

Beregnet til
Trondheim kommune

Dokument type
Skisseprosjekt

Dato
19.12.2023

SKISSEPROSJEKT

KILLINGDAL RENSEANLEGG



SKISSEPROSJEKT KILLINGDAL RENSEANLEGG

Oppdragsnavn **Killingdal skisseprosjekt renseanlegg**
Prosjekt nr. **1350048783**
Mottaker **Trondheim kommune, v/Inge Dragsnes**
Dokument type **Skisseprosjekt**
Versjon **01**
Dato **19.12.2023**
Utført av **Magnus Kile Andersen, Blanca Silva, Dag Eirik Brevik**
Kontrollert av **Magnus Kile Andersen**
Godkjent av **Dag Eirik Brevik**
Beskrivelse **Skisseprosjekt for nytt renseanlegg for sigevann ved Killingdalsområdet i Trondheim**

Rambøll
Kobbes gate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

Rev	Beskrivelse	Dato	Sign.
01	Første utkast rapport	19.12.2023	MKAN

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	3
2.	Sammendrag	4
3.	Bakgrunn	5
3.1.	Historie	5
3.2.	Tiltak og opprydding	5
3.3.	Videre tiltak etter opprydding	6
3.4.	Permanente løsninger for rensing av sigevannet	6
4.	Overordnet konsept	7
5.	Sigevann	8
5.1.	Sigevannets sammensetning	8
5.1.	Sigevannsmengder	8
5.1.1.	Tilrenning	8
5.2.	Årlige mengder	10
6.	Dagens midlertidige renseanlegg	12
6.1.	Pilotanlegg	12
6.2.	Analyser av sigevann	12
6.3.	Utløpskonsentrasjoner og utslippstillatelse Killingdal	13
7.	Prosessløsning nytt anlegg	15
7.1.	Grunnlag for prosessløsning	15
7.2.	Behandlingsprinsipper for sigevann	16
7.2.1.	Alternativ 1 – To-trinns pH-justering, med membran og ionebytte	16
7.2.2.	Alternativ 2 – Ett-trinns pH justering, med sandfilter og ionebytte	18
7.2.3.	Alternativ 3 – To-trinns pH justering, med aktivt kull, og to-stegs ionebytte	19
7.3.	Slambehandling	20
7.3.1.	Behandlingsteknologi	20
7.3.2.	Slammengder	21
7.3.3.	Lokal avvanning kontra bortkjøring av vått slam	21
7.4.	Vurdering av alternativer for renseløsning	22
8.	Plassering og utforming	23
8.1.	Plassering	23
8.2.	Løsninger i tunnel og overføring av sigevann	24
8.2.1.	Tiltak i tunnel	24
8.2.2.	Pumpestasjon og trykkledning	25
8.3.	Byggeteknisk utforming	25
8.3.1.	Bygg med kjeller og lokal avvanning	25
8.3.2.	Bygg med plate på mark, med slamlager	26
8.4.	Alternativ 1: Anlegg på grøntområde nord for Killingdalområdet	27
8.4.1.	Tomt og landskapsplan	27
8.4.2.	Veg og adkomst	29
8.4.3.	VA, el og utslippsledning	30
8.5.	Alternativ 2 Utvidelse industriområde	31
8.5.1.	Veg og adkomst	33
8.5.2.	VA, el og utslippsledning	34

8.6.	Alternativ 3 Annen lokasjon	34
9.	Kostnadsberegninger	35
9.1.	Valg av konfigurasjon for kostnadsberegning	35
9.2.	Kostnadsberegning	35
10.	Grønt kapittel	37
10.1.	Overordnet	37
10.2.	Bygningsmessige tiltak	38
10.3.	Sosiale forhold	39

Vedlegg

1. Notat 001- Teknisk notat skisseprosjekt Killingdal renseanlegg 2021
2. Tillatelse etter forurensningsloven til Trondheim kommune til utslipp fra renseanlegg, Killingdal i Ilsvika 2022

Tegninger

- H100 Systemtegning teknisk infrastruktur
- P101 Plan og snitt, bygg med kjeller og avvanning
- P201 Plan og snitt, bygg med plate på mark

1. INNLEDNING

Rambøll er engasjert av Trondheim kommune for å bidra til løsninger vedrørende forurensinger fra Killingdalområdet nord for Ila.

Trondheim kommune har angrepet utfordringen fra flere hold, og har i en årrekke utført forsøk og midlertidige tiltak for å bøte på forurensingen. Skisseprosjektet sees på som et ledd i dette arbeidet, og omhandler en mer permanent løsning for rensing av sigevannet. Tidligere er det utredet alternativer som innebærer overføring av sigevannet til Høvringen renseanlegg, men grunnet både anleggstekniske og rensetekniske utfordringer er en slik løsning ikke å foretrekke.

I denne rapporten utredes muligheter for å etablere et permanent renseanlegg i nærheten av Killingdalområdet. På dette stadiet er det fortsatt mange usikkerhetsmomenter, særlig knyttet til massenes beskaffenhet i området. Vår 2024 planlegger Trondheim kommune å gjennomføre geotekniske og miljømessige undersøkelser på Killingdalsområdet, som vil gi viktige svar i videre utredning av et renseanlegg.

Rapporten må leses i lys av nevnte usikkerheter, og avgjørelser som tas på bakgrunn av utredningen bør tas med varsomhet.

Rapporten er utarbeidet i løpet av høsten 2023, hovedsakelig av personell ved Rambølls kontor i Trondheim, men med bidrag fra eksperter i Rambøll USA, Sverige og fra leverandørmarkedet.

2. SAMMENDRAG

Siden Killingdal Gruveselskap avviklet sin virksomhet ved Killingdalområdet rett nord for Ila, har det vært utfordringer med utlekking av metallholdig sigevann i fjorden. Selv etter en sanering og opprydding i 2011 oppleves forurensingen som uholdbar, og knytter seg i hovedsak til en åpen tunnel under den gamle omlastingssjakten for gruvemalm. Tunnelen er om lag 200 meter lang og 2,5 meter bred, og fungerer nå som et oppsamlingsvolum for sigevann. Trondheim kommune har igangsatt en rekke tiltak for å bedre forholdene, og har de siste årene både gjort tiltak inne i selve tunnelen og i forbindelse med et midlertidig renseanlegg i adkomsttunnelen. Tiltakene har ført til større kunnskapsgrunnlag for en mer permanent løsning for sigevannet.

I denne rapporten er det gjort forsøk på å samle data som er innhentet på sigevannet, og foreslå en karakteristikk på vannet som skal renses. Karakterisering er relativt utfordrende og medfører mange usikkerhetsfaktorer, men vil likevel gi et bilde på aktuelle størrelser og løsninger for renseanlegget. Hovedsakelig har sigevannet svært høye konsentrasjoner av kobber (Cu), sink (Zn), aluminium (Al) og jern (Fe).

Innlekk av sigevann i tunnelen varierer kraftig over året, og det er relativt utfordrende også å sette en dimensjonerende vannmengde. Basert på målinger og skjønnsmessige vurderinger velges 6 m³/h som dimensjonerende tilrenning, mens makstilrenning anslås til 15 m³/h.

