

Bacheloroppgave

IB303312 - Bacheloroppgave Bygg 2015

**Prosjektering av renseanlegg i Nerdalen på Frei -
Kristiansund kommune**

Kandidatnummer 3250

Totalt antall sider inkludert forsiden: 132

Innlevert Ålesund, 28.05.2015

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/ dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§30 og 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §30	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Kristian Fjørtoft

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiÅ med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13](#)/[Fvl. §13](#))

Dato: 28.05.2015

FORORD

Denne rapporten tar for seg undertegnede s prosjekt som omhandler planlegging av et rensesanlegg på nordre del av Frei i Kristiansund. Oppgaven har vært gjennomført som enmannsprosjekt, hvor oppdragsgiver har vært Kristiansund kommune. Oppgaven ble valgt fordi undertegnede jobber ved kommunalteknisk enhet i Kristiansund kommune og har interesse for fagfeltet avløpsrensing. Prosjektet har også gitt undertegnede muligheten til å få en bedre innsikt i utfordringen med avløpssituasjonen på nordre del av Frei, samt muligheten til å bidra for å løse disse utfordringene.

Oppgaven tar for seg mange interessante problemstillinger knyttet til avløpsrensing, fra vurdering av prosesser til dimensjonering av bestemte løsninger. Rapporten tar for seg teori rundt avløpsrensing, hvorpå denne teorien er brukt som grunnlag for resultatene.

Arbeidet med oppgaven har vært gjennomført ved kommunalteknisk avdeling i Kristiansund kommune, og jeg vil rette en takk til alle kolleger på avdelingen. Spesielt vil jeg trekke frem følgende bidragsytere som gjorde gjennomføringen av prosjektet mulig.

- Vidar Dyrnes
- Sylwia M. Sivertsen
- Eivind Raanes

Vil også takke Kristian Fjørtoft ved Høgskolen i Ålesund som har vært min veileder på bacheloroppgaven.

SAMMENDRAG	3
TERMINOLOGI	4
1 INNLEDNING	5
1.1 GENERELT	5
1.2 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	5
1.2.1 <i>Grunnlag for valg av oppgave</i>	5
1.2.2 <i>Kristiansund kommunes behov</i>	6
1.3 AVGRENSING AV OPPGAVEN.....	11
1.4 PROBLEMSTILLINGER	12
1.4.1 <i>Vurdere mengde og sammensetning av avløpsvannet</i>	12
1.4.2 <i>Vurdere aktuelle prosessløsninger for renseanlegget ihht til gjeldende renskrav og retningslinjer</i>	12
1.4.3 <i>Prosjektere og dimensjonere valgt prosessløsning m/tilhørende anlegg</i>	12
1.4.4 <i>Lage skisseforslag på prosessbygg og utomhusarealer ihht. reguleringsplan og valgt prosessløsning</i>	13
1.5 KRAV OG RETNINGSLINJER.....	14
1.5.1 <i>Forureningsforskriften</i>	Feil! Bokmerke er ikke definert.
1.5.2 <i>Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav</i>	15
1.5.3 <i>Krav stilt i reguleringsplan</i>	15
2 TEORETISK GRUNNLAG FOR AVLØPSRENSING	16
2.1 KOMMUNALT AVLØPSVANN	16
<i>Spillvann fra husholdninger (sanitært avløpsvann)</i>	16
2.1.1 <i>Avløpsvannets sammensetning (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	17
2.1.2 <i>Dimensjonerende tilrenning (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	18
2.2 AVLØPSRENSING	21
2.2.1 <i>Metoder for rensing av avløpsvann (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	21
2.3 VANLIGE PROSESSTRINN	22
2.3.1 <i>Innløpsarrangement (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk, Va – miljøblad 74)</i>	22
2.3.2 <i>Forbehandling (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	22
2.3.3 <i>Biologisk rensing (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	26
2.3.4 <i>Kjemisk rensing (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	29
2.3.5 <i>Mekanisk rensing – Separasjon av slam (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	30
2.3.6 <i>Prosesskombinasjoner (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	34
2.3.7 <i>Slambehandling (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)</i>	35
2.4 HYDRAULISKE BETRAKTNINGER	37
2.4.1 <i>Bestemmelse av høyde på vannspeil (Ødegaard, VA teknikk)</i>	37
2.4.2 <i>Hydraulikk i anlegget (Ødegaard, VA teknikk)</i>	38
3 METODER	39
3.1 PLANLAGT GJENNOMFØRING	39
3.2 FAKTISK GJENNOMFØRING	39
3.2.1 <i>Prosjektspesifikk informasjon</i>	39
3.2.2 <i>Erverv av faglig informasjon</i>	39
3.2.3 <i>Befaringer/studiebesøk</i>	40
3.2.4 <i>Innhente relevant data</i>	40
3.2.5 <i>Prosjektere /dimensjonere prosesstrinn</i>	40
3.2.6 <i>Skissere bygg og utomhusplaner</i>	40
3.2.7 <i>Møtevirksomhet, rapportering, og fremdrift</i>	41
3.3 METODE	42

3.3.1	Formler	42
4	RESULTATER	45
4.1	VURDERING AV MENGDE OG SAMMENSETNING AV AVLØPSVANN FOR NORDRE FREI	45
4.1.1	Ledningsnett og overføringssystem	45
4.1.2	Vurdering og bestemmelse av mengde avløpsvann (2.1.2)	46
4.1.3	Vurdering av avløpsvannets sammensetning (2.1.1)	51
4.2	VALG AV RENSEMETODE	52
4.2.1	Vurdering av primærrensing kontra sekundærrensing	52
4.2.2	Vurdering av forbehandling (2.3.2)	52
4.2.3	Vurdering av separasjonsmetode (2.3.5)	52
4.2.4	Vurdering av prosess for å oppnå sekundærrensekraft (2.3.3, 2.3.4)	54
4.2.5	Konklusjon for renseprosess	54
4.3	VURDERING, BESKRIVELSE OG DIMENSJONERING AV PROSESSTRINN	55
4.3.1	Innløpsarrangement (2.3.1)	55
4.3.2	Forbehandling (2.3.2)	57
4.3.3	MBBR Biofilmreaktorbasert bevegelig bæremateriale (2.3.3)	62
4.3.4	Kjemisk Felling (2.3.4)	65
4.3.5	Sedimentering (2.3.5)	67
4.3.6	Slamproduksjon og slambehandling (2.3.7)	70
4.4	UTSLIPP OG RESIPIENT	76
4.5	HYDRAULISKE BEREGNINGER	77
4.5.1	Bestemmelse av høyde på vannspeil i sedimenteringsbasseng, og utslippsledning (2.4.1)	77
4.5.2	Dimensjonering av kanaler (2.4.2)	79
4.5.3	Hydraulisk trykktapsberegning for enhetsprosesser og kanaler (2.4.2)	81
4.5.4	Dimensjonering av innløpsledning	83
4.5.5	dimensjonering av overløpsledning	83
4.5.6	Dimensjonering av pumpeledning til kanaler	84
4.6	LUKTPROBLEMATIKK	85
4.7	UTFORMING AV PROSESSBYGG OG UTOMHUSAREALER	86
5	DRØFTING	87
5.1	PROSJEKTRESULTATET	87
5.2	ARBEIDSPROSESSEN MED PROSJEKTET	88
6	KONKLUSJON	89
7	REFERANSER	90
VEDLEGG	91

Sammendrag

Kristiansund kommune har i "Hovedplan for avløp og vannmiljø" satt som mål å bedre avløpssituasjonen og vannmiljøet i kommunen. I hovedplanen er nordre del av Frei pekt ut som et område som har en utfordrende avløpssituasjon mhp. utslipp til svake resipienter, samt skjerpede renskrav i fremtiden. Som tiltak er det igangsatt planleggingsarbeid å endre anleggsstrukturen og få samlet avløpsvannet til ett renseanlegg for Nordre Frei – Nerdalen.

Dagens rensestruktur består av spredte slamavskillere med utslipp i Omsundet og rundt Freifjorden. Ved å samle avløpsvannet i Nerdalen så vil rensset avløpsvann slippes ut til en god resipient og bidra til et bedre vannmiljø langs kysten av nordre Frei.

Denne oppgaven tar for seg planlegging av renseanlegget som i fremtiden vil ha en belastning på 10000 PE. Renseprosess skal oppfylle sekundærrensekravet ihht. §14.8 i forurensingsforskriften.

Oppgaven har bestått i å vurdere vannmengder og prosessløsninger, dimensjonere valgte løsninger, samt skissere prosessbygg og utomhusområder. Prosjektering og dimensjonering er utført ihht. til gjeldende retningslinjer.

Resultatet av oppgaven er et mellomfellingsanlegg med biologisk og kjemisk felling, hvor avskilling av slam skjer ved tradisjonell sedimentering. Løsningen gir kommunen et robust anlegg for å møte fremtidige renskrav. Byggets utforming og plassering gjør at anlegget ikke vil virke for dominerende og fremtredende i sjøkanten.

Terminologi

Målenheter

μm	1/1000 mm
s	sekund
l	liter
ml	milliliter (1/1000*l)
g	gram
kg	kilogram (1000*g)
l/s	liter pr. sekund
m^3/t	kubikmeter pr. time
m^3	kubikmeter
m^2	kvadratmeter
m	meter
cm	centimeter(1/100*m)
mm	millimeter(1/1000*m)
mVs	meter vannsøyle, betegnelse på trykktap
%	prosent 1/100
‰	promille 1/1000
d	døgn

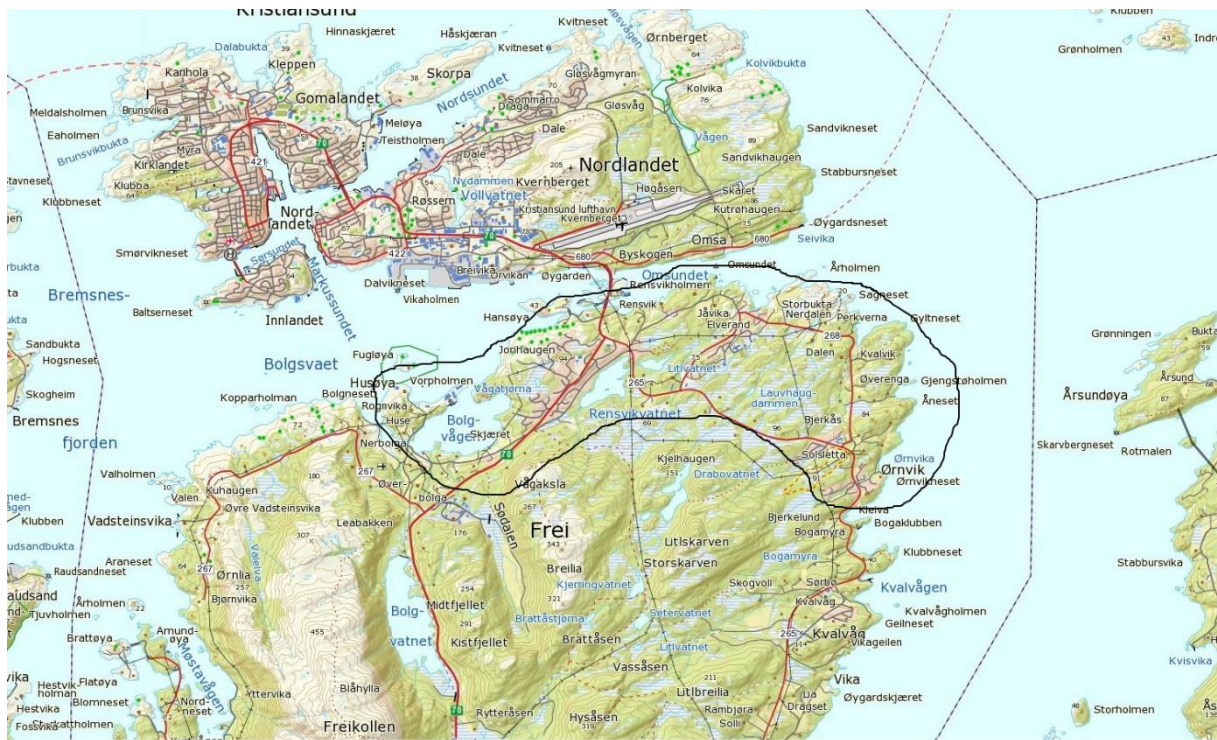
Forkortelser/begreper

BOF5	Mengden oksygen som er forbrukt ved biokjemisk oksidasjon i forurenset vann over en periode av fem dager
Q	Vannførende mengde
PE	person ekvivalent. Den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over 5 døgn, på 60g oksygen pr døgn.
Resipient	Vannkilde som mottar avløpsvann.
TS	Tørrstoff, brukt om andelen tørt stoff i et volum med våt masse.
STJ	Støpejern, rørmateriale
PE	Polyetylen, rørmateriale
SDR	Betegnelse på sammenhengen mellom diameter og godstykkelse på et rør

1 Innledning

1.1 Generelt

Denne oppgaven tar for seg prosjektering av et renseanlegg for 10000 PE i Nerdalen i Kristiansund kommune. Anlegget skal rense avløpsvann fra Nordre del av Freiøya



Figur 01 – Rensedistrikt nordre Frei

1.2 Bakgrunn for oppgaven

1.2.1 Grunnlag for valg av oppgave

Utførende student jobber ved kommunalteknisk enhet i Kristiansund kommune. Derfor var valg av Kristiansund kommune som oppdragsgiver ganske naturlig. Planlegging/prosjektering av renseanlegg er prosjekter som er sjeldne, spesielt i en kommune av Kristiansund sin størrelse. Videre var utførende student sin erfaring med avløpsrensing begrenset. Derfor var oppgaven en til å få dypere innsikt i fagfeltet avløpsrensing.

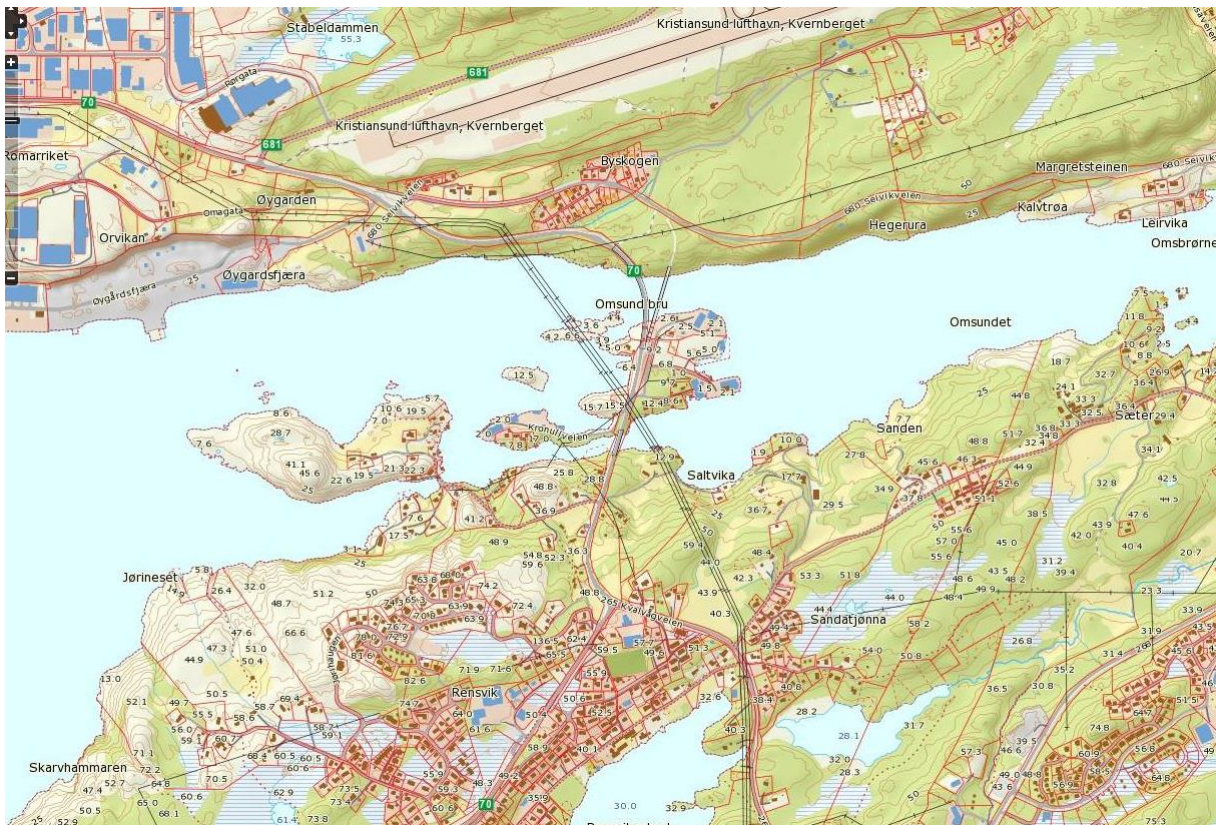
1.2.2 Kristiansund kommunes behov

Hovedplan avløp og vannmiljø 2012 – 2021

Kristiansund kommune har utarbeidet «Hovedplan for avløp og vannmiljø 2012 – 2021». I hovedplanen er det spesifisert en rekke målområder for planperioden. For målområdet som omhandler anleggsstruktur og rensing er det blant annet satt følgende mål:

- Rensing av avløpsvann skal være reseptorientert
- Kommunens avløpsstruktur (renseanlegg og ledningsnett) skal være fleksibel og fremtidsrettet i forhold til å møte evt. innskjerpelser av renskrav.

I hovedplanen er det beskrevet at utbyggingstakten på nordre Frei vil føre til at tettbebyggelsen på ved Omsundet vil bli vurdert som sammensmeltet og dermed utløse strengere renskrav.



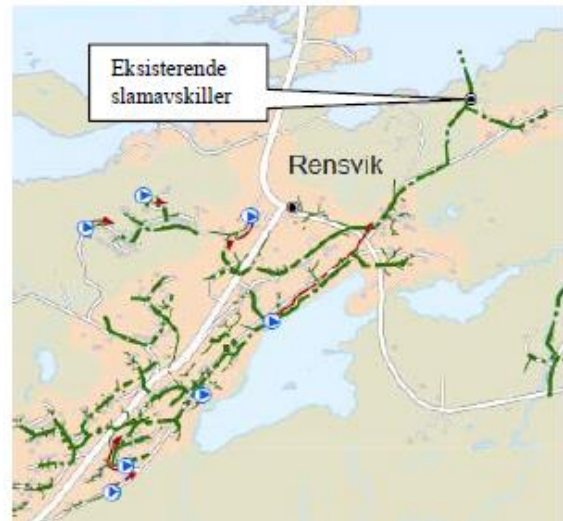
Figur 02 – Bebyggelse ved Omsundet

Dagens avløpssituasjon

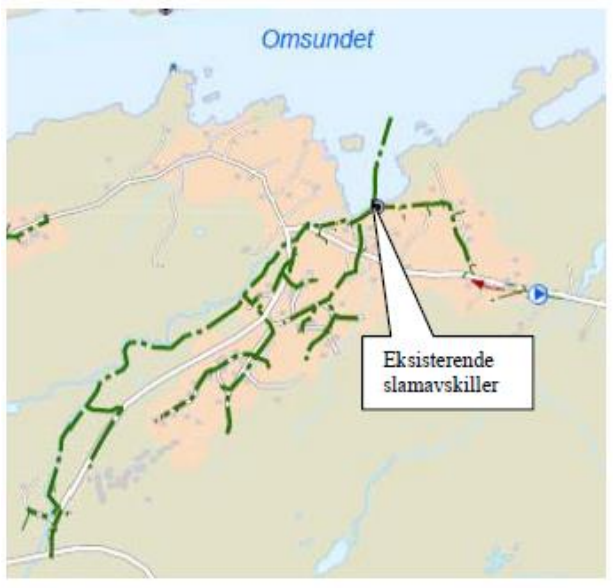
Dagens avløpssituasjon på nordre Frei er vist i kartbildene under. Dagens renseløsning baserer seg på slamavskillere for hver sone med utslipp til sjø. Resipientforholdene for dagens utslipp varierer. Ved Omsundet/Våttåbukta er resipienten vurdert som lite egnet for å motta avløpsvann



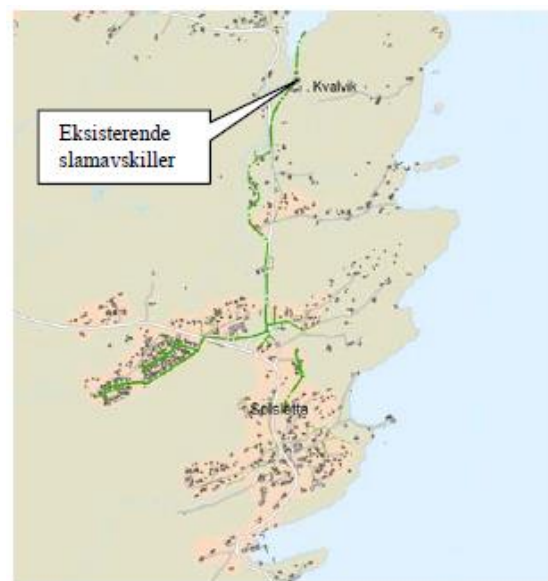
Figur 04 - Eksisterende avløpsanlegg Bolga



Figur 05 - Eksisterende avløpsanlegg - Rensvik



Figur 06 - Eksisterende avløpsanlegg – Omsundet



Figur 07 - Eksisterende avløpsanlegg Kvalvik/Ørnvik

Delutredning av Nordre Frei.

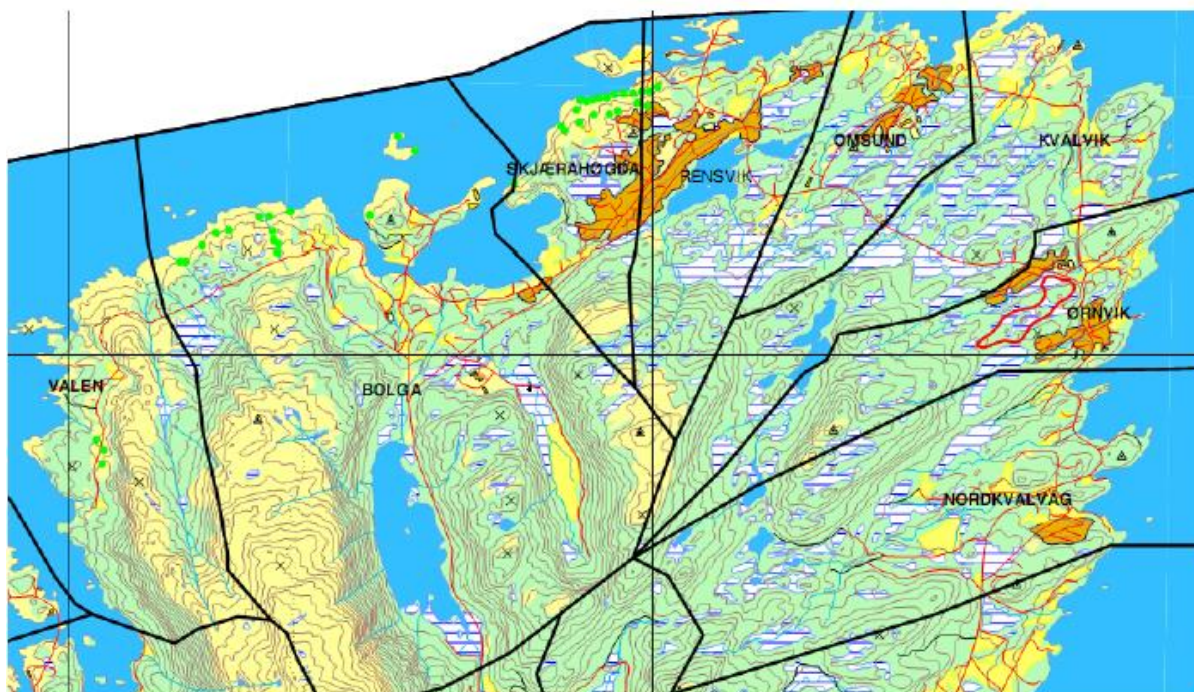
Det ble i forbindelse med hovedplanarbeidet også laget en delutredning for Nordre Frei. Der ble blant annet forskjellige alternativer for plassering av et rensesanlegg presentert med bakgrunn i følgende kriterier:

- Resipientforhold
- Tilgjengelig areal
- Arealbruk og hensyn til naturverdier
- Hensyn til omkringliggende boliger, samt adkomstforhold

PE-belastning for nordre Frei stipulert til 10000 PE innen 2050. Selv om antall PE som vil knytte seg til et rensesanlegg vil komme opp i 10000 først i 2050 så vil strengere rensekrav med all sannsynlighet utløses før mhp. nevnte sammensmeltning rundt Omsundet.

Områdene som inngår i Nordre Frei er:

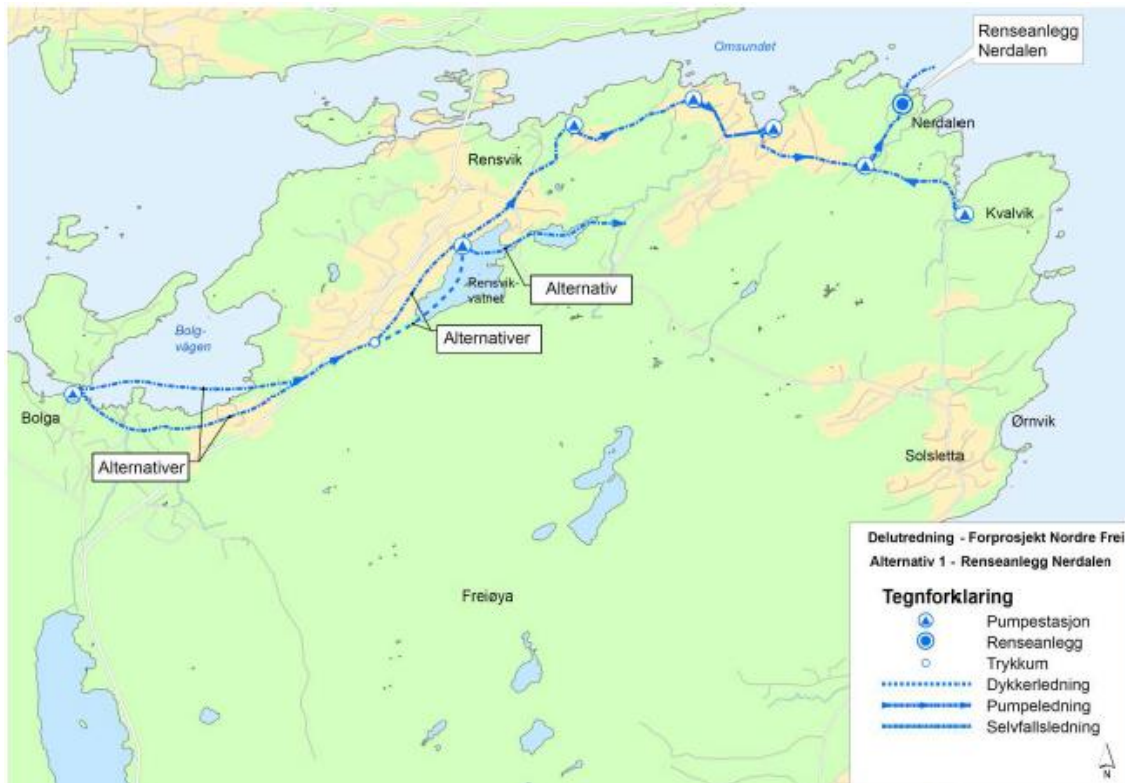
- Bolga
- Skjærgårdshøgda
- Rensvik
- Omsundet
- Kvalvik
- Ørnvik



Figur 08 – Avløpssoner nordre Frei

Fremtidig avløpsituasjon

Etter delutredningen har Kristiansund kommune bestemt at plassering av renseanlegg skal være i Nerdalen. Ved eksisterende slamavskillere vil det blir bygget pumpestasjoner slik at alt avløpsvann til Nerdalen.



Figur 09 – Fremtidig anleggsstruktur nordre Frei

Byggetomt

Kristiansund kommune har igangsatt reguleringsplanarbeid for området. Reguleringsplanen er ventet å bli vedtatt i løpet av sommeren 2015.



Figur 10 – Regulert tomt for renseanlegg i Nerdalen

1.3 Avgrensing av oppgaven

Prosjektering av et komplett renseanlegg med alle fag (arkitekt, byggteknikk, VA, VVS, etc.) er en omfattende oppgave. Eksempelvis er prosjekteringskostnaden for det nye hovedrenseanlegget på Hagelin i Kristiansund (26000 PE) ca. 4-5. millioner. Videre så er avløpsrensing i seg selv et eget fagfelt hvor anlegg av denne størrelsen medfører mange problemstillinger. Fokuset i oppgaven er derfor i hovedsak knyttet til selve prosessdelen for anlegget. Hovedoppgaver/problemstillinger er som følger:

- Vurdere mengde og sammensetning av avløpsvannet.
- Vurdere aktuelle prosessløsninger for renseanlegget ihht. gjeldende renskrav og øvrige retningslinjer.
- Prosjektere og dimensjonere valgt prosessløsning m/tilhørende anlegg.
- Lage skisseforslag på prosessbygg og utomhusarealer ihht. reguleringsplan og valgt prosessløsning.

For prosessanlegget så forutsettes det at en evt. maskinentreprise vil bli gjennomført som totalentreprise. Dvs. at i dette prosjektet blir det angitt dimensjoner, dimensjonerende mengder, og teknisk funksjon for de forskjellige prosesstrinnene.

For luktproblematikk vil det bli gitt en overordnet vurdering da detaljerte vurderinger knyttet til luktspredning krever spesiell kompetanse og utstyr.

Vedrørende utslippsdyp er det utført en strømningsanalyse for Nerdalen, den vil da bli bestemmende for valg av utslippsdyp.

Dimensjonering av ledninger vil gjelde ledningsnett direkte knyttet til prosessen. Oppgaven tar ikke for seg overføringssystemene.

1.4 Problemstillinger

1.4.1 Vurdere mengde og sammensetning av avløpsvannet.

Bestemmelse av mengde og sammensetning av avløpsvannet vil bli gjort ut i fra tilgjengelige data som er hensiktsmessig å bruke, samt ved beregningsmetoder ihht. relevant litteratur. Mengden og sammensetningen av avløpsvann vil være bestemmende for de enkelte prosessenheter i anlegget.

1.4.2 Vurdere aktuelle prosessløsninger for renseanlegget ihht til gjeldende rensekrav og retningslinjer

Det finnes flere alternativer for valg av prosessløsninger. Å velge den mest hensiktsmessige løsningen, er avhengig av en rekke forhold:

- Rensekrav ihht. forurensingsforskriften. Vurderinger knyttet opp mot primærrensing (unntaksmulighet i §14.8) og sekundærrensing.
- Driftsmessige hensyn.
- Kostnadsbilde mhp. investering og drift/vedlikehold på de forskjellige alternativene for løsning.
- Byggepotensialet på tomten, samt bygningsmessige forhold bestemt i forslag til reguleringsplan.
- Slamhåndtering.
- Hydrauliske forhold mtp. bestemmelse av høyde på prosessenheter.

