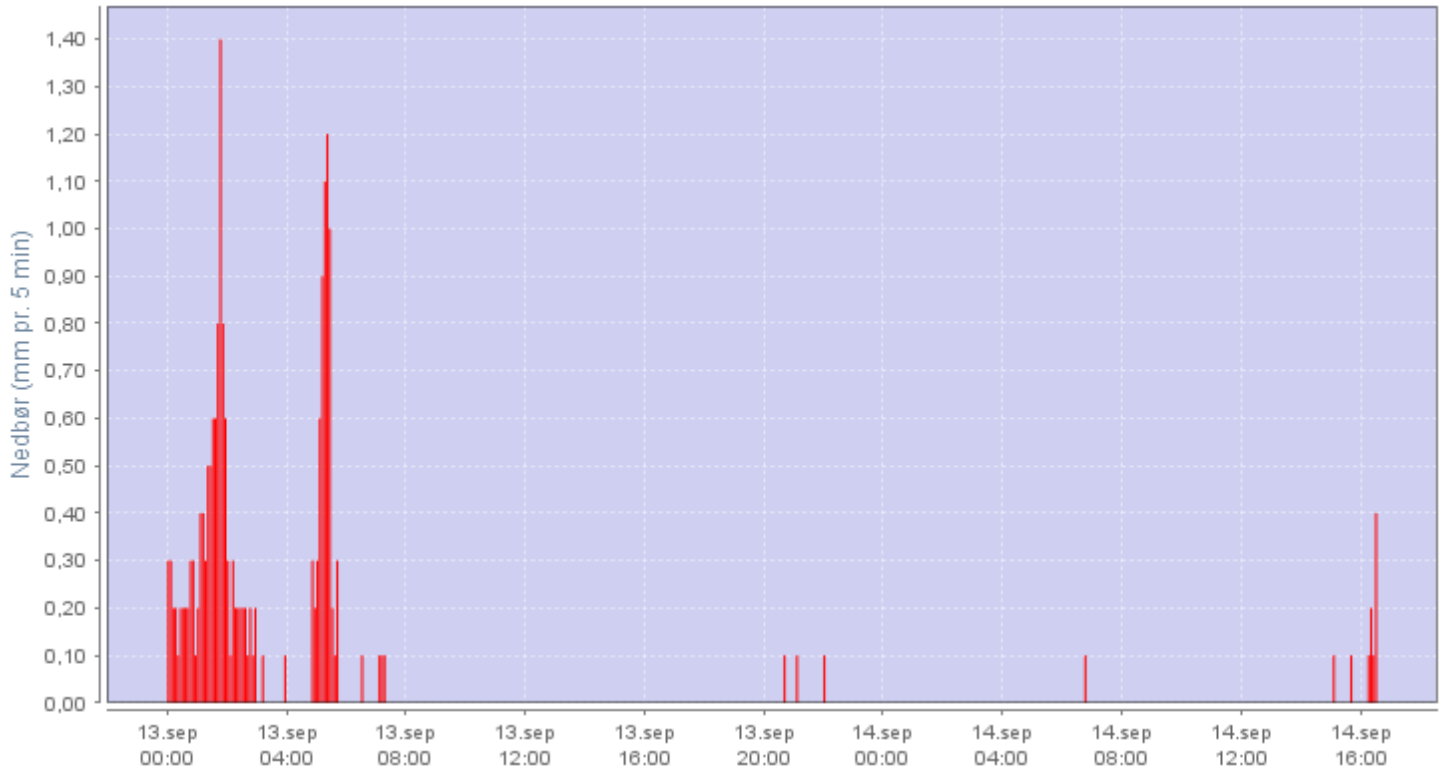
## Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) 18701 OSLO - BLINDERN PLU (1968 - 2015)

År	1 min	2 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
2	1.7	3.0	4.0	5.6	8.4	10.2	11.7	13.9	16.1	17.4	18.0	19.7	22.6	25.9	35.0	42.3
5	2.2	3.9	5.3	7.6	11.3	14.2	16.4	19.5	23.1	24.9	24.8	26.7	30.1	33.9	43.6	51.0
10	2.6	4.5	6.1	8.9	13.3	16.8	19.6	23.2	27.7	30.0	29.3	31.4	35.0	39.3	49.7	57.0
20	2.9	5.0	6.9	10.1	15.1	19.3	22.5	26.8	32.1	34.7	33.5	35.9	39.7	44.5	55.3	61.1
25	3.0	5.2	7.2	10.5	15.7	20.1	23.5	27.9	33.5	36.2	34.9	37.3	41.3	46.0	57.0	64.8
50	3.3	5.8	8.0	11.7	17.6	22.5	26.4	31.4	37.9	40.9	39.1	41.6	45.9	51.2	62.2	70.0
100	3.6	6.3	8.8	12.9	19.4	24.9	29.3	34.9	42.2	45.5	43.3	45.9	50.5	56.2	67.8	75.2