Valg av prosessløsning på et så komplisert sigevann som ved Killingdal avhenger av en tett dialog med leverandørmarkedet. Rambøll har benyttet flere leverandører i utredningen, som har medført i hovedsak tre aktuelle prosessutrustninger:

Alternativ 1 – To-trinns pH-justering, med membran og ionebytte

Alternativ 2 – Ett-trinns pH justering, med sandfilter og ionebytte

Alternativ 3 – To-trinns pH justering, med aktivt kull, og to-stegs ionebytte

For å huse en slik prosessutrustning er det foreslått et bygg på om lag 200 m² i grunnflate, over to eller tre etasjer avhengig av valg med tanke på lokal avvanning. Anleggets totale arealbehov på tomta, inkludert gårdsplass, estimeres til ca. 800 m².

Plassering av anlegget vil avhenge av massenes beskaffenhet og forurensing i grunn. Det er utredet i hovedsak to lokasjoner; ett på grøntarealer i nordenden av Killingdalsområdet, og ett nede ved sjøen som en utvidelse av industriområdet rett øst for første foreslåtte lokasjon. Anlegget på grøntområdet har en enklere tomt å bygge på, mens forslag nummer to krever graving og sikring av masser. Geotekniske- og miljømessige undersøkelser av massene vil kunne gi viktige svar med tanke på valg av lokasjon.

Beregninger viser at nytt anlegg ved Killingdal kan komme til å koste mellom 31- og 117 millioner NOK avhengig av valg videre i prosessen, samt usikkerhet i vurderingene. Tar man utgangspunkt i en mellomløsning uten å hensynte usikkerhet, er det sannsynlig at anlegget vil ligge i kostnadsorden 60-70 millioner NOK.

3. BAKGRUNN

3.1. Historie

Området noen hundre meter nord for Ila kalles Killingdalsområdet, etter Killingdal Gruveselskaps virksomhet her frem til 1986. Etter gruveselskapets konkurs og nedleggelse av virksomheten, ble området stående ubrukt frem til rundt år 2000. Etter miljøtekniske undersøkelser i 2004 viste det seg at området var svært forurenset av gjenværende rester av malmkonsentrat, malmrester og tungmetallforekomster. Fjæresteinene gav også et synlig bevis på forurensingen, med sin rødbrune misfarging, samt at utlekking til tider var synlig flere titalls meter ut i fjorden.



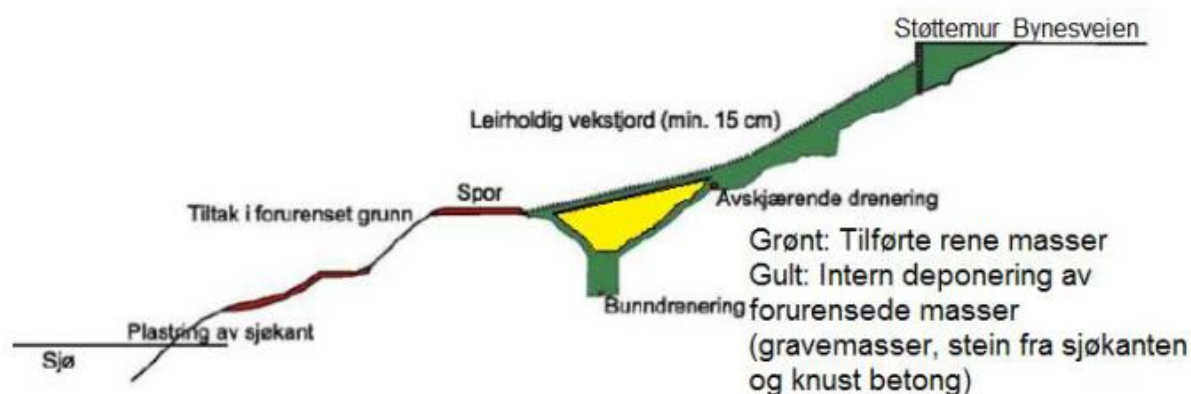
Figur 1 Bilde av Killingdalsområdet (Multiconsult 2009)

3.2. Tiltak og opprydding

Som reaksjon på funnene i 2004 ble det planlagt en større opprydding og omdisponering av området. Saneringen ble fullført i 2011 og området ble gjort om til parkanlegg og grøntområder for publikum. Selv om oppryddingen i stor grad anses som god, opplever området fortsatt noen utfordringer med forurensing. Utfordringene knytter seg i hovedsak til den gamle transport/utlastingstunnelen i bunnen av omlastingsrampene (vist som «bunn drenering» på Figur 3). I etterkant av tildekkingen har denne fungert som et oppsamlingsbasseng for forurenset sigevannvann, der vannet infiltreres gjennom forurensete masser og trenger inn i tunnelen. I tunnelen sedimenterer sigevannet, og ved større nedbørs- eller smeltevannsmengder går vannet i overløp ved «Drensoverløp (V4)» ut i fjorden, se Figur 2 og Figur 3.



Figur 2 Oversiktsbilde før tildekking (Multiconsult 2009)



Figur 3 Snitt av området etter tiltak (Multiconsult 2009)

3.3. Videre tiltak etter opprydding

Trondheim kommune har utført flere tiltak på området siden oppryddingen i 2011, blant annet ved prøvetaking, separering av vannfraksjoner, gjennomføring av pilotforsøk, samt etablering av lokale renseanlegg i den tørre delen av gruvetunnelen.

Fortsatt kan følgende utfordringer nevnes vedrørende Killingdal:

- Fortsatt høyt innhold av metaller i sigevann i tunnelen
- Varierende konsentrasjoner og mengder på sigevannet
- Punktvis svært lav pH, som gjør det utfordrende å felle ut metaller som sink og kobber
- Pukkdekke i bunnen av tunnelen mettes med slam, og gjør det svært utfordrende å rense tunnelen
- Utfordrende arbeidsmiljø i tunnelen gjør det utfordrende å gjennomføre tiltak
- Begrenset med plass til etablering av lokal renseløsning inne i- eller utenfor tunnelen
- Utfordringer med håndtering av slamfraksjonen etter felling og sedimentering

3.4. Permanente løsninger for rensing av sigevannet

Som nevnt, har ikke tiltakene som er iverksatt ved Killingdal lyktes i å takle alle utfordringene med forurensing fra tungmetaller, og det synes dermed naturlig å se på mer permanente løsninger for rensing av sigevannet.

I «Notat for del-leveranse, skisseprosjekt Killingdal renseanlegg» (Rambøll, 2021) ble det evaluert 4 konsepter for håndtering av sigevannet fra Killingdal:

- 1) Pumpe sigevannet til avløpstunnel til Høvringen RA
- 2) Etablere et renseanlegg ved Høvringen RA med trykkledning etablert i avløpstunnel
- 3) Etablere et renseanlegg på nord-delen av Killingdalsområdet
- 4) Etablere et renseanlegg utenfor inngangen til tunnel