1.4.3 Prosjektere og dimensjonere valgt prosessløsning m/tilhørende anlegg

Det må velges løsning for hver enhetsprosess i anlegget. Grunnlag for vurdering av løsninger blir gjort ut i fra:

- Funksjon mhp. valg av prosessløsning.
- Tilgjengelig areal.
- Driftsmessige hensyn.

1.4.4 Lage skisseforslag på prosessbygg og utomhusarealer ihht. reguleringsplan og valgt prosessløsning.

Valgt prosessløsning vil i stor grad være bestemmende for bygningsutforming. Hovedmomenter for utforming av prosessbygg og utomhusarealer er:

- Valg og dimensjonering av prosesstrinn. Enkelte prosesstrinn er arealkrevende, som for eksempel slamlager og avskillingstrinn.
- Høyde. Dette er forhold som i hovedsak er styrt av hydrauliske forhold mhp nødvendig utlippsdyp. Videre så må høyder også være i overensstemmelse med gjeldende forslag til reguleringsplan.
- Utforming og plassering av bygg må være i overensstemmelse med forslag til reguleringsplan.
- Estetiske hensyn mhp. strandsoneforvaltning. Tomten ligger i strandsonen og området er relativt uberørt av bebyggelse.
- Effektiv utnyttelse av uteområdet.

1.5 Krav og retningslinjer

1.5.1 Forurensingsforskriften

Forurensingsforskriften regulerer forhold som renskrav, hvem som er forurensningsmyndighet, osv. Tabellen nedenfor viser sammenhengen mellom resipient, belastning(PE), gjeldende renskrav (K), samt hvem som er forurensningsmyndighet(M).

Antall PE	Resipient – mottaker av rensset avløpsvann		
	Mindre følsomme Gode sjøresipienter Lindesnes – Grense Jakobselv	Normale Gode ferskvannsresipienter	Følsomme Alle sjøresipienter Svenskegrensa – Lindesnes, samt Grimstadjorden
< 50	Enkel rensing §12-9(K) Kommunen(M)	Fjerning av fosfor og organisk stoff §12-8(K) Kommunen(M)	Fjerning av fosfor og organisk stoff §12-8(K) Kommunen(M)
50 - 2000	Passende rensing §13-8(K) Kommunen(M)	Fosforfjerning §13.7(K) Kommunen(M)	Fosforfjerning §13.7(K) Kommunen(M)
2000 – 10000 Sjø eller ferskvann	Passende rensing §13-8(K) Kommunen(M)	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-7(K) Fylkesmannen(M)	Fosforfjerning §13-7(K) Kommunen(M)
> 2000 Elvemunning	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-8(K) Fylkesmannen(M)		Fosforfjerning og sekundærrensing §14-6(K) Fylkesmannen(M)
10000 - 150000	Sekundærrensing §14-8(K) Fylkesmannen(M)	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-7(K) Fylkesmannen(M)	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-6(K) Fylkesmannen(M)
> 150000	Sekundærrensing §14-8(K) Fylkesmannen(M)	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-7(K) Fylkesmannen(M)	Fosforfjerning og sekundærrensing §14-6(K) Fylkesmannen(M)

Tabell 01 – Forhold mellom: Resipient – Renskrav – Myndighet – Belastning

Renskravene er som følger.

- Enkel rensing: skal ikke forsøple sjø og sjøbunn, og minst etterkomme:
 - 20 % reduksjon SS eller 180 mg SS/l ved utslipp
- Passende rensing: skal ikke forsøple sjø og sjøbunn, og minst etterkomme:
 - 20 % reduksjon SS eller 100 mg SS/l ved utslipp
- Primærrensing: 20 % reduksjon BOF₅ eller < 40 mg O₂ ved utslipp, og
 - 50 % reduksjon SS eller < 60 mg SS/l ved utslipp
- Sekundærrensing: 70 % reduksjon BOF₅ eller < 25 mg O₂ ved utslipp, og
 - 75 % reduksjon KOF_{CR} eller < 125 mg SS/l ved utslipp
- Nordre Follo, Oslo, Jessheim og Lillehammer har i tillegg krav om Nitrogenfjerning

Mulige unntak fra sekundærrensing

For anlegg med belastning < 150000 PE, så kan det søkes unntak hos fylkesmannen gitt at

- Resipienten er «Mindre følsom»
- Utslippene har gjennomgått primærrensing
- Det kan påvises at utslippene ikke har skadevirkninger på miljøet.

For anlegg > 1500000 PE kan det søkes unntak gitt:

- Resipienten er «Mindre følsom»
- Det foreligger særlige omstendigheter og at en mer omfattende rensing ikke er noen vinning for miljøet, og denne dokumentasjonen er godkjent av EFTAs overvåkningsorgan (ESA).

1.5.2 Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

“Gjødselvarerforskriften” som regulerer bruk, behandling, og lagring av organisk slam og andre organiske avfallsprodukter.

1.5.3 Krav stilt i reguleringsplan

Forslaget til reguleringsplan setter følgende krav:

- Maks mønehøyde på prosessbygg er kote +19.
- Utnyttelsesgrad er 40% BYA
- Byggegrense regulerer hvor bygningsmassen kan plasseres på tomten.
- Det skal installeres luktfjerningsanlegg.

2 Teoretisk grunnlag for avløpsrensing

2.1 Kommunalt avløpsvann

Avløpsvann kan deles inn i tre hovedkategorier (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk*)

Spillvann fra husholdninger (sanitært avløpsvann)

Sanitært avløpsvann produseres av husholdninger, serviceinstitusjoner, samt sanitære installasjoner i sykehus, næringsbedrifter, etc. Typiske installasjoner er vannklosett (svartvann), bad, vaskerom, etc.

Gjennomsnittlig vannforbruk for husholdninger varierer mellom 130 – 200 l pr. person i døgnet (l/pe*d). Ofte blir vannmengdene bestemt ut i fra vannmålinger på avløpsnett, men der hvor det ikke finnes gode måledata, anbefales det at den spesifikke spillvannsmengden ikke settes lavere enn **200 l/pe*d** (Norsk vann rapport 168).

Industrielt avløpsvann

Industrielt avløpsvann er avløpsvann som blir produsert av industrielle prosesser, som inneholder partikulært eller oppløst stoff. Industrielt avløpsvann kan også være «ikke forurenset» vann som eksempelvis er brukt til kjøling. «ikke forurenset vann» skal i størst mulig grad separeres og ikke ledes inn på kommunale spillvannsledninger.

Generelt setter det vanskelig å anslå det industrielle avløpsvannets mengde og sammensetning da dette varierer fra industri til industri. Det bør derfor utføres målinger for å bestemme dette.

Infiltrasjon og innlekkingsvann

Infiltrasjonsvann (Q_i) er grunnvann som infiltrerer avløpsnett via utettheter i ledningsnett som dårlige skjøter, sprekker i ledninger, etc. Denne mengden kan i boligfelter settes lik nattilrenning under tørrvær. Mengden vil variere ut fra rør og skjøtemateriell, samt grunnvannsspeilets nivå. Dimensjoneringsmessig kan denne vannmengden variere mye og det bør utføres målinger på ledningsnett for å få best mulig grunnlag for å bestemme denne vannmengden. Dersom det ikke er gode måledata kan vannmengdene anslås som følger:

- Nyere ledningsnett - ikke mindre enn 0,2 l/s pr km. Ledning, alternativt 200 l/pe*d
- Gammelt ledningsnett – ikke mindre enn 0,4 l/s pr km ledning, alternativt 200-300 l/pe*d

Innlekkingsvann (Q_{ned}) er innlekkingsvann som er nedbørsavhengig, og ledes gjerne inn på det separate avløpsnett via feilkoblinger på rør sluker, og kummer, m.m. Dette er en vannmengde som vanligvis er undervurdert i dimensjoneringsammenhenger. Videre så er dette også mengder som kan reduseres ved aktiv kontroll av avløpsnett. Nedbørsavhengig innlekking er ikke mulig å beregne, og må gjøres ut i fra målinger på ledningsnett i samband med måling av nedbør.

Overvann

Overvann er vann fra som kommer fra overflater som følge av nedbør snøsmelting. Vannet kan føres inne på spillvannsledninger via fellessystem (felles ledning for overvann og spillvann). Overvannet inneholder ofte store mengder suspendert stoff av uorganisk karakter (sand, leire, etc).

Mengde overvann bestemmes helst ved bruk av målinger, alternativt kan denne beregnes ved hjelp av den rasjonelle formel for mindre arealer, alternativt så må det benyttes avløpsmodeller som MOUSE for større arealer.

2.1.1 Avløpsvannets sammensetning (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)

Sammensetning kommunalt avløpsvann består i hovedsak av følgende:

Suspendert stoff (SS) – Vannets innhold av oppslammet, partikulært materiale. Kan inndeles i sedimenterbart stoff og svevestoff. Suspendert stoff bestemmes ved filtrering eller sentrifugering, og tørking av fraskilt stoff ved definert temperatur, oftest 105 °C.

Biokjemisk oksygenforbruk (BOF5/BOD5) – Organisk stoff som er biologisk lett nedbrytbart

Kjemisk oksygenforbruk (KOF/COD) – Organisk stoff som er tungt biologisk nedbrytbart, eller ikke biologisk nedbrytbart.

Fosfor – Ligger i vannet både som partikulært bundet og løst fosfor. Det partikulært bundne stoffet kan forekomme som mineralprodukter, absorpsjonskomplekser, og som organisk bundet fosfor. Løst fosfor finnes i hovedsak i organisk bundet fosfor, polyfosfater, ortofosfat.

Nitrogen – Som i hovedsak stammer fra avføring eller nedbryting av proteiner i kroppen. Andre kilder er vasking, samt visse typer industri.

I følge Norsk vann rapport 168, kan det for husholdninger regnes med følgende spesifikk forurensing.

- BOF5 – 60g/pe*d
- KOF – 120 g/pe*d
- Fosfor – 1.8 g/pe*d
- Nitrogen – 12 g/pe*d
- Suspendert stoff – 70 g/pe*d

Fraksjoner av partikkelstørrelse

Vanligvis så skilles stoffet etter størrelse på partiklene. Fraksjonsbetegnelse på stoff er definert som følger:

- Suspendert stoff - stoff som holdes tilbake i et standard GF/C filter med lysåpning på 1µm. Det er videre inndelt i :
 - Sedimenterbart – partikler > 100µm
 - Ikke sedimenterbart partikler med størrelse 1µm - 100µm

- Kolloidalt stoff - Partikkelstørrelse fra $0.1\mu\text{m}$ - $1\mu\text{m}$
- Løst stoff – partikkelstørrelse $< 0,1\mu\text{m}$

2.1.2 Dimensjonerende tilrenning (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk*)

For hydraulisk dimensjonering benyttes i hovedsak betegnelsene Q_{dim} , og Q_{maksdim} , og Q_{maks} .

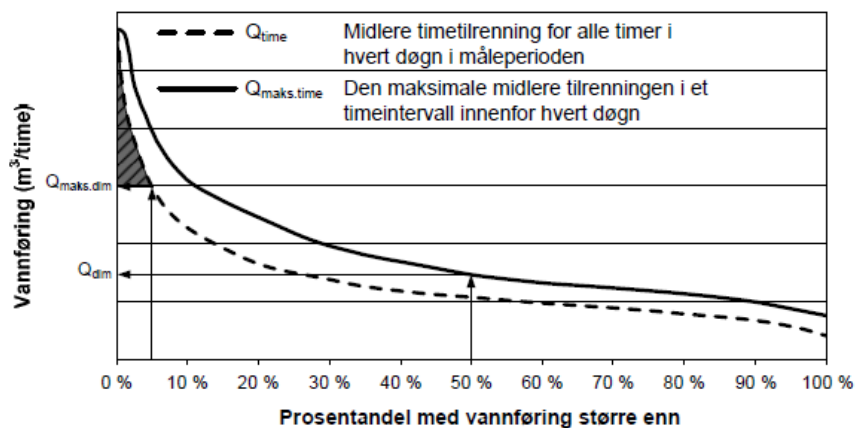
Norsk vann rapport 168 definerer disse begrepene slik:

- Q_{dim} – dimensjonerende tilrenning (m^3/time) den maksimale timetilrenning som overskrides i 50% av årets døgn
- Q_{maksdim} – Største timetilrenning som skal kunne behandles i alle trinn i rensenanlegget. Bestemmes ut i fra hvor stor andel av den totale tilrenningen over året som kreves behandlet i anlegget.
- Q_{maks} – Tilrenning utover Q_{maksdim} , bør minst gjennomgå forbehandling.

Måleserier

Ved måling kan Q_{dim} og Q_{maksdim} bestemmes ved to typer måleserier (Norsk vann rapport 168)

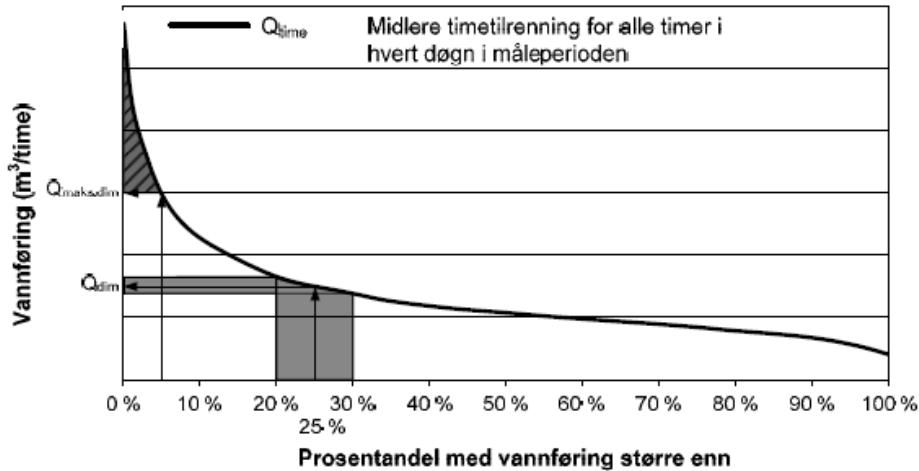
Måleserie som beskriver midlere timetilrenning alle timer i hvert døgn i hele måleperioden. Hvor Q_{dim} er medianverdien, dvs. den $Q_{\text{maks,time}}$ verdi som overskrides i 50% av årets døgn.



Figur 11 - Varighetskurve for midlere timetilrenning for samtlige timer i måleperioden (Q_{time} , samt maksimal timetilrenning ($Q_{\text{maks,time}}$) i hvert døgn.

Måleserier som dekker midlere timetilrenning ($m^3/time$) på døgnbasis.

Her er det usikkerhet rundt maksimal timetilrenning i hvert døgn i måleperioden. I praksis vil Q_{dim} tilsvare den midlere timevannføring på døgnbasis som overskrides i 20-30% av døgnet.



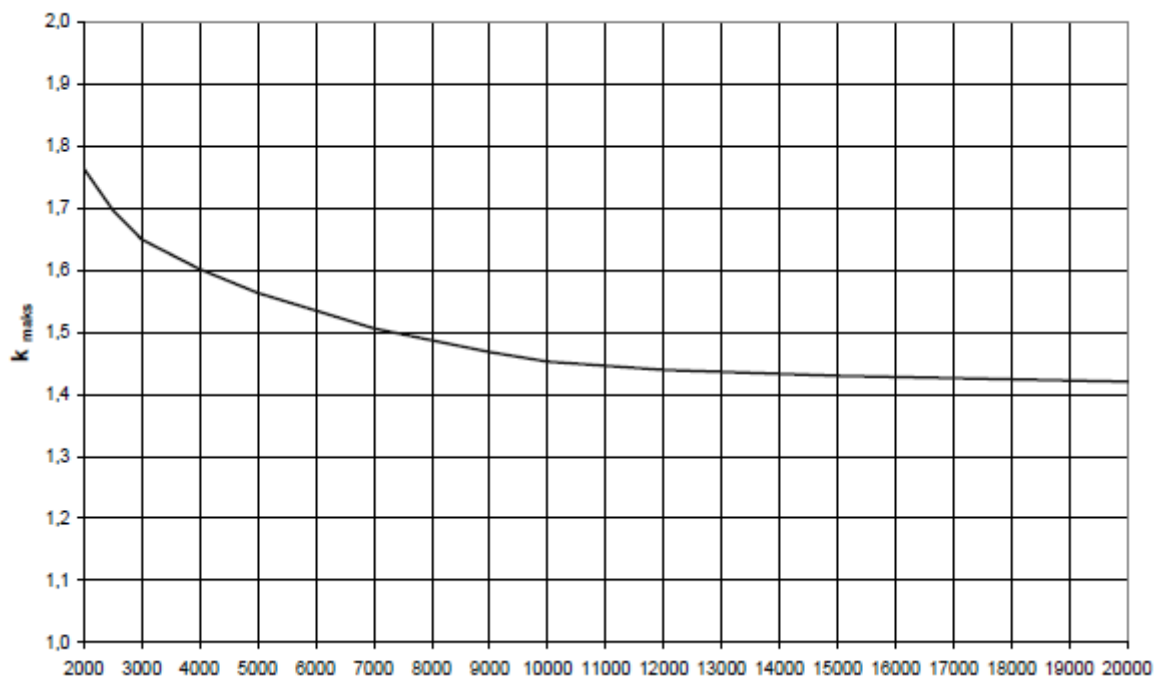
Figur 12 - Varighetskurve for midlere timetilrenning på døgnbasis (Q_{time}) for samtlige døgn.

Bestemmelse ved overslagsberegninger

Når det ikke er mulig å få gjennomført relevante målinger, med gode måledata så kan Q_{dim} bestemmes som følger:

$$Q_{dim} = k_{maks} * Q_s + k_{ind} * Q_{ind} + Q_i (m^3/time) \quad (\text{Ligning 1})$$

- Q_s = midlere spillvannsmengde ($m^3/time$) over døgnet. Typisk 200 l/p*d.
- Q_{ind} = midlere industriavløpsmengde ($m^3/time$) over døgnet
- Q_i = midlere infiltrasjonsmengde ($m^3/time$) over døgnet
- k_{maks} = maks timefaktor i et middeldøgn (Se figur 12)
- k_{ind} = maks timefaktor for industriavløp. Velges lik 3 dersom ikke særlige grunner skulle tilsi noe annet.



Figur 13 - Verdier for k_{maks} for renseanlegg i området 2000 - 20000 PE

$Q_{maksdim}$ kan bestemmes ved å multiplisere med en faktor m :

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

Faktoren m vil være avhengig av en rekke forhold som krav til utslipp over året, størrelse på renseområdet, kvalitet på ledningsnett, etc. m bør ikke settes lavere enn 2.

For Q_{ind} fastsettes mengde ut fra erfaringstall dersom det ikke finnes målinger.

2.2 Avløpsrensing

Formålet med avløpsrensing er å begrense/forhindre forurensing av miljø og vannforekomster i naturen som følge av utslipp av avløpsvann. Krav og myndighetsforhold for avløpsrensing er hjemlet i forurensingsloven(2000), og forurensingsforskriften(2004).

2.2.1 Metoder for rensing av avløpsvann (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk*)

Valg av rensesprosess er avhengig av følgende elementer:

- Kjennskap til det aktuell avløpsvannet – mengde og sammensetning.
- Kjennskap til krav og mål med rensenanlegget – renskrav, belastning og resipientforhold.
- Kjennskap til de ulike rensesprosessene – Yteevne driftsstabilitet, kostnad etc.

Det skiller vanligvis mellom følgende rensesprinsipper:

Mekanisk rensing(primærrensing) – mekanisk fjerning av slampartikler ned til partikkelstørrelse på 0.1mm, for å derigjennom fjerne en viss mengde suspendert stoff (SS) samt organisk stoff.

Kjemisk rensing – Hvor avløpsvannet blir tilsatt kjemikalier med formål om å utfelle kolloidalt stoff, og hvor partiklene går gjennom flokkuleringstrinn for å danne større partikler (fnokker) som lar seg felle ved siling eller sedimentering. Krav om sekundærrensing kan oppnås gjennom kjemisk rensing.

Biologisk rensing – Partikulære og løste stoffer i avløpsvannet omdannes av mikroorganismer til enkle forbindelser, samt til ny cellemasse som separeres i vannet i form av biologisk slam. Krav om sekundærrensing kan oppnås gjennom biologisk rensing.

2.3 Vanlige prosessstrinn

For mindre anlegg, typisk under 1000 PE brukes vanligvis slamavskillere som rensetrinn. På markedet finnes det også andre typer mindre renseanlegg, som eksempelvis minirensesanlegg med forbrenningsprosesser. For større anlegg hvor det er krav om minst primærrensing inngår det ofte flere prosessstrinn i anlegget.

2.3.1 Innløpsarrangement (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk, Va – miljøblad 74*)

Innløpsarrangementet skal sørge for at renseanlegget ikke blir påført større belastning ut over det som anlegget er dimensjonert for. Robuste overløpsløsninger er helt nødvendig for å sikre at det ikke forekommer oversvømmelser ved eksempelvis vedlikeholdsarbeider eller nødstilfeller. Videre skal også skadelige elementer som stein og grus hindres i å komme inn i prosessstrinnene i anlegget slik at det oppstår skader på utstyr og materiell i anlegget.

Overløp dimensjoneres etter “*va-miljøblad 74*” sine retningslinjer.

Avløpsvann føres fra inntakskammeret videre til etterfølgende prosesser ved selvføll eller ved pumping. Ved pumping er det viktig at vannmengdene ikke blir distribuert støtvis, men at det føres i en jevn strøm.

2.3.2 Forbehandling (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk*)

Rister og siler

Rister og siler er ofte første rensetrinn i forbehandling i et renseanlegg. Basert på lysåpning kan rister og siler inndeles i følgende kategorier:

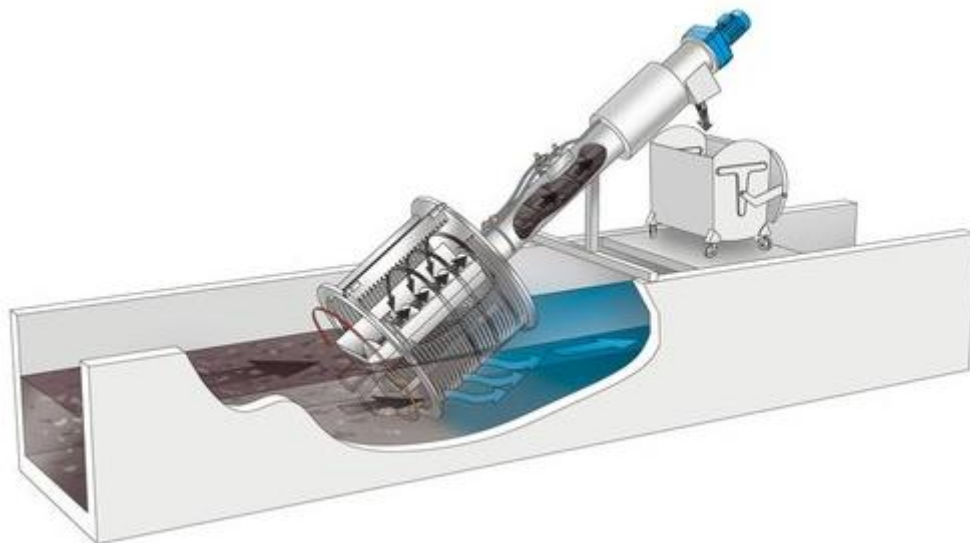
- Grovrister – Lysåpning > 10mm
- Finrister – Lysåpning 10 – 2mm
- Grovsiler – lysåpning 2mm – 5mm
- Finsiler – lysåpning 0,5mm – 0,1mm
- Mikrosiler – lysåpning < 0,1mm

Grovrister, finrister, og grovsiler skal avskille grovere partikler og søppel fra avløpsvannet. Finsiler kan benyttes for primærrensing (avhengig av vannets sammensetning), mens mikrosiler benyttes i hovedsak for sluttseparering.

Behandling av ristgods(ikke organisk slam)

Ristgods i form av søppel som skilles ut i forbehandlingen blir vanligvis vasket for å begrense mengden organisk stoff i ristgodset, slik at ekstrakostnader med deponering unngås. Videre så avvannes ristgodset før det lagres i egen container og blir levert til godkjent deponi:

Det finnes forskjellige utstyr på markedet for vasking og avvanning av ristgods, enkelte leverandører har også produkter hvor avskilling, vasking og avvanning av ristgods skjer i samme enhet:



Figur 14 - Rotamat fra Huber – løsning for avskilling, vasking, avvanning av ristgods i en enhet

Avhengig av behandling kan følgende ristgodsmengder anslås pr år:

Parameter	Enhet	Vått ristgods	Presset ristgods	Vasket ristgods
Volum	l/pe * år	10	4	2,5
Vekt	kg/pe *år	10	4	2,5
Tørrstoffinnhold	% TS	10	25	40

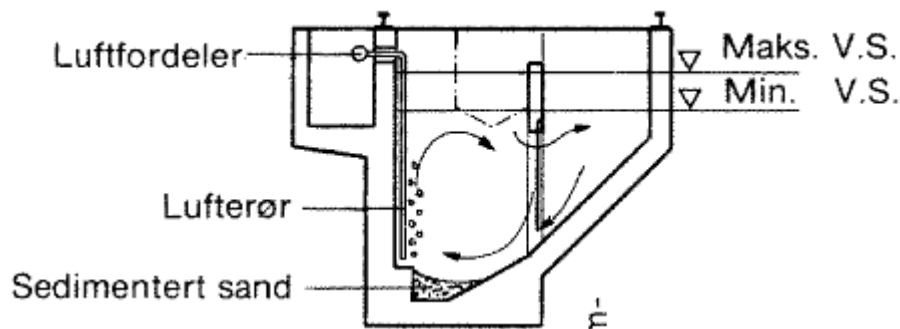
Tabell 02 - Erfaringsverdier på ristgods (Metcalf & Eddy, wastewater engineering)

Sandfang og fettfang

Sandfang skal fjerne sand og tyngre mineralske partikler fra avløpsvannet. Det finnes flere utforminger av sandfang:

- Virvelsandfang
- Rundsandfang
- Langsandfang
- Luftet sandfang

Det mest benyttede i dag er luftet sand og fettfang kalt «Hartmann sandfang». Volumet i Sandfanget er delt opp i et luftekammer og ett flytekammer som er delt av en skillevegg. I sandfangsonen blir luft pumpet inn i bunnen som holder mindre partikler i suspensjon, mens tyngre partikler som sand og mineraler faller til bunn i sandrennen. Videre så skaper skilleveggen en rolig sone i fettfangsonen hvor fett flyter til overflaten.



Figur 15 – Typisk luftet sand/fettfang

Norsk vann rapport 168 stiller følgende kriterier for dimensjonering av luftet sand og fettfang:

- Oppholdstid v/Q_{dim} ($m^3/minutt$): ≥ 10 minutter
- Oppholdstid $v/Q_{maksdim}$ ($m^3/minutt$): ≥ 3 minutter, eks fettfangsone.
- Overflatebelastning fettfangsone ved Q_{dim} : $\leq 18m^3/m^2 \cdot time$)
- Helning på skråbunn i sandlommer: $\geq 50^\circ$

Norsk vann rapport 168 stiller ikke krav til utforming og dimensjoner på sandfang utover nevnte krav til oppholdstid og overflatebelastning. Ut fra annen litteratur er det funnet frem til følgende anbefalinger:

- “Enkle rensemetoder” anbefaler bredde/dybde i luftekammer er 1:1,5 til 1:2
- Flere kilder har disse anbefalingene deriblant “Wastewater Treatment Manuals Preliminary treatment”:
 - Vanddybde: 2 – 5m.
 - Lengde: 7-20m.
 - Bredde: 2.5 – 7m.
 - Bredde/Dybde: 1:1 – 1:5.
 - Lengde/bredde: 3:1 – 5:1.

Fjerning av sand i sandlomme kan gjøres ved sugeanordning, evt. sandskraper i bunnen av sandrenne. Fett som flyter på toppen i fettfang dekanteres ved hjelp av en skrapeanordning til en kum eller renne.

Behandling av sand

Avskilt sand føres vanligvis til sandvasker eller til avvanner for å rengjøre sanden for organisk stoff, samt for å øke tørrstoffinnholdet. Deretter transporteres sanden til egen container, før det fraktes til egnet deponi.



Figur 16 – Sandvasker

Forventet sandproduksjon er avhengig av behandlingen sanden får:

Parameter	Enhet	Avvannet sand	Vasket sand
Volum	l/pe*år	5	1
Vekt	Kg/pe*år	7,5	2,5
Tørrstoffinnhold	% TS	50	90
Organisk innhold	% av TS	40	3

Tabell 03 - Erfaringsverdier på sandmengder (Metcalf & Eddy, wastewater engineering)

Behandling av fett

Fett kan lagres i egen kum for så å bli fjernet ved hjelp av sugebil, og kjørt vekk til deponi. Evt ved mindre mengder så blandes dette fettene i lag med avløpslammet.

Tilhørende utstyr

Transport av sand og fett gjøres ofte ved hjelp av pumper fra sand og fettfanget, evt ved skruenanordninger.

2.3.3 Biologisk rensing (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)

Biologisk rensing benyttes for å fjerne organisk stoff, fosfor og nitrogen. Prosessene kan i hovedsak deles inn i:

- Aerobe biologiske prosesser.
- Anaerobiske biologiske prosesser.

Biologisk rensing fungerer slik at mikroorganismer benytter det organiske stoffet i avløpsvannet som næring, slik at dette nedbrytes. Anaerobiske prosesser til rensing av organisk stoff brukes som regel i tilfeller hvor det er konsentrert avløpsvann med høy temperatur. Aerobiske prosesser benyttes primært for å fjerne organisk stoff. Anlegg for aerobiske prosesser kan deles inn i to hovedgrupper:

- Anlegg med suspendert bakteriekultur (aktivslamanlegg) Hvor bakteriene oppholder seg frittstående i bioreaktoren.
- Anlegg med fastsittende bakteriekultur (biofilmanlegg). Hvor bakteriene vokser på et biomedium i reaktoren.

I begge tilfellene så må bakteriene tilføres oksygen.

Dimensjonering av biologiske rensemetoder er avhengig av hvilken behandlingsmålesting som legges til grunn:

- Hoveddelen av avløpsvannets innhold av lett nedbrytbart organisk stoff skal fjernes, dvs. < 25 mg BOF5/l og < 125 mg KOF i effluenten.
- Hoveddelen av avløpsvannets innhold av lett nedbrytbart organisk stoff skal fjernes, samt overføring av avløpsvannets innhold av ammonium til nitrat (nitrifikasjon), dvs. < 15 mg BOF5/l og < 3 mg NH₄-N/l i effluenten.
- Hoveddelen av nitrogen skal fjernes, dvs. > 70 % fjerning.