# Nedbørsrapport - Haneborg

Nedbørsperiode 2022-09-13 00:00 - 2022-09-14 00:00



## Gjentaksintervall for Nedbørsperiode

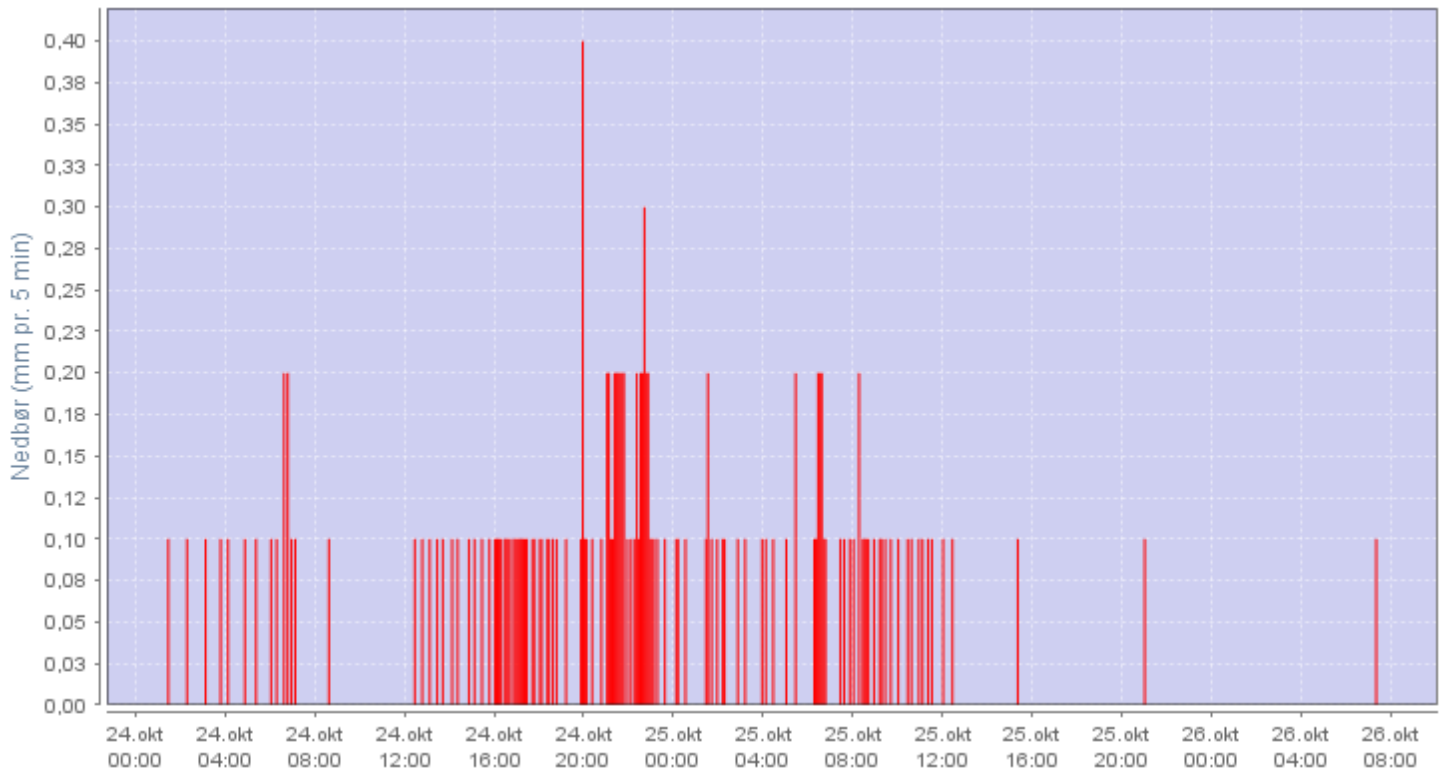
Interval	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Gjentak år	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sum (mm)	0,6	1	1,3	1,6	2,6	3,6	4,2	5,1	6,2	7,2	8,5	9,8	12	18,4	18,8	19,1
Tidspunkt	13/09/22 01:44:23	13/09/22 01:44:23	13/09/22 01:43:58	13/09/22 01:43:21	13/09/22 01:43:21	13/09/22 05:12:55	13/09/22 05:07:31	13/09/22 05:00:36	13/09/22 01:13:18	13/09/22 01:01:00	13/09/22 00:30:43	13/09/22 00:00:32	13/09/22 00:00:32	13/09/22 00:00:32	13/09/22 00:00:32	13/09/22 00:00:32

## Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) 18701 OSLO - BLINDERN PLU (1968 - 2015)

År	1 min	2 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
2	1.7	3.0	4.0	5.6	8.4	10.2	11.7	13.9	16.1	17.4	18.0	19.7	22.6	25.9	35.0	42.3
5	2.2	3.9	5.3	7.6	11.3	14.2	16.4	19.5	23.1	24.9	24.8	26.7	30.1	33.9	43.6	51.0
10	2.6	4.5	6.1	8.9	13.3	16.8	19.6	23.2	27.7	30.0	29.3	31.4	35.0	39.3	49.7	57.0
20	2.9	5.0	6.9	10.1	15.1	19.3	22.5	26.8	32.1	34.7	33.5	35.9	39.7	44.5	55.3	61.1
25	3.0	5.2	7.2	10.5	15.7	20.1	23.5	27.9	33.5	36.2	34.9	37.3	41.3	46.0	57.0	64.8
50	3.3	5.8	8.0	11.7	17.6	22.5	26.4	31.4	37.9	40.9	39.1	41.6	45.9	51.2	62.2	70.0
100	3.6	6.3	8.8	12.9	19.4	24.9	29.3	34.9	42.2	45.5	43.3	45.9	50.5	56.2	67.8	75.2

# Nedbørsrapport - Haneborg

Nedbørsperiode 2022-10-24 00:00 - 2022-10-26 00:00



## Gjentaksintervall for Nedbørsperiode

Interval	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Gjentak år	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sum (mm)	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,7	1,9	2,7	3,7	4,3	6,1	8,9	13,6
Tidspunkt	24/10/22 19:55:39	24/10/22 19:55:39	24/10/22 19:55:39	24/10/22 19:55:39	24/10/22 19:55:39	24/10/22 19:52:28	24/10/22 21:21:12	24/10/22 22:24:51	24/10/22 21:01:59	24/10/22 20:49:07	24/10/22 21:21:12	24/10/22 21:01:59	24/10/22 19:52:28	24/10/22 17:03:38	24/10/22 14:22:41	24/10/22 12:25:18

## Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) 18701 OSLO - BLINDERN PLU (1968 - 2015)

År	1 min	2 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
2	1.7	3.0	4.0	5.6	8.4	10.2	11.7	13.9	16.1	17.4	18.0	19.7	22.6	25.9	35.0	42.3
5	2.2	3.9	5.3	7.6	11.3	14.2	16.4	19.5	23.1	24.9	24.8	26.7	30.1	33.9	43.6	51.0
10	2.6	4.5	6.1	8.9	13.3	16.8	19.6	23.2	27.7	30.0	29.3	31.4	35.0	39.3	49.7	57.0
20	2.9	5.0	6.9	10.1	15.1	19.3	22.5	26.8	32.1	34.7	33.5	35.9	39.7	44.5	55.3	61.1
25	3.0	5.2	7.2	10.5	15.7	20.1	23.5	27.9	33.5	36.2	34.9	37.3	41.3	46.0	57.0	64.8
50	3.3	5.8	8.0	11.7	17.6	22.5	26.4	31.4	37.9	40.9	39.1	41.6	45.9	51.2	62.2	70.0
100	3.6	6.3	8.8	12.9	19.4	24.9	29.3	34.9	42.2	45.5	43.3	45.9	50.5	56.2	67.8	75.2

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-09-29  
Prøve ID: P221719  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-09-27  
Analyseperiode: 2022-09-27 - 2022-09-29  
Prosjekt

### P221719-01

Prøvetype	Prøvested	Analysestart	Kundemerking	Tatt ut
		2022-09-27	SP KUM 87682	2022-09-27

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Målesikkerhet	Grenseverdi
pH	7.9*	pH	NS-EN ISO 10523		
Total Fosfor TP	6.33	mg/l	ISO 6878		

### P221719-02

Prøvetype	Prøvested	Analysestart	Kundemerking	Tatt ut
		2022-09-27	SP KUM 80899	2022-09-27

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Målesikkerhet	Grenseverdi
pH	7.0*	pH	NS-EN ISO 10523		
Total Fosfor TP	0.74	mg/l	ISO 6878		

pH målt ved 23±2 °C

Med hilsen



Tomas Adler Blakseth

Kopi til

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.

Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Prøvsingsrapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet.

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-10-27  
Prøve ID: P221836  
Versjon 1  
Kundemerking KUM 80899 / 87682  
Prøvemottak: 2022-10-17  
Analyseperiode 2022-10-17 - 2022-10-27  
Prosjekt

### P221836-01

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-10-17 KUM 80899 2022-10-17

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	7.4	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	0.71	mg/l	ISO 6878	±0.07	

### P221836-02

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-10-17 KUM 87682 2022-10-17

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	8.6	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	7.57	mg/l	ISO 6878	±0.76	

pH målt ved 23±2 °C

Med hilsen



Tomas Adler Blakseth

#### Kopi til

matwin@lorenskog.kommune.no

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.

Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Prøvsingsrapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet.

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann


Dato 2022-11-11  
Prøve ID: P221878  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-10-25  
Analyseperiode 2022-10-25 - 2022-11-11  
Prosjekt

## P221878-01

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-10-25 SID 87682 Ødegård 2022-10-25

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	8.6	pH	ISO 10523	±0.2	
Total fosfor TP	8300	µg/l P	NS-EN ISO 15681-2	±1700	

## P221878-02

Prøvetype Prøvested  Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-10-25 SID 80899 Grønli 2022-10-25

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	7.4	pH	ISO 10523	±0.2	
Total fosfor TP	940	µg/l P	NS-EN ISO 15681-2	±190	

pH målt ved 23±2 °C

Med hilsen



Tomas Adler Blakseth

### Kopi til

matwin@lorenskog.kommune.no

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.

Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Prøvsingsrapporten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet.

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-12  
Prøve ID: P221400  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-09  
Analyseperiode 2022-08-09 - 2022-08-12  
Prosjekt

### P221400-01

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-09 SID 80899 2022-08-09

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	7.6	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	3.72	mg/l	ISO 6878	±0.37	

### P221400-02

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-09 SID 87682 2022-08-09

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	8.3	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	6.33	mg/l	ISO 6878	±0.63	

### P221400-03

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-09 UTS 19661 2022-08-09

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
E.Coli	280	/100ml	NS-EN ISO 9308-2:2014	160-490	

pH målt ved 23±2 °C

Med hilsen



Tomas Adler Blakseth

Kopi til  
matwin@lorenskog.kommune.no

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-12  
Prøve ID: P221400  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-09  
Analyseperiode 2022-08-09 - 2022-08-12  
Prosjekt

---

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.

Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Rapporten må ikke offentliggjøres annet enn i sin helhet uten skriftlig tillatelse.

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-12  
Prøve ID: P221409  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-10  
Analyseperiode 2022-08-10 - 2022-08-12  
Prosjekt

### P221409-01

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-10 SID 80899 2022-08-10

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	7.8	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	5.79	mg/l	ISO 6878	±0.58	

### P221409-02

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-10 SID 87682 2022-08-10

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	8.5	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	5.97	mg/l	ISO 6878	±0.60	

### P221409-03

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-10 SID 2067 RETT 2022-08-10

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
E.Coli	>24000	/100ml	NS-EN ISO 9308-2:2014		

pH målt ved 23±2 °C

Med hilsen



Tomas Adler Blakseth

Kopi til  
matwin@lorenskog.kommune.no



## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-12  
Prøve ID: P221409  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-10  
Analyseperiode 2022-08-10 - 2022-08-12  
Prosjekt

---

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.

Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Rapporten må ikke offentliggjøres annet enn i sin helhet uten skriftlig tillatelse.

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-19  
Prøve ID: P221431  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-15  
Analyseperiode 2022-08-15 - 2022-08-19  
Prosjekt

### P221431-01

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-15 SID 80899 2022-08-15

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	7.7	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	3.27	mg/l	ISO 6878	±0.33	

### P221431-02

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-15 SID 87682 2022-08-15

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
pH	8.8	pH	NS-EN ISO 10523	±0.2	
Total Fosfor TP	8.96	mg/l	ISO 6878	±0.90	

### P221431-03

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-15 KUM 89109 2022-08-15

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
E.Coli	10	/100ml	NS-EN ISO 9308-2:2014	6-17	

### P221431-04

Prøvetype Prøvested Analysestart Kundemerking Tatt ut  
2022-08-15 UTS 81152 2022-08-15

Parameter	Resultat	Enhet	Standard	Måleusikkerhet	Grenseverdi
E.Coli	520	/100ml	NS-EN ISO 9308-2:2014	300-900	

## ANALYSERESULTATER

Lørenskog Kommune, Kildesporer  
Komunalteknikk  
1472 LØRENSKOG  
Norge

Att: Bjørn Martin Nymann

Dato 2022-08-19  
Prøve ID: P221431  
Versjon 1  
Kundemerking  
Prøvemottak: 2022-08-15  
Analyseperiode 2022-08-15 - 2022-08-19  
Prosjekt

pH målt ved  $23 \pm 2$  °C

Med hilsen



Merethe Dalsegg  
Teknisk ansvarlig

Kopi til  
matwin@lorenskog.kommune.no

\* = Ikke akkreditert resultat | < = Mindre enn

For ytterligere informasjon, ta kontakt med laboratoriet. Resultatene gjelder kun de undersøkte prøvingsobjekter.  
Resultatene gjelder prøven slik den er mottatt laboratoriet. Rapporten må ikke offentliggjøres annet enn i sin helhet uten skriftlig tillatelse.