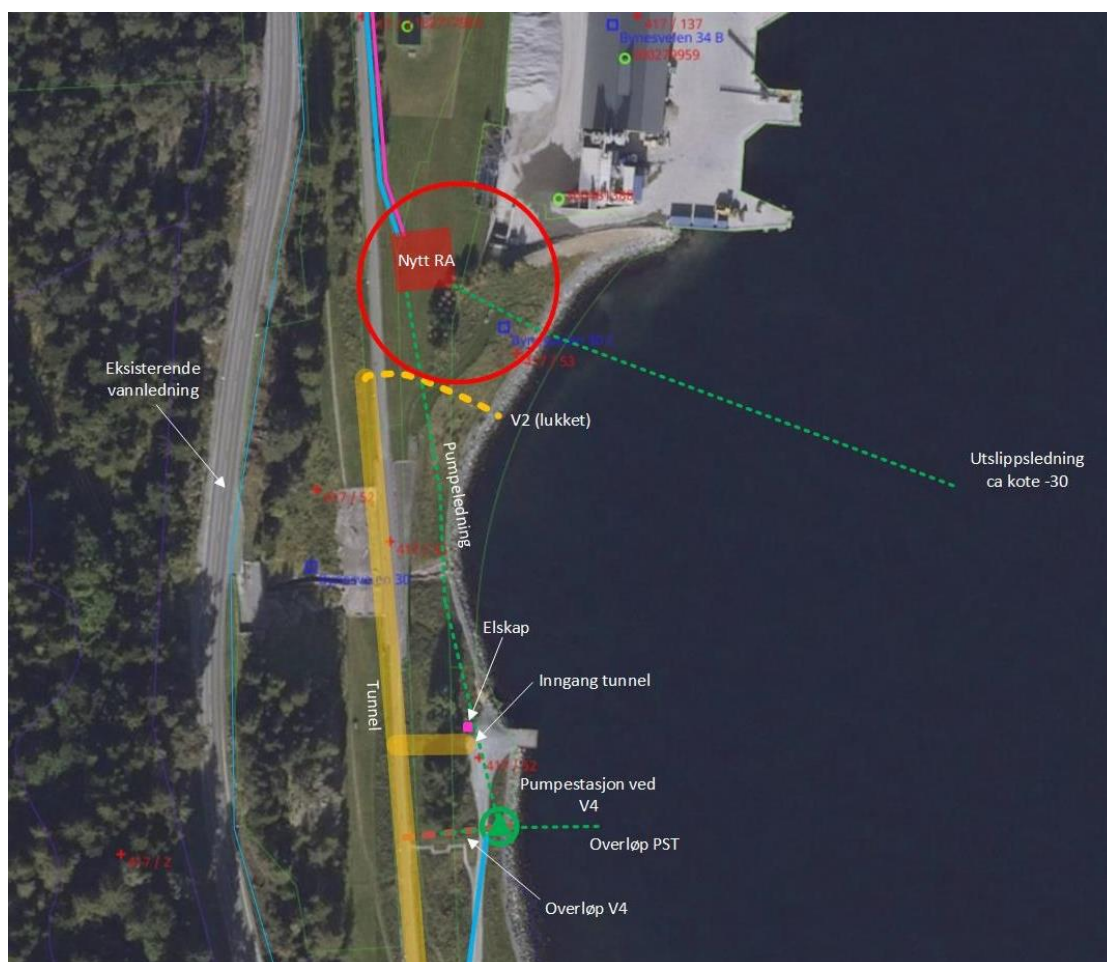
Vurderinger som er gjort med bakgrunn i dette tekniske notatet, viser at alternativ 3) «nytt renseanlegg på nord-delen av Killingdalsområdet» trolig er den mest hensiktsmessige og gjennomførbare løsningen. Skisseprosjektet vil dermed utrede dette alternativet videre.

4. OVERORDNET KONSEPT

Sett fra et overordnet perspektiv vil etablering av et renseanlegg på nord-delen av Killingdalsområdet medfølge følgende elementer:

- Overføringsystem fra tunnel til renseanlegg
- Plassering og form på renseanlegget,
- Renseløsning og slamhåndtering
- Infrastruktur tilknyttet renseanlegget, som adkomstvei, elforsyning, forbruksvann og tomtutforming
- Utslippsledning for rensset sigevann

Figur 4 viser en oversikt over systemet.



Figur 4 Overordnet konsept Killingdal RA

Med overordnet konsept som utgangspunkt, vil denne rapporten utrede muligheter og utfordringer i å etablere et nytt renseanlegg ved Killingdal. Sigevannets karakteristikk vil ha stor påvirkning på anleggets utforming, og vil dermed være viktig å etablere i starten av utredningen. De neste kapitlene vil omhandle sigevannets mengder og konsentrasjoner, før prosessløsning og byggets utforming kan foreslås.

5. SIGEVANN

Sigevannet fra Killingdal kan deles inn i to fraksjoner, «takvann» og «tunnelvann». Takvannet stammer i hovedsak fra innlekk fra bekkefar og overflateavrenning, og anses som så lite forurenset at det i dag føres direkte til resipient gjennom et taknedløpssystem lengst nord, og lengst sør i tunnelen. Tunnelvannet infiltreres gjennom forurensete masser og trenger inn i tunnelen, der det sedimenterer og til tider går i overløp ut til fjorden ved Ilsvika. Tunnelvannet er betydelig mer forurenset enn takvannet og fører til en stor belastning på resipient om den ikke gjennomgår en form for renseprosess før utslipp¹. «Overløp» defineres her som vannet som renner over en overløpsterskel i tunnelen (etablert ca. 0,6 m over bunnivå), og vil bestå av det øverste siktet av tunnelvannet. Ved store nedbørsmengder kan vannet som går i overløp være relativt kraftig forurenset.

5.1. Sigevannets sammensetning

Trondheim Kommune har tatt flere prøver i løpet av 2023, både av tunnelvann (Tunnel-N), takvann (V-Tak), og overløp. Metallinnholdet i de ulike fraksjonene vises i Tabell 1. Tunnel- N er tatt i den nordlige delen av tunnelen, som anses som mest forurenset og har mer sedimenter i bunnen. Overløp er naturligvis mindre forurenset enn tunnelvannet, da sedimentene i stor grad blir værende i tunnelen. Takvann er minst forurenset, men inneholder likevel konsentrasjoner som kan være skadelige for ytre miljø ved Ilsvika.

Tabell 1 Gjennomsnitt metallinnhold i tunnelvann, takvann og overløpet fra januar til oktober 2023

Parametere	Tunnel- N	V- Tak	Overløp
	(µg/L)		
Kadmium (Cd)	10	1,7	23
Bly (Pb)	32	1,1	3
Nikkel (Ni)	20	2,2	12
Kobber (Cu)	10106	53	1056
Sink (Zn)	3001	449	5672
Arsen (As)	7	0,4	1,4
Krom (Cr)	4	0,5	0,8
Kvikksølv (Hg)	-	-	-
Aluminium (Al)	2823	99	559
Jern (Fe)	20166	246	2264
Sulfid (S)*	154	20	91