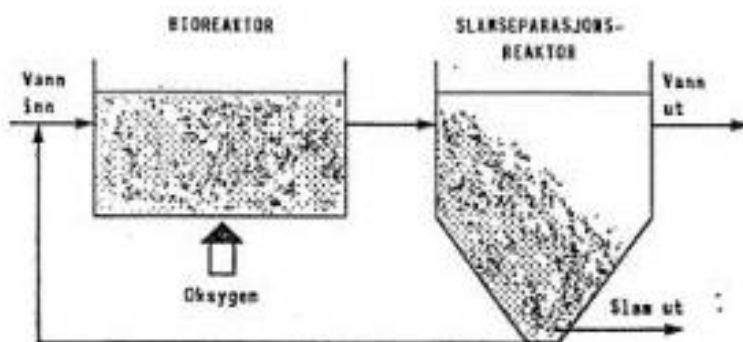
Aktivslamanlegg (suspendert bakteriekultur).

Ved aktivslamanlegg luftes avløpsvannet sammen med bakteriekulturen og aktivslammet i bioreaktoren. Bakteriene danner fnokker som separeres i etterfølgende sedimenteringstrinn og slammet pumpes tilbake til bioreaktoren. Tilbakeføring av slammet i bioreaktoren (Luftekammeret) gjøres for å opprettholde høy slamkonsentrasjon og høy slamalder.

Aktivslamanlegg består i hovedsak av følgende elementer:

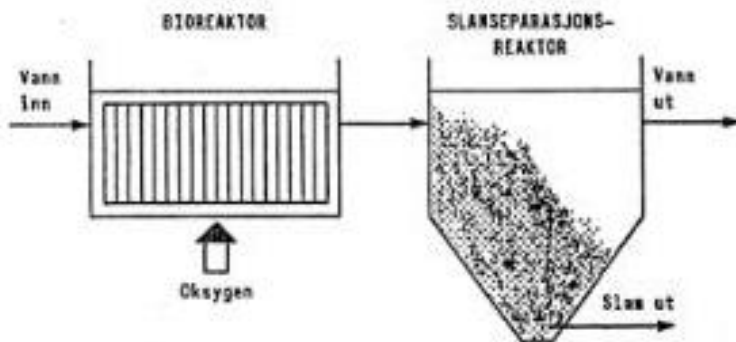
- Bioreaktor
- Luftesystemet.
- Returslamsystemet.
- Sedimenteringstanken.
- Overskuddsslammet.

Utforming og dimensjonering av bioreaktoren i et aktivslamanlegg er avhengig av slamalder, samt behandlingsmålsetting.



Figur 17 – Anlegg med suspendert bakteriekultur

Biofilmanlegg (fastsittende bakteriekultur). Ved disse prosessene sitter bakteriekulturen på faste flater i form av biofilm. Samlingen (clustere) av bakteriekulturen vokser inntil deler av biofilmen løsner og følger med vannet videre. I biofilmen foregår den mikrobielle omsetning av stoff, dette forutsetter at de reagerende stoffene diffunderer inn i biofilmen. Reaksjonsproduktene (Co₂, Nitrat osv.) må diffundere ut igjen til vannfasen, slik at diffusjon er en viktig del av virkemåten til biofilmanlegg.



Figur 18 – Anlegg med suspendert bakteriekultur

Biofilmanlegg kommer i forskjellige varianter:

Biorotor, som baserer seg på en biofilmprosess hvor bakteriene fester seg til og vokser på flatens om biorotoren, dvs. vokseflaten roterer om en horisontal aksling. Ca 40% av biorotoren er neddykket i et basseng. Dimensjonering av biorotorareal bestemmes av den tillatte belastningen med organisk stoff pr. arealenhet – g BOF5/m².

Rislefilteranlegg, hvor vokseflaten for biofilm er stasjonært plassert i en tank. Avløpsvannet fordeles over fyllmediet og fanges så opp av et oppsamlingssystem. Volum av et rislefilter bestemmes av tillatt mengde organisk stoff pr. volumenhet. Dimensjonering av overflatebelastning er avhengig av typen rislefilter.

MBBR (moving bed bio reactor) bioreaktoren så vokser biofilmen på små elementer av plast. Det dannes en turbulent vannstrøm ved hjelp av enten luft i en aerob reaktor, eller omrører i en anaerob reaktor som holder elementene i suspensjon.

Sil på utløpet sørger for at biomediet holdes på plass i reaktoren. Derfor er det ikke behov for returstrøm fra sedimenteringstrinnet for å holde en høy biomasse i reaktoren. Mengden av biomassen bestemmes av:

- Størrelse på voksearealet til biomediet (typisk $250 - 500 \text{ m}^2/\text{m}^3$), dvs. overflaten på biomediet.
- Fyllingsgraden, altså volum av bærere i forhold til reaktorvolumet. Maks fyllingsgrad er 70%, mens normal fyllingsgrad ligger på ca. 65%.
- Tykkelse på biofilmen.

Størrelsen på bassengene er dimensjonert etter oppholdstid samt behandlingsmålsetting (4.3.3). Videre så bør det være minst to basseng med en tilnærmet kvadratisk utforming. Bassengdybde bør være 4-5 meter for optimale driftsforhold (*Opplyst fra Kaldnes Kruger*).

2.3.4 Kjemisk rensing (*Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk*)

Ved kjemisk felling av kommunalt avløpsvann tilsettes fellingskjemikalier til vannet slik at løste forbindelser felles ut og partikulære forurensinger koaguleres. Utfelt og koagulert materiale flokkuleres og separeres fra vannfasen ved sedimentering, flotasjon, eller filtrering.

Fellingsmidler

De tradisjonelle fellingsmidler er salter av aluminium eller jern. Også kalk benyttes som fellingsmiddel. For å øke flokkuleringshastigheten så kan det også tilsettes organisk polymer.

De mest benyttede fellingsmidlene ved kjemisk rensing er:

- Aluminiumsulfat
- AVR
- Prepolymisert aluminiumklorid
- Jernklorid
- Jernkloridsulfat
- Jernsulfat
- Kalk

Innblanding av kjemikalier

Ved bruk av kjemikalier er det viktig med god og rask innblanding siden reaksjonsprosessene skjer raskt. Hvor fort innblanding må skje er avhengig av fellingsmiddelet. Generelt så krever innblanding av aluminium og jern en hurtig innblanding, mens ved kalk så er utfellingsreaksjonen relativt sett langsom. Det er tre viktige forhold som må hensyntas for å oppnå en god innblandingsenhet:

- Innblandingsenheten bør gi stempelstrømninger å unngå «backmixing»
- Blandingshastigheten må være stor nok, typisk i området 500-1000 sekunder.
- Oppholdstiden må være tilstrekkelig typisk > 10 sek.

Flokkulering

Ved flokkulering blir små partikler oppbygd til større partikler (fnokker) ved omrøring. Omrøring kan skje ved bruk av lufting, ved å la vannstrømmen passere statiske anordninger, og ved roterende omrøringsanordninger. Normalt blir massene omrørt ved roterende omrøringsanordninger i flokkuleringsbassengene. Flokkuleringsbasseng med omrøringsanordning bør ha minimum to kammer. Videre så bør overføring fra flokkuleringsbasseng til slamseparasjon være så åpen som mulig.

Størrelsen på flokkuleringsbassengene baserer seg på følgende parametre (4.3.4)

- Oppholdstid.
- Antall flokkuleringskammer.
- Fellingsstype (primær, etterfelling, etc.).
- Fellingsmiddel som brukes.

2.3.5 Mekanisk rensing – Separasjon av slam (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)

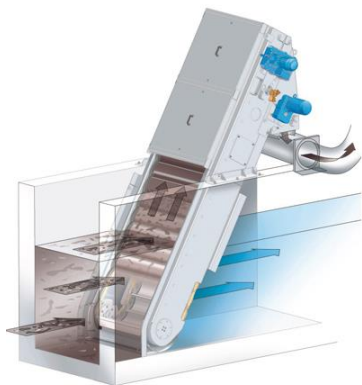
Ved mekanisk rensing er prosessen hvor slam separeres fra avløpsvannet. Følgende metoder er vanlig for slamseparasjon.

Siling

Benyttes først og fremst i forbehandling, men er også i dag den mest brukte primærrensemetoden for anlegg med belastning <10000 PE. Kravet for disse anleggene er knyttet til «passende rensing» og «primærrensing». Der hvor det er krav om primærrensing så må det benyttes finsiler eller mikrosiler.

Det finnes mange typer siler på markedet. Noen vanlige som er brukt i Norge er:

- Båndsil.
- Stasjonær rørsil.
- Roterende trommelsil.



Figur 19 – Båndsil fra huber



Figur 20 – roterende trommelsil fra huber

Renseresultatet ved siling er avhengig av en rekke faktorer

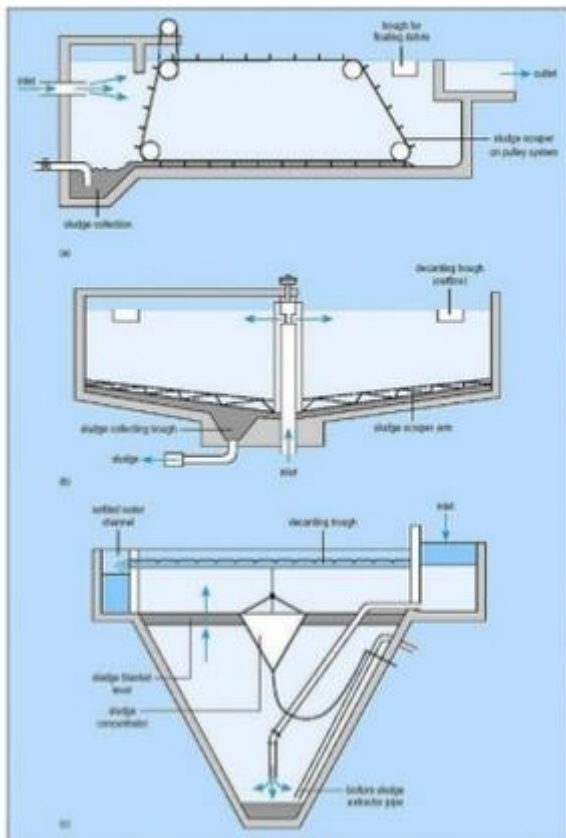
- Sammensetning av avløpsvannet
- Silflatens lysåpning
- Tilretteleggelse for dannelse av «filtermatte»
- Graden av fobehandling
- Graden av mekanisk påvirkning på separerte slampartikler på silflaten
- Silens konstruksjon, dimensjonering, og virkemåte.

Dimensjonering av siler bestemmes vanligvis ut fra dimensjonerende vannmengde. Det er leverandører som vanligvis dimensjonerer siler siden dette er produktavhengig.

Sedimentering

Tradisjonell sedimentering er en prosess hvor separering av partikler skjer ved at partiklene synker til bunns i et basseng ved hjelp av sin egenvekt. Forutsetningen er at bassengets omfang og utforming er tilpasset tiden det tar for en partikkel å synke. Sedimentering er tradisjonelt sett en av de mest anvendte separasjonsmetodene ved rensing av kommunalt avløpsvann.

Tradisjonelle sedimenteringsbasseng kan ha forskjellig utforming. Det finnes både rektangulære, sirkulære, og kvadratiske basseng. Bassengene kan ha horisontal eller vertikal utforming



Figur 21 – Typiske sedimenteringsbasseng

Dimensjonering av sedimenteringsbasseng bestemmes etter Hazens overflatebelastningsteori. Følgende parametere bestemmer størrelsen på bassengene(4.3.6):

- Funksjon av sedimenteringsbassengene
- Vanndyp
- Overflatebelastning

Mhp. utforming av basseng så er det angitt følgende anbefalinger for sedimenteringsbasseng:

- Rektangulære basseng, er det varierende anbefalinger:
 - Lengde/bredeforholdet rektangulære basseng bør være $>6:1$ (Norsk vann rapport 168)
 - Lengde og bredeforhold bør være mellom $4:1 - 6:1$ (Primærrensing TA-2088/2005)
- Kvadratiske og sirkulære basseng bør ha helning på bunn $> 60^\circ$, og loddrette vegger føres minst 1m undervannoverflaten.

Lamellsedimentering

Det finnes i dag løsninger for mer kompakte anlegg som lamellsedimentering som skaper overflateareal ved å bruke lameller for å få større overflate i mindre bassenger.

Lamellsedimenteringsbassengen skal dimensjoneres for overflatebelastning på projisert flate.

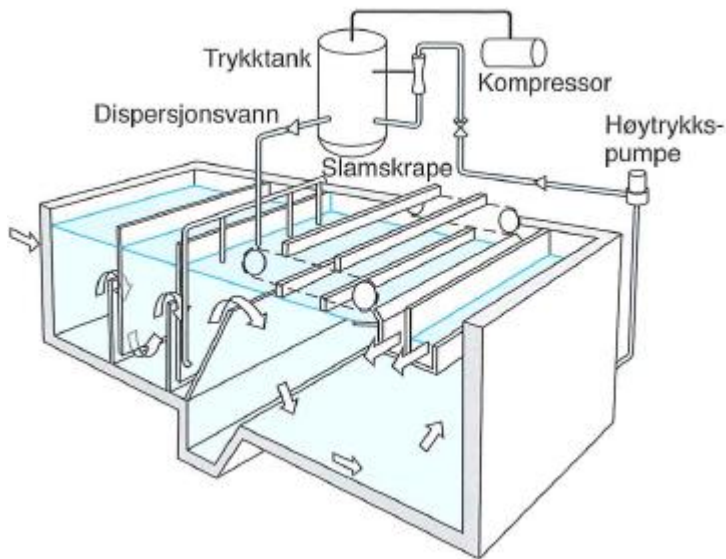
Flotasjon

Flotasjon er en prosess hvor små partikler fra væskefasen hefter til små gassbobler som stiger mot overflaten. Slammet legger seg som et teppe på overflaten som skrapes av. Gassboblene blir produsert ved hjelp av lufttrykk.

Flotasjon egner seg godt for separasjon av lett slam, som ved for eksempel kjemisk rensing og biologisk rensing med biofilmreaktor.

Flotasjon egner seg ikke så godt som eneste rensetrinn, dvs. uten kjemisk eller biologisk felling.

Dimensjonering av flotasjonsbasseng baseres på overflatebelastning. Bassengdybde er typisk 2-3m.



Figur 22 – flotasjonsbasseng

Filtrering

Filtrering gjennom sandfilter i kombinasjon med kullfilter er en metode som kan gi en god avskillingseffekt på suspendert stoff. Ulempen med denne metoden er at filteret går ofte tett dersom det brukes som primæravskiller. Denne metoden er mest brukt som etterpolering etter annet avskillingstrinn.

2.3.6 Prosesskombinasjoner (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)

Rensemetode og sammensetning av de forskjellige enhetsprosesser må velges ut i fra:

- Gjeldende renskrav ihht. forurensingsforskriften.
- Avløpsvannets mengde og sammensetning.
- Økonomiske forhold knyttet til bygging og drift av anlegg

Figuren under viser vanlige prosesskombinasjoner med forventede restkonsentrasjoner, og renses effekter.

Grunnlag for angivelsene (spesifikk belastning): Q = 400 l/pd, BOD ₅ = 60 g/pd, SS = 70 g/pd, Tot P = 1,8 g/pd, Tot N = 12 g/pd BOD ₅ = 150 mg/l, SS = 175 mg/l, Tot P = 4,5 mg/l, Tot N = 30 mg/l		SS	SS	BOF ₅	BOF ₅	Tot P	Tot P	Tot N	Tot N
		Restkons.	Renseeff.	Restkons.	Renseeff.	Restkons.	Renseeff.	Restkons.	Renseeff.
		mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Mekanisk	Grovsiling	[FB]							
	Slamavskilling	[FB/S]							
	Primærrensing	[FB] [S]							
Kjemisk	Primærfelling	[FB] ↓ [F] [S]							
	Sekundærfell.	[FB] [S] ↓ [F] [S]							
Biologisk	Aktivslampros.	[FB] [S] [AS] [S]							
	Biofilmpros.	[FB] [S] [BF] [S]							
Biologisk/ kjemisk/ m/P-fjerning	Forfelling	[FB] ↓ [F] [S] [AS/BF] [S]							
	Simultanfelling	[FB] [S] ↓ [AS] [S]							
	Mellomfelling	[FB] [S] [BF] ↓ [F] [S]							
Biologisk/ kjemisk m/ P+N-fjerning	Etterfelling	[FB] [S] [AS/BF] [S] ↓ [F] [S]							
	For-DN AS	[FB] [DN-AS] [N-AS] [S] ↓ [F] [S]							
	Etter-DN BF	[FB] ↓ [S] [N-BF] ↓ [DN-BF] ↓ [F] [S]							
	Komb-DN BF	[FB] [DN-BF] [N-BF] ↓ [DN-BF] ↓ [F] [S]							

FB – forbehandling	AS – aktivslamprosess	N – nitrifikasjon	↓	Tilsetning av fellingsmiddel
S – separasjon	BF – biofilmprosess	DN – denitrifikasjon	↓	Tilsetning av karbonkilde
F – flokkulering				

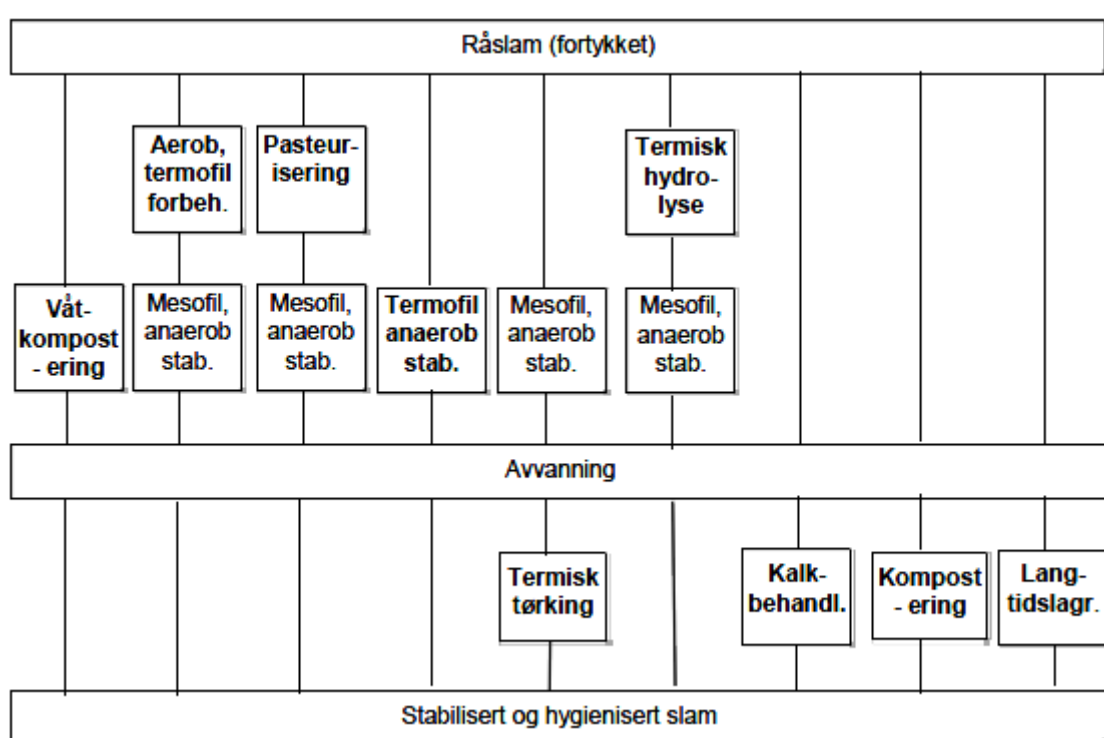
Figur 23 - Prosesskombinasjoner

2.3.7 Slambehandling (Ødegaard, Norsk vann rapport 168, VA teknikk)

Slambehandling omfatter bearbeiding av slammet som skilles ut i rensanlegget og det er gjødselvereforskriften som regulerer behandling, lagring og bruk av avløpsslam. Det er blant annet krav om:

- Stabilisering – Generelt at slammet ikke skal forårsake luktulempere eller andre miljøproblemer.
- Hygienisering – vil si at slammet ikke skal inneholde Salmonella eller ineffektive parasittegg, samt at innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 pr. gram tørrstoff.

Etter for å oppnå stabilisering og hygienisering er vist i illustrasjonen nedenfor (Norsk vann rapport 168).



Figur 24 - Slambehandlingsmetoder

Det skilles vanligvis mellom mekaniske, biologiske og kjemiske slamtyper. Slamtypene kan forekomme hver for seg eller i en blanding før de pumpes til en slambehandlingsenhet.

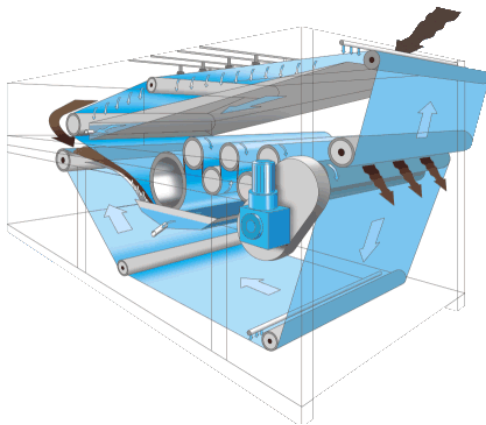
Beregning av slammengder er viktig å få så nøyaktig som mulig. Dersom det finnes prøvedata på sammensetningen av avløpsvannet, samt at kjemikaliedoseringen er kjent, så kan slamproduksjonen beregnes ganske presist med formler. Dersom det ikke finnes slike data kan det foretas overslagsberegninger på slamproduksjon. Her brukes erfaringsmessige mengder tørrstoffproduksjon mhp. prosesstrinn som inngår i anlegget (4.3.7)

Slammet fortykkes vanligvis etter at det er avskilt fra avløpsvannet. Ved fortykking av slam konsentreres tørrstoffinnholdet av slammet, slik at totalt slamvolum reduseres. Tørrstoffinnholdet avhengig av avskillingsprosess, typiske verdier varierer fra 1% – 4% før fortykking, mens tørrstoffinnhold for fortykket slam er 4-5%. Det finnes forskjellige løsninger for fortykking av slam.

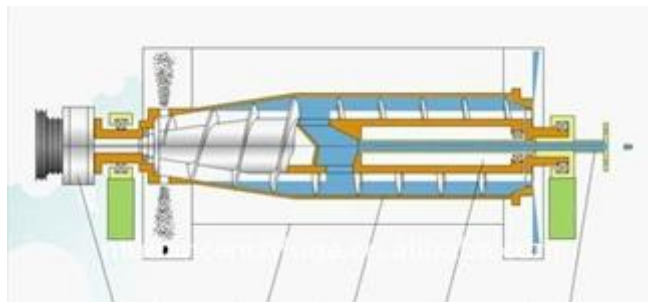
- Gravitasjon
- Flotasjon
- Mekaniske fortykkere

Avvanning av slam har som formål å redusere slamvolumet ved å øke tørrstoffinnholdet i slammet. Avvanning kan skje gjennom mekaniske innretninger eller naturlig ved ekstern lagring i laguner og containere. Det vanligste er bruk av mekaniske innretninger som sentrifuger og silbåndspresse. Typisk tørrstoffinnhold etter mekanisk avvanning er 25 – 35% avhengig av mekanisk innretning, fabrikat, sammensetning av slam, m.m.. Noen vanlige mekaniske innretninger er:

- Sentrifuger brukes for å avvanne slam ved hjelp av å skille partikler gjennom sentrifugalkrefter.
- Silbåndpresser fører slammet gjennom silduker hvor bare vann trenger igjennom, slammet føres så videre gjennom en pressesone og forskyvningssone som avvanner slammet ytterligere.
- Skruepresser fører slam gjennom en trakt ved hjelp av skruer hvor vann presses ut av slammet.



Figur 25 – Silbåndpresse



Figur 26 - Sentrifuge

Rejektvann(Overskuddsvann) som avskilles fra fortykker og avvanner, må ledes tilbake til rensesprosessen.

2.4 Hydrauliske betraktninger

2.4.1 Bestemmelse av høyde på vannspeil (*Ødegaard, VA teknikk*)

Utslippsledning til sjø bør så langt det er mulig planlegges slik at avløpsvannet ledes ut på tilstrekkelig dyp ved hjelp av selvføll. Det vil si at det må være tilstrekkelig overhøyde på vannspeilet i renseanlegget for å skape nok trykk til å føre avløpsvannet ut i sjø. Bestemmelsen av på høyden av vannspeilet er betinget av følgende

Utslippsdybde

Saltvann har tetthet på 1025 g/l, mens ferskvann har en tetthet på ca. 1000 g/l. Dvs. til dypere utslippet er, til større blir trykktapet som følge av tetthetsforskjellen (*Wikipedia*)

Høyeste nivå på springflo

Ved springflo så vil det bli oppstuvning i ledningen. Dette må det tas høyde for i beregningen av høyde på vannspeil. Videre så bør renseanlegg planlegges med en lang tidshorison ca. 50-100 år. Det derfor må det tas høyde for havnivåstigninger. Vestlandsforskning har utarbeidet en rapport som anslår at havnivået i Kristiansund vil stige med ca. 0.7m frem mot år 2100. trykktap beregnes med hydrostatisk formel for trykk på en flate under vann(*Ødegaard, Vann og avløpsteknikk*)

Friksjonstap i ledninger(*Ødegaard, Vann og avløpsteknikk*)

Det vil oppstå friksjonstap i ledning som følge av ruhet i ledningen. Trykktap som følge av friksjon er avhengig av Darcy-Weisbach friksjonsfaktor. Selve trykktapet blir ofte løst med Colebrook – White ligningen via iterasjon. Dimensjoneringen blir vanligvis gjort i beregningsprogrammer eller gjennom diagram.

Samlet trykktap av disse momentene bestemmer minimumsoverhøyde for å få presset vannet ut på ønsket dyp.

2.4.2 Hydraulikk i anlegget (*Ødegaard, VA teknikk*)

Hydraulikken gjennom prosessanlegget bestemmes av:

Singulærtap

Friksjonstap i utstrømnings –og innstrømnings situasjoner mellom kanaler, prosesstrinn, og justeringsluker. Singulærtap bestemmes av en friksjonsfaktor samt hastighet på vannet.

Fall/friksjonstap i kanaler

Fall på interne kanaler. Vanligvis er kanalene så romslig dimensjonert mhp utstyr som skal ned, at friksjonstap i kanalene ikke har så stor betydning. Det er mer fall på kanalenesom avgjør trykktapet.

Nødvendig høydeforskjell på vannspeil ihht. enhetsprosessene

For å forhindre tilbakeslag i foregående prosesstrinn som følge av oppstuvning i anlegget så, legges det inn sprang i trykklinjen. Eksempelvis er det ønskelig at MBBR anlegg er sikret mot tilbakeslag slik at biomediet ikke flyter inn i kanalene.

Innløp

bestemmelsen av volum for pumpeump er avhengig av om det er én pumpe som skal kjøre, eller flere som skal kjøre samtidig. Ved begge tilfellene så er dimensjonering avhengig av ("*Åsmund Bøyum, Sveinn T. Thorolffson, VA-teknikk*"):

- Kapasitet til pumpen.
- Antall pumper som skal kjøre samtidig.
- Startfrekvens pr time.

Overløp

Skal hindre oversvømmelse dersom tilførte vannmengder blir for stor, eller at det er problemer/vedlikehold på anlegget. Det finnes forskjellige typer overløp:

- Høyt sideoverløp
- Tverroverløp
- Virveloverløp

Ved dimensjonering av overløp bestemmes høyde og lengde på overløpskanten, samt størrelse på utløpsåpningen. (*VA miljøblad 74*)

3 Metoder

3.1 Planlagt gjennomføring

Forprosjektrapporten (*Vedlegg 01*) angir hvordan oppgaven var tenkt gjennomført.

Hovedtrekkene for gjennomføringen var:

- Erverve relevant informasjon både mtp. faglig innføring, samt prosjektspesifikke bakgrunnsinformasjon,
- Befaringer/studiebesøk på andre renseanlegg
- Befaringer på tomt.
- Innhente relevant data mhp. vannmengder, samt vurdere dette opp mot beregninger
- Prosjektere/dimensjonere prosesstrinn
- Skissere bygg og utomhusområder
- Møtevirksomhet og rapportering mhp. fremdrift, faglige drøftinger, etc.

3.2 Faktisk gjennomføring

3.2.1 Prosjektspesifikk informasjon

Innhenting av bakgrunnsinformasjon for prosjektet var lett tilgjengelig i følgende kilder:

- «Hovedplan avløp og vannmiljø»,
- «Delutredningen for Nordre Frei» som var gjort i forbindelse med hovedplanen.
- Forslaget til reguleringsplan for Nerdalen.
- Forurensingsforskriften.

3.2.2 Erverv av faglig informasjon

Faglig informasjon som gikk på avløpsrensing var fantes hovedsakelig i kjent litteratur:

- Norsk vann rapport 168 dimensjonering av avløpsrenseanlegg,
- Vann og avløpsteknikk.
- VA-teknikk 2.

Detaljer rundt de spesifikke løsninger for enhetsprosesser og alternativer for utstyr/leverandører, ble søkt opp på internett.

3.2.3 Befaringer/studiebesøk

Det ble foretatt studiebesøk på Ladehammeren renseanlegg,(120000 PE) som er sedimenteringsanlegg med kjemisk felling. Tilknytning til anlegget er 120000 PE. Der ble alle prosesstrinn gjennomgått. Det ble også foretatt studiebesøk til Åse renseanlegg i Ålesund kommune(25000 PE) hvor rensing baserer seg på en kombinasjon av Salsnesfilter, samt kjemikalietilsetting og ettersedimentering. Der ble også alle prosesstrinn, samt utstyr gjennomgått.

3.2.4 Innhente relevant data

Pga. lite egnede målepunkter på ledningsnettet ble datainnsamling for tilrenning gjort fra driftsovervåkingssystemet til Kristiansund kommune. Dataene som ble brukt var logger fra aktuelle pumpestasjoner i rensedistriktet. I samarbeid med kommunen ble relevante pumpestasjoner valgt ut:

- Bolga
- Fossen.

Begge pumpestasjonene er relativt nye, og skal ha god teknisk kvalitet på overvåkingssystemet.

3.2.5 Prosjektere /dimensjonere prosesstrinn

Prosjektering og dimensjonering av prosesstrinn ble i ble gjort i henhold til litteratur som

- Norsk vann rapport 168
- Vann og avløpsteknikk 2012

Beregninger ble foretatt i programmene:

- MS Excel,
- Pipelife sitt beregningsprogram.

3.2.6 Skissere bygg og utomhusplaner

Tegningsfremstilling ble utført på et overordnet nivå med fokus på illustrerende skisser og ikke ferdige byggetegninger. Forslag til reguleringsplan, samt prosessvalg la premissene for utforming og plassering av bygg og anlegg.