## Isco 2150 Area Velocity Flow Module

The 2150 Flow Module uses continuous wave Doppler technology to measure mean velocity. The sensor transmits a continuous ultrasonic wave, then measures the frequency shift of returned echoes reflected by air bubbles or particles in the flow.

The 2150's "smart" area velocity probe is built on digital electronics, so the analog level is digitized in the sensor itself to overcome electromagnetic interference. The probe is also factory-calibrated for 10-foot (3 meter) span at different temperatures. This built-in calibration eliminates drift in the level signal, providing long-term level stability that reduces recalibration frequency and completely eliminates span recalibration.

In field use, the 2150 is typically powered either by two alkaline, or Isco Rechargeable Lead-acid batteries, within a 2191 Battery Module. Highly efficient power management extends battery life up to 15 months at 15-minute data storage intervals. Other power options (including solar) are available.

### Applications

- ◆ Portable and permanent-site AV flow monitoring for inflow and infiltration, capacity assessment, sewer overflow, and other sewer studies.
- ◆ Measuring shallow flows in small pipes. Our low-profile area velocity sensor minimizes flow stream obstruction and senses velocity in flows down to 1 inch (25 mm) in depth.



### Standard Features

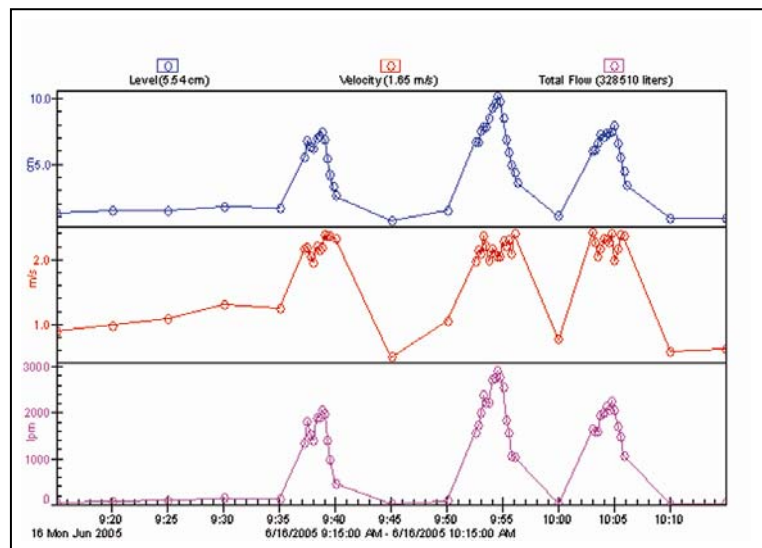
- ◆ Rugged, submersible enclosure meets NEMA 4X, 6P (IP68) environmental specs.
- ◆ Chemically resistant epoxy-encapsulated sensor withstands abuse, resists oil and grease fouling, and eliminates the need for frequent cleaning.
- ◆ Replaceable high-capacity internal desiccant cartridge and hydrophobic filter protect sensor reference from water entry and internal moisture.
- ◆ Pressure transducer vent system automatically compensates for atmospheric pressure changes to maintain accuracy.
- ◆ The quick-connect sensor can be easily removed and interchanged in the field without requiring recalibration.
- ◆ Up to four 2100 Series flow modules can be networked by stacking and/or extension cables.



*Above left: Additional modules can be added for redundant or multi-stream measuring (Isco 2110 Ultrasonic Module shown). Right: Optional mounting rings provide quick, secure sensor installation in round pipes from 6 to 80 inches (150 to 2000 mm).*