*: mg/L

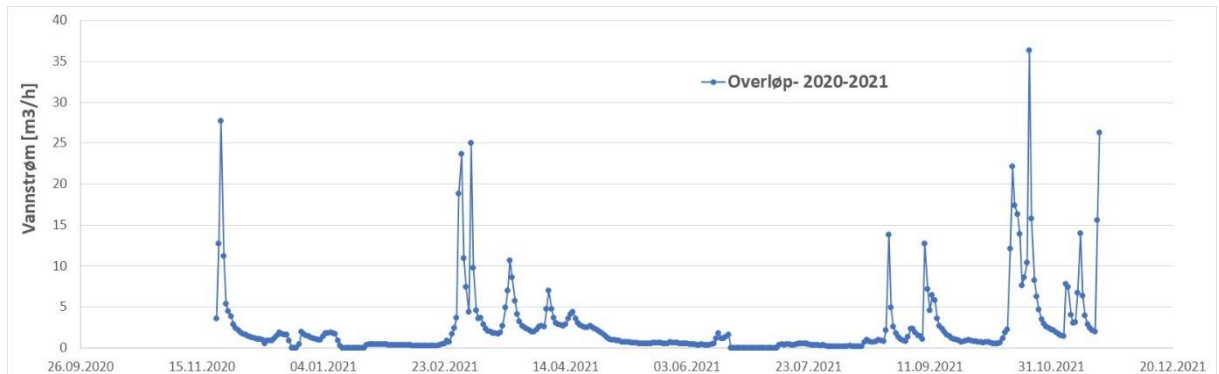
5.1. Sigevannsmengder

5.1.1. Tilrenning

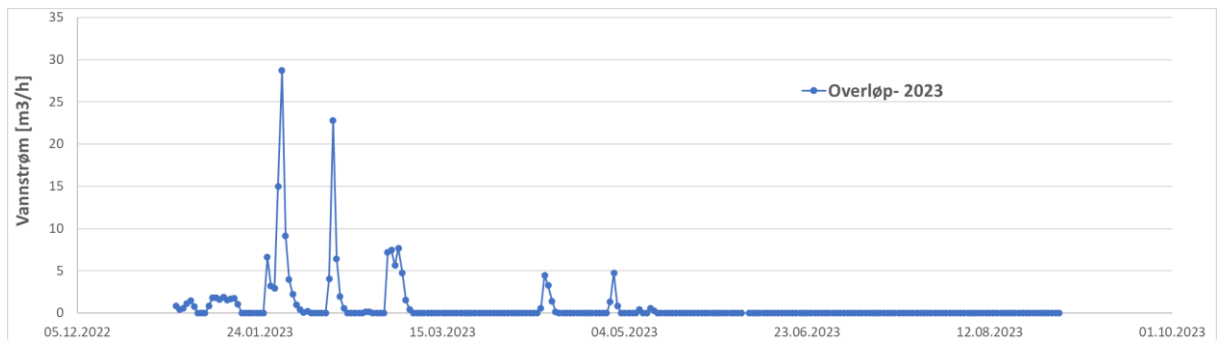
For et fremtidig renseanlegg er det avgjørende å bestemme en forventet tilrenning/mengde av sigevann. Overløpsmengde er målt og vist i figurene Figur 5 og Figur 6. Perioden med høyest overløp for tunnelvann er om høsten og i forbindelse med snøsmelting på våren. Generelt, i

¹ Teknisk notat-Notat for del-leveranse, skisseprosjekt killingdal renseanlegg.

perioden mai til september er overløpet for tunnelvann lav. Døgn gjennomsnitt på overløp av tunnelvannet varierer fra 0 til 36 m³/h over det målte året.

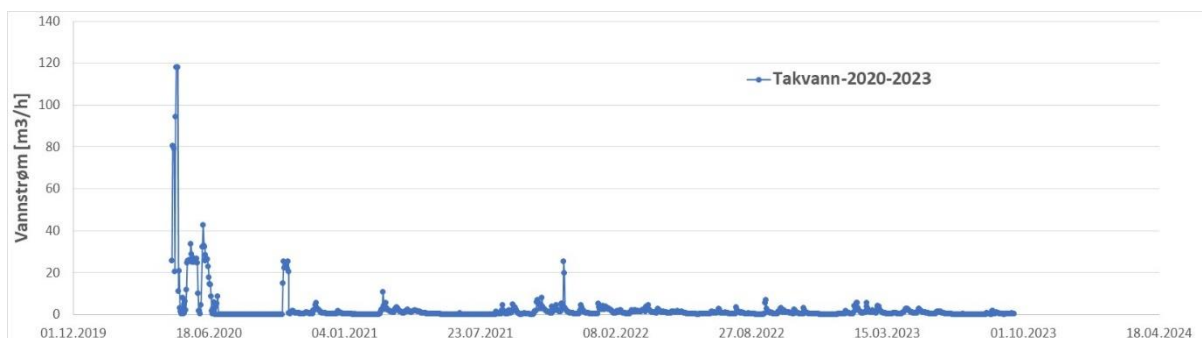


Figur 5 Overløpe av tunnelvann i løpet av 2020/2021.



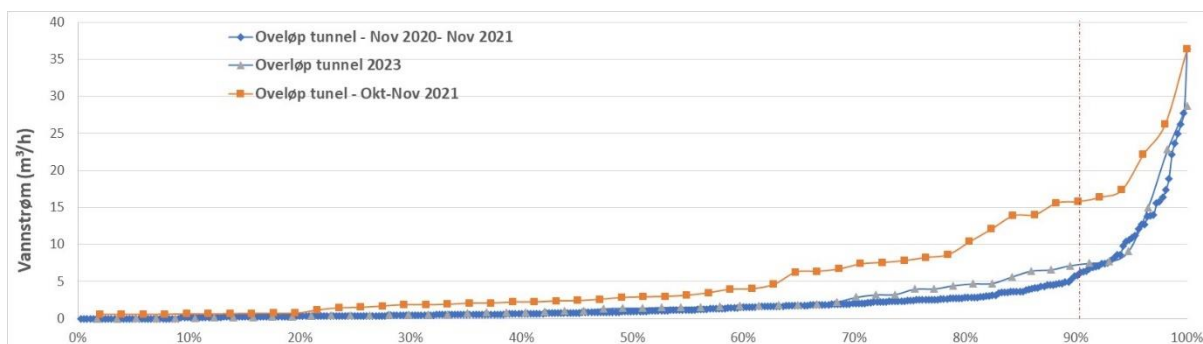
Figur 6 Overløpe av tunnelvann i løpet av januar til august 2023.

Figur 7 viser vannstrøm fra takvann i løpet av 2020-2023. Verdiene registrert i april og mai 2020 representerte de høyeste nivåene i tidsrommet. Døgn gjennomsnitt på takvannet fra juni 2020 til 2023 varierer fra 0 - 42 m³/t.



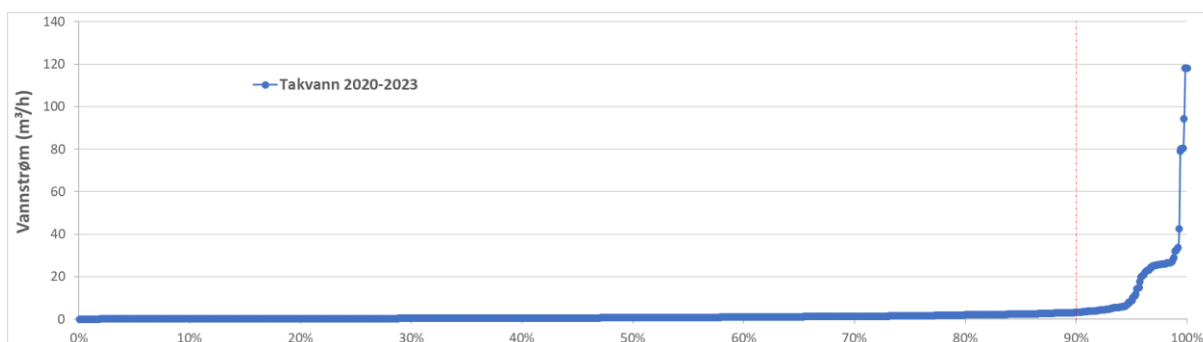
Figur 7 Takvann i løpet av 2020-2023

Figur 8 viser varighetskurve for overløps-, tunnel- og takvann i løpet av 2020 til 2023, basert på døgn gjennomsnitt. Figuren indikerte at over 90% av tiden er strømmen lavere enn 6 m³/h. Der er noen toppen som er betydelig større, «overløp tunnel okt-nov 2021» (oransje kurve) angitt ca. 15 m³/h ved 90 % persentilen.