Programvaren som ble brukt til tegningsfremstilling var:

- Autocad/Novapoint
- Autodesk Revit

3.2.7 Møtevirksomhet, rapportering, og fremdrift

Møtevirksomhet

Siden utførende student jobber hos oppdragsgiver, ble det ikke avholdt formelle møter, med referat etc. Møteaktivitet og konsultasjon var av uformell karakter, og utført ved behov. Møter med veileder ble i stor grad utført pr. telefon, pga. at oppgaven ble utført i Kristiansund, og at utførende student jobber i Kristiansund kommune. Det ble et par uformelle møter på veileders kontor i høgskolen i Ålesund, hvor tema var status i prosjektet.

Rapportering

Rapporteringsambisjonen ved oppstart av prosjektet med fremdriftsrapportering hver 14. dag ble ikke utført. En slik tett rapporteringsfrekvens ble vurdert som lite hensiktsmessig underveis i prosjektet. Det ble i stedet levert to milepælsrapporter med status på fremdrift, avvikshåndtering, og planlagte aktiviteter ved tidspunkt hvor viktige hovedaktiviteter var utført. Disse utarbeidet og oversendt veileder 12.03.2015, og 20.04.2015(Vedlegg 2).

Verktøyene som ble brukt til rapportering var:

- MS Word
- Paint.net – for bilderedigering

Fremdrift

Det ble utarbeidet fremdriftsplan (*Vedlegg 3*) ved oppstart. Fremdriftsplanen ble revidert i underveis i prosjektet. Stort sett så ble planlagt fremdrift overholdt.

Fremdriftsstyring ble gjort med:

- MS Excel

3.3 Metode

3.3.1 Formler

Overlagsberegning for vannmengder til rensanlegg (Ødegaard, Norsk vann rapport 168)

$$Q_{dim} = k_{maks} * Q_s + k_{ind} * Q_{ind} + Q_i(m^3/time) \text{ (Ligning 1)}$$

- Q_{dim} - dimensjonerende vannmengde ($m^3/time$)
- k_{maks} – maks timefaktor
- Q_s - Midlere spillvannsmengde ($m^3/time$)
- k_{ind} - Maks timefaktor for industrielt avløpsvann
- Q_{ind} - Midlere industriavløpsmengde ($m^3/time$)
- Q_i – midlere infiltrasjonvannmengde ($m^3/time$)

Beregning av volum for pumpeump ved samkjøring av flere pumper (Åsmund Bøyum, Sveinn T. Thorolffson, VA-teknikk)

$$\frac{Q_p}{4 * n_{maks} * p^{0.73}} \text{ (Ligning 2)}$$

- Q_p – kapasitet til en pumpe ($m^3/time$).
- n_{maks} - antall pumpestarter pr. time
- p – antall pumper som skal kjøre samtidig

Korreksjon av arealbelastning ved dimensjonering av MBBR basseng (Ødegaard, Norsk vann rapport 168)

$$A_T = A_{10} * 1,08^{(T-10)} \text{ (Ligning 3)}$$

- A_{10} – Arealbelastning ved temperatur på 10 C°
- A_T – Korrigert arealbelastning
- T er temperatur det korrigeres for

Dimensjonerende overflatebelastning på sedimenteringsbasseng (Ødegaard, Norsk vann rapport 168)

$$v_f = \frac{Q}{A_f} \text{ (Ligning 4)}$$

- v_f – Overflatebelastning (m^2/m^3*time)
- Q – Dimensjonerende vannmengde($m^3/time$)
- A_f – Overflateareal på Sedimenteringsbasseng

Justering av bassengareal som følge av innløps og utløpsforstyrrelser (Ødegaard, Norsk vann rapport 168)

$$A_{tot} = AB + B \text{ (Ligning 5)}$$

- A_{tot} = Totalt areal av basseng (m^2)
- AB = Nominell teoretisk beregnet areal (m^2)
- B = nominell teoretisk verdi av bassengbredden i (m^2).

Beregning av hastighet for vannføring med fritt vannspeil (Ødegaard, Vann og avløpsteknikk)

$$v = M * R^{2/3} * I^{1/2} \text{ (Ligning 6)}$$

- v – hastighet (m/s)
- M - Mannings tall
- M - Hydraulisk radius (m)
- I - Fall på kanal (m/m)

Hydraulisk radius på et vannførende medie (Ødegaard, Vann og avløpsteknikk)

$$R = A/P \text{ (Ligning 7)}$$

- R - Hydraulisk radius (m)
- A - Areal vått tverrsnitt (m^2)
- P - Omkrets av neddykket tverrsnitt (m)

Kontinuitetsligning for vannføring (Ødegaard, Vann og avløpsteknikk)

$$Q = v * a \text{ (Ligning 8)}$$

- Q – Vannføring (m^3/s)
- v – Hastighet (m/s)
- a - arealtverrsnitt (m^2)

Trykk på en flate under vann (Ødegaard, Vann og avløpsteknikk)

$$p = h * \gamma \text{ (Ligning 9)}$$

- p – Trykk (N/m^2)
- h - høyde (m)
- γ – tetthet av væsken (N/m^3)

Dimensjonering av rør (*Pipelife.no*)

Program som benytter seg av Colebrook-White ligningen:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(\frac{1}{3.7D_h} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}}\right)$$

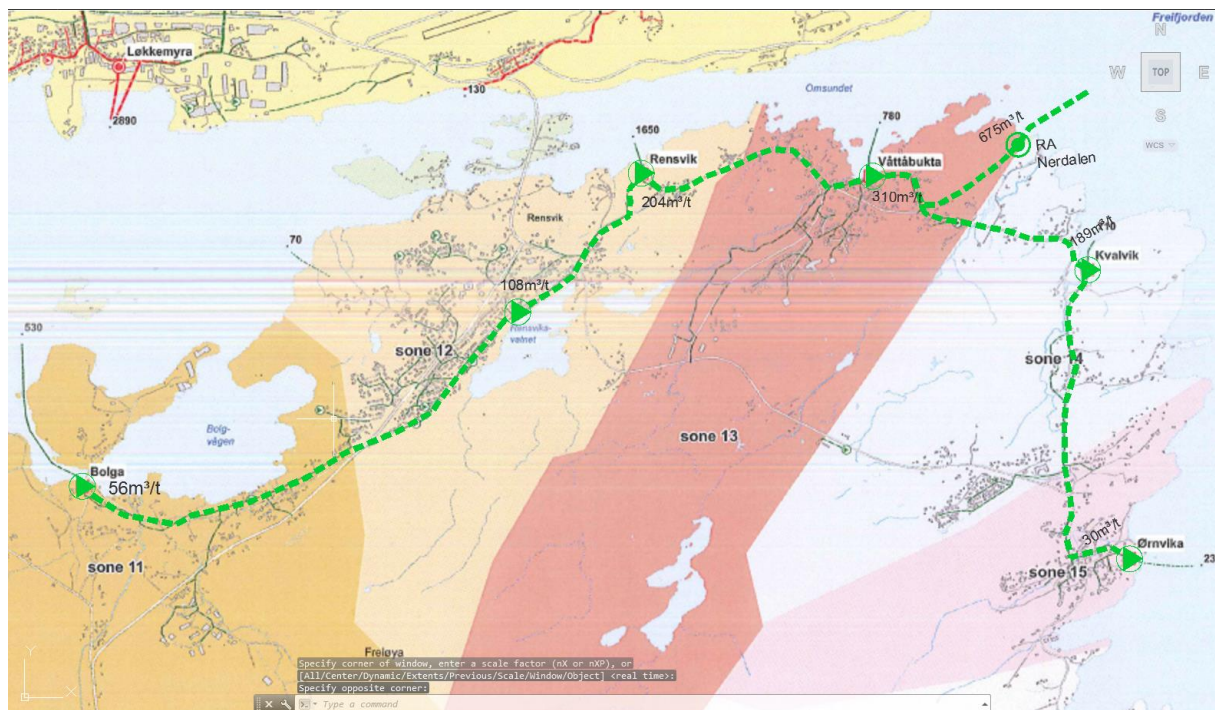
4 Resultater

4.1 Vurdering av mengde og sammensetning av avløpsvann for nordre Frei

4.1.1 Ledningsnett og overføringssystem

Overføringssystem

Vannmengdene som skal føres til rensanlegget i Nerdalen kommer fra følgende områder på Frei vist i bildet under.



Figur 27 – Tilrenningsdata Fossen

Overføringssystemene for Nordre Frei skal bygges om slik at det ved eks. slamavskillere i de forskjellige områdene skal bygges pumpestasjoner. Dvs. at tilførselen av avløpsvann til rensanlegget på Nerdalen vil i hovedsak foregå med pumping. Hovedstasjonene vest for Nerdalen skal etableres i Bolga, Fossen, Rensvik, og samles opp i pumpestasjon ved Våttåbukta for Nerdalen. Sør for Nerdalen vil det også bli overført avløpsvann fra Kvalvik og Ørnvika. I 2050 er det stipulert at anlegget i Nerdalen vil belastes med ca. 10000 PE ihht. "hovedplan avløp og vannmiljø".

Ledningsnett

Ledningsnett på Nordre Frei består i all hovedsak av separatsystem, hvor overvann føres via overvannsledninger til nærliggende bekk eller vassdrag. Likevel er det en del innlekking av fremmedvann til avløpsnett, spesielt i området ved Bolga. Dette skyldes feilkoblinger og dårlig kvalitet på rørledninger og skjøter.

4.1.2 Vurdering og bestemmelse av mengde avløpsvann (2.1.2)

Vannmengdene på nordre Frei består i stor grad av avløpsvann knyttet til sanitære anlegg i boliger, skoler, butikker og annen næring. Det er ikke industri i området som produserer industrielt avløpsvann(prosessvann).

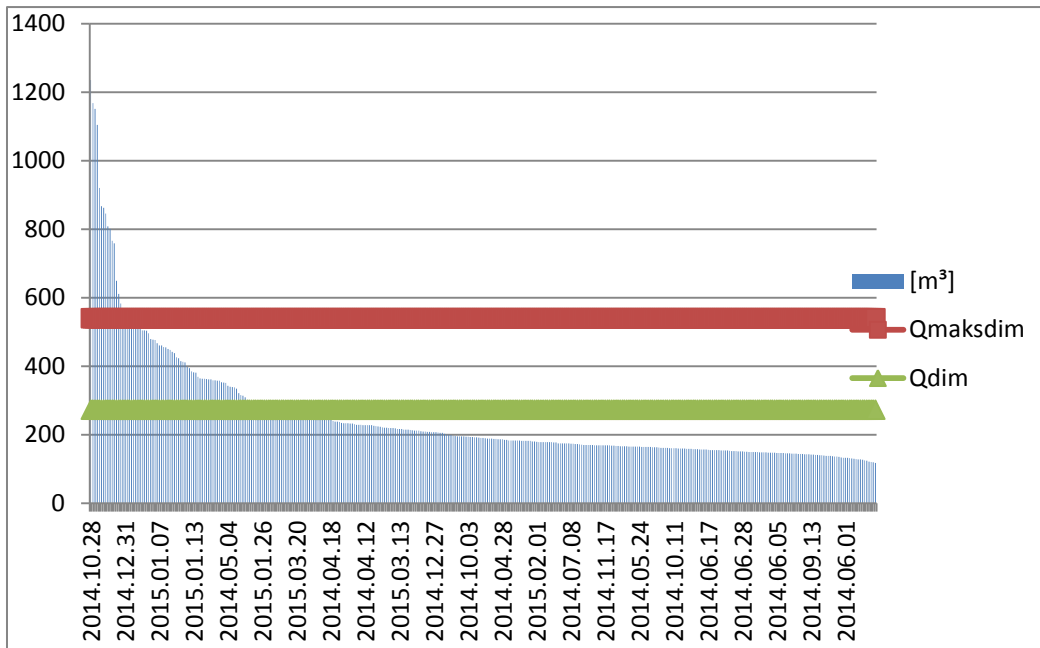
Måling av vannmengder

Ved dagens utforming av ledningsanlegget finnes det få representative målepunkter på avløpsnett. Derfor er måledata fra overvåkingssystem i nye pumpestasjoner tatt i bruk for å få en pekepinn på hvilken tilrenning som kan forventes. De mest egnede målingene fra Målingene er tatt fra stasjonene i Bolga(bygget 2014) og Fossen(bygget 2013).

Grafene nedenfor viser data tatt fra overvåkingssystemet for Bolga og Fossen. Dataene er basert på midlere timetilrenning($m^3/time$) på døgnbasis (2.1.2), hvor antall $m^3/døgn$ er vist langs y-aksen. Det gir at Q_{dim} skal være vannmengden som overskrides i 25% av årets døgn, mens $Q_{maksdim}$ er vurdert til vannmengden som overskrides i 5% av årets døgn.

Fossen

- $Q_{dim} = 272 \text{ m}^3/\text{døgn}$
- $Q_{maksdim} = 539 \text{ m}^3/\text{døgn}$

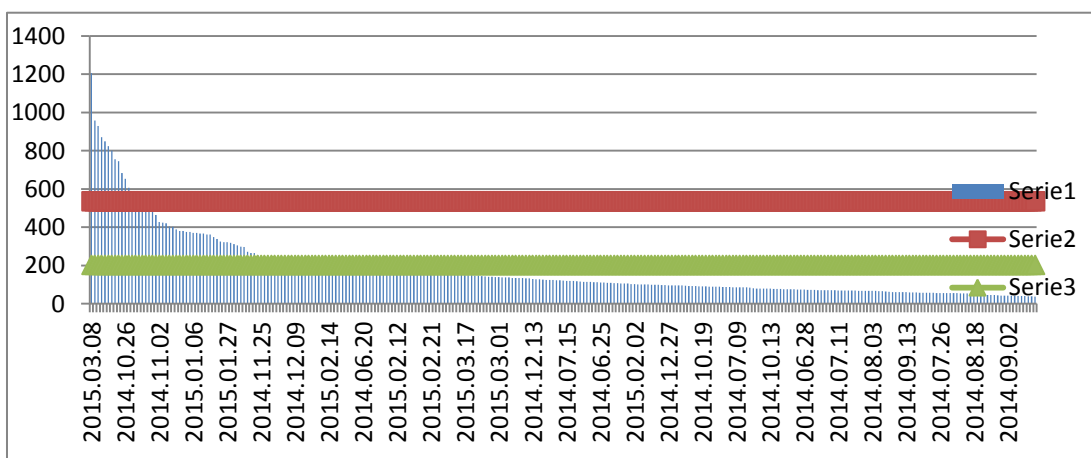


Figur 27 – Tilrenningsdata Fossen

Måledata for Fossen pumpestasjon har begrenset verdi da tilknytning til stasjonen ble gjort etappevis ble overført ved oppstart av stasjonen derfor kan ikke disse vektlegges i særlig stor grad.

Bolga

- $Q_{dim} = 202 \text{ m}^3/\text{døgn}$
- $Q_{maksdim} = 536 \text{ m}^3/\text{døgn}$



Figur 28 – Tilrenningsdata Bolga

Tabellene nedenfor viser stipulering av fremtidige vannmengder basert på måledata fra pumpestasjonene i Bolga og Fossen:

	Bolga	Fossen	Gjennomsnitt
Antall PE i dag	530	1200	1730
Q_{dim}			
Tilrenning (m ³ /døgn, 25% av årets døgn):	205	272	477
m ³ /døgn pr PE:	0,387	0,227	0,276
m ³ /time pr PE	0,016	0,009	0,011
Fremtidig belastning med grunnlag 10000 PE – Q_{dim}(m³/t)	161	94	115
Q_{maksdim}			
Tilrenning (m ³ /døgn, 5% av årets døgn):	536	540	1076
m ³ /døgn pr PE:	1,011	0,450	0,622
m ³ /time pr PE	0,042	0,019	0,026
Fremtidig belastning med grunnlag 10000 PE – Q_{maksdim}(m³/t)	421	187,50	260
Q_{maks}			
Maks tilrenning i måleserien:	1205	1235	2440
m ³ /døgn pr PE:	2,27	1,029	1,410
m ³ /time pr PE	0,094	0,043	0,588
Fremtidig belastning med grunnlag 10000 PE – Q_{maks}(m³/t)	940	430	587

Tabell 04 – Stipulert belastning basert på tilrenningsdata

Tidligere vurderinger av vannmengder

Ifbm. delutredning for Nordre Frei ble fremtidige avløpsmengder ble stipulert med bakgrunn i driftsovervåkningsdata fra pumpestasjoner:

- Q_{dim} – 192 m³/time
- Q_{maksdim} – 518 m³/time
- Q_{maks} – 1036 m³/time

Videre så utførte Asplan Viak også en overordnet vurdering ifbm. reguleringsplanen for Nerdalen. Hvor Q_{dim}, og Q_{maksdim} ble stipulert til følgende ved 10000 PE:

- Q_{dim} – 252 m³/time
- Q_{maksdim} – 504 m³/time

Både mengdene stipulert i delutredningen, samt ved reguleringsplanen, virker å være høye sett i forhold til måledata fra pumpestasjonene. Spesielt mtp. at det er det store innlekkingsproblemer i ledningsnettet ved pumpestasjonen i Bolga.

Overslagsberegning av vannmengder

Infiltrasjon og innlekking

For innlekking så er det vanskelig å stipulere en representativ vannmengde siden dette er avhengig av vannføringsmålinger i ledningsnett og nedbørsmålinger. Avløpsvannet vil i hovedsak bli overført til rensanlegget via pumpesystemer. Derfor er det rimelig å anta at ved store nedbørshendelse vil ikke innlekkingsvann fra pumpestasjonene bli overført til rensanlegget på Nerdalen. Videre så er ledningsnett på nordre Frei separatsystem. Slik at nedbørsavhengig innlekking bør være mulig å begrense med tiltak på ledningsnett. Kristiansund kommune har fokus på denne problematikken og jobber aktivt med å redusere innlekking. I fremtiden er det rimelig å anta at mengden fremmedvann i systemet reduseres. Videre vil ombygging av overføringsanlegg, samt etablering av infrastruktur til 5000 nye PE(halvparten av total belastning på rensanlegget) redusere innlekkingsproblematikken ytterligere. Med bakgrunn i disse momentene så vurderes det som unødvendig å dimensjonere enhetsprosesser for større mengder fremmedvann utover infiltrasjon fra grunnvann. Derfor er det i overslagsberegningene bare medtatt et anslag på infiltrasjonsmengde iht. norsk vann rapport 168.

Beregning (2.1.2)

Ved overslagsberegning skal følgende formel brukes hvor utregningen er vist i tabellen nedenfor.

$$Q_{dim} = k_{maks} * Q_s + k_{ind} * Q_{ind} + Q_i(m^3/time) \text{ (Ligning 1)}$$

- $k_{maks} = 1.45$
- $Q_s = 0,2 \text{ m}^3/d*pe$
- $k_{ind} = 0$ siden det ikke er industrielt avløpsvann.
- $Q_{ind} = 0$ siden det ikke er industrielt avløpsvann.
- Q_i – For Q_i er det satt opp to alternativer - 100 l/d*pe, og 200l/d*pe i tabell 05
- For å finne $Q_{maksdim}$, så multipliseres Q_{dim} med en faktor **m**. Faktoren her er basert på erfaringstall fra det nye rensanlegget på Hagelin. Likeledes er det brukt erfaringstall fra Hagelin for å bestemme faktoren **n** som gir maksimal mengde vann som skal gjennom ristene i anlegget.

Overslagsberegning for tilrenning				
	Infiltrasjon 0,1m ³ /d * pe		Infiltrasjon 0,2m ³ /d * pe	
	m ³ /t	l/s	m ³ /t	l/s
Antall PE	10000	10000	10000	10000
Midlere tilrenning l/pd - Q _{middel}	0,2	200	0,2	200
midlere spillvannsmengde over døgnet - Q _s	83,33	23,15	83,33	23,15
maks time - k _{maks}	1,46	1,46	1,46	1,46
midlere infiltrasjonsmengde	0,1	100,00	0,2	200,00
Q _i	41,67	11,57	83,33	23,15
Q_{dim}	163	45	205	57
m	2,5	2,5	2,5	2,5
Q_{maksdim}	408	113	513	142
n	1,5	1,5	1,5	1,5
Q_{maks}	613	170	769	214

Tabell 05 – Overslagsberegning for tilrenning avhengig av infiltrasjon

Konklusjon

Overslagsberegning av tilrenning			Vannmengder fra delutredning	Vannmengder fra reguleringsplan	Stipulert Bolga	Stipulert Fossen	Konklusjon
	Infiltrasjon 0,1m ³ /d * pe	Infiltrasjon 0,2m ³ /d * pe					
Q _{dim} (m ³ /t)	163	205	192	252	161	94	180
m	2,5	2,5	2,70	2,00	2,6	2,0	2,5
Q _{maksdim} (m ³ /t)	408	513	518	504	421	188	450
n	1,5	1,5	2	2	2,2	2,3	1,5
Q _{maks} (m ³ /t)	613	769	1036	1008	940	430	675

Tabell 06 – Vurderingsalternativer og konklusjon for dimensjonerende vannmengder

Dimensjonerende vannmengder er bestemt ut i fra samlet vurdering av tilgjengelige måledata og beregninger i samråd med Kristiansund kommune. Vannmengdene stipulert i delutredningen, samt i reguleringsplanen virker å være i overkant konservative vurdert opp mot tilrenningen til pumpestasjonen i Bolga. Derfor vektlegges overslagsberegningene, samt stipulering basert på måledata fra pumpestasjonen i Bolga. Q_{dim} og Q_{maksdim} fra Bolga stemmer bra med overslagsberegningene som er gjort. Mens for Q_{maks} så bidrar innlekkingsproblematikk ved større nedbørshendelser i stor grad til vannmengden. Derfor er det kommet frem til følgende dimensjonerende vannmengder:

- Q_{dim} settes lik **180 m³/t**
- m settes lik **2,5**
- Q_{maksdim} settes lik **450m³/t**
- n settes lik **1,5**
- Q_{maks} settes lik **675 m³/t**

4.1.3 Vurdering av avløpsvannets sammensetning (2.1.1)

Å bestemme sammensetning for avløpsvannet som skal ledes til renseanlegget på Nerdalen er vanskelig. I og med at overføringsanleggene skal bygges om så vil det være stor usikkerhet knyttet til validiteten for evt. prøver tatt av avløpsvannet nå. Videre så er det også et moment at halvparten (5000PE) av dimensjonerende belastning vil komme som følge av fremtidig utbygging. Nå er det ikke lagt opp til omfattende industriutvikling i gjeldende planer for nordre Frei, og fremtidig belastning vil sannsynligvis bestå av sanitært avløpsvann. Det er derfor vurdert at Norsk vann rapport 168 sine retningslinjer er det beste alternativet for å bestemme avløpsvannets sammensetning. Antatt kjemisk belastning blir da ved 10000 PE:

Konklusjon

- BOF5: $10000 \text{ pe} * 60 \text{ g/pe} * d = \mathbf{600\text{kg/d}}$
- KOF: $10000 \text{ pe} * 120 \text{ g/pe} * d = \mathbf{1200 \text{ kg/d}}$
- Fosfor: $10000 \text{ pe} * 1.8 \text{ g/pe} * d = \mathbf{18 \text{ kg/d}}$
- Nitrogen: $10000 \text{ pe} * 12 \text{ g/pe} * d = \mathbf{120 \text{ kg/d}}$
- Suspendert stoff(SS): $10000 \text{ pe} * 70 \text{ g/pe} * d = \mathbf{700\text{kg/d}}$

4.2 Valg av rensemetode

Dette avsnittet tar for seg vurdering og valg av renseprinsippene knyttet til hovedelementene i anlegget. Nærmere beskrivelse, vurdering, og dimensjonering av elementene i enhetsprosessene blir gjort i kapittel 3.

4.2.1 Vurdering av primærrensing kontra sekundærrensing

Fremdriftsmessig så vil renseanlegget vil bli bygget tidligst i 2020 ihht. til hovedplan for avløp og vannmiljø. Videre så vil økonomiske forhold i Kristiansund kommune i sammenheng med SSB vurdering av befolkningstetthet på nordre Frei også ha vesentlig påvirkning på når et renseanlegg i Nerdalen vil bli bygget. Det er derfor en vesentlig risiko for at skjerping av renskrav vil føre til at unntaksmuligheten faller bort enten før dette anlegget blir bygget, eller kort tid etter at anlegget er bygget.

Konklusjon

Med bakgrunn i disse momentene så vil det være lite fremtidsrettet å legge opp til at det skal bygges et anlegg basert på primærrensekravet. Derfor velges det å planlegge et anlegg som skal tilfredsstillere sekundærrensekravet ihht. §14.8 i forurensingsforskriften.

4.2.2 Vurdering av forbehandling (2.3.2)

Konklusjon

Forbehandling vil være rister for fjerning av søppel, samt luftet sandfang med fettfang(Hartmann sandfang). Dette er en vanlig løsning som blant annet skal bygges på det nye renseanlegget på Hagelin i Kristiansund.

4.2.3 Vurdering av separasjonsmetode (2.3.5)

For separasjon av suspendert stoff fra avløpsvannet er de to mest aktuelle måtene sedimentering og flotasjon. Siling er vurdert som lite aktuelt siden renseseffekten ved siling/filtrering veldig avhengig av avløpsvannets sammensetning. Eksempelvis så har det nye renseanlegget på Retiro i Molde hatt store problemer med å klare primærrensekravet ved sitt silanlegg (Salsnesfilter). Det er videre fra Kristiansund kommune sin side vurdert som uaktuelt å ha en renseløsning basert på siling mhp. mulighet for å oppnå sekundærrensekravet.

Sedimentering

Tradisjonell sedimentering er en arealkrevende løsning men krever mindre teknisk utstyr sammenlignet med flotasjon. Dette gjør også at drifting av tradisjonelle sedimenteringsløsninger vil være mindre ressurskrevende enn flotasjon. Det er også en mer robust løsning ved uønskede hendelser som svikt i teknisk utstyr. Slam vil fremdeles avskilles dersom andre enhetstrinn skulle svikte.

Flotasjon

Flotasjon er en mindre arealkrevende løsning en sedimentering, og gir en høyere tørrstoffkonsentrasjon kontra sedimentering. Dette gjør at slammet ikke trenger fortykning. Videre så er det mindre krav til fjerning av fett i forbehandlingen. Flotasjon krever en del mer maskinelt utstyr, og dermed også en del mer ressurser til drifting og overvåking. Videre så egner flotasjon seg dårlig som eneste rensetrinn. Ved evt. uønskede hendelser så vil det antageligvis være lav renseseffekt på vannet som slippes ut.

Vurdering

I forbindelse med utredning av rensemetode for det nye anlegget som skal bygges på Hagelin ble det foretatt en vurdering av økonomiske forhold knyttet til renseprosessene. Det viste seg at investeringskostnaden var tilnærmet lik for begge anleggene. Selv om sedimenteringsbasseng har større kostnader for prosessbygget, så har flotasjonsanlegg større kostnader knyttet til selve prosessbiten. Det er ikke spesielle forhold ved Nerdalen som gjør at disse vurderingene ikke er relevante.

Driftsmessig så vil kostnader knyttet til drifting være høyere ved et flotasjonsanlegg. Driftsstabiliteten er også mer utsatt ved et flotasjonsanlegg kontra sedimentering, da selve avskillingen i flotasjon er avhengig av at mekanisk utstyr ikke svikter.

Konklusjon

Basert på vurderingene som er gjort så er det i samråd med Kristiansund kommune valgt en løsning hvor avskilling skjer ved tradisjonell sedimentering. All den tid investeringskostnadene for et flotasjonsanlegg vil være lik som et sedimenteringsanlegg, så er driftsmessige hensyn mest vektlagt. Videre så vil et anlegg bygget langs knausen på den østre del av tomten ha tilstrekkelig plass gitt at de andre proesessenhetene er kompakte. Videre er følgende kriterier vektlagt:

- Robusthet mhp. drift.
- Samsvar mellom prosessene på renseanlegget som skal bygges på Hagelin og renseanlegget på Nerdalen også vektlagt.

Dimensjonering av basseng er vist i avsnitt 4.3.6

Med bakgrunn i tall fra renseanlegget som skal bygges på Hagelin i Kristiansund kan kostnadene for anlegget stipuleres til ca. 32 millioner NOK.

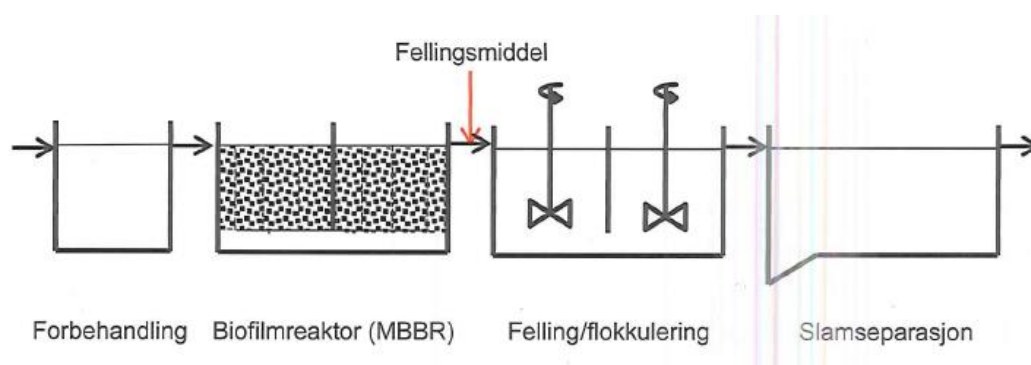
4.2.4 Vurdering av prosess for å oppnå sekundærrensekrav (2.3.3, 2.3.4)

Vurdering og konklusjon

Sekundærrensekravet kan oppnås både med kjemisk felling, samt ved biologisk rensing. For kjemisk rensing så er det små marginer og varierende erfaringer mhp. å oppnå sekundærrensekravet i Norge. For avløpsvannet som skal til Nerdalen er det uklart hvordan sammensetningen av avløpsvannet vil være. Derfor er det vurdert slik at et kravet om sekundærrensing vil ha best mulighet til å oppnås gjennom et biologisk trinn, hvor det også tas høyde for kjemikalstilsetning.

4.2.5 Konklusjon for renseprosess

Vurderinger gjort i overstående avsnitt gjør at anlegget dimensjoneres som et mellomfellingsanlegg, hvor det legges opp til kjemisk/biologisk felling.



Figur 29 – Mellomfellingsanlegg

4.3 Vurdering, beskrivelse og dimensjonering av prosesstrinn

4.3.1 Innløpsarrangement (2.3.1)

Innløpsarrangementet består i hovedsak av følgende elementer

Nødoverløp og kum med stengeventil

Nødoverløpet plasseres før inntaksarrangementet og skal være en sikkerhetsanordning dersom det skulle være nødvendig å stenge avløpstrømmen før inntakskammeret. Her tas det høyde for å ivareta hendelser der eksempelvis ved vedlikeholdsarbeider i inntakskammeret. Nødoverløpet etableres utenfor bygningskroppen, slik at det er et separat element. Kum med stengeventil sørger for å stenge vannstrømmen inn til anlegget ved behov.