## Software Features

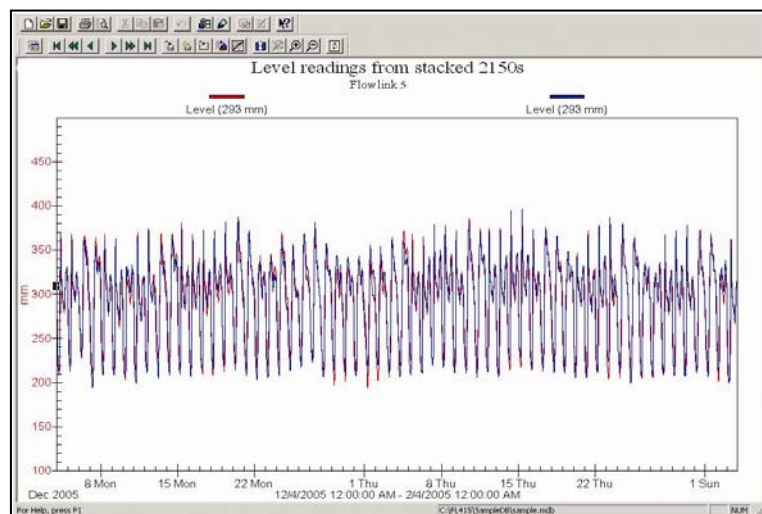
- ◆ Secure data storage. All data are continuously stored in flash memory to protect against loss in case of power failure
- ◆ Easy to upgrade. New operating software can be downloaded into non-volatile flash memory, without affecting stored program and data.
- ◆ Records and stores input voltage and temperature data.
- ◆ Variable rate data storage lets you change the data storage interval when programmed conditions occur. This feature assures maximum information about an exceptional event – such as an overflow – while conserving power and data capacity during normal conditions.
- ◆ 38,400 bps communication provides speedy setup and data retrieval.



### Variable rate data storage

The 2150 flow module has the ability to automatically switch data storage rates based on varying conditions.

In the example at left, the 5-minute data storage rate automatically changed to 30 seconds when the flow rose above a programmed level.



### Level stability

Frequent multipoint level recalibration is a requirement with other area velocity flow meters. Isco's exclusive "smart" sensor design in the area velocity probe yields exceptionally low drift in the level signal.

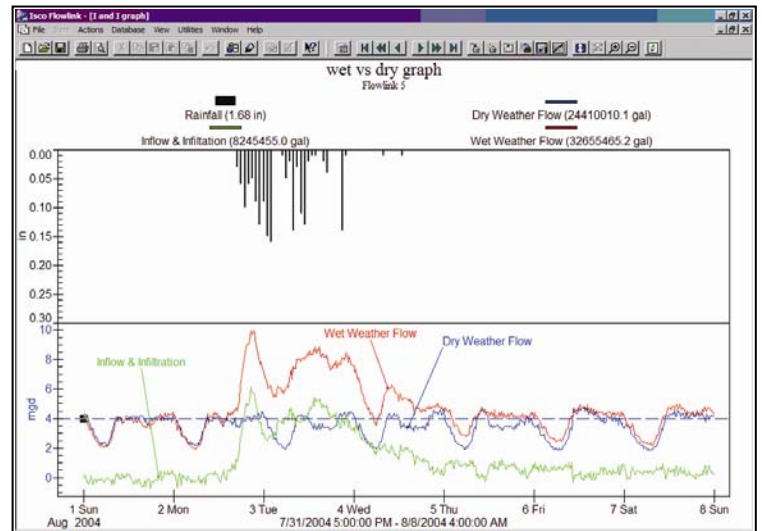
The 2150's factory-calibrated 3-meter span totally eliminates the need for cumbersome span recalibration in the field.

In the example at left, two area velocity probes were installed at the same site. The level readings from both sensors track closely without any drift, over an 8-week period.



## **Flowlink® Data Analysis**

Isco Flowlink® Software is a powerful tool for analyzing flow and water quality data. It provides site setup, data retrieval, and comprehensive data analysis, as well as advanced reporting and graphing. See separate datasheets for details on Flowlink and Flowlink Pro software.



*The Flowlink screen shown above gives a comparison of dry and wet weather flows, plus rainfall typical of an inflow & infiltration study*

## **Information Delivery**

Isco 2100 Series Flow Modules offer a wide variety of communication and retrieval options, to minimize the need for expensive on-site visits and confined space entry. These include:

### **Isco 2103 Land-line Modem Module**

Reliable two-way dial-up communication between down-hole 2100 Flow Modules and your desktop computer, equipped with Isco Flowlink Software. A dial-out feature enables the system to transmit a text message alarm to your digital cell phone or pager.

### **Isco 2103c Cellular Modem Module**

All the features of the 2103 Modem with the convenience of cell phone access. And the 2103c can automatically send data via the Internet to a designated server running Flowlink Pro software, using economical 1xRTT packet-switched data transmission.

### **Isco 2108 Analog Output Module**

Provides current outputs for use with Isco 2100 Series Area Velocity and Ultrasonic Flow Modules. It allows easy interface with SCADA/DCS or other secondary instrument systems.

### **Modbus**

2100 Series Flow Modules provide digital RS 232 Modbus output that can be used to interface with external communication modules, SCADA systems, or other devices.

## **On-site Data Retrieval**

### **Isco Flowlink Software**

Download and process data on-site. Enjoy unmatched data management capability, advanced data editing and analysis, powerful reporting and presentation choices, and a variety of downloading and data handling options.