Figur 8 Varighetskurve for tunnelvann i løpet Nov 2020 -Nov 2021, Ok-Nov 2021 og januar -august 2023.

Figur 9 viser varighetskurver for takvann i løpet 2020-2023, basert på døgngjennomsnitt. Over 90% av tiden er strømmen lavere en 3 m³/h.



Figur 9 Varighetsdiagram for takvann i løpet 2020-2023

På bakgrunn av vannføringsmålingene velges 6 m³/h som dimensjonerende tilrenning, mens makstilrenning settes til 15 m³/h.

5.2. Årlige mengder

Årlig tilrenning beregnes utfra tilgjengelige datasett, som har litt ulikt format gjennom de siste årene. Hovedsakelig er det timetilrenning godt tilgjengelig fra 2020-2022, og kubikk per døgn gjennom 2023. Dataene benyttes til å estimere en gjennomsnittlig vannføring, men denne kan ha store variasjoner fra år til år.

Følgende mengder er estimert fra 2020-2022:

Takvann	7- 9000 m ³ /år
Overløpsmengder	18- 23 000 m ³ år
Tunnelvann til midlertidig renseanlegg	1- 2000 m ³ /år

Totalt estimeres det årlige mengder på mellom 25- og 35 000 m³.

Målinger fra 2023:

Takvann	9 500 m ³ /år
Overløpsmengder	7 800 m ³ år
Tunnelvann til midlertidig renseanlegg	16 000 m ³ /år

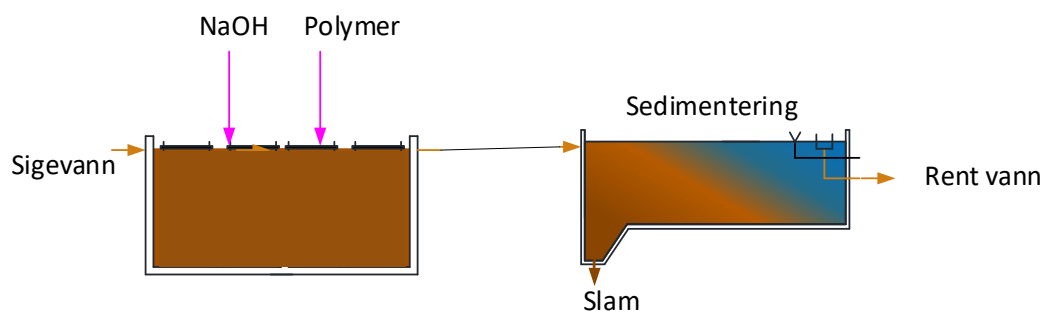
Vannføringsmålinger som er gjort i 2023 viser relativ korrelasjon med estimatet fra 2020-2022, men med en betydelig økning i andel behandlet vann til RA.

Som utgangspunkt benyttes mellom 25 – 35 000 m³ per år i videre beregninger.

6. DAGENS MIDLERTIDIGE RENSEANLEGG

6.1. Pilotanlegg

Gjennom de siste årene, er det gjort ulike pilotforsøk for å rense sigevannet. I dag er det etablert et renseanlegg i Killingdal basert på en kjemisk fellingsprosess med tilsetning av både NaOH (lut) og polymer, og deretter bruker man sedimentering for å separere slammet, se Figur 10. Gjennomsnittlig av vannmengde til renseanlegg er 2,3 m³/t.



Figur 10 Forenklet flytskjema for dagens sigevann behandling hos Killingdal renseanlegg.

6.2. Analyser av sigevann

Det ble tatt flere prøver av sigevann som ble pumpet inn til renseanlegget (urenset) og etter sedimentering (rent vann) fra januar til november 2023. Resultatene fra analysene er oppsummert i Tabell 2 og Tabell 3. Tabell 2 inkluderer resultatene fra januar til august, og analysen indikerte at de tungmetallene med den høyeste konsentrasjonen var kobber (Cu), sink (Zn), aluminium (Al) og jern (Fe). Rensegraden for alle tungmetaller var mellom 72 % og 85 %. For suspenderte faststoffer (SS) var rensegraden ca. 48 %, mens ingen sulfid (S) eller totalt faststoff (TS) ble fjernet.

Tabell 2 Analyser av sigevann inn og ut til Killingdal RA fra Januar til August 2023.

Killingdal RA fra 05.01.2023 -17.08.23					
Parametere	Inn (µg/l)	Inn (Kg/år)	Ut (µg/l)	Ut (Kg/år)	Rensegrad (%)
pH	3,6-8,8 ^T		9,6-10,5 ^T		
Kadmium (Cd)	22	0,39	4	0	81
Bly (Pb)	19	0	2	0	84
Nikkel (Ni)	18	0	3	0	79
Kobber (Cu)	5024	95	738	15	79
Sink (Zn)	5363	96	931	16	81
Arsen (As)	17	0	1	0	82
Krom (Cr)	4	0	0	0	79
Kvikksølv (Hg)	-	-	-	-	0
Aluminium (Al)	2324	42	451	9	72
Jern (Fe)	24667	379	970	379	85
Sulfid (S)*	137	2567	136	2543	0
SS *	64	1006	33	651	48
TS*	845	15956	864	16536	0

Turbiditet (NTU)	156	-	4	-	97
Konduktivitet (mS/m)	111	-	117	-	-

* mg/L

T: pH

Tabell 3 inkluderer resultatene fra august til november. I august 2023 ble det gjennomført en mindre oppgradering som innebar en utvidelse av sedimentasjonsbassenget. Resultatene indikerte en forbedring i rensegraden fra 8-20 % av tungmetaller, sammenlignet med tidligere. En sannsynlig forklaring på økningen i rensegraden kan være økningen av den hydrauliske oppholdstiden i sedimentasjonstanken.

Tabell 3 Analyser av sigevann inn og ut til Killingdal RA fra august til november 2023

Killingdal RA (Etter oppgradering av sedimentering) 31.08.23 til 01.11.23					
Parametere	Inn (µg/l)	Inn (Kg/år)	Ut (µg/l)	Ut (Kg/år)	Rensegrad (%)
pH	4,6-6,5 ^T		9,6-10,5 ^T		
Kadmium (Cd)	20	0,39	1,28	0,03	94
Bly (Pb)	26	0,44	2,37	0,04	91
Nikkel (Ni)	21	0,40	1,69	0,03	92
Kobber (Cu)	9763	177	718	13	93
Sink (Zn)	5550	107	363	7	93
Arsen (As)	9	0,14	0,71	0,01	92
Krom (Cr)	4	0,07	0,43	0,01	89
Kvikksølv (Hg)	-	-	-	-	0
Aluminium (Al)	2425	47	351	7	86
Jern (Fe)	15688	273	1151	273	93
Sulfid (S)*	151	3022	154	3075	0
SS *	22	528	30	713	0
TS*	870	20093	871	19723	0
Turbiditet (NTU)	59	-	5	-	92
Konduktivitet (mS/m)	111	-	115	-	-

* mg/L

T: pH

6.3. Utløpskonsentrasjoner og utslippstillatelse Killingdal

Vedlegg 2 viser utslippstillatelsen for Killingdal. Den fastsetter at vannet som slippes ut fra renseanlegget skal ikke overstige konsentrasjonsgrensene og grensen for utslippsmengder i Tabell 4. Videre gir Tabell 4 en oversikt over gjennomsnittlig metallinnhold i utløpskonsentrasjonen fra dagens renseanlegg, takvann, og overløp. Konsentrasjonen av bly (Pb) fra det eksisterende renseanlegget overskred konsentrasjonsgrensen, mens utslippsmengdene var lavere. Samtlige konsentrasjonsgrenser og utslippsmengder for takvann var under utslippsgrensen for Killingdal. Konsentrasjonene og mengde av Cd, Pb, Ni, Cu, Zn og Cr i overløpsvannet overskred utslippstillatelsen. Resultatene indikerer at det er behov for behandling

av overløp før utslipp. Selv om det ikke er spesifikk utslippstillatelse for aluminium, jern og sulfid, anbefales det å også fjerne dem.