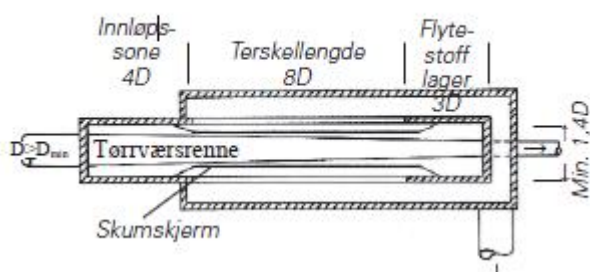
Inntakskammer med overløp.

Inntakskammeret er planlagt å stå inne i bygningskroppen.

Fra ledningsnettets føres avløpsvannet først gjennom inntakskammeret, hvor det er overløp.

Overløpet skal hindre oversvømmelse på oversvømmelse i anlegget, samt ledningsnett oppstrøms.

Overløpet utføres som høyt sideoverløp siden dette passer best med hvordan rommene i kjelleren er disponert. Det blir et ensidig sideoverløp. For dimensjonering brukes "VA-miljøblad 74" sine retningslinjer.



Figur 30 – Dimensjoner på høyt sideoverløp

Ved bruk av figur 30 blir dimensjonene på overløpet følgende:

- Innløpledning har diameter $D = 0.4\text{m}$.
- Sidekant på overløp skal være $8 * D = 3.2\text{m}$.
- Flytestofflager skal være: $3 * D = 1.2\text{m}$.
- Innløpssone skal være: $4 * D = 1.6\text{m}$.
- Rennebredde skal være: $1.4 * D = 0.6\text{m}$.

Steinfang

Etter inntakskammeret føres vannet via et steinfang hvor grus/stein som kan skade pumper og annet utstyr, skiller ut før avløpsvannet samles i sumpen.

Pumpesump

Sumpen skal fungere som utjevningsmagasin hvor avløpsvannet samles før det pumpes videre inn på anlegget. Sumpen er formet som en trakt for å hindre at sedimenter legger seg i bunnen av sumpen. Utforming av traktbunn er planlagt mhp. at anlegget skal ha tre innløpspumper.

Pumperom med pumper og synk.

Fra sumpen går det tre sugeledninger inn til pumperommet, en til hver pumpe. Pumperommet er et "tørt" rom ved siden av sumpen. Det er planlagt tre pumper hvor to skal til sammen håndtere maksimal innkommende vannmengde. Ved bruk av flere pumper er anlegget mer fleksibelt mhp. styring av vannmengder, samt ved vedlikehold av pumpeutstyret. For evt. lekkasjer og vannbruk ved rengjøring er det planlagt en synk i pumperommet, denne skal ha egen pumpeanordning for å pumpe lekkasje/spylevann tilbake til sumpen.

Dimensjonering av pumper og pumpesump

Dimensjonerende vannmengde for innløpsanordningen er $Q_{maks} = 187.5 \text{ l/s} (675 \text{ m}^3/\text{t})$. Det forutsetts at to pumper skal til sammen håndtere Q_{maks} , dvs. **hver pumpe må en kapasitet på 100 l/s.**

Ved bruk av flere pumper som skal pumpe samtidig bestemmes volumet av sumpen etter følgende parametre:

- Kapasiteten til en pumpe pr time - $Q_p: 0,1 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 = 360 \text{ m}^3/\text{t}$
- Maks antall pumpestarter pr. time – n_{maks} . maks antall pumpestarter bestemmes ut i fra størrelse på pumpeanlegg og tilrenningsvariasjon. Ved små pumper og store variasjoner er det vanlig å ha 10 starter pr. time. Ved større pumpeanlegg med mindre tilrenningsvariasjoner så vil det være fornuftig å ha en lavere startfrekvens. (2.4). Denne stasjonen er av en viss størrelse, **velger derfor n_{maks} 5**
- Antall pumper – $p = 2$ (i drift samtidig).

Beregning av sumpvolum ved flere samtidige pumper blir da gjort ved følgende ligning:

$$\frac{Q_p}{4 * n_{maks} * p^{0.73}} \text{ (Ligning 2):}$$

Nødvendig volum på pumpesump blir da:

$$\frac{360m^3}{4 * 5 * 2^{0.73}} = 10,8m^3$$

Konklusjon

Tilpasset bygningsmessig forhold så bestemmes volumet til 11.5m³ (Vedlegg 7, 9)

4.3.2 Forbehandling (2.3.2)

Rister

For dette anlegget så er hovedhensikten at ristene skal fjerne søppel fra avløpsvannet. Det er ønskelig at utskilling av organisk stoff i størst mulig grad skjer i sedimenteringstrinnet, og ikke i forbehandlingen. Dette gjør at det blir valgt finrister som forbehandling, slik at søppel som q-tips, lange fiber, etc. også blir tatt ut av avløpsvannet.

Siden renseanlegget er av mindre størrelse(10000 PE), så begrenser det kanalbredden . Enkelte leverandører kan levere rister til kanaler med bredde ned til 200mm. Når utvalg, samt vannføring er tatt i betraktning så er det valgt en kanalbredde på 400mm hvor ristene skal stå for å få tilstrekkelig høyde på vannet i forkant av ren rist. Trykktap over ren rist er vanligvis lavt, og det aksepteres vanligvis et trykktap på 15-30cm over rist med slamteppe(Delvis tilslammet). Siden anlegget har lav vannføring ved Q_{dim} så velges det derfor en maks trykktap på 20cm.

Det skal installeres to rister hvor hver av ristene skal ha kapasitet for maksimal innkommende vannmengde(Q_{maks}). Én rist skal være i drift pr dag, hvor det alterneres mellom begge ristene for å få lik slitasje

Konklusjon rister

Det er mange typer fabrikat av rister på markedet hvor utforming på ristene er leverandøravhengig. Dimensjoneringsmessig så stilles det derfor følgende krav til ristene som leverandøren må oppfylle:

- **To rister av lik utforming.**
- **Lysåpning 2-4mm.**
- **Ristene skal være maskinrenset.**

- **Kapasitet - $Q_{maks} = 188$ l/s.**
- **Bredde kanal 400mm.**
- **Trykktap over rist skal maks være 20 cm.**

Forventet mengde ristgods er vist i tabellen nedenfor(2.3.2)

Parameter	Enhet	Antall PE	Vått ristgods	Presset ristgods	Vasket ristgods
Volum	l/pe * år	10000	100 m ³ /år	40 m ³ /år	25 m ³ /år
Vekt	kg/pe * år	10000	100 tonn/år	40 tonn/år	25 tonn/år

Tabell 07 – Forventet ristgodsproduksjon

For å oppnå best mulig tørrstoffinnhold i ristgodset så velges det ristgodsvasker. Det skal leveres en stk. ristgodsvasker med kapasitet 273 l/d med vått ristgods.

Ristgodset skal avvannes i pressrør eller annen mekanisk innretning før det transporteres videre til nedkastsjakt til container.

Container for ristgods

Det skal leveres en stk. container for ristgods. Med bakgrunn i at ristgods vaskes så antas det et TS innhold på 40%. Produksjon av ristgods antas å være pr uke:

$$\frac{25 \text{ m}^3/\text{år}}{50} = 0,5\text{m}^3$$

Med tømning hver uke så kreves det ikke mer enn 0,5m³ som lagringsvolum. Dvs en liten container.

Rejektvann som ledes tilbake til anlegget vil være ca. 205 l/dag.

Sandfang

Kriteriene for dimensjonering av sandfang er:

- Oppholdstid $v/Q_{dim}(m^3/minutt)$: ≥ 10 minutter
- Oppholdstid $v/Q_{maksdim}(m^3/minutt)$: ≥ 3 minutter, eks fettfangsone.
- Overflatebelastning fettfangsone ved Q_{dim} : $\leq 18m^3/m^2*time$
- Helning på skråbunn i sandlommer: $\geq 50^\circ$

Det er anbefalt at maks gjennomstrømningshastighet ikke overstiger 0,2 m/ ved maksimal tilrenning("Enkle rensometoder").

Dimensjonerende vannmengder:

- $Q_{dim} = 180 m^3/time$
- $Q_{maksdim} = 450 m^3/t$

Dimensjonering av sandfangvolum med hensyn på Q_{dim} :

$$\frac{180*10}{60} = 30m^3(\text{minimum}) \text{ for totalt sandfangvolum.}$$

Dimensjonering av sandfangvolum med hensyn på $Q_{maksdim}$:

$$\frac{450*3}{60} = 22,5m^3(\text{minimum}) \text{ totalt sandfangvolum eks. fettfang}$$

Dimensjonering av areal for fettfangsone:

$$\text{Det gir: } \frac{180}{18} = 10m^2 \text{ (minimum areal fettfangsone)}$$

Det skal som sagt bygges to linjer i anlegget, og for sandfang så er det forutsatt at begge linjer skal være i drift samtidig.

Mhp. så utforming er parameterne angitt i avsnitt 2.3. 2, veiledende anbefalinger. I praksis så må utformingen sees i sammenheng med prosessanlegget ellers, som bygningsomfang, samt utstyr som skal benyttes, etc. For sandfangene i dette anlegget legges det vekt på anbefalingene, tilpasninger for byggehøyde fra kjeller til 1. etg.

Konklusjon sandfang

- Bredder 2,5m, fordelt på 1.2 meter fettfangsone og 1,0 meter sandfangsone(skillevegg 0,3m)
- Vanndybde inklusive slamlomme: 3,4m
- Areal av tverrsnitt: ca. 5,3m²(eks. skillevegg)
- Lengde 7 meter.
- Areal fettfangsone = 7m * 1.2m = 8,4m²

Dette gir da følgende kapasiteter pr sandfang(Q_{dim}, og Q_{maksdim} halveres pga. to sandfang):

- Oppholdstid for sandfangvolum med hensyn på Q_{dim}:

$$\frac{7m \cdot 5.3m^2 \cdot 60min.}{90m^3/t} = 24.7 \text{ minutter oppholdstid, som er } > 10 \text{ minutter}$$
- Oppholdstid for sandfangvolum med hensyn på Q_{maksdim}(eks. fettfang):

$$\frac{1m \cdot 3.4m \cdot 7m \cdot 60min.}{225m^3/t} = 6,75 \text{ minutter oppholdstid, som er } > 3 \text{ minutter}$$
- Overflatebelastning fettfang:

$$\frac{90}{8.4} = 11m^3/m^2 \cdot t \text{ som er } < 18m^3/m^2 \cdot time$$

Sandmengder (2.3.1)

Forventet sandmengder er som følger:

Parameter	Enhet	Antall PE	Våt sand	Avvannet sand	Vasket sand
Volum	l/pe*år	10000	100 m ³ /år	50 m ³ /år	10m ³ /år
Vekt	Kg/pe*år	10000	100 tonn/år	75 tonn/år	25 tonn/år

Tabell 08 – Forventet sandproduksjon

Sandskrape

Sandrenne har bredde 1m, og det skal installeres sandskraper som skrapper sand til uttakslomme. Dette er samme løsning som er brukt på renseanlegget på Hagelin. Sandskraper utformes etter bredde på sandrenne.

Sandpumpe

Sandpumpe skal pumpe sand fra sandlomme til sandvasker. Kapasitet må være 275 l/dag.

Sandvasker

Det skal installeres sandvasker for å fjerne organisk stoff fra sanden som kommer fra sandfanget. Sandvasker må ha kapasitet på 275l/dag. Videre så må utskillingsgrad være 95% ved kornstørrelser på 0,2m. Glødetap skal være maks 5%.

Container for sand

Det skal leveres en stk. container for vasket sand. Med bakgrunn i vasking så antas TS innholdet i sand å være 90% produksjon av sand antas å være pr uke:

$$\frac{10 \text{ m}^3/\text{år}}{50} = 0,2\text{m}^3$$

Med tømning hver uke så kreves det ikke mer enn 0,5m³ som lagringsvolum. Dvs. en liten container.

Rejektvannmengde som ledes tilbake til anlegget er vil være ca. 246 l/dag.

Fettskraper

Drar av flyteslam i fettfangsonen til renner hvor slammet(fett) pumpes videre til slamcontainer. Utformes etter fettfangsone på sand og fettfang. Bredde fettfangsone er 1,2m.

Fettpumpe

Det skal installeres egenpumpe for å pumpe fett til container. Fettmengdene er antatt å være av mindre omfang da det er lite aktivitet med fettavskilling. Denne blir dimensjonert av maskinleverandør.

4.3.3 MBBR Biofilmreaktorbasert bevegelig bæremateriale (2.3.3)

Valget som er tatt for biologisk rensetrinn er MBBR, som også er bioreaktoren som er mest benyttet i dag.

En av fordelene med prosessen fleksibiliteten mhp. fyllingsgraden. Eksempelvis kan det tas høyde for fremtidig belastning og dimensjonere reaktoren(bassenget) for dette, mens det innledningsvis belastes med lav fyllingsgrad av bærere, for så å ha muligheten til å øke fyllingsgraden senere om det skulle være påkrevet.

En annen fordel er at reaktorvolumet er langt mindre enn ved eksempelvis ved aktivslamanlegg, siden biomassen er mer aktiv og død biomasse vaskes ut til sedimenteringstrinnet.

Videre så er denne prosessen også uavhengig av nedstrøms separasjonstrinn.

Utover de nevnte fordelene, så er det begrenset ombyggingspotensiale på tomten. Derfor det ønskelig at prosessbygget har fleksibiliteten til å etablere biotrinns innenfor eksisterende bygningsmasse uten å måtte endre separasjonstrinnet. Siden MBBR-reaktoren er kompakt så vil det kostnadmessig være forsvarlig å bygge bioreaktoren i prosessbygget, selv om anlegget skulle få innvilget unntak fra sekundærrensekravet (§ 14 i forurensingsforskriften) ved bygging av anlegget.

Dimensjonering

Dimensjoneringskriterier for dette anlegget baserer seg på **behandlingsmålsetting a** siden anlegget bare skal ta bort organisk stoff uten nitrifikasjon eller fjerning av nitrogen. Kravet er da at hoveddelen av BOF_5 skal fjernes enten ved BOF_5 reduksjon $> 70\%$ eller at mengden $\text{BOF}_5 < 25\text{mg/l}$, videre skal mengden KOF $< 125\text{mg/l}$ på utløp.

Behandlingsmålsetting	Organisk arealbelastning $\text{g BOF}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	Ammonium arealbelastning $\text{g NH}_4\text{-N}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	$\text{NO}_x\text{-N}_{\text{ekvivalenter}}$ arealbelastning $\text{g NO}_x\text{-N}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
A. Hoveddelen av BOF_5 skal fjernes: $> 70\%$ fjerning eller $< 25\text{ mg BOF}_5/\text{l}$ i utløp • Uten kjemisk felling • Med kjemisk felling	$< 8^1$ $< 11,5^1$		
B. I tillegg til A: Hoveddelen av $\text{NH}_4\text{-N}$ skal nitrifiseres: • $< 15\text{ mg BOF}_5/\text{l}$ • $< 3\text{ mg NH}_4\text{-N}/\text{l}$	$< 4^2$	$< 0,8^{3,7}$	
C. I tillegg til A og B: Hoveddelen av tot N ($>70\%$) skal fjernes: • For-denitrifikasjon • Etter-denitrifikasjon • Kombinert for- og etterdenitrifikasjon			$< 0,3^{4,5}$ $< 0,6^6$ $< 0,3^4$ i for-DN-reakt. $< 0,6^6$ i etter-DN-reakt.

¹ Det forutsettes at reaktoren er inndelt i minst to adskilte kammer (angitt verdi gjelder totalvolum), og at oppholdstiden ved Q_{maksdim} er ≥ 30 min.

² Dimensjoneringsverdi for den reaktordelen som forutsettes å fjerne organisk stoff før nitrifikasjonen

³ Dimensjoneringsverdi for den reaktordelen som forutsettes å fjerne ammonium ved nitrifikasjon

⁴ Forutsatt at C/N-forhold i innkommende vann til fordenitrifikasjonsreaktoren er

$\geq 3,5\text{ g BOF}_5/\text{g NO}_3\text{-N}_{\text{ekviv, inn}}$

⁵ Forutsatt at resirkulert vannmengde fra nitrifikasjons- til fordenitrifikasjonsreaktor $> 300\%$ av $Q_{\text{midl, inn}}$

⁶ Forutsatt tilsatt eksternt karbonkilde tilsvarende C/N-forhold i innkommende vann til etterdenitrifikasjonsreaktoren $\geq 3\text{ g BOF}_5/\text{g NO}_3\text{-N}_{\text{ekviv}}$. (evt. $4,5\text{ g KOF}/\text{g NO}_3\text{-N}_{\text{ekviv}}$)

⁷ Forutsatt dimensjonerende oksygenkonsentrasjon i nitrifikasjonsreaktoren $> 7\text{ mg O}_2/\text{l}$

Figur 31 - Dimensjonerende verdier for MBBR reaktorer

Dette gir at organisk arealbelastning for anlegget ihht. figur 31 skal være $< 11,5\text{ g BOF}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, gitt at temperatur på vannet er 10°C . Det er imidlertid sannsynlig at gjennomsnittstemperaturen på avløpsvannet gjennom året er noe lavere. Uten at dette er målt så vurderes det som fornuftig å ta høyde for lavere gjennomsnittstemperatur som en sikkerhetsfaktor mhp. arealbelastning.

Formel for korreksjon av arealbelastning mhp. temperatur er:

$$A_T = A_{10} * 1,08^{(T-10)} \text{ (Ligning 3)}$$

hvor T er temperatur det korrigeres for. Det antas at gjennomsnittstemperaturen er så lav som 6°C. Dette gir da:

- $A_T = 11,5 \text{g BOF}_5/\text{m}^2 * \text{d} * 1,08^{(6-10)} = 8,5 \text{g BOF}_5/\text{m}^2 * \text{d}$. som blir maks arealbelastning.

Siden anleggsstrukturen på nordre Frei skal bygges om så finnes det ikke representative målinger for mengde BOF₅. Det tas derfor utgangspunkt i forurensingsmengder oppgitt i i Norsk vann rapport 168:

- Antall BOF₅ pr. PE antas å være : 60g/pe*d. Det gir 60000g/d.
- Krav om oppholdstid ved $Q_{\text{maksdim}} > 30$ minutter.

Fyllingsgraden av bæremediet er normalt 65%. Det legges inn en sikkerhetsfaktor slik at dimensjonerende fyllingsgrad er 60%.

Biomediet som det tas utgangspunkt er K3(*kaldnes.no*) og har en overflatekapasitet på 500m²/m³.

Størrelsen på bioreaktorene blir som følger:

Nødvendig areal biomedium:

$$\frac{60000 \text{g/pe*d}}{8,5 \text{g BOF}_5/\text{m}^2 * \text{d}} = 70600 \text{m}^2$$

Nødvendig volum for bioreaktor, justert for fyllingsgrad på 60%:

$$\frac{70600 \text{m}^2}{500 \text{m}^2/\text{m}^3 * 0,6} = 236 \text{m}^3$$

Oppholdstid skal minimum være 30 minutter ved Q_{maksdim} :

$$\frac{236 \text{m}^3 * 60 \text{min}}{450 \text{m}^3/\text{t}} = 31,3 \text{ minutter} > 30 \text{ minutter} - \text{Dvs. krav om oppholdstid er ok}$$

Bioreaktorene skal fordeles på to linjer slik at nødvendig volum på hver linje er 118m³

Kaldnes har blitt kontaktet angående utforming av basseng, og har oppgitt følgende tommelfingerregler for optimal utforming av basseng:

- Fortrinnsvis kvadratiske kamre.
- Optimal dybde er 4-5 meter.

Mhp. bygningsmessig utforming så er dybden fra vannhøyden til bunn basseng 3,4m

Det gir følgende areal på basseng: $\frac{118m^3}{3.4m} = 34.7m^2$ pr linje.

Konklusjon:

Mhp. bygningsmessig utforming så blir arealet på hvert basseng 34.9m³

4.3.4 Kjemisk Felling (2.3.4)

Siden sammensetningen av avløpsvannet ikke er kjent så er det i samarbeid med Kristiansund kommune vurdert at Al/Fe og polymer blir mest sannsynlig fellingskjemikalier som blir brukt ved kjemisk felling.

Det er Q_{dim} som er dimensjonerende vannmengde mhp. oppholdstid i flokkuleringsbassenget. I figur 32, så er det antall kammer samt tilsetningsstoffer som bestemmer dimensjonerende oppholdstider.

Kjemikalium	Antall kammer med omblending		
	2	3	4
Primær- og sekundærfelling samt biofilmanlegg m/felling ²			
Aluminium (III)	> 25	> 20	> 15
Jern (III)	> 25	> 20	> 15
Al/Fe + polymer ³	> 15	> 12,5	> 10
Kalk eller Jern (II) + kalk	> 20	> 15	> 12,5
Etterfelling			
Aluminium (III)	> 30	> 25	> 20
Jern (III)	> 30	> 25	> 20
Al/Fe + polymer ³	> 20	> 15	> 12,5
Kalk eller Jern (II) + kalk	> 25	> 20	> 15

¹⁾ Når flotasjon eller filtrering benyttes som separasjonsprosess, kan oppholdstiden settes 5 min lavere enn det som er angitt for sedimentering

²⁾ Flokkulering ved simultanfelling, se nedenfor

³⁾ Når organisk flokkulant (polymer) tilsettes etter tilsetting av aluminium eller jern

Figur 32 – Dimensjoneringsdata for flokkuleringsbasseng før sedimentering. Total oppholdstid i minutter

For dette anlegget så er det som sagt Biofilmanlegg med felling ved AL/FE + polymer som er grunnlag for dimensjonering av bassengstørrelsen. Dette gir at oppholdstid skal være > 15 minutter ved to kammer og 10 minutter ved fire kammer. Dybden på kammeret er Dimensjonering av bassenger mhp. antall kammer er vist i tabellen under:

Dimensjonering av flokkuleringsbasseng(pr. basseng)			
Antall kammer	2	3	4
Minimum oppholdstid(minutter)	15	12,5	10
Vannmengder - $Q_{dim}/2(m^3/minutt)$	1,5	1,5	1,5
Volum flokkuleringbasseng(m^3)	22,5	18,8	15
Dybde(m)	3.1	3.1	3.1
Areal flokkuleringsbasseng(m^2)	7,3	6,1	4,9
Areal pr. kammer(kvadratisk, m^2)	4	2,1	1,3
Minimum dimensjoner pr. kammer bredde x lengde	2,0m x 2,0m	1,5m x 1,5m	1,2m x 1,2m
Minimum dimensjon pr. basseng	4,0m x 2,0m	4,5m x 1,5m	2,4m x 2,4m

Tabell 09 – Dimensjonering av flokkuleringsbasseng

Konklusjon

Siden det er lite forskjell i areal på alternativene, så vil det ikke være noe økonomisk fordel å ha flere enn to kammer. Ved flere kammer trengs også flere omrøringsanordninger. Mhp. bygningsmessig utforming blir hvert flokkuleringsbasseng $8m^2$, med volum på $24 m^3$

4.3.5 Sedimentering (2.3.5)

Dimensjonering og utforming

Dimensjonering av sedimenteringsbasseng gjøres ved følgende formel:

$$v_f = \frac{Q}{A_f} \text{ (Ligning 04).}$$

For dette anlegget så vil bassengene ha en dybde på 3 meter med bakgrunn i bygningsmessig utforming. (Vedlegg 5)

Sedimenteringsbassengenes funksjon	Vanndyp ¹⁾ m	Overflatebelastning m ³ /m ² · time		
		Q _{dim}	Q _{maksdim}	
Eneste rensetrinn	≥ 2,5	1,6	2,5	
Forsedimentering	Foran aktivslamprosess, biofilmprosess eller kjemisk fellingsprosess	≥ 2,5	2,4	4,8
Primær- eller sekundærfelling	Etter flokkuleringsreaktor	2,5	1,0	1,6
		≥ 3,0	1,3	2,0
Sluttsedimentering uten kjemisk felling	Etter biofilmreaktor	2,5	0,8	1,1
		≥ 3,0	1,0	1,6
Sluttsedimentering ved etterfelling	Direkte etter biofilmreaktor	2,5	1,0	1,6
		≥ 3,0	1,3	2,0
Sluttsedimentering ved etterfelling	Etter aktivslamprosess eller biofilmprosess (med egne separasjonsanlegg)	2,5	1,0	1,6
		≥ 3,0	1,3	2,0

¹⁾ For spissbunnede basseng uten slamskrape skal flaten på 1 meters vanndyp oppfylle kravene. Som vanndyp regnes den totale vanndybde fratrukket 1,0 m, som slamsone.

Figur 33 – Dimensjoneringsdata for konvensjonelle sedimenteringsbasseng unntatt sedimentering av aktivslam

Når overflatebelastninger dimensjonerende så skal det kompenseres for forstyrrelser i innløpsonen. Dette gjøres ved følgende ligning: $A_{tot} = AB + B$ (Ligning 05) Hvor:

- A_{tot} = Totalt areal av basseng.
- AB = Nominell teoretisk beregnet areal i m²
- B = nominell teoretisk verdi av bassengbredden i m².

Mhp. utforming av bassenget så er det noe avvikende anbefalinger på rektangulære horisontalstrømmende basseng (2.3.5).

På andre anlegg så er det litt varierende praksis som er benyttet:

- Hagelin renseanlegg (Kristiansund, under bygging) - bredde/lengdeforhold på ca. 1:4.7
- Åse rensanlegg(Ålesund) - bredde/lengdeforhold forhold ca. 1:5,2
- Ladehammeren renseanlegg(Trondheim) bredde/lengdeforhold forhold ca. 1:7.

For dette anlegget er det tatt utgangspunkt i at lengde/ breddeforhold bør være en plass mellom 4:1 og 6:1 mhp. byggepotensiale på tomten, samt øvrige prosesstrinn.

Ihht. Figur 24 så er funksjon av sedimenteringsbassenget en forutsetning for vurdering av hvilken overflatebelastning som skal tillates. Dette anlegget er et mellomfellingsanlegg med kjemikalietilsetning, derfor tas det utgangspunkt i kriteriene for "Primærfelling etter flokkuleringsreaktor" (Figur 32). Synkehastigheten på partiklene ved kjemisk felling, er avhengig av tilsetningsmiddelet. Ved bruk av polymer, så kan tillatt overflatebelastningen antas å øke med 0.5. (norsk vann rapport 168)

I og med at vannbelastningen skal fordeles på to basseng(to linjer), så blir vannmengdene pr. basseng:

$$Q = \frac{Q_{maksdim}}{2}$$

Gitt overnevnte forutsetninger, vil følgende dimensjoneringsparametre gjelde:

- Q_{dim}
 - $Q = \frac{180}{2} = 90 \text{ m}^3/\text{time}$
 - $v_f = 1,3 + 0,5 = 1,8 \text{ m/time}$
 - $A_f = \frac{Q}{v_f}$
- $Q_{maksdim}$
 - $Q = \frac{450}{2} = 225 \text{ m}^3/\text{time}$
 - $v_f = 2,0 + 0,5 = 2,5 \text{ m/time}$
 - $A_f = \frac{Q}{v_f}$
- Bassengbredden er satt til 4.5m av hensyn til bygningsutforming og øvrig utforming av prosessanlegg.

Utregning mhp. areal for gitt overflatebelastning er vist i tabell nedenfor.

Dimensjonering av basseng					
Q _{dim}			Q _{maksdim}		
v _f (m/t)	Q(m ³ /t)	A _f (m ²)	v _f (m/t)	Q(m ³ /t)	A _f (m ²)
1,8	90	50,00	2,5	225,00	90,00

Tabell 10 – Dimensjonering av sedimenteringsbasseng

Dvs. nødvendig overflateareal pr sedimenteringsbasseng skal være minimum 90m²(teoretisk). Dette skal justeres for innløpsforstyrrelser, og med en antatt bredde på 4,5m så blir arealet følgende:

$$A_{tot} = 90m^2 + 4.5m^2 = 94,5m^2 \text{ (minimum)}$$

Minimumslengden for bassenget blir da:

$$\frac{94m^2}{4,5m} = 21m$$

Konklusjon:

Ved minimumslengde så blir lengde/breddeforhold 4,6:1. Siden det er utløpsrenne mellom sedimenteringsbassengene på siste tredjedelen av lengderetningen, samt langs enden på sedimenteringsbasseng 1(Vedlegg 7,8), så er lengdene på bassengene tilpasset dette, og gir følgende dimensjoner:

	Sedimenteringsbasseng 1	Sedimenteringsbasseng 2
Lengde	22.3m	23m
Bredde	4.5m	4.5m
Bredde v/utløpsrenne	4.1m	4.1m
Areal	98.5m ²	101.4m ²
Lengde/breddeforhold	5:1	5.1:1

Tabell 11 – Utforming av sedimenteringsbasseng

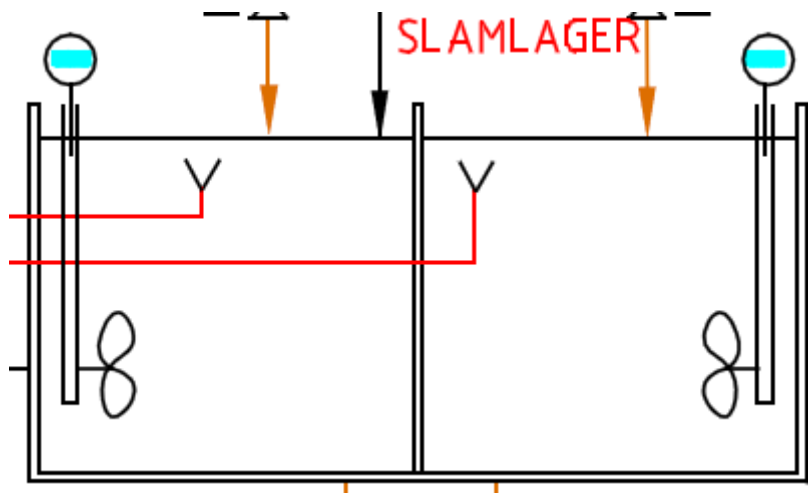
4.3.6 Slamproduksjon og slambehandling (2.3.7)

Kristiansund kommune har ikke anlegg for deponering av slam, og slam i Kristiansund kommune blir fraktet til Vestnes for deponering. Derfor vil slambehandlingen bestå av fortykking og avvanning. Tilsvarende løsning har også det nye renseanlegget som bygges på Hagelin. Slammet som produseres vil være blanding av kjemisk og biologisk, da det bare er ett avskillingstrinn i renseprosessen. Slammet vil ledes fra slamlommer i sedimenteringsbasseng til slamlager ved hjelp av pumper. Slammet vil etter fortykking bli tilsatt polymer og avvannes i sentrifuge.