### **Isco 2101 Field Wizard**

A durable, weatherproof module for on-site data retrieval. Don't risk damage to your fragile notebook PC. The 2101 Field Wizard provides on-site display of current readings, information about stored data, diagnostics, and more.

Interrogate all 2100 Series Flow Modules in the stack at one time, and store more than 14 days' data from up to 20 modules!

### **Isco 2102 Communication Module**

Connect with your Isco 2100 Series Flow Modules from the safety and convenience of your vehicle.

Digital spread-spectrum radio signals enable "drive-up" data retrieval, system configuration, and level calibration, with minimum power consumption. "Plug and Play" setup – no interfacing needed.

## Specifications

2150 Flow Module	
Size (HxWxD):	2.9 x 11.3 x 7.5 in (74 x 287 x 191 mm)
Weight:	2.0 lb (0.9 kg)
Materials of construction:	High-impact polystyrene, stainless steel
Enclosure (self-certified):	NEMA 4X, 6P (IP68)
Temperature Range:	-40° to 140° F (-40° to 60° C) operating and storage
Power Required:	12 VDC nominal (7.0 to 16.6 VDC), 100 mA typical, 1 mA standby
Power Source:	Typically, an Isco 2191 Battery Module, containing 2 alkaline or 2 rechargeable lead-acid batteries. (Other power options are available; ask for details.)
Typical Battery Life:	Using 15-minute data storage interval Energizer® Model 529 alkaline - 15 months Isco rechargeable lead-acid - 2.5 months
Program Memory:	Non-volatile programmable flash; can be updated using PC without opening enclosure; retains user program after updating.
Built-in Conversions	
Flow Rate Conversions:	Up to 2 independent level-to-area conversions and/or level-to-flow rate conversions.
Level-to-Area Conversions:	Channel Shapes - round, U-shaped, rectangular, trapezoidal, elliptical, with silt correction; Data Points - Up to 50 level-area points.
Level-to-Flow Conversions:	Most common weirs and flumes; Manning Formula; Data Points (up to 50 level-flow points); 2-term polynomial equation
Total Flow Calculations:	Up to 2 independent, net, positive or negative, based on either flow rate conversion
Data Handling and Communications	
Data Storage:	Non-volatile flash; retains stored data during program updates. Capacity 395,000 bytes (up to 79,000 readings, equal to over 270 days of level and velocity readings at 15-minute intervals, plus total flow and input voltage readings at 24-hour intervals)
Data Types:	Level, velocity, flow rate 1, flow rate 2, total flow 1, total flow 2, input voltage, temperature
Storage Mode:	Rollover; 5 bytes per reading.
Storage Interval:	15 or 30 seconds; 1, 2, 5, 15, or 30 minutes; or 1, 2, 4, 12, or 24 hours Storage rate variable based on level, velocity, flow rate, total flow, or input voltage
Data Retrieval:	Serial connection to PC or optional 2101 Field Wizard module; optional modules for spread spectrum radio; land-line or cellular modem; 1xRTT. Modbus and 4-20 mA analog available.
Software:	Isco Flowlink for setup, data retrieval, editing, analysis, and reporting
Multi-module networking:	Up to four 2100 Series Flow Modules, stacked and/or remotely connected. Max distance between modules 3300 ft (1000 m).
Serial Communication Speed:	38,400 bps

2150 Area Velocity Sensor	
Size (HxWxD):	0.75 x 1.3 x 6.0 in (19 x 33 x 152 mm)
Cable (Length x Diameter):	25 ft x 0.37 in (7.6 m x 9 mm) standard. Custom lengths available on request.
Weight (including cable):	2.2 lbs (1 kg)
Materials of construction:	Sensor - Epoxy, chlorinated polyvinyl chloride (CPVC), stainless steel Cable - Polyvinyl chloride (PVC), chlorinated polyvinyl chloride (CPVC)
Operating Temperature:	32° to 140° F (0° to 60° C)
Level Measurement:	Method - Submerged pressure transducer mounted in the flow stream Transducer Type - Differential linear integrated circuit pressure transducer Range (standard) 0.033 to 10 ft (0.010 to 3.05 m); (optional) up to 30 ft (9.15 m) Maximum Allowable Level 34 ft (10.5 m) Accuracy ±0.01 ft from 0.033 to 10 ft, (±0.003 m from 0.01 to 3.05 m.) Long-Term Stability ±0.023 ft/yr (±0.007 m/yr) Compensated Range 32° to 122°F (0° to 50°C)
Velocity Measurement:	Method - Doppler ultrasonic, frequency 500 kHz Typical Minimum Depth 0.08 ft (25 mm) Range -5 to +20 ft/s (-1.5 to +6.1 m/s) Accuracy (in water with uniform velocity profile, speed of sound = 4850 ft/s, for indicated velocity range) ±0.1 ft/s from -5 to 5 ft/s (±0.03 m/s from -1.5 to +1.5 m/s) ±2% of reading from 5 to 20 ft/s (1.5 to 6.1 m/s)
Temperature Measurement:	Accuracy ±3.6° F (±2° C)
2191 Battery Module	
Size (HxWxD):	6.0 x 9.6 x 7.6 in (152 x 244 x 193 mm)
Weight (without batteries):	3.2 lb (1.4 kg)
Materials of construction:	High-impact polystyrene, stainless steel
Enclosure (self certified):	NEMA 4X, 6P, (IP68)
Batteries:	Two 6-volt Energizer Model 529* alkaline (25 Ahrs capacity) or Isco Rechargeable Lead-acid (5 Ahrs capacity) recommended. *Note - Energizer 529 ER does not give specified life.