Tabell 4 Gjennomsnitt metallinnhold for 2023 i for rent vann på dagens renseanlegg, takvann, overløp, og Utslippstillatelse Killingdal²

Parametere	Ut fra RA (Rent vann)		V- Tak		Overløp		Utslippstillatelse Killingdal	
	µg/l	Kg/år	µg/l	Kg/år	µg/l	Kg/år	Konsentrasjonsgrense ukentlig	Utslippsmengde
							µg /l	Kg/år
Kadmium (Cd)	1,3	0,03	1,6	0,01	23	0,54	3,6	0,12
Bly (Pb)	2,4	0,04	1,1	0,01	3	0,10	1,3	0,07
Nikkel (Ni)	1,7	0,03	2,2	0,01	12	0,30	5,5	0,17
Kobber (Cu)	718	13	50	0,45	1056	39	700	17
Sink (Zn)	363	7	425	3,2	5672	132	700	26
Arsen (As)	0,7	0,01	0,4	0,00	1,4	0,05	1,6	0,08
Krom (Cr)	0,4	0,01	0,4	0,00	0,8	0,18	1,3	0,03
Kvikksølv (Hg)	-	-	0,0	0,000	0,009	0,000	0,047	0,001
Aluminium (Al)	351	7	96	0,76	559	20	-	-
Jern (Fe)	1151	273	241	1,89	2264	85	-	-
Sulfid (S)*	154	3075	19,8	1888	91	2227	-	-

*: mg/L ;

² Tillatelse etter forurensningsloven til Trondheim kommune til utslipp fra renseanlegg, Killingdal i Iilsvika. Gyldighet frem til 1. november 2026.

7. PROSESSLØSNING NYTT ANLEGG

7.1. Grunnlag for prosessløsning

Analysen av metallinnhold ved alle prøvetakingspunktene viser betydelige variasjoner, spesielt i Tunnel-vann og innløpskonsentrasjon til dagens midlertidige renseanlegg. Tungmetallene med de høyeste registrerte konsentrasjonene i alle prøvepunkter var Cu, Zn, Al og Fe, se Figur 11.



Figur 11 Cu, Zn, Al og Fe konsentrasjon for tunnelvann, overløp, takvann og innløp til dagens Killingdal RA

For å designe et effektivt anlegg for fjerning av tungmetaller fra sigevannet, er det viktig å bestemme det representative nivået for tungmetallkonsentrasjon. Dette beregnes ut fra den laveste- og 90-persentilen av den høyeste registrerte konsentrasjonen for både tunneldata og innløpskonsentrasjonen til eksisterende renseanlegg, se både Figur 11 og Tabell 5.

Tabell 5 Lav og 90-persentilen av høyeste registrerte konsentrasjonen registrert, Rensegrad av teoretisk kjemisk renseanlegg og konsentrasjon grenser

Parametere	Konsentrasjon (µg/L)		Teoretisk kjemisk renseanlegg		Konsentrasjonsgrenser (µg /L)
			pH =9,6-10,5		
			Rensegrad	Konsentrasjon ut	
			(%)	µg /L	
	Lav	Høy (90%)			
Kadmium (Cd)	6	42	93,6	2,7	3,6
Bly (Pb)	4	60	90,9	5,5	1,3
Nikkel (Ni)	9	33	91,9	2,7	5,5
Kobber (Cu)	2200	16200	92,7	1191	700,0

Sink (Zn)	1600	9900	93,5	647	700,0
Arsen (As)	1	38	92,1	3,0	1,6
Krom (Cr)	0,9	6	88,8	0,7	1,3
Kvikksølv (Hg)	0,002	0,027	0,0	0,027	0,047
Aluminium (Al)	1100	4950	85,5	717	-
Jern (Fe)	2700	35100	92,7	2576	-
Sulfid (S)*	96	198	0,0	198	-

* mg/L

Basert på resultatene fra Tabell 3 (august til november 2023) ved det dagens kjemiske anlegg, ble en mulig teoretisk rensegrad beregnet for å brukes som referanse. Ved å bruke den høyeste konsentrasjonen i Tabell 5, ble det tydelig at metaller som bly, nikkel, kobber og arsen ikke ville oppfylle konsentrasjonsgrensene. Selv om det ikke er spesifikke reguleringer for aluminium og jern, anbefales det fortsatt å fjerne dem. Disse resultatene indikert på at det nye renseanlegget i Killingdal, i tillegg til et effektivt kjemisk renseanlegg, vil trenge en etterpoleringsprosess for å oppfylle konsentrasjonsgrensene.

7.2. Behandlingsprinsipper for sigevann

Det finnes flere forskjellige metoder for rensing av sigevann. Valget av renseløsning avhenger blant annet av sammensetningen av det aktuelle sigevann og de utslippskrav som gjelder. Behandlingsmetodene for sigevann kan være fysiske, kjemiske eller biologiske.

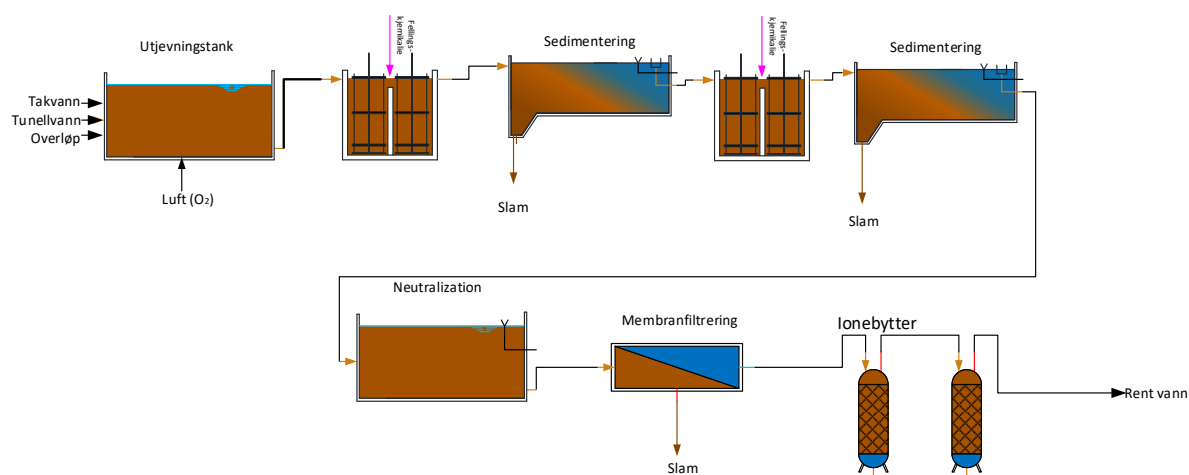
Biologiske løsninger anses som lite hensiktsmessig, særlig grunnet den store variasjonen i mengde sigevann over året. Biologiske prosesser er avhengige av stabile forhold for å fungere godt, noe som ikke kan sies å være tilfelle for Killingdal.