Gravitasjonsfortykker

Vurdering og beskrivelse av planlagt løsning

For dette anlegget er det valgt en løsning hvor slamlager og fortykker kombineres ved at slammet sedimenteres i slamlageret, og vann dekanteres på toppen. Videre blir det plassert omrørere i slamlagrene som rører slammet slik at det får et likt tørrstoffinnhold like før pumping til sentrifuger. Dette er en løsning som også er planlagt på Kristiansund kommunes nye renseanlegg på Hagelin. Dette gir er samme løsning som på Renseanlegget på Hagelin, noe som er en fordel mhp. driftsmessige. Videre så trengs det ikke annet mekanisk utstyr for fortykking utenom det som blir installert i slamlageret/fortykkeren.



Figur 34 – Kombinert slamlager/fortykker

I og med at fortykkeren er et slamlager, så dimensjoneres slamlager/fortykkere med bakgrunn på tørrstoffinnhold på 1%.

Når sammensetningen av avløpsvannet på nordre Frei er ukjent mhp. fremtidig anleggsstruktur, så må vurderingen av slammengden vurderes ut i fra figur 35 (*Norsk vann rapport 168*)

Renseprosesser	Slamproduksjon¹ g SS/pe · d	SS-innhold før fortykking² %	Andel organisk stoff (FSS) % av SS
MEKANISK			
Sedimentering eller finsiling	40	2 - 4	70 - 90
BIOLOGISK			
Aktivslamprosessen			
- Behandlingsmålsetting A	50 ³ (80) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
- Behandlingsmålsetting B	45 ³ (65) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
- Behandlingsmålsetting C ⁵	40 ³ (60) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
Biofilmprosesser			
- Behandlingsmålsetting A	55 ³ (85) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
- Behandlingsmålsetting B	50 ³ (70) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
- Behandlingsmålsetting C ⁵	45 ³ (65) ⁴	0,5 - 1,5	70 - 80
KJEMISK			
Primær- og sekundærfelling (inkl. forsedim.)			
- aluminium eller jernsalter	100	1 - 2	60 - 70
- kalk	200	3 - 5	45 - 55
Simultanfelling (kun kjemisk slam)	25	0,5 - 1,5	65 - 75
Etterfelling (kun kjemisk slam)			
- aluminium eller jernsalter	30	0,5 - 1,0	40 - 50
- kalk	175	3 - 5	20 - 30

1. Verdiene for slamproduksjon er angitt for hver enhetsprosess, og total slamproduksjon for et anlegg fås ved å summere slamproduksjonen for de enheter som inngår i anlegget. For anlegg uten separat mekanisk rensing må det tas hensyn til denne slamproduksjonen ved bruk av tallene for de andre enhetsprosessene
2. TS-innholdet i slam direkte fra separasjonstrinnet vil variere med type separasjonsmetode. Verdiene i denne tabellen gjelder for sedimenteringsbasseng, og variasjonsområdene skal ta hensyn til forskjellig utforming av slamkommer, slamfjerningsutstyr, pumperegime etc.
3. Med forsedimentering (slamproduksjonen i forsedimenteringen kommer i tillegg)
4. Uten forsedimentering
5. Dersom det benyttes ekstern karbonkilde, må den slamproduksjon som den ekstra tilsatt BOF-mengde representerer, legges til. Benytt beregningsformelen: $SP_{\text{ekstern karbonkilde}} = 0,8 \cdot BOF_{\text{omsatt}}$

Figur 35 – Forventet slamproduksjon ved forskjellige renseprosesser

I norsk vann rapport 168 er det forklart følgende ved bruk av tabellen: "Verdiene for slamproduksjon er angitt for hver enhetsprosess, og total slamproduksjon i anlegget fås ved å summere slamproduksjonen for de enhetene som inngår i anlegget." Dette kan forstås at verdiene skal legges sammen ukritisk for hvert prosessstrinn anlegget har. I så tilfelle ville dette anlegget som har biologisk trinn – kjemisk trinn – sedimentering, gi en slamproduksjon på:

$$85g \text{ SS/pe} * d(\text{biofilm}) + 25g \text{ SS/pe} * d(\text{simultanfelling}) + 40g \text{ SS/pe} * d = 150g \text{ SS/pe} * d.$$

Denne mengden virker uvanlig høy. Sammenligningsvis så har Lademoen renseanlegg i Trondheim (kjemisk anlegg) tørrstoffproduksjon på ca. 40g SS/pe*d. Videre så virker det ulogisk at utskilling av tørrstoffet ikke skulle inngå i mengdene beskrevet i hvert prosessstrinn. Tabellen tolkes derfor slik at utfelling av tørrstoff er medtatt i de aktuelle prosessstrinn, dvs. selve slamproduksjon ved sedimentering er medtatt i biologisk og kjemisk slam. Dette gir følgende forutsetninger for beregning av slamproduksjon:

- Biologisk anlegg - biofilmprosess
- Behandlingsmålsetting A
- Ingen forsedimentering
- Anlegget er mellomfellingsanlegg(kjemisk/biologisk), en variant av simultanfelling (Ødegaard, Vann og avløpsteknikk) dvs. bare kjemisk slam.

Dimensjonerende tørrstoffproduksjon g SS/pe*d blir da som følger:

$$85g \text{ SS/pe} * d + 25g \text{ SS/pe} * d = \mathbf{110g \text{ SS/pe} * d}$$

Tilknytning til anlegget er 10000 PE Det gir en total tørrstoffproduksjon(g SS) pr dag:

$$110g \text{ SS/pe} * d * 10000 \text{ pe} = \mathbf{1100kg \text{ tørrstoff(SS)}}$$

Slammet har et tørrstoffinnhold på 1% ved overføring fra sedimenteringsbasseng, videre så forutsettes det at slammet et volum på 1ml/g*SS (Norsk vann rapport 168) det gir følgende volumproduksjon av slam pr. dag:

$$\frac{1100kg * 0,001m^3}{0.01} = \mathbf{110m^3 \text{ med slam pr dag}}$$

Volum av slamlager bestemmes av tømmefrekvensen i tillegg til daglig produksjon av slam. Det forutsettes at sentrifuger ikke er i drift i helgene, slamlageret må da ha kapasitet til 3 dagers slamproduksjon. Totalt volum på slamlager/fortykker:

$$110m^3 * 3 \text{ dager} = \mathbf{330 m^3}.$$

Høyde på slamlager med 0.5m "freeboard" er 3.9m (Vedlegg 9). Areal for slamlager/fortykker må da være:

$$\frac{330m^3}{3.9m} = \mathbf{84m^2}$$

Rejektvannmengder bestemmes av oppnådd tørrstoffinnhold i fortykningen. For beregning av rejeckt vannmengder forutsettes et oppnådd tørrstoffinnhold på 4%. Det vil si at gjennomsnittlig mengde rejeckt vann som produseres pr. dag vil være

$$110m^3 - \frac{1100kg * 0,001m^3}{0,04} = 82,5m^3$$

Volumet på slammet blir dermed redusert til 27,5m³.

Slampumper

Slampumper skal transportere slam fra slamlager til fortykker, videre skal det også være slampumper som pumper slam fra fortykker til sentrifuge.

Fortregningspumper av typen eksenterskruepumper er pumpetypen som er planlagt, alternativt kunne hvirvelhjulspumper vært brukt. Bakgrunn for valg er at Kristiansund kommune ønsker mest mulig likt utstyr som blir installert på det nye renseanlegget på Hagelin i Kristiansund, for å ha en mest mulig effektiv drift.

Som skrevet i innledningen (1.3), så er det leverandør av prosess som skal dimensjonere maskinelt utstyr med de mengder som prosjektet resulterer i. Derfor blir det her beregnet minimumsverdier som pumpene skal lever mhp. volum/time.

Konklusjon pumper

Siden det er to sedimenteringsbasseng, så må det installeres to pumper for hvert av sedimenteringsbassengene, samt to pumper for hvert av slamlagrene. Utstyr skal dubleres av driftsmessige hensyn. Det gir at hver av pumpene må ha kapasitet til total daglig produksjon av slam som er 110m³ pr. dag.

Slamproduksjon pr. time blir da:

$$\frac{110m^3}{24t} = 5m^3/t.$$

Det som er viktig mhp. pumper er optimale driftsforhold. Kapasiteten for pumper avgjøres av antall starter, samt optimale driftsforhold mhp. belastning osv.

Polymeranlegg

Polymer tilsettes i avvanningsprosessen for å skille vann og slam ved hjelp av kjemisk reaksjon.

Distribusjon skjer via et doseringsanlegg som består av følgende hovedkomponenter:

- Doseringsapparat for utmating til oppløser
- Oppløser
- Overføringssystem
- Modningstank.
- Doseringstank
- Utstyr for måling av doseringsmengde til avvanningsenheten.
- Doseringspumper
- Doseringsledninger

Dette anlegget er vanlig og skal benyttes på Renseanlegget på Hagelin i Kristiansund kommune

Dimensjonering av utstyr tanker og blandingsforhold gjøres av prosessleverandør, og sees i sammenheng med tilbudt av sentrifuge.

Avvanning - Sentrifuger

Sentrifuger er valgt som avvanningsløsning for dette anlegget. Som med de andre mekaniske innretningene så er utstyrvalg vurdert ut fra utstyr som skal monteres på renseanlegget på Hagelin

Konklusjon sentrifuge

Det er leverandør av prosessanlegg som dimensjonerer pumper ut i fra krav som blir satt. Det forutsettes at slamlager/fortykket har en gjennomsnittlig tømmeffektivitet på 2 dager. Det gir følgende krav til sentrifuge

- Skal avvanne slam slik at tørrstoffinnhold på 30%
- Takler tørrstoffbelastning på 400-500 kg/time.

Mengden rejektivann vil være avhengig av oppnådd tørrstoffinnhold i avvannet slam. Gitt overstående krav om 30% tørrstoffinnhold, vil produksjonen av rejektivann fra avvanning bli følgende:

$$27,5m^3 - \frac{1100kg * 0,001m^3}{0,30} = 23,9 m^3$$

Dette gir at mengden slam som skal pumpes til container er ca. 3,6m³ pr dag

Lagring av avvannet slam

Siden Kristiansund kommune har avtale med ekstern leverandør for fjerning av slam, så skal slammet lagres i container mellom hver tømming. Containertypen som brukes for slam er lukket for å begrense luktproblematikk. Containeren må ha nok volum til å håndtere daglig produksjon av slam.

Tømmefrekvensen vil være avhengig av slamproduksjon. Før alle overføringsystemene er på plass så vil slamproduksjonen være redusert. Derfor vil også tømmefrekvensen og containerstørrelse være mindre. Det tas likevel høyde for maks. slamproduksjon, da containerstørrelsen har innvirkning på utforming av rom for containere. Maks tømmefrekvens settes til en gang pr uke. Det foretatt relativt konservative beregninger mhp. slammengder, og lagringstiden i slamlagrene kan vare i opp til 3 dager. Derfor vil daglig produksjon til container vil i realiteten ikke overstige fem dager pr. uke. Da blir nødvendig containervolum følgende:

$$5 * 3,6m^3 = 18m^3$$

Konklusjon containerstørrelse

Typiske containerstørrelser er fra 3,7 – 20 m³. Mhp. rådende usikkerhet rundt slammengder, samt at containeren har betydning for utforming av containerrom, så velges en container på 20m³.

4.4 Utslipp og resipient

Utslippspunktet for avløpsledningen er i Freifjorden. Det ble foretatt strømningsmålinger utenfor Nerdalen i 2012 – 2013 av Norconsult. I rapporten fra arbeidet ble det konkludert med at resipientegenskapene ble vurdert som gode, strømningshastigheten ble klassifisert som “sterk” – “veldig sterk”. Utslippsdyp ble anbefalt til 60m med bakgrunn i strømningsretningene. Dette er noe dypt i forhold til andre anlegg, men det er i denne oppgaven ikke foretatt ytterligere målinger, slik at utslippsdybde på utslippsledning bestemmes til 60m dybde. Ledning for overløp plasseres vanligvis noe grunnere. I reguleringsplanen for Nerdalen, samt i delutredningen så anbefales det en utslippsdybde på 20m.

4.5 Hydrauliske beregninger

4.5.1 Bestemmelse av høyde på vannspeil i sedimenteringsbasseng, og utslippsledning (2.4.1)

For beregning av nødvendig høyde på vannspeil i sedimenteringsbassengene så må det tas høyde for følgende:

- Trykktap i ledningen som følge av forskjell i tetthet mellom utslippsvann og sjøvann
- Nivå på overflaten ved stormflonivå
- Friksjonstap i utslippsledningen.

Trykktap som følge av tetthetsforskjell

- Densitet på sjøvann er 1025g/l
- Densitet på ferskvann er 1000g/l

Trykk på sjøbunn i saltvann vil da være 25 g/l mer enn ved ferskvann.

Ved bruk av hydrostatiske formel for beregning av trykk:

$p = h * \gamma$ (Ligning 09) blir tap som følger av tetthetsforskjell følgende:

$$60m * 0,025 = 1,5m$$

Stormflonivå

Stormflonivå i Kristiansund kommune er estimert til +2,64 i år 2100 som følge av klimaendring og havnivåstigning. Med bakgrunn i dette velges stormflonivå på + 2.7.

Dimensjonering av utslippsledning

Parametre for dimensjonering av utslippsledning er:

- Dimensjonerende vannmengde – $Q_{maksdim} = 125$ l/s
- Lengde til utslippsdyp 60m – ca. 350m.
- Minste fall på ledning settes til 10 ‰ (Va-norm for Kristiansund kommune).
- Siden ledning skal være sjøledning velges PE SDR 17 som ledningsmaterialet.

Ved beregning i pipelifes beregningsprogram vil PE 450 SDR 17($D_i = 397\text{mm}$) være tilstrekkelig dimensjon mhp. vannføring.

Beregn

Avløpsrør (trykkløst) Kapasitet og hastighet ▾
 Trykkrør

Rørdata

Utvendig diameter D_u [mm] SDR [-]
 Innvendig diameter D_i 397 [mm]
 Ruhet μ 1 [mm] **Råd**
 Fall α 10 ‰ ▾

Beregnete verdier

Resultater

Strømningshastighet V 1.76 [m/s]
 Kapasitet Q 218 l/s ▾

Figur 36 – Beregning av vannføring av utslippsledning

Trykktapet i utslippsledningen(PE 450 SDR17) ved vannføring $Q_{maksdim}$ blir ihht. pipelifes beregningsprogram 1.2 mVs.

Beregn

Avløpsrør (trykkløst) Trykktap og hastighet ▾
 Trykkrør

Rørdata

Utvendig diameter D_u [mm] SDR [-]
 Innvendig diameter D_i 397 [mm]
 Ruhet μ 1 [mm] **Råd**
 Rørledningens lengde L 380 [m]

Opplysninger om trykkforhold

Ønsket kapasitet Q 125 l/s ▾

Beregnete verdier

Resultater

Strømningshastighet V 1.01 [m/s]
 Trykktap ΔP 1.21 mVs ▾

Figur 37 – Beregning av trykktap i utslippsledning

Høyde på vannspeil i sedimenteringsbasseng

Totalt trykktap er vist i tabell nedenfor

Trykktap som følge av Stormflonivå	Trykktap som følge av tetthetsforskjell	Trykktap pga. friksjon i utlippsledning	Totalt trykktap
2.7m	1.5m	1.2m	5.4m

Tabell 12 – Totalt trykktap ved utslipp

Konklusjon

Tabell 12 viser at oppstuvingsnivå i utlippsledning vil være kote +5.4 ved vannføring $Q_{maksdim}$. For sikkerhets skyld legges det inn en sikkerhetsfaktor på 0.6 meter mhp. oversvømmelse av tomten. Kotehøyden på uteplass må da være +6.0.

Sedimenteringsbasseng skal ha dybde 3 meter. Kotehøyde på vannspeil blir da + 9.0.

4.5.2 Dimensjonering av kanaler (2.4.2)

Kanalene innbyrdes i anlegget skal støpes som rektangulære kanaler i betong. Støping av kanaler vil inngå i byggearbeidene, men må dimensjoneres mhp enhetsprosesser, og hydraulisk belastning ellers. For dimensjonering av vannførende kanaler (åpen strømning) (2.3.8) så brukes Mannings formel for å bestemme hastighet på avløpsvannet:

$$v = M * R^{2/3} * I^{1/2} \text{ (Ligning 6)}$$

Følgende parametre trengs ved bruk av Mannings formel:

- Mannings tall for betong = 76(engineeringtoolbox.com)
- Hydraulisk radius: $R = A/P$ (Ligning 7)
 - A = areal vått tverrsnitt
 - P = Omkrets av neddykket tverrsnitt.
- I : Fall på kanal.

For å finne vannføring brukes Bernoullis kontinuitetsligning:

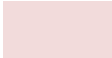
$$Q = v * a \text{ (Ligning 8)}$$

- Her trengs hastighet v og areal a av vått tverrsnitt

Dimensjoneringen er vist i tabell 13 med aktuelle kanaldimensjoner. Tabellen viser Hydraulisk radius(R), hastighet(v – m/s) og vannføringsmengde(Q – m³/t) ved forskjellige fallsituasjoner og forskjellige dimensjoner på kanalen. I forkant av rist så er det Q_{maks} som er mest kritisk

Dybde/ Bredde	Fall 10 %						Fall 2 %					
	0,3			0,4			0,3			0,4		
	R	v	Q	R	v	Q	R	v	Q	R	v	Q
0,1	0,06	1,16	126	0,07	1,25	180	0,06	0,52	56	0,07	0,56	80
0,15	0,08	1,35	219	0,09	1,48	319	0,08	0,60	98	0,09	0,66	143
0,2	0,09	1,48	319	0,10	1,64	472	0,09	0,66	143	0,10	0,73	211
0,25	0,09	1,57	423	0,11	1,76	632	0,09	0,70	189	0,11	0,79	283
0,3	0,10	1,64	531	0,12	1,85	799	0,10	0,73	237	0,12	0,83	357
0,35	0,11	1,69	639	0,13	1,92	969	0,11	0,76	286	0,13	0,86	433
0,4	0,11	1,74	750	0,13	1,98	1143	0,11	0,78	335	0,13	0,89	511
0,45	0,11	1,77	861	0,14	2,03	1318	0,11	0,79	385	0,14	0,91	589
0,5	0,12	1,80	973	0,14	2,08	1495	0,12	0,81	435	0,14	0,93	669
0,55	0,12	1,83	1085	0,15	2,11	1674	0,12	0,82	485	0,15	0,95	749
0,6	0,12	1,85	1198	0,15	2,15	1854	0,12	0,83	536	0,15	0,96	829
0,65	0,12	1,87	1311	0,15	2,17	2034	0,12	0,84	587	0,15	0,97	910
0,7	0,12	1,89	1425	0,16	2,20	2216	0,12	0,84	637	0,16	0,98	991
0,75	0,13	1,90	1539	0,16	2,22	2398	0,13	0,85	688	0,16	0,99	1072
0,8	0,13	1,91	1653	0,16	2,24	2580	0,13	0,86	739	0,16	1,00	1154

Tabell 13 – Beregning av vannføring av utslippsledning

 Vannmengder for Q_{maksdim}

 Vannmengder for Q_{maks}

Ved rister så vil hastigheten synke etter hvert som risten blir tilslammet med slamteppe. Videre så skal vannmengdene reguleres med luker slik at vannmengder over $Q_{maksdim}$ går på overløp etter behandling i rist. Hastigheten ved rister vil ligge fra 0,6 – 1.0 m/s. Velger derfor kanalbredde ved rist på 0,4 m. Det gir en fyllingshøyde på mellom 0,5 og 0,55m som betyr at vannspeilet ligger på kote +10.55 (Vedlegg 5). Det vil si at høyde på overløpsterskel bør ligge litt over. Velger overløpsterskel på kote +10.60.

Dette gjør at totalhøyde i kanal ved innløp bestemmes til 1m for å ta hensyn til innløpsledning fra pumpestasjonen. Vider antas dekketykkelse på 0.3m. Dvs. høyden på taket i kanalen blir 11,05. Det gir en høyde på overløpet på 0,4m. Overløpets bredde blir da:

$$\frac{0,55 \cdot 0,4}{0,4} = 0,55\text{m. Overløpsbredde settes til } 0,6\text{m for overløp } 1 \text{ (Vedlegg 5)}$$

I etterkant av ristene så er det $Q_{maksdim}$ som er dimensjonerende. Behovet for kanalbredde er ikke like stort som ved Q_{maks} . Derfor velges en kanalbredde på 0,3m. Mhp selvrensing i kanalene så velges fall 1:100 i kanalene. Vannhøyde ved $Q_{maksdim}$ er da 0,3m.

Ved overløp 2 så settes høyden på overløpet til 10.50 som er like under kotehøyde for Q_{maks} i forkant av rist. Ved ren rist vil dermed ikke anlegget nedstrøms belastes mer enn med $Q_{maksdim}$ ved bruk av reguleringsluke. Overløpsbredden settes lik kanalbredden ved rist på 0,4m. Siden det er tilstrekkelig høyde opp til topp av kanal for å håndtere Q_{maks} .

Ved overløp 3(etter sandfang) så settes høyden på overløpet til 10.50 som er tilsvarende kotehøyde for Q_{maks} i etterkant av rist. Slik at ved feil på reguleringsluke i etterkant av rist så kan anlegget nedstrøms avlastes vi overløp 3.

4.5.3 Hydraulisk trykktapsberegning for enhetsprosesser og kanaler (2.4.2)

Tap av trykkehøyde i kanaler

Totalt trykktap som følge av enhetsprosesser er vist i tabell 13 nedenfor.

Tap bestemt av prosessmessige hensyn er bestemt av anbefalte høyder for å hindre tilbakeføring av avløpsvann til foregående prosesstrinn ved evt. oppstuvning.

Singulærtap er knyttet til utløp i basseng og innløp i kanaler. Koeffisientene er:

- Utløp til basseng singulærtapskoeffesient = 1.0 (Ødegaard, VA teknikk)
- Utløp fra basseng til kanal singulærtapskoeffesient = 0.5 (Ødegaard, VA teknikk)

Det er angitt to hastigheter som vil påvirke singulærtap. Dette er spennet av opptredende hastigheter som forventes å forekomme i kanalene avhengig av vannføring.

Falltap i kanaler er beregnet ut fra:

- Kanallengde – ca 30m.
- fall på 10 ‰. (Valgt mhp. selvrensing)

Dette gir: $30\text{m} * 0,01 = 0,3\text{m}$ falltap

Justert falltap er skjønsmessige justeringer av falltap avhengig av hastighet. Dette er gjort i samråd med Kristiansund kommune.

Tapshendelse	Bestemt av prosessmessige hensyn	Tapskoeffesient - 0,5		Tapskoeffesient - 1		Justert
		Hastighet 0,6	hastighet 1,5	Hastighet 0,6	hastighet 1,5	
Tap over rist(m)	0,2					0,2
Tap fra ristområde til kanal (m)		0,01	0,06			0,05
Tap innløp sandfang (m)				0,02	0,11	0,10
Tap utløp sandfang(m)	0,3					0,30
Tap mellomkanaler			0,06			0,05
Tap innløp MBBR (m)	0,2					0,20
Tap mellom MBBR kammer	0,1					0,10
Tap utløp MBBR (m)	0,1					0,10
Tap kanal til flokkulering inn til flokkulering (m)				0,02		0,05
Tap mellom flokkuleringskammer (m)				0,02		0,05
Tap Mellom flokkulering og sedimentering (m)				0,02		0,05
Tap utløpskanal (m)	1					0,40
Falltap i kanaler* (m)	0,22					0,30
Totalt falltap (m)						1,95

Tabell 14 – falltap gjennom anlegg

Totalt falltap gjennom anlegget er 1,95 ned til utløpskanal. Kote på de forskjellige prosesstrinn blir bestemt ut fra kotehøyde på vannspeilet på sedimenteringsbassenget og er vist i hydraulisk profil (Vedlegg 5). Kote på ferdig gulv ved maksinrom er kote 11.35

4.5.4 Dimensjonering av innløpsledning

Innløpsledningen til anlegget har følgende parametre:

- Maksimal vannmengde er $Q_{max} = 188/s$
- Fall er 10‰.

Ved beregning i pipelifes beregningsprogram velges Pragma Id 400($D_i = 400mm$)

Beregn

Avløpsrør (trykkløst) Kapasitet og hastighet ▼
 Trykkrør

Rørdata

Utvendig diameter D_u [mm] SDR [-]
 Innvendig diameter D_i 400 [mm]
Ruhet μ 1 [mm] Råd
Fall α 10 ‰

Beregnete verdier

Resultater

Strømningshastighet	V	1.77	[m/s]
Kapasitet	Q	222	l/s

Figur 38 – Dimensjonering av innløpsledning

4.5.5 dimensjonering av overløpsledning

Ved overløp i inntakskammeret er vannspeilet på kote 8.3

- Utslippsdybde er satt til kote -20
- Maksimal vannmengde er $Q_{max} = 188/s$
- Minimumsfall er 10‰.
- Lengde på overløpsledning er ca. 300 meter

Ved beregning i pipelifes beregningsprogram velges PE 450 SDR 17($D_i = 397mm$).

Beregn

Avløpsrør (trykkløst) Kapasitet og hastighet ▼
 Trykkrør

Rørdata

Utvendig diameter D_u [mm] SDR [-]
 Innvendig diameter D_i 397 [mm]
Ruhet μ 1 [mm] Råd
Fall α 10 ‰

Beregnete verdier

Resultater

Strømningshastighet	V	1.76	[m/s]
Kapasitet	Q	218	l/s

Figur 39 – Dimensjonering av overløpsledning.

4.5.6 Dimensjonering av pumpeledning til kanaler

Bunnen på sump er kote 5.5. Utløp av pumpeledning topp av kanal er ca. kote 10,8 under dekke ved maskinrom. Det gir en total løftehøyde på 5,3m.

Vannmengde som skal løftes er 200l/s (etter pumpekapasitet). Mhp. at det ikke skal være for mye friksjonstap i ledningen så velge er 250 STJ pumpeledning.

Beregn

Avløpsrør (trykkløst) Trykktap og hastighet ▾
 Trykkrør

Rørdata

Utvendig diameter Du - [mm] SDR - [-]
 Innvendig diameter Di 250 [mm]
 Ruhet μ 1 [mm] **Råd**
 Rørledningens lengde L 30 [m]

Opplysninger om trykkforhold

Ønsket kapasitet Q 200 l/s ▾

Beregnete verdier

Resultater

Strømningshastighet	V	4.07	[m/s]
Trykktap	ΔP	2.79	mVs ▾

Figur 40 – Dimensjonering av pumpeledning til kanal

4.6 Luktproblematikk

For lukt så er det ikke foretatt noe inngående analyser, da dette krever spesialutstyr for å analysere og simulere.

Nærområdet er spredt bebygd med hytter slik at potensiale for omfattende problemer med lukt er begrenset. De typiske kildene for luktproblematikk er slamhåndtering og ventilering av anlegget. Slam i anlegget føres fra sentrifuger direkte til lukket container. Dette vil begrense luktproblemet ved slamhåndtering. Videre så er det i reguleringsplanen for Nerdalen lagt inn bestemmelse om at det skal installere luktfjerningsanlegg. Luktfjerningsanlegg vil da bli installert som filter ved de aktuelle prosesstrinn.

4.7 Utforming av prosessbygg og utomhusarealer

Prosessbygget har et areal på ca. 800m². Utforming for planløsning er vist i *Vedlegg 7*. Bygget har en lang, smal utforming og er plassert langs knausen i østre del av tomten. Valg av plassering og utforming har flere fordeler:

- God og fleksibel utnyttelse av utomhusområdet, Dette gir gode forhold for manøvrering og parkering på tomten.
- Bygningskroppen blir dempet mot bergsiden slik at silhuettvirkning sett fra sjøen begrenses.
- Planlagt slamavskiller blir lite berørt av bygningsarbeidene under byggingen av renseanlegget.

Prosessbygget inneholder følgende rom (*Vedlegg 7*):

Kjeller

- Pumperom.
- Pumpesump.
- Innløpskammer
- Slamlager.
- Sedimenteringsbasseng.
- Containerrom.
- Flokkuleringskammer.
- MBBR basseng.
- Gang.
- Garderobeløsning.
- Gangareal.
- Verksted.
- Internsump.
- Rom for slampumper.
- Rom for Sand og fettpumpe.
- Servicedel med garderober og trapper.

1.etg

- Lager.
- Polymerrom.
- Maskinrom for rister, ristgodsvaskere, sandvaskere etc.
- Maskinrom for sentrifuge.
- Kontrollrom.
- Laboratorium.
- Servicedel med kontor og møterom.

5 Drøfting

5.1 Prosjektresultatet

Prosessvalg

Valg av rensesprosess og prosesstrinn var i stor grad styrt av driftsmessige hensyn knyttet til det nye rensesanlegget som blir bygget på Hagelin i Kristiansund kommune. Dette ga et arealkrevende anlegg med tradisjonell sedimentering som avskillingstrinn. Det kan godt tenkes at dersom det prosjektet var fristilt fra disse premissene, så kunne resultatet vært en mindre arealkrevende prosess som eksempelvis flotasjon. Videre så ville det gjerne blitt gjort andre vurderinger mhp. unntaksmuligheten ihht. §14.8 dersom anlegget skulle bygges før 2020, noe som også hadde redusert det umiddelbare bygningsarealet.

Prosesstrinn

For MBBR prosessen så var det begrenset informasjon mhp. detaljer som optimal utforming av basseng, utløp, etc. Kruger Kaldnes ble kontaktet og oppga pr. tlf. denne informasjonen. Det kan være usikkerhet knyttet til at denne informasjonen er riktig kommunisert av Kruger Kaldnes, og oppfattet riktig av utførende student.

Bygningsutforming

Oppgaven la opp til enkle skisser for bygningsmessig utforming for prosessbygget. Løsningen for bygget kunne blitt mer gjennomarbeidet hadde vært en større del av oppgaven. Både estetisk og arealmessig sett er det forbedringspotensialet mhp. bygningsmessig utforming.

5.2 Arbeidsprosessen med prosjektet

Prosjektorganisering

Med bakgrunn i at utførende student jobber i Kristiansund kommune, så ble denne oppgaven utført som et enmannsprosjekt. Det gjorde at vanlige gruppeprosesser som rollefordeling, annen persons kvalitetssikring, diskusjon av synspunkter, etc. ikke ble gjennomført slik det ville blitt gjort ved gruppearbeid. Selv om rent faglige/tekniske problemstillinger kunne diskuteres og kontrolleres av kolleger, så ble praktiske vurderinger rundt løsninger ofte lite diskutert som følge av at kolleger ikke hadde samme innsikt i prosjektet. Sett i ettertid så burde oppgaven sånn sett blitt kanskje blitt utført av en gruppe.