## 2150 Ordering Information

Contact your Teledyne Isco representative for complete ordering details and information on other 2100 Series Modules.

Description	Part No.
2150 with AV sensor, 2191 Battery Module, and Handle	68-2050-002
2150 Module with AV sensor (only)	68-2050-001
Isco Flowlink® 5 Software	68-2540-200
Energizer® Model 529 Alkaline Lantern Battery (2 required)	340-2006-02
Isco Rechargeable Lead-acid Battery (2 required)	60-2004-041
Charger for Lead-acid Batteries (holds 2 batteries)	60-2004-040



### Teledyne Isco, Inc.

4700 Superior Street  
Lincoln NE 68504 USA  
Tel: (402) 464-0231  
USA and Canada: (800) 228-4373  
Fax: (402) 465-3022  
E-Mail: [iscoinfo@teledyne.com](mailto:iscoinfo@teledyne.com)  
Internet: [www.isco.com](http://www.isco.com)



Certified  
ISO 9001

## Vedlegg 16

Beregnet andel fremmedvann i avløpsnettet i kubikkmeter basert på resultatene fra de ulike metodene:

Metoder	Delområde A	Delområde B
Fortynningsmetode	38% (Tørrvær) 36% (Nedbør) Gjennomsn. 37%	63% (Tørrvær) 93,1% (Nedbør) Gjennomsn. 78,05%
Vannmengdemåler	0,5 L/S	14,0 L/S
Vannbalanse-Metode	26,5 %	86,7 %

Delområder		Avløpsmengde/år
Avløpsmengde, Delområde A-Ødegård	Data fra avløpsmåleren viser avløpsmengde for 4 måneder (120 dager som tilsvarer 29657,4 m3). Oppgitte mengde for hele året (360 dager) er en gjennomsnittsverdi basert på målt avløpsmengde.	<u>88 973 m3/per år</u>
Avløpsmengde, Delområde B-Grønli	Data fra avløpsmåleren viser avløpsmengde for 4 måneder (120 dager som tilsvarer 64882 m3). Oppgitte mengde for hele året (360 dager) er en gjennomsnittsverdi basert på målt avløpsmengde.	<u>194 646 m3/ per år</u>

### Fortynningsmetode:

Delområde A:

$$88\,973\text{ m}^3 * 0,37 = \underline{\underline{32\,920\text{ m}^3/\text{år}}}$$

Delområde B:

$$194\,646\text{ m}^3 * 0,78 = \underline{\underline{151\,823,88\text{ m}^3/\text{år}}}$$



### Vannmengdemåler:

Delområde A:

$$(0,5 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 360) / 1000 = \underline{15\,552 \text{ m}^3/\text{år}}$$

Delområde B:

$$(14,0 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 360) / 1000 = \underline{435\,456 \text{ m}^3/\text{år}}$$

### Vannbalanse- metoden:

Delområde A:

$$88\,973 \text{ m}^3 \cdot 0,26 = \underline{23\,577 \text{ m}^3/\text{år}}$$

Delområde B:

$$194\,646 \text{ m}^3 \cdot 0,86 = \underline{168\,758 \text{ m}^3/\text{år}}$$

Metoder	Delområde A		Delområde B	
	L/S	m <sup>3</sup> /år	L/S	m <sup>3</sup> /år
Fortynningsmetode	1,05 l/s	<u>32 921 m<sup>3</sup>/år</u>	4,88 l/s	<u>151 823 m<sup>3</sup>/år</u>
Vannmengdemåler	0,5 l/s	<u>15 552 m<sup>3</sup>/år</u>	14,0 l/s	<u>435 456 m<sup>3</sup>/år</u>
Vannbalanse-Metode	0,74 l/s	<u>23 577 m<sup>3</sup>/år</u>	5,42 l/s	<u>168 758 m<sup>3</sup>/år</u>