Teknologivurderingen i denne rapporten inkluderer tre alternativer, som fokuserer på fysiske og kjemiske metoder. En detaljert beskrivelse av disse alternativene er presentert i det etterfølgende.

Underveis i utredningen er det også vurdert teknologier basert på flertrinns membranfiltrering, separasjonsløsninger basert på magnetisme og Heimdal Varmesentrals candle-filter anlegg. Løsningene er enten vurdert til for kompliserte og dyre, eller for lite utprøvd til at de ønskes anbefalt her. Likevel kan det være aktuelt å se på noen av disse nøyere ved en senere anledning.

7.2.1. Alternativ 1 – To-trinns pH-justering, med membran og ionebytte

Alternativ 1 er en teoretisk flertrinns kjemisk/mekanisk renselinje bestående av utjevningstank, 2 omganger kjemisk utfelling og sedimentering, nøytraliseringstrinn, membranfiltrering og ionebytter. Enkelt flytskjema for alternativ 1 er presentert i Figur 12 og beskrivelse av prosessenhetene er presentert nedenfor.



Figur 12 Flytskjema for alternativ 1

Utjevningstank: Prosessen starter med en utjevningstank, hvor innkommende sigevann fra takvann, tunellvann og overløp samles opp. Ved å introdusere luft (oksygen) i sigevannet kan noen metaller som jern oksideres og tillate en naturlig fjerning av oppløst jern. I sigevannet fra Killingdal har man høye konsentrasjoner av jern.

Kjemisk utfelling og sedimentering: Sigevannet fra Killingdal har store pH-variasjoner, mellom 3,6-8,8. Tidligere forskning ved Killingdal indikerte at metaller utfeller ved ulike pH-nivåer, og disse påvirker hverandres utfelling³. Derfor startet det første kjemiske utfellingstrinnet innenfor et kontrollert pH-område på 8-9. Sedimenteringstrinnet innebærer en separering av partikler med høyere tetthet enn vann, og er basert på suspenderte partikler som synker til bunns og dermed separeres fra vannfasen. Metallhydroksider kan fjernes ved sedimenteringstrinnet. Sigevannet gjennomgår en ny runde med kjemisk behandling, denne gangen ved et litt høyere pH-område på 9-10. Sedimentering brukes deretter for å la disse utfellingene synke til bunns, og fjerner dermed ytterligere metaller fra sigevannet.

Nøytralisering: Gjenværende kjemikalier nøytraliseres for å bringe pH tilbake til akseptable nivåer før membranfiltrering og Ionebytter.

Membranfiltrering: Filtrering innebærer separasjon (fjerning) av partikler og kolloidalt materiale fra en væske. Membranfiltrering innebærer å føre væsken gjennom porøst materiale for å utelukke partikler som varierer i størrelse fra 0,005 til 2 μm .

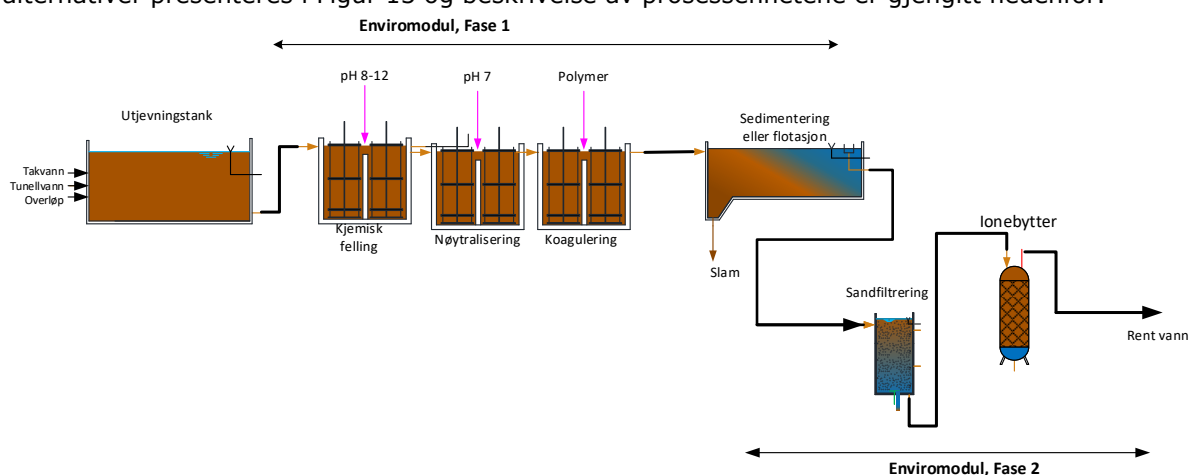
Ionebytte: Ionebytte er en enhetsprosess der ioner av en gitt art fortrenses fra et uløselig utvekslingsmateriale av ioner av en annen art i løsning. Ionebytteprosessen kan drives i batch- eller kontinuerlig modus. I en kontinuerlig prosess plasseres utvekslingsmaterialet i et lag eller en pæket søyle, og vannet som skal behandles føres gjennom dette. Kontinuerlige ionebyttere er vanligvis av kolonnetypen med nedstrøms, pakket sjikt. Avløpsvann kommer inn i toppen av kolonnen under trykk, passerer nedover gjennom harpikssjiktet og fjernes i bunnen. Når harpiks kapasiteten er oppbrukt, blir kolonnen tilbakespylt for å fjerne faste stoffer og blir deretter regenerert. Materialer som brukes til metallutveksling inkluderer zeolitter, svake og sterke anion- og kation harpikser, kelaterende harpikser og plantebiomasse. Naturlige zeolitter som chabazite

³ Master's Thesis in Water Supply and Wastewater Systems. Treatment of Acid Mine Drainage by flocculation, sedimentation and flotation. Helena Roca, 2020.

har blitt brukt til å behandle avløpsvann med blandet metallbakgrunn som Cr, Ni, Cu, Zn, Cd og Pb. Kelaterende harpikser har selektivitet for spesifikke metaller som Cu, Ni, Cd og Zn.

7.2.2. Alternativ 2 – Ett-trinns pH justering, med sandfilter og ionebytte

Dette alternativet ble foreslått av Enwa AS, en norsk leverandør av vannbehandlingssystemer⁴. Alternativet omfatter en flertrinns behandlingsprosess som inkluderer deres «Enviromodul-fase 1» og «Enviromodul fase 2». Enviromodulene er modulbygget og ferdig sammenstilt på fabrikk, og fraktes på lastebil til angitt sted. Teknologien kan også plassbygges. Enviromodul-fase 1 inkluderer kjemikalieutfellingstank, nøytraliseringstank, koagulasjonstank og sedimentering eller flotasjon. Enviromodul-fase 2 inkluderer sandfiltrering og ionebytte enheter. Enkelt flytskjema for alternativet presenteres i Figur 13 og beskrivelse av prosessenhetene er gjengitt nedenfor.