Tidsbruk og aktiviteter

Aktivitetene som det ble lagt opp til ble i all hovedsak ble gjennomført på en god måte i prosjektet, selv om arbeidsmengden ved enkelte aktiviteter ble undervurdert. Dette var i hovedsak knyttet til aktiviteter hvor utførende student hadde liten erfaring fra før som dimensjonering av enhetsprosesser. Følgene ble enkelte forskyvninger på fremdriftsplanen, hvor aktiviteter overlappet hverandre. Rapporteringsfrekvensen ble derfor ikke slik den i utgangspunktet var planlagt.

Selv om det ble gjennomført to studiebesøk på Ladehammeren renseanlegg i Trondheim, og på Åse renseanlegg, så burde det vært avsatt mer tid til studiebesøk på andre anlegg, og gjerne til aktuelle leverandører av forskjellige prosessløsninger.

6 Konklusjon

Prosjektet

Løsningen som er utarbeidet for renseanlegget i Nerdalen vil ha god mulighet for å ivareta rensekrav iht. forurensingsforskriften § 14.8, og dermed bidra til et bedre vannmiljø på nordre del av Frei. Løsningen gir et robust anlegg mhp. rådende usikkerheter knyttet fremtidig belastning og avløpsvannets sammensetning. Videre vil anleggets likhet med renseanlegget på Hagelin gi Kristiansund kommune gode forutsetninger for effektive driftsrutiner.

Oppdragsgiver

Oppgavene knyttet til prosjektet for Nerdalen ble i all hovedsak gjennomført etter plan og Kristiansund kommune er positiv til resultatet som prosjektet har gitt. Prosjektet danner et godt grunnlag for å gå videre til bygningsmessig prosjektering og anbudsphase for prosessanlegget.

Siden utførende student jobber i Kristiansund kommune, er det oppnådd effektmål om kompetanseheving inne faget avløpsrensing i kommunens kommunaltekniske avdeling.

Egen læring

Grunnlaget for valg av oppgave var som sagt i innledningen å få bedre kjennskap til renseprosesser. Oppgavens natur gjorde den var unik, og bidrog til at utførende student fikk god innsikt og fordypning i faget avløpsrensing. Det var mange utfordrende problemstillinger av skjønsmessige og tekniske/faglig karakter i prosjektet som måtte vurderes og løses.

7 Referanser

Bøker, rapporter og andre skriftlige kilder

- Hallvar Ødegård m.fl., *“Vann og avløpsteknikk” (VA teknikk)*, ISBN 978-82-414-0036-1, 2012
- Åsmund Bøyum, Sveinn T. Thorolffson, *“VA-teknikk”*, Tapir forlag, 2001
- Hallvar Ødegård, m.fl., *“Norsk vann rapport 168 Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg”*, ISBN 978-82-414-0305-7, 2009
- Metcalf & Eddy, *“Wastewater engineering: treatment and reuse”*, ISBN 978-0071241403, 2001
- Svein Stene Johansen, m.fl., *“Enkle rensemetoder”*, ISBN – 82-90180-04-7
- EPA Irland, *“Wastewater treatment Manuals Preliminary treatment”* ISBN 1-899965-22-X, 1995
- Vestlandsforskning, *“Naturskade i kommunene rapport for KS”*, 2008
- Norsk vann, *“VA-miljøblad 74”*, 2007

Nettsider

- www.engineeringtoolbox.com
- www.pipelife.no
- www.huber.no
- www.kaldnes.no

Lover og forskrifter

- Forurensingsforskriften, 2004
- Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, 2008

Kommunale planverk, og retningslinjer

- Kristiansund kommune, *“Hovedplan avløp og vannmiljø 2012 – 2020”*, 2012
- Kristiansund kommune, *“Reguleringsplan for Nerdalen”*, 2015
- kristiansund kommune, *“Delutredning Nordre Frei”*, 2010
- Kristiansund kommune, *“VA-norm for Kristiansund kommune”*, 2012
- Kristiansund kommune, *“Strømmålinger for Rensvik og Nerdalen”*, 2013

Vedlegg

- Vedlegg 1 Forprosjektrapport og avtale med Kristiansund kommune
- Vedlegg 2 Milepælsrapport 1 og 2
- Vedlegg 3 Framdriftsplan
- Vedlegg 4 Tegningsliste
- Vedlegg 5 Hydraulisk profil, og flytskjema for prosess
- Vedlegg 6 Utomhusplan og profiler
- Vedlegg 7 Plantegninger Kjeller og 1. etg
- Vedlegg 8 Plan kanalnivå
- Vedlegg 9 Snitt
- Vedlegg 10 Fasader

VEDLEGG:

- Vedlegg 1 Forprosjektrapport og avtale med Kristiansund kommune
- Vedlegg 2 Milepælsrapport 1 og 2
- Vedlegg 3 Framdriftsplan
- Vedlegg 4 Tegningsliste
- Vedlegg 5 Hydraulisk profil, og flytskjema for prosess
- Vedlegg 6 Utomhusplan og profiler
- Vedlegg 7 Plantegninger Kjeller og 1. etg
- Vedlegg 8 Plan kanalnivå
- Vedlegg 9 Snitt
- Vedlegg 10 Fasader

VEDLEGG 1 – FORPROSJEKTRAPPORT OG AVTALE MED KRISTIANSUND KOMMUNE

Bacheloroppgave

2015

I forbindelse med utførelse av Bacheloroppgave i bedrift.

Avtale mellom oppdragsgiver (bedrift), student og høgskolen i Ålesund

Generelt om bacheloroppgaven:

Bacheloroppgaven gjennomføres fortrinnsvis i samarbeid med næringslivet, men kan også utformes i tilknytning til forskningsprosjekt skolens forskningsmiljø er involvert i. Oppgaveperioden deles i en forprosjektfase med egen innlevering og en prosjektfase som avsluttes med en offentlig framføring og rapport.

Bacheloroppgaven kan også gjennomføres i bedrift. Oppgaven gjøres i grupper fortrinnsvis med 3 studenter og følges opp av oppnevnte veiledere.

Bacheloroppgaven er på 20 studiepoeng som tilsvarer 2/3 av et semester i arbeidsmengde for studenten.

Denne avtale er inngått mellom:

Bedrift: **Kristiansund kommune**
Veileder: **Vidar Dyrnes**

Høgskolen i Ålesund (HiÅ): Avdeling AIR, Fagseksjon Bygg,
Veileder: **Kristian Fjørtoft**

Student: Karl Bjarne Monge

Forpliktelser HiÅ:

- Fagseksjonen skal stille med ansvarlig veileder.
- Fagseksjon Bygg ved veileder skal godkjenne oppgaven etter beskrivelse gitt i studiehåndboken.

- Veileder har ansvar for oppfølging og kontroll av fremdrift i bacheloroppgaven.
- HiÅ ved veileder har ansvar for at vurdering av bacheloroppgaven blir utført i henhold til vedtatte retningslinjer.

Forpliktelser til studentene (studentgruppen(e)):

- Beskrive bacheloroppgaven gjennom forprosjekt og fremdriftsplan
- Levere rapportskjema til veileder hver 14. dag
- Levere og presentere bacheloroppgaven etter oppsatt mal og fremdriftsplan.

Forpliktelser oppdragsgiver (bedrift):

- Støtte studenten i utvelgelse og utforming/beskrivelse av bacheloroppgaven.
- Navngitt person, fra oppdragsgiver/firma, som kontaktperson/veileder for studentgruppen.
- Dekke alle nødvendige utgifter (ikke lønn) som reise, evt. kontorhold, kopiering, spesielle programvare etc.
- Forsikre studentene som om de var tilsatt i firmaet. (Spesielt ulykkesforsikring når studentene er ute på anlegg).

Generelt:

Bacheloroppgaven er Høgskolens eiendom, men oppdragsgiver (firma) har rett til å benytte seg av resultatene i oppgaven. Er resultatene i bacheloroppgaven konfidensielle og må beskyttes, gjøres dette ved egen avtale mellom Høgskolen i Ålesund og oppdragsgiver (bedrift)

Dato: 26/11-14

Vidar Dymog

Oppdragsgiver (bedrift)

Karl Bjarne Mungé

Student(er) KARL BJARNE MUNGE, STUDNR 200234

Kirstian Fjortoff

Høgskolen i Ålesund

OPPDRAKSGIVER: Kristiansund kommune	REFERANSE:
-------------------------------------	------------

<p>TITTEL: RENSEANLEGG NERDALEN, FREI I KRISTIANSUND KOMMUNE</p> <p style="text-align: center;">Bacheloroppgave IB 302812</p> <p style="text-align: center;">2015</p> <p style="text-align: center;">Forprosjektrapport</p>	Dokument:
	Dok.: nr.:
	Dok.: type: Forprosjekt
	Dok. Tilgang:
	Dok.:status:
	Versjon nr.: 1
	Antall sider:
Bibl. nr.:	

STUDENTGRUPPE (NAVN/UNDERSKRIFT): KARL BJARNE MONGE <i>Karl Bjarne Monge</i> <i>STUD NR. 200234</i>	STUDIERETNING/KLASSE: Bygg
	DATO: 28.11.2014

PROSJEKTOPPGAVE PROSJEKTERE RENSEANLEGG I NERDALEN – FREI, KRISTIANSUND KOMMUNE. <ul style="list-style-type: none"> • VURDERE AKTUELLE PROSESSLØSNINGER/RENSELØSNINGER FOR RENSEANLEGGET IHHT GJELDENE RENSEKRAV. • PROSJEKTERE OG DIMENSJONERE VALGT PROSESSLØSNING, M/TILHØRENDE ANLEGG. (UTLSIPP ETC.) • LAGE SKISSEFORSLAG PÅ PROSESSBYGG OG UTMOMHUSOMRÅDE IHHT REGULERINGSPLAN.
--

EMNER: AVLØPSHÅNDTERING - PROSESS VA-ANLEGG

Godkjent (sign/dato)	Veileder	Ekstern kontakt
	<i>Karl Bjarne Monge</i>	<i>Vidar Lyngnes</i>

FORORD

Forprosjektrapporten omhandler definering av oppgaver og ansvar knyttet til prosjektering av renseanlegg på nordre del av Frei i Kristiansund kommune. Med dagens fokus på miljø så er rensenalegg og renseteknologi er et interessant og aktuelt tema innen for VA området. I Kristiansund kommune så er det stor aktivitet på dette området, hvor det skal igangsettes bygging av nytt hovedrenseanlegg på Hagelin for bykjernen i Kristiansund, samt så er det igangsatt et reguleringsarbeid for renseanlegg på nordre del av Frei som denne oppgaven omhandler. Bidragsytere til prosjektet er Vidar Dyrnes v/kristiansund kommune, og Kristian Fjørtoft ved Høgskolen i Ålesund.

Innhold

1	GENERELT OM PROSJEKTET	1
1.1	REVISJONSOVERSIKT	1
1.2	BEGREPER.....	1
1.3	INNLEDNING - SAMMENDRAG	1
2	PROSJEKTORGANISASJON.....	2
2.1	PROSJEKTGRUPPE	2
2.1.1	<i>Oppgaver for prosjektgruppen.....</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Oppgaver for prosjektleder.....</i>	<i>2</i>
2.1.3	<i>Oppgaver for sekretær</i>	<i>2</i>
2.1.4	<i>Oppgaver for øvrige medlemmer</i>	<i>2</i>
2.2	STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER)	2
3	AVTALER	3
3.1	ARBEIDSSTED OG RESSURSER.....	3
3.2	GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER	3
4	PROSJEKTBEKRIVELSE	4
4.1	MÅLSETTING	4
4.2	KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT - SPESIFIKASJON	5
4.3	INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT	5
4.4	VURDERING	5
4.5	HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID	6
4.6	FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET	7
4.6.1	<i>Hovedplan</i>	<i>7</i>
4.6.2	<i>Detaljplan.....</i>	<i>7</i>
4.6.3	<i>Intern kontroll - evaluering</i>	<i>7</i>
5	DOKUMENTASJON	8
5.1	RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER	8
6	PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER	9
6.1	MØTER	9
6.1.1	<i>Møter med styringsgruppen</i>	<i>9</i>
6.1.2	<i>Prosjekt møter.....</i>	<i>9</i>
6.2	PERIODISKE RAPPORTER	9
6.2.1	<i>Framdriftsrapporter (inkl. milepæl).....</i>	<i>9</i>
7.	PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	10
8	UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING.....	11

1 GENERELT OM PROSJEKTET

1.1 Revisjonsoversikt

Rervisjonsdato	Revisjonsnr	Tema	Godkjenning

1.2 Begreper

PE - Personekvivalenter (pe) er et mål på mengden organisk materiale i avløpsvannet og 1 pe defineres som den mengden organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk over fem døgn (BOF5) på 60 gram oksygen per døgn.

1.3 Innledning - Sammendrag

Bakgrunn for valg av oppgave er utførende student er ansatt i Kristiansund kommune. Videre så er rensetekologi, et interessant og aktuelt tema som undertegnede har begrenset kunnskap. Det er således et ønske om å øke kompetansen for dette området.

Med bakgrunn i fremtidig sammensmeltning mellom nordre Frei og Kristiansund by, så vil det bli utløst strengere rensekrav enn dagens passende rensing. Antatt fremtidig belastning er 10000 PE. Dagens utslipp er ført til lite egnede resipienter hvor miljøstandarden er vurdert som dårlig.

Kristiansun kommune tar sikte på å få gjennomført dette prosjektet i 2020. Reguleringsplan for området er pr. i dag ute på høring, og det ventes at reguleringsplanen vil bli vedtatt våren 2015..

Opgavene som skal utføres går i hovedsak ut på følgende:

- Vurdere og velges renseprosess/løsning, ut i fra rådende rammebetingeser.
- Valgt prosessløsning skal dimensjoneres og prosjekteres.
- Det skal videre lages skisser for prosessbygg, samt utomhusplan.

2 PROSJEKTORGANISASJON

2.1 Prosjektgruppe

Navn	Adresse	Tlf-arb	Mobil	e-post
Karl Bjarne Monge	Finnvik	94823329		karlb.monge@gmail.com

Tabell: Navn, adresser og kontaktopplysninger for personer tilknyttet prosjektet

2.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen

- Erverve relevant bakgrunnsinformasjon og fagstoff for prosjektet.
- Befaringer i det aktuelle byggeområdet, samt studiebesøk til lignende anlegg.
- Prosjektering/planlegging for prosessanlegg.
- Prosjektering/planlegging for innløpsarrangement, og utløpsarrangement.
- Skissering/planlegging bygg
- Skissering/planlegging utomhusområder
- Fremdriftshåndtering og fremdriftsrapportering.
- Møtevirksomhet med veileder i kommunen og veileder på høgskolen i Ålesund.
- Hovedrapport.

2.1.2 Oppgaver for prosjektleder

Bare en deltager på gruppa som må håndtere alle oppgaver nevnt i 2.1.1

2.1.3 Oppgaver for sekretær

Bare en deltager på gruppa som må håndtere alle oppgaver nevnt i 2.1.1

2.1.4 Oppgaver for øvrige medlemmer

Bare en deltager på gruppa som må håndtere alle oppgaver nevnt i 2.1.1

2.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

- Kontaktperson/veileder v/Kristiansund kommune: Vidar Dyrnes
- Veileder Høgskolen i Ålesund: Kristian Fjørtoft.

3 AVTALER

3.1 Arbeidssted og ressurser

- Arbeid utføres hos kommunalteknisk avdeling i Kristiansund kommune. Student har kontor plass på samme sted som veileder fra kommunen.
- Ressurser i form av data, kartverk aktuell programvare, og annet utstyr er tilgjengelig på arbeidsplassen.
- Tilgang til personell er:
 - Administrativt personell hos kommunalteknisk avdeling – Vidar Dyrnes, Eivind Raanes, m.fl.
 - Driftspersonell hos kommunalteknisk avdeling - Thor Magne Hasselø, Roar Gaupseth, m.fl.
 - Anleggspersonell hos kommunalteknisk avdeling – Odd Magne Johansen, m.fl.
- Data og prosjekteringsmateriell blir lagret på kommune sin server. Gjennom kommunens arkivsystem så kan aktuelle dokumenter undras offentlighet om det skulle være relevant.
- Det leveres fremdriftsrapport hver 14 dag fra og med 30.01.2015

3.2 Gruppenormer – samarbeidsregler

Ikke spesielt relevant i og med at dette prosjektet blir utført av en enkelt student.

4 PROSJEKTBEKRIVELSE

4.1 Målsetting

Hovedmål - Resultat:

- Ferdig prosjektert prosessløsning for renseanlegg som tilfredsstillende gjeldende rensekrav ihht. forurensingsforskriften.
- Klarlegge byggmessig uforming av prosessbygg mhp valgt renseløsning, samt disponering av uteområdet slik at eksisterende renseløsning på plassen kan være i drift frem til nytt renseanlegg er ferdig.

Hovedmål – prosess

- Få innsikt og kunnskap om renseteknologi og løsninger
- Få kunnskap om krav og retningslinjer fra lovverk og overordnet planverk

Hovedmål effekt

- Avløpshåndtering som tar høyde for strengere rensekrav enn dagens krav med bakgrunn i fremtidig sammensmeltning av nordre Frei og “Kristiansund by”.
- Forbedre avløpssituasjon for Nordre del av Frei. Samlet utslipp til ett anlegg.
- Bedre miljøet for dagens resepienter, som har dårlig miljøtilstand og dårlige resipientegenskaper.
- Et renseanlegg som er driftsikkert.

Delmål - prosess

- Avklare gjeldende krav og retningslinjer herunder:
 - Rensekrav ihht. Forurensingsforskriften.
 - Kommuneplan/reguleringsplan
 - Kristiansund kommunes hovedplan for avløp og vannmiljø.
 - Arbeidsmiljøloven.
- Studere og innhente relevant informasjon om aktuell renseteknologi, metoder, samt maskinelt utstyr.

Delmål - resultat

- Vurdere alternativer og velge prosessløsning som oppfyller gjeldende rensekrav, gitt forutsetninger som:
 - Tilgjengelig plass.
 - Resipient.
 - Driftsmessige hensyn.
- Beregne tilført avløpsmengde.
- Dimensjonere valgt rensesprosess med tilhørende installasjoner.
- Vurdere, velge, og dimensjonere løsning for
 - Innløpsarrangement
 - Forbehandling
 - Utslippsarrangement,
 - Overløp
- Vurdere og velge nødvendig driftsutrustning/maskiner.
- Vurdere løsninger for slamhåndtering.
- Utforme skisser for bygg.
- Utforme skisse for utomhusplan.

4.2 Krav til løsning eller prosjektresultat - spesifikasjon

Prosjektresultatet skal være:

- Ferdig prosjektert renseanlegg skal tilfredsstillere renskrav iht forurensingsforskriften, samt retningslinjer iht overordnet planverk.
- Skisser som viser løsning for prosessbygg. Disse skissene skal danne grunnlag for videre detaljprosjektering av bygg. Bygg må tilfredsstille krav til plan og bygningsloven, samt arbeidsmiljøloven og relevante standarder.
- Utomhusplan som viser disponering og utforming av uteareal skal planlegges iht. foreslått reguleringsplan.

4.3 Informasjonsinnhenting - utført og planlagt

Utført informasjonsinnhenting

- Kommunens hovedplanverk, samt forslag til reguleringsplan er gjennomgått, det som er avklart er:
 - Fremtidig anslått tilknytning er 10000 PE. Dvs. parameter for beregning av mengde avløpsvann til anlegget.
 - Slamavskiller - passende rensing iht til dagens situasjon, blir etablert på byggetomten i 2015. Dette anlegget skal være i drift frem til nytt renseanlegg igangsettes.
 - I "Hovedplan for avløp og vannmiljø" er resipientforholdene vurdert som "gode", og var grunnlaget for valg av tomt for renseanlegg.
- Forurensingsforskriftens aktuelle paragrafer herunder
 - Antall tilknyttede PE, samt resipientforhold utløser krav om sekundær rensing iht. til dagens renskrav. Unntak fra sekundærrenskravet kan gjøres av fylkesmannen dersom forholdene ligger til rette for det. Dvs. at det kan etableres en primærrenseløsning i første omgang.

Planlagt informasjonsinnhenting.

- Gjennomgå veiledere og annet fagstoff vedrørende renseteknologi, metoder, og produkter.
- Undersøkelser hos andre kommuner angående valgte prosessløsninger. Befaringer og besøk for å se på relevante anlegg.
- Befaringer i området.

4.4 Vurdering

- Resultatet av prosjektet er avhengig av godt samarbeid med kommunen, og deres ansatte. Spesielt for resultatet med å få et anlegg som er dritsikkert og oppfyller renskrav.
- Med bakgrunn i eksisterende utredninger, så vil det bli gjort enkle vurderinger vedrørende luktspredning, samt dybde på utslippspunkt,. Disse utredningene ble gjort ifbm., reguleringsplanarbeidet, samt ved valg av tomt for renseanlegget. Simulering av luktspredning, og gjennomslag av avløpsvann til sjøoverflate krever egne beregninger/modeller hvor det blir brukt programvare/verktøy som kommunen ikke har tilgjengelig. Videre er arbeidet som allerede er gjort for disse områdene godt nok til å ta stilling til disse momentene.

4.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Aktivitetsnr	Aktivitet	Ansvar	Kostnad	Tid/Omfang
A1	Inhenting av informasjon	KBM		Januar-februar
A11	Gå gjennom div. fagstoff og veiledere.			
A12	Befaringer/Besøk til lignende anlegg			
A2	Ta stilling til aktuelle renseløsninger og velge prosess.	KBM		Januar-februar
A21	Klarlegge krav ihht. forurensingsforskriften			
A22	Avklare i samråd med kommunen om det skal prosjekteres primærrenseanlegg(unntak) eller sekundærrenseanlegg			
A23	Sammenstille aktuelle alternativer mhp. gitte forusetninger og konkludere i samråd med kommunen			
A3	Prosjektene valgt løsning	KBM		Mars
A31	Dimensjonere belastning(antall PE)			
A32	Prosjektene forbehandling, inntaksarrangement, overløp			
A33	Prosjektene rensesprosess "innomhus"			
A34	Prosjektene utslippsledning			
A35	Vurdere luktproblematikk.			
A4	Skisse på prosessbygg	KBM		April
A5	Skisse for utomhusplan	KBM		April
A6	Rapportering og møtevirksomhet			Januar - Mai
A61	Møter med personell i KRK kommune			
A62	Møter med veileder HIÅ			
A63	Milepælsrapporter			Hver 14 dag. Fom. 30.01.2015
A7	Ferdigstille Hovedrapport	KBM		Mai
A71	Evaluering			
A72	Produksjon og sammentilling av dokumenter			

4.6 Framdriftsplan – styring av prosjektet

4.6.1 Hovedplan

- A1 – Innhenting av informasjon, ferdig til 01.03.2015
- A2 – Ta stilling til aktuelle renseløsninger, ferdig til 01.03.2015
- A3 - Prosjektere valgt løsning, ferdig til 01.04.2015
- A4 – Skisse prosessbygg, ferdig til 01.05.2015
- A5 – Skisse utomhusplan, ferdig til 01.05.2015
- A6 – møtevirksomhet og rapportering. Gjøres underveis i prosjektprosessen.
- A7 – Ferdigstille hovedrapport, ferdig til 18.05.2015

4.6.2 Detaljplan

Viser til aktiviteter under pkt 4.5.

4.6.3 Intern kontroll - evaluering

Framdrift blir kontrollert gjennom framdriftsrapportering, og milepælsrapporter samt dialog/møter med veileder fra Kristiansund kommune, og med veileder ved Høgskolen i Ålesund.

Veileder og annet ressurspersonell i kommunen vil være med å kvalitetssikre de forskjellige aktivitetene er utført og målene er oppnådd.

5 DOKUMENTASJON

5.1 Rapporter og tekniske dokumenter

All Dokumentasjon som rapporter og tegninger blir vedlagt hovedrapport på papir. Disse dokumentene blir også levert via fronter. Videre så blir all dokumentasjon lagret på kommune sine servere i egen prosjektmappe.

Tegninger/Skjemaer/Skisser:

- Prosessløsning.
- Utomhusplan(er).
- Byggetegninger.
- Nødvendige kart.

Rapporter

- Forprosjektrapport
- Fremdriftsrapporter
- Milepælsrapporter.
- Hovedrapport
- Referat fra møte med styringsgruppe

6 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

6.1 Møter

6.1.1 Møter med styringsgruppen

Eksakte tidspunkt/datoer er ikke bestemt, men møter med styringsgruppen tas i tilknytning med milepæler. Evt. supplerende møter ved behov.

6.1.2 Prosjektmøter

I og med at prosjektgruppen består av en student, så blir det ingen møter innad i gruppen. Men møte med veileder og annet ressurspersonell bli utført underveis i prosjektet ved behov.

6.2 Periodiske rapporter

6.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)

Fremdriftsrapporter:

- Hver fjortende dag fom. 30.01.2015 til 01.05.2015

Milepælsrapporter:

- A1 og A2 – Uke 10
- A3 – Uke 15
- A4 og A5 – Uke 19

7. PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Evt. forsinkelser for de planlagte aktivitetene vil gå frem av framdriftsrapporter og milepærsrapporter. Dersom det skulle oppstå forsinkelse, så tas dette opp med styringsgruppe, hvor årsak og evt. tiltak blir gjennomgått. Videre så blir framdriftsplan revidert.

Dersom det er aktiviteter som av ulike årsaker ikke lar seg gjennomføre så må det da vurderes om disse aktivitetene kan tas ut av prosjektet.

8 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Maskinvare:

- PC

Programvare:

- Excel.
- Word.
- Autocad.
- Gemini kartverk.
- Microsoft project.
- Eklima.
- Driftsinformasjon.
- Pipelife.

Annet

- Kommunens personell
- Fagstoff og veiledere.

VEDLEGG 2 – MILEPÆLSRAPPORT 1 OG 2

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 1 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

Det refereres til forprosjektrapport for beskrivelse av aktiviteter

A1 - Innhenting av informasjon

A2 – Ta stilling til aktuelle renseløsninger og velge prosess.

Planlagte aktiviteter i denne perioden

A1 - Innhenting av informasjon

A11 - Gå gjennom fagstoff og veiledere.

A12 - Befaringer og besøk til lignende anlegg

A2 – Ta stilling til aktuelle renseløsninger og velge prosess.

A21 – Avklare krav ihht. forurensingsforskriften

A22 – Avklare primærrensing eller sekundærrensing.

A23 – Sammenstille aktuelle alternativer og konkludere for rensemetode.

A6 – Rapportering og møtevirksomhet.

A61 – Møte med personell i Kristiansund kommune.

A62 – Møter med veileder HIA

A63 – Milepælsrapporter.

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

Følgende aktiviteter er gjennomført:

A1 - Innhenting av informasjon

A11 - Gå gjennom fagstoff og veiledere.

A2 – Ta stilling til aktuelle renseløsninger og velge prosess.

A21 – Avklare krav ihht. forurensingsforskriften

Forurensingsforskriften kap. 14 gjelder for dette anlegget

A22 – Avklare primærrensing eller sekundærrensing.

Sekundærrensing pga at anlegget realiseres noe frem i tid. Risikere strengere krav enn dagens krav hvor det kan søkes unntak fra sekundærkravet.

A23 – Sammenstille aktuelle alternativer og konkludere for rensemetode.

Rensing med forbehandling av siler, samt felling i sedimenteringsbasseng. Ikke konkludert med metode for biologisk trinn.

A6 – Rapportering og møtevirksomhet.

A61 – Møte med personell i Kristiansund kommune.

Gjøres kontinuerlig.

A62 – Møter med veileder HIA.

Bare tatt på tlf. Enklest underveis i prosjektet i og med at utførende student bor og jobber i Kristiansund. Har ikke vært spesielle ting å ta opp med veileder som krever annen korrespondanse enn tld og e-post.

A63 – Milepælsrapporter.

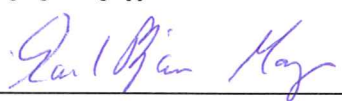
Det var i forprosjektrapporten ambisjon om hver 14 dag. Ser at det blir for høy frekvens for dette prosjektet. Revideres til hver måned fra og med 01.03.2015. Det er ikke levert rapport for januar pga. lite konkret å rapportere om.

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 2 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

<p>Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter</p> <p>A12 - Befaringer og besøk til lignende anlegg <i>Det tas sikte på å besøke renseanlegg i på Åse i Ålesund, samt Lademoen i Trondheim. Det har ikke latt seg gjøre å avtale et tidspunkt i perioden januar – februar pga. at det var viktig å konkludere med type prosess slik at besøk gjøres på anlegg med relevant rensem metode.</i></p> <p>A23 – Sammenstille aktuelle alternativer og konkludere for rensem metode. <i>Valg av biologisk trinn er ikke avklart. Det trengs litt mer utredning for dette.</i></p> <p>Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen</p> <p>Detaljprosjektering vil gjenspeile at anlegget vil bli lyst ut på anbud som totalentreprise for prosessanlegget. Dvs. at det ikke vil bli valgt ut spesifikke produktbenevnelser for utstyr, da dette er i strid med lov om offentlig anskaffelse og leverandør fritt til å tilby produkter ihht. beskrevet kvalitet og funksjon. Funksjon og omfang av forskjellige prosesselementer vil bli planlagt/prosjektert. Eksempelvis for pumper så vil antall og kapasitet bli planlagt, men ikke benevnt i form av leverandører som “Flygt” etc.</p> <p>Erfaring fra denne perioden</p> <p>Mange forskjellige løsninger på markedet fra leverandører mhp prosessutstyr. Må ta utgangspunkt i skjematisk beskrivelse av anlegg, med tilhørende funksjonsbeskrivelse.</p> <p>Hovedhensikt/fokus neste periode</p> <p>A3 – Prosjektere valgt løsning</p> <p>Planlagte aktiviteter neste periode</p> <p>A3 – Prosjektere valgt løsning</p> <ul style="list-style-type: none"> A31 – dimensjonere belastning A32 – Prosjektere/forbehandling, intaksarrangement, overløp A33 – prosjektere rennsprosess innomhus A34 – Prosjektere utslippsledning A35 – Vurdere luktproblematikk. <p>Annet</p> <p>Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers</p>

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall moter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 3 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

Godkjenning/signatur gruppeleder 	Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall moter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 1 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

Det refereres til forprosjektrapport for beskrivelse av aktiviteter
A3 – Prosjektere valgt løsning

Planlagte aktiviteter i denne perioden

A3 – Prosjektere valg løsning

- A31 – Dimensjonere belastning
- A32- Prosjektere forbehandling, inntaksarrangement, overløp
- A33- Prosjektere renseprosess innomhus.
- A34 – Prosjektere utslippsledning.
- A35 – Vurdere luktproblematikk.

A6 – Rapportering og møtevirksomhet.

- A61 – Møte med personell i Kristiansund kommune.
- A62 – Møter med veileder HIA
- A63 – Milepælsrapport2

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

Følgende aktiviteter er gjennomført:

A1 Innhenting av informasjon

A12 - Befaringer og besøk til lignende anlegg

Det ble gjennomført besøk på Ladehammeren renseanlegg 25.03, og på åse renseanlegg 08.04.

A23 – Sammenstille aktuelle alternativer og konkludere for rensemetode.

Valg av biologisk trinn vil være MBBR løsningen fra Kaldnes. Hovedgrunnen er at dette er et kompakt anlegg som kan bygges uten å bli satt i drift. Det er ønske fra kommunen å komme inn under unntaksregelen i §14 i forurensingsforskriften som omhandler primærrensing, men mtp. at tomten er lite egnet til å bygge tilleggsprosess senere, så er det vurdert at å støpe bassenger for et MBBR trinn med en gang er den beste løsningen for å ivareta muligheten for et fremtidig biotrinn.

A3 - Innhenting av informasjon

A31 - Dimensjonere belastning

Det er foretatt vurdering av belastning. Grunnlaget for dim vannmengder Q_{dim} , $Q_{maksdim}$ og Q_{maks} er egne beregninger som er vurdert opp mot ovevkningsdata i relevante pumpestasjoner, samt vurderinger som er gjort i reguleringsplan, samt forprosjekt ifbm hovedplan avløp og vannmiljø.. Vedlagt er oversikt over dim vannmengder (Vedlegg 1)

A32 –Prosjektere forbehandling, inntaksarrangement, overløp

Se A33

A33- Prosjektere renseprosess innomhus.

Det er laget flytskjema, samt skisse for bygg som viser kanalføring bassenger mm, disse er vedlagt rapporten (Vedlegg2). Alle prosesstrinn er dimensjonert etter norsk vann rapport 168, samt lærebok fra Hallvar Ødegård. Det er også innhentet informasjon fra leverandører mhp prosjektering av mekaniske trinn i forbehandling, samt ifbm biologisk

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 2 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

rensetrinn. Det gjenstår å lage hydraulisk profil gjennom anlegget for å bestemme høyder for de forskjellige prosessstrinn. Mhp utstyr så er det sagt at pga driftshensyn så skal utstyr dubleres. Antall innløpspumper er ikke endelig bestemt enda.

A34 – Prosjektere utslippsledning.

Utløpshøyde er beregnet grovt mhp å få vannet ut på ca 50m dybde, og det ser ut som om vannspeilet må ligge rundt ca. kote 6-7 for å få ut avløpsvannet på denne dybden.

Vurdering rundt utslippsdybde er gjort mhp. at manuell dykking kun kan foregå ned til 48m dybde, samt at dette er dybden andre relevante anlegg operer med.

A35 – Vurdere luktproblematikk.

Er ikke utført enda.

A6 – Rapportering og møtevirksomhet.

A61 – Møte med personell i Kristiansund kommune.

Gjøres kontinuerlig.

A62 – Møter med veileder HIÅ.

Har hatt møte med veileder ved HIÅ 08.04. tema var generell fremdrift og utforming av sandfang.

A63 – Milepølsrapporter.

I Milepølsrapport 1 var det antydning rapportering hver måned, men med bakgrunn i overløpende aktivitet i månedsskiftet mars/april, så var det mer hensiktsmessig å komme med en oppsummering ved at forskjellige problemstillinger og aktiviteter var avklart. Dette blir siste milepølsrapport for hovedrapporten.

Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter

A35 – Vurdere luktproblematikk

Har ikke kommet så langt i prosjektet enda.

Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

Erfaring fra denne perioden

Enkelte prosesselementer er leverandøravhengig, eksempelvis MBBR som er en prosess som er utformet av Kaldnes.

Hovedhensikt/fokus neste periode

A3 – Prosjektere valgt løsning

Utføre aktiviteter som mangler. Kvalitetssikre det som er prosjektert. Konkludere omfang av utstyr.

A4- Skissere prosessbygg

A5- Skissere utomhusplan

A7 - Ferdigstille hovedrapport

Planlagte aktiviteter neste periode


A3 – Prosjektere valgt løsning

A33- Prosjektere renseprosess innomhus.

Lage hydraulisk profil for anlegget. Detaljere og ferdigstille flytskjema.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IB303312 Bacheloroppgave	Prosjekt Renseanlegg Nerdalen	Antall moter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund / Kristiansund kommune	Side 3 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r)	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Karl Bjarne Monge	Dato 06.03.2015

<p>A35 – Vurdere luktproblematikk</p> <p>A4- Skissere prosessbygg</p> <p>Lage ferdige skisse på prosessbygg, plan og fasader</p> <p>A5- Skissere utomhusplan</p> <p>Utomhusplan og terrengprofil</p> <p>A7 - Ferdigstille hovedrapport</p> <p>A71 – Evaluering</p> <p>A72 – Produksjon og ferdigstilling av dokumenter</p>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere
	

VEDLEGG 3 – FREMDRIFTSPLAN

Fremdriftsplan

Aktiviteter	Uke																				
	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10	Uke 11	Uke 12	Uke 13	Uke 14	Uke 15	Uke 16	Uke 17	Uke 18	Uke 19	Uke 20	Uke 21	
A1 Innhenting av informasjon																					
A11 Gå gjennom fagstoff og veiledere																					
A12 Befaringer/besøk til lignende anlegg																					
A2 Ta stilling til og velge aktuelle renseløsninger og velge prosess																					
A21 Klarelegge krav ihht. forensingsforskriften																					
A22 Avklare primær eller sekundærrensing i samråd med kommunen																					
A23 Sammenstille alternativer og konkludere																					
A3 Prosjekter valgt løsning																					
A31 Dimensjonere belastning																					
A32 Prosjekter forbehandling, inntaksarrangement, og overløp																					
A34 Prosjektere utslippsledning																					
A35 Vurdere luktproblematikk																					
A4 Skisse på prosessbygg																					
A5 Skisse for utomhusplan																					
A6 Rapportering og møtevirksomhet																					
A61 Møter med personell i kristiansund kommune																					
A62 Møter med veileder HIÅ																					
A63 Milpælsrapporter																					
A7 Ferdigstille hovedrapport																					
A71 Evaluering																					
A72 Produksjon og sammenstilling av dokumenter																					

Utført hovedaktivitet
Utført delaktivitet
Gjenstående hovedaktivitet
Gjenstående delaktivitet
Milepælsrapport

VEDLEGG 4 – TEGNINGSLISTE

VEDLEGG 5 – HYDRAULISK PROFIL OG FLYTSKJEMA

VEDLEGG 6 – UTOMHUSPLAN OG PROFILER

VEDLEGG 7 – PLANTEGNING KJELLER OG 1. ETG

VEDLEGG 8 – PLAN KANALNIVÅ

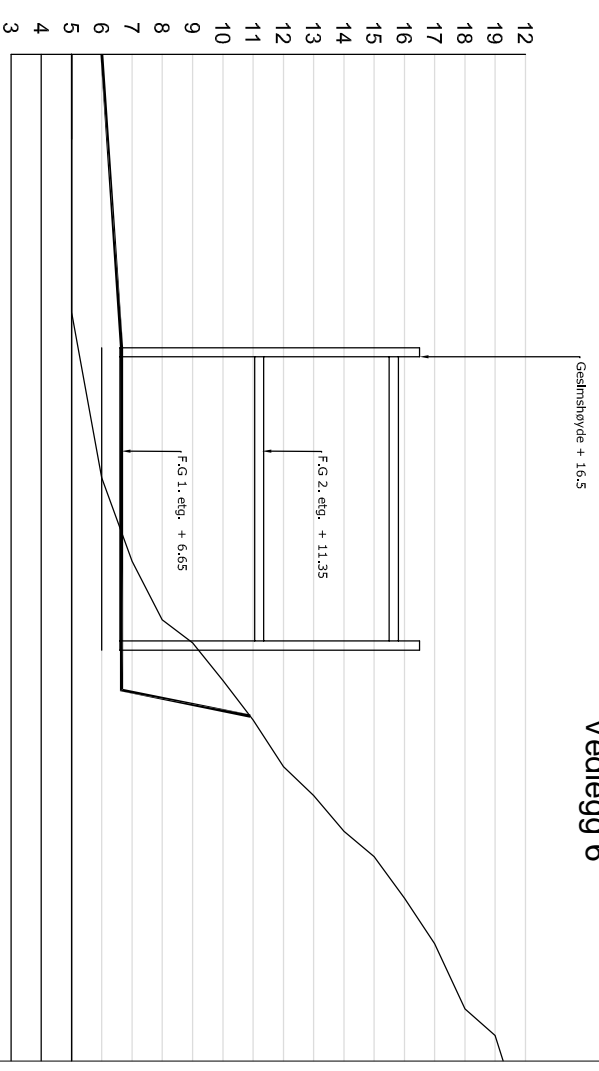
VEDLEGG 9 – SNITT

VEDLEGG 10 – FASADER

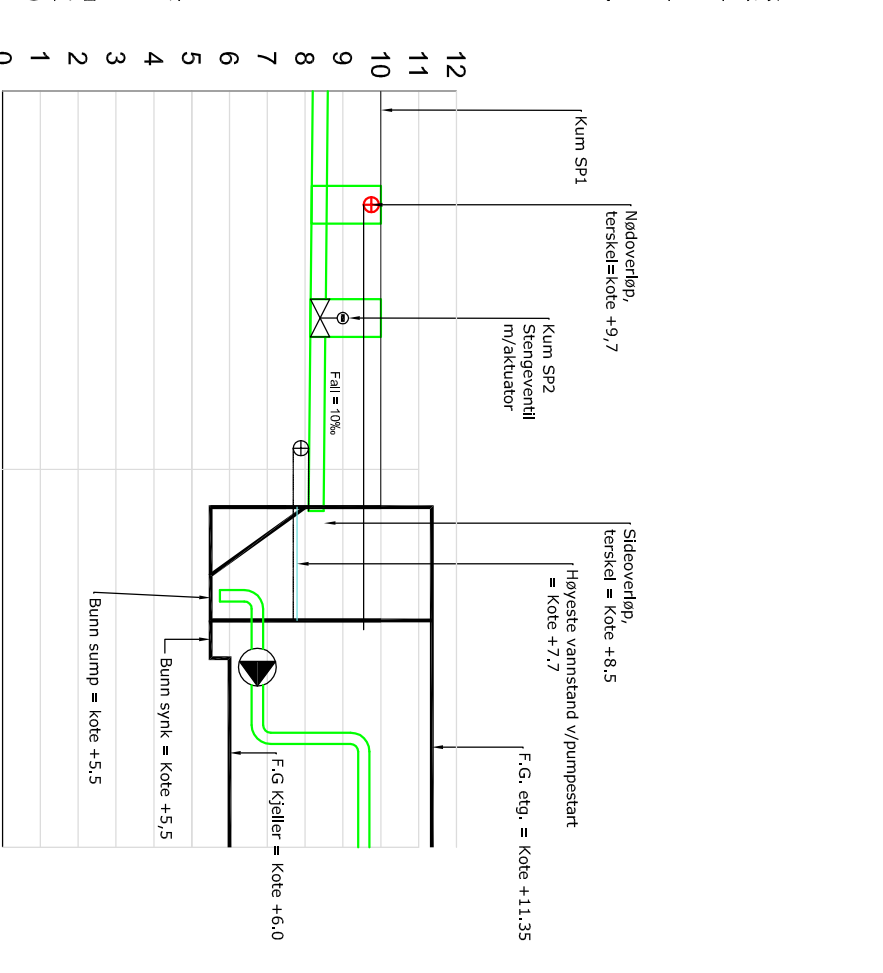
Tegningsliste Nerdalen Renseanlegg

Tegningnr	Tittel på tegning	Målestokk	Tegningsdato	Revisjon	Revisjonsdato
P101	Flytskjema prosess		17.04.2015		
P102	Hydraulisk profil		17.04.2015		
P103	Plan kanalnivå	1:200	17.04.2015		
A101	Utomhusplan og profiler	1:1000/1:200/1:250	17.04.2015		
A201	Plan 1. etg og kjeller	1:200	17.04.2015		
A202	Fasader	1:200	17.04.2015		
A203	Snitt	1:200	17.04.2015		

Vedlegg 6



Profil gjennom bygg, Målestokk 1:250



Profil innløp, Målestokk 1:200

Utomhusplan, Målestokk 1:1000

Revisjonen gjelder		Tegnet av		Kontrollert av	
Rev.		Dato		Dato	
Utomhusplan og profiler		Målestokk	1:1000	Tegnet av	KBM
		Dato	17.04.2015	Kontrollert av	
		Målestokk	1:250		
		Dato	1:200		
		Aktivert			
		Tegning nr.	AT01	Rev.	

Prosjektering av renseanlegg i Nerdalen på Frei – Kristiansund kommune.

Oppdragsgiver: Kristiansund kommune

Utført av: Karl Bjarne Monge

Området - nordsiden av Freiøya

- Bolga
- Omsundet
- Rensvik
- Skjørgårdshøgda
- Kvalvik
- Ørnvika

Oppgaven

- Vurdere og bestemme renseløsning og prosesstrinn iht. forurensingsforskriften.
- Bestemme dimensjonerende vannmengder.
- Dimensjonere renseløsning og prosesstrinn i anlegget.
- Fremtidig avløpsbelastning vil være 10000 PE

Dagens avløpssituasjon

- Spredte utslipp via slamavskillere til sjø.
- En del utslippene går til dårlige resipienter.
- Avløpssituasjonen på nordre Frei er lite rustet til å møte strengere renskrav i fremtiden.

Hvordan løse oppgaven

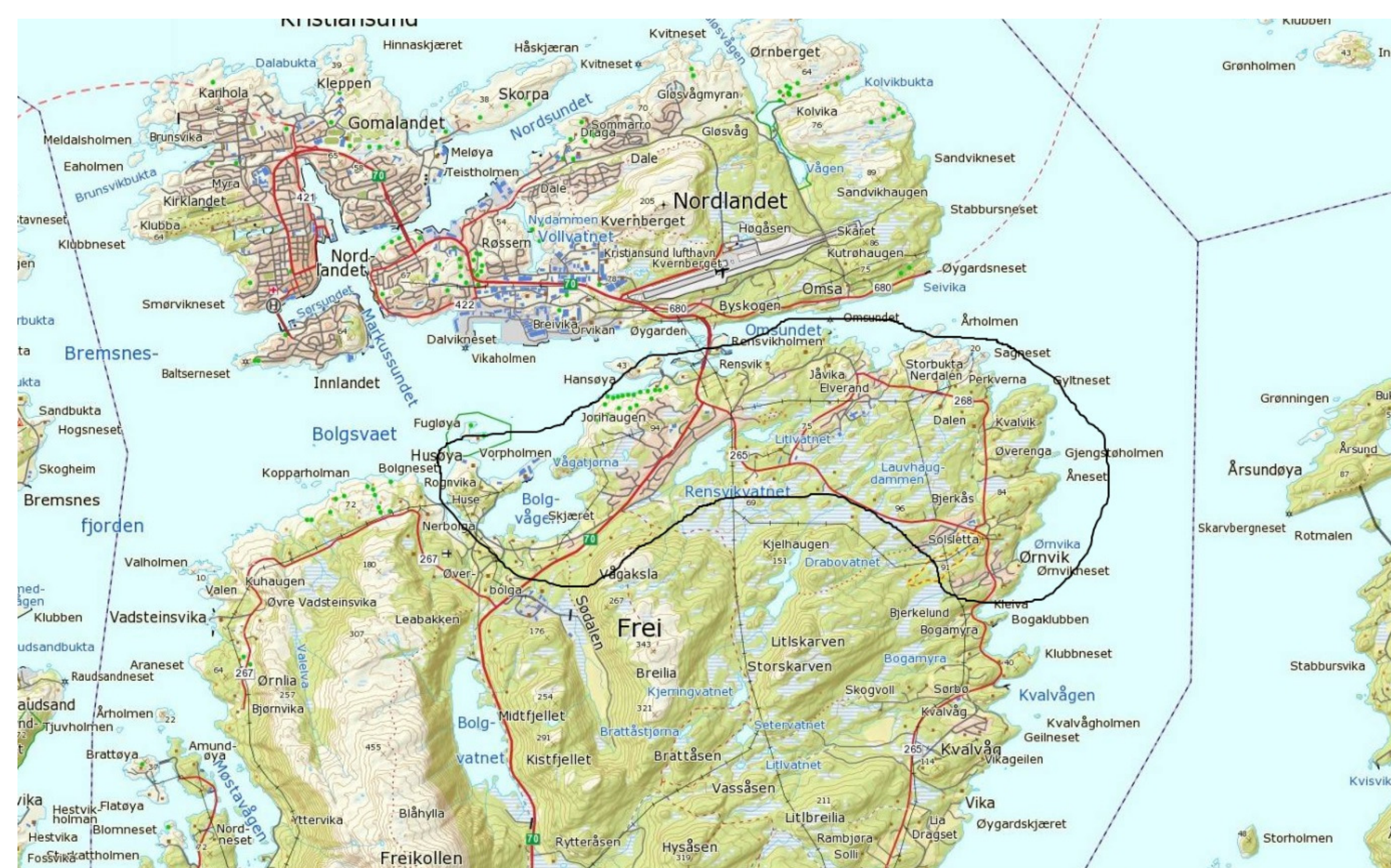
- Norsk vann rapport 168 dimensjonering av avløpsrenseanlegg.
- Klarlegge krav og retningslinjer.
- Vurdere vannmengder ut i fra overvåkingsdata og beregninger.
- Hvilke løsninger eksisterer for avløpsrensing? Hvilke er relevante mhp. gjeldene renskrav.
- Erfaringer fra andre/studiebesøk.

Løsning

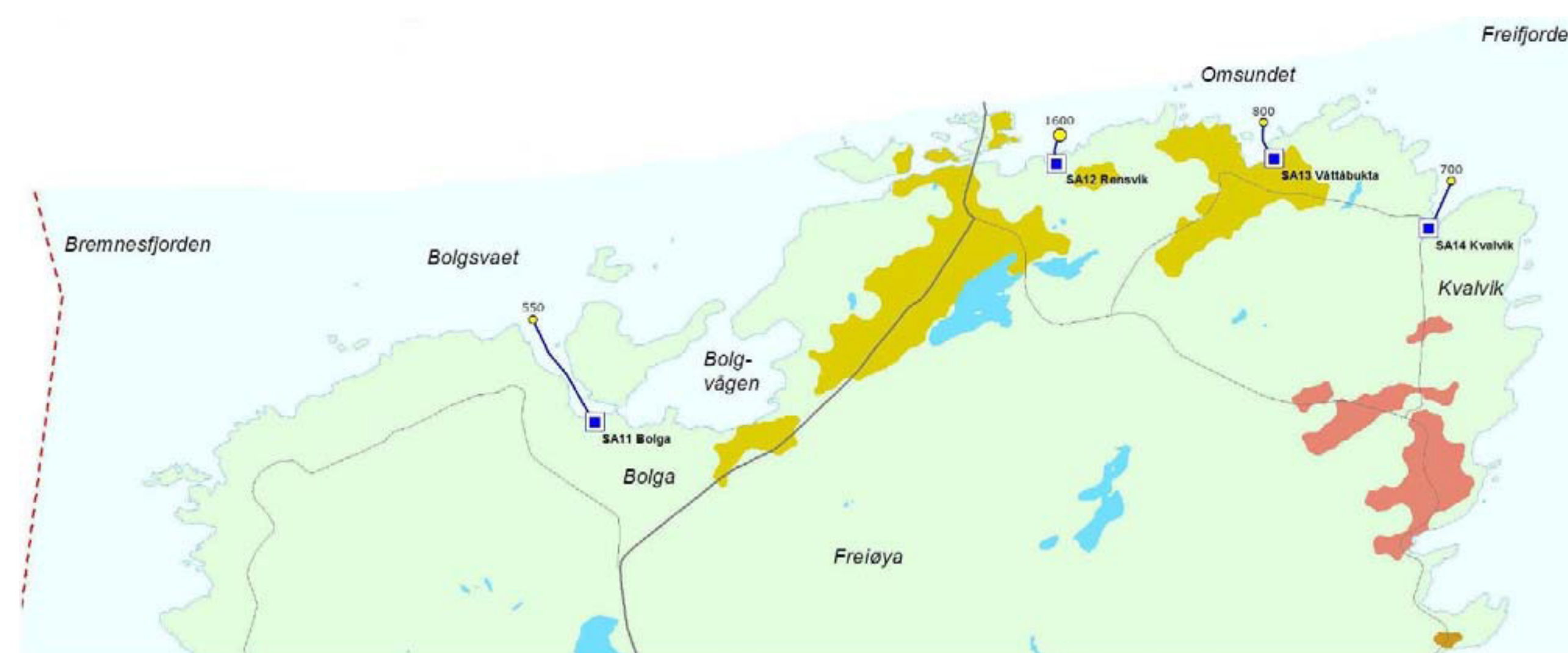
- Mellomfellingsanlegg med kjemisk/biologisk felling for å møte krav om sekundærrensing.
- MBBR bioreaktor
- Separasjon av slam skjer ved tradisjonell sedimentering
- Slam avvannes og fraktes bort.

Dimensjonerende vannmengder

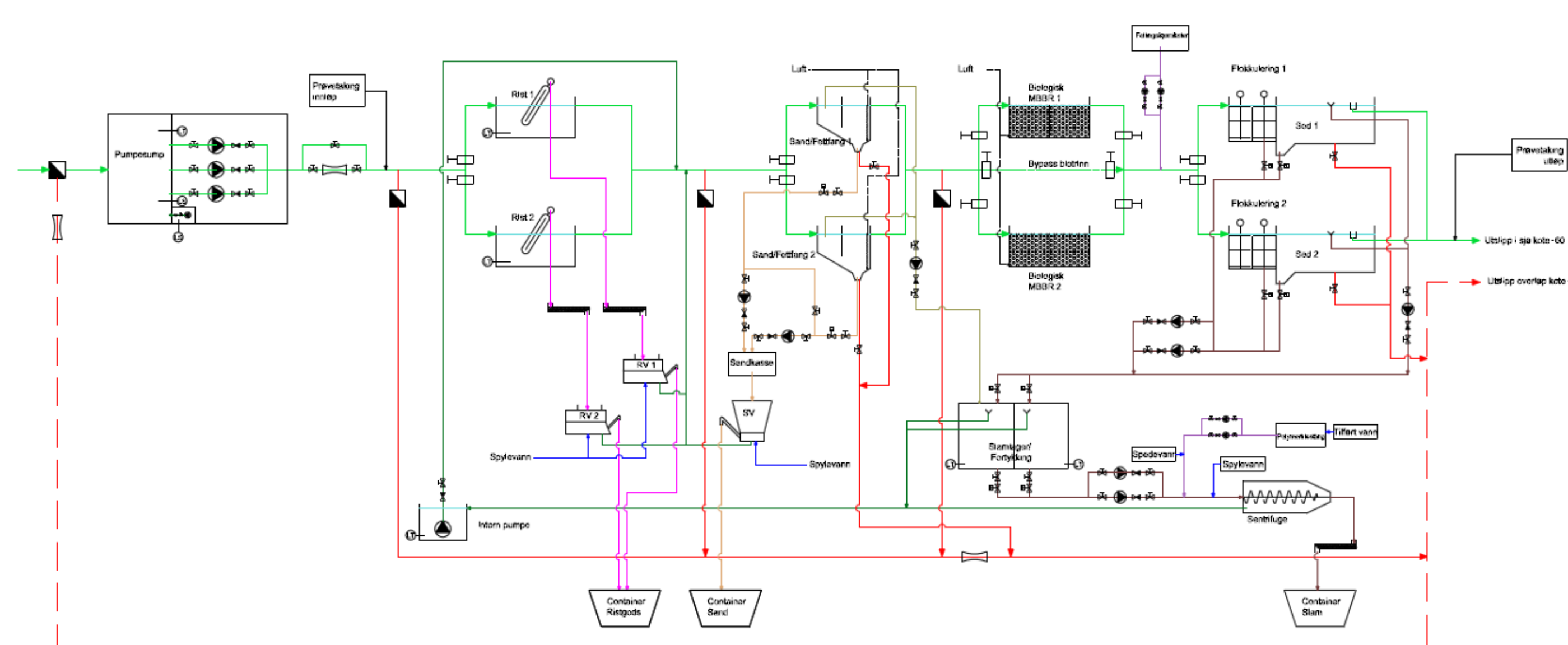
- Q_{dim} 180 m³/time.
- $Q_{maksdim}$ 450 m³/time.
- Q_{maks} 675 m³/time.



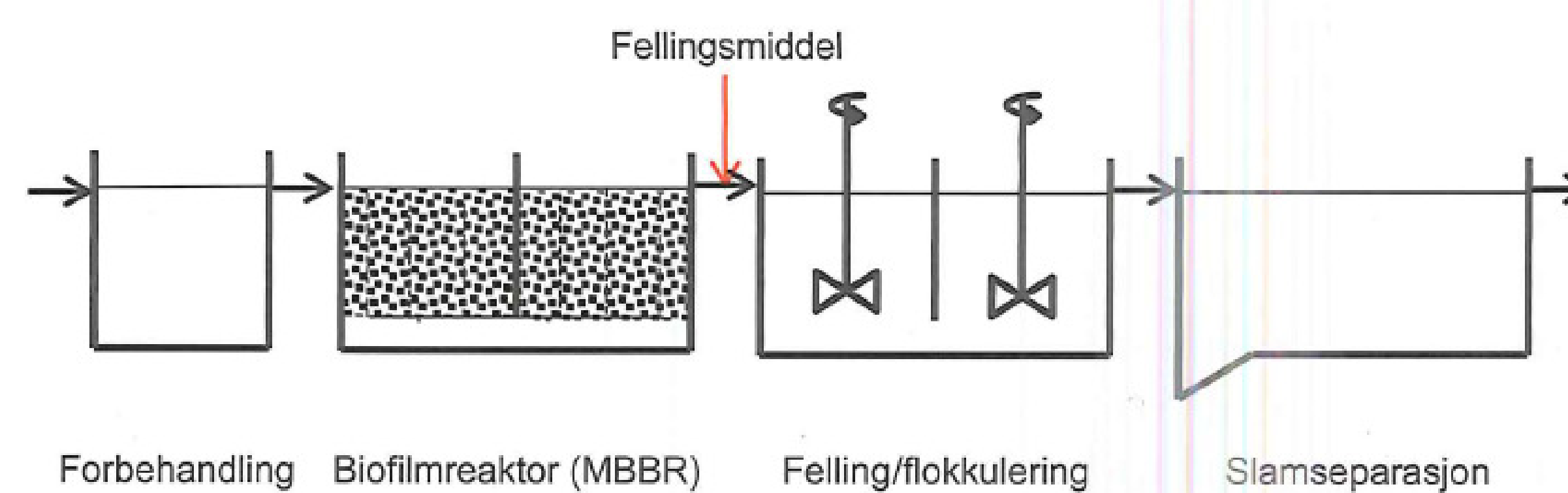
Rensedistrikt nordre Frei



Dagens avløpssituasjon



Flytskjema mellomfellingsanlegg



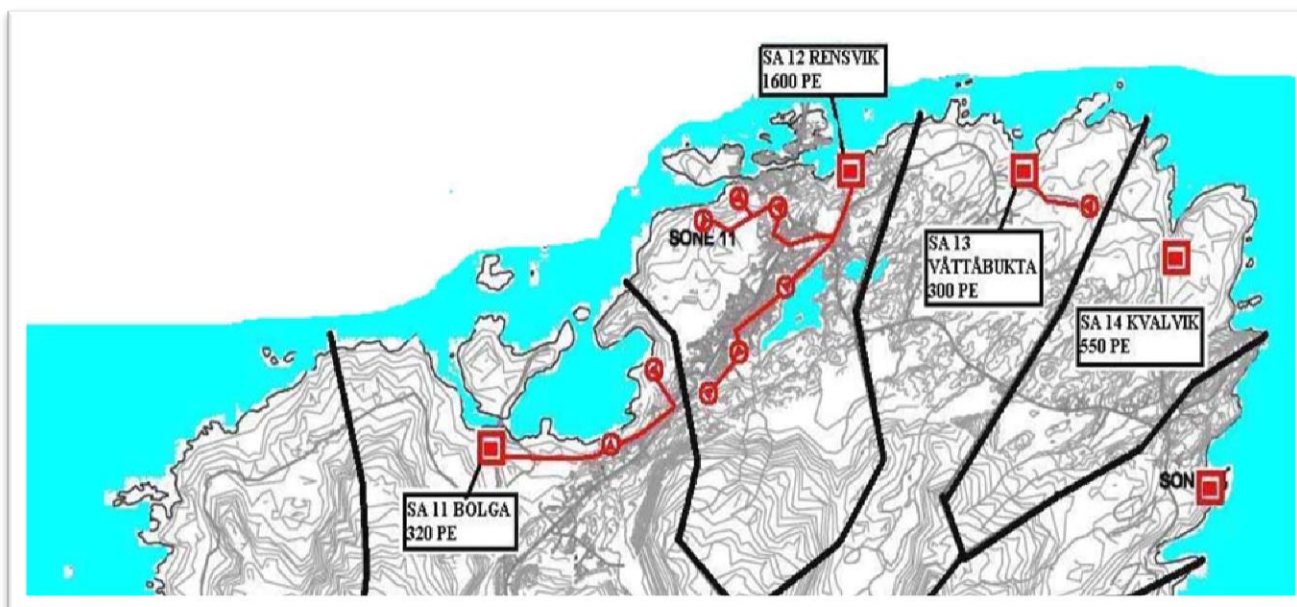
Prinsipp mellomfellingsanlegg

Organisering av prosjekt

- Utførende student - Karl Bjarne Monge
- Oppdragsgiver Kristiansund kommune
- Veileder Kristiansund kommune – Vidar Dyrnes, Leder planavdeling kommunalteknisk avdeling
- Veileder Høgskolen i Ålesund: Kristian Fjørtoft

Dagens situasjon

- Spredte utslipp via slamavskillere til sjø.
- En del utslippene går til dårlige resipienter.
- Avløpssituasjonen på nordre Frei er lite rustet til å møte strengere renskrav i fremtiden.
- Fremtidig avløpsbelastning vil være 10000 PE



Oppgaven omhandler følgende:

- Vurdering av rensemetode for å tilfredsstille krav til fremtidig PE-belastning ihht forurensingsforskriften § 14.8
- Bestemme dimensjonerende vannmengder.
- Dimensjonere renseløsning og prosesstrinn i anlegget.

Fremgangsmåte

- Norsk vann rapport 168 - dimensjonering av avløpsrenseanlegg.
- Klarlegge krav og retningslinjer.
- Vurdere vannmengder ut i fra overvåkingsdata og beregninger.
- Hvilke løsninger eksisterer for avløpsrensing? Hvilke er relevante mhp. gjeldene renskrav.
- Erfaringer fra andre/studiebesøk.

Resultat

- Forbehandling - luftet sand og fettfang
- Biologisk rensetrinn med MBBR (Fastsittende bakteriekultur)
- Kjemisk felling og flokkulering
- Tradisjonell sedimentering
- Slam avvannes og fraktes til Vestnes