Figur 13 Flytskjema for alternativ 2

Utjevningstank: Sigevannet samles opp i basseng for å sikre jevn tilstrømming til presessdelen, og for å ivareta variasjonen i tilstrømmingen.

Enviromodul-fase 1: er et prefabrikkert renseanlegg som håndterer vannet igjennom en kjemisk fellings, nøytralisering og koagulering modul og en flotasjon/sedimentering anlegg.

- *Kjemisk felling tank:* I denne enheten forventes det å oppnå så mye som mulig utfelling av metaller, og derfor vil pH-verdien reguleres fra 8 til 12.
- *Nøytraliseringstank:* Målet med denne enheten er å nøytralisere pH-en til 7 før sigevannet sendes til koaguleringstank.
- *Koaguleringstank:* Denne enheten brukes til å fjerne faste stoffer fra sigevann, ved å manipulere elektrostatiske ladninger av partikler suspendert i vann med bruk av polymer.
- *Sedimentering eller flotasjon tank:* Slamseparasjonen kan utføres ved sedimentering og flotasjon.

Enviromodul-fase 2: Det rensede sigevann fra Fase 1 føres til en ny Enviromodul som behandler vann videre av sandfiltrering og ionebytter enheter.

- *Sandfiltrering:* Denne enheten brukes til å fjerne gjenværende flokker og noen metaller fra sigevannet. Sandfilter filtrerer vann ved at vannet presses gjennom en tank fylt med sand.

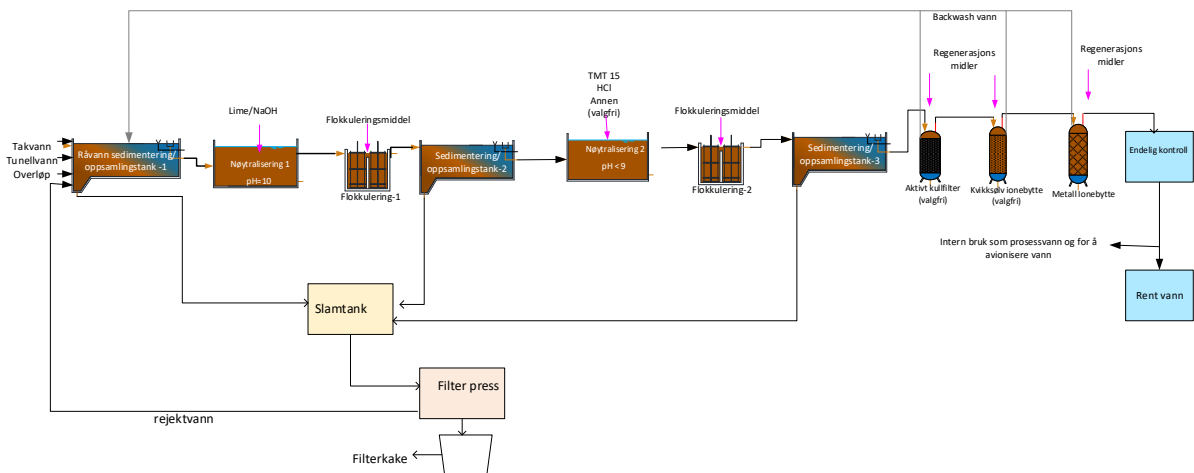
⁴ <https://www.enwa.no/>

Sandsjiktet fanger opp partikler fra vannet. Sandfiltre renses ved at vann spyles tilbake i motsatt retning, nedenfra gjennom filteret. Vaskevannet skilles ut⁵.

- *Ionebytte-modul*: Denne enheten er svært selektiv ionebytter med et høyt spektrum for å fjerne tungmetaller.

7.2.3. Alternativ 3 – To-trinns pH justering, med aktivt kull, og to-steps ionebytte

Alternativet ble foreslått av AIK Technik AG, en Sveitsisk leverandør for vannbehandlingsløsninger⁶. Alternativet omfatter en flertrinns behandlingsprosess som inkluderer en utjevning/sedimenteringstank 1, en nøytraliseringsstank 1, en flokkuleringstank 1, sedimenteringstank 2, pH-regulering og utfelling av tungmetaller, flokkuleringstank 2, sedimenteringstank 3, organisk separasjon ved hjelp av aktivert karbon (valgfri), kvikksølvenhet (valgfri), metall-ionebytte og en endelig kontrollstasjon. Forbruksmateriell inkludert: HCl, NaOH, TMT15, flokkuleringsmiddel, kalk (valgfritt), avionisert vann. Enkelt flytskjema for alternativ 3 presenteres i Figur 13 og beskrivelse av prosessenhetene er gjengitt nedenfor.



Figur 14 Flytskjema for alternativ 3

Utjevning/sedimenteringstank 1: Målet med denne enheten er å utjevne sigevann fra tunnel, overløp og takvann. I tillegg er den designet for tidlig fjerning av faste stoffer fra sigevann.

Nøytraliseringsstank 1: I denne tanken økes pH til 10 ved hjelp av kalk eller NaOH. Her forventes utfelling av jern som jernhydroksid.

Flokkuleringstank 1: I denne tanken tilsettes flokkuleringsmiddel for å kunne samle "fnokker" som fjernes i sedimentasjonsbassenget.

Sedimenteringstank 2: Målet med denne enheten er fjerning av metallhydroksider, fnokker og partiklene i sigevannet som synker til bunns.

Nøytraliseringsstank 2: Denne enheten brukes til pH-regulering og utfelling av tungmetaller. Bruk av TMT 15 som er et aktivt middel kan benyttes. Det utfeller effektivt monovalente og

⁵ <https://www.enwa.no/enwa-badeanlegg/produkter/alle-produkter/renseteknikk-og-rensanlegg/filter/sandfiltre>

⁶ https://www.aiktechnik.ch/wp-content/uploads/Whitepaper_Resina_EN.pdf

bivalente tungmetaller fra avløpsvann, inkludert kadmium, kobber, bly, kvikksølv, nikkel og sølv, selv i nærvær av kompleksdannende midler som hindre hydroksyutfelling.

Flokkuleringstank 2: Denne enheten binder partiklene og danner store agglomerater ved hjelp av et flokkuleringsmiddel.

Sedimenteringstank 3: Denne tank muliggjør riktig separasjon av faste stoffer og væske, og eliminerer effektivt dannet metallutfelling.

Aktivt kull (valgfri): Denne enheten brukes til organisk separasjon. Aktivt kull er karbon som har blitt eksponert for svært høye temperaturer, og som skaper et omfattende nettverk av indre porer. Aktivert kull fjerner forurensninger ved adsorpsjon, hovedsakelig en fysisk prosess der oppløste forurensninger fester seg til de porøse overflatene av karbonpartiklene.

Kvikksølv ionebytte (valgfri): Denne enheten består av selektive ionbytteresiner som er spesielt utviklet for fjerning av kvikksølvforbindelser. Disse selektive resinene har en høyere affinitet for kvikksølvioner og gjør det derfor mulig med selektiv fjerning av disse forbindelsene⁷.

Metall-ionebytte: Disse resinene består vanligvis av små kuler eller granuler som er belagt med spesielle funksjonelle grupper. Disse funksjonelle gruppene er designet for å effektivt tiltrekke og binde tungmetallioner gjennom mekanismen for ionbytte. Tiltrekningen og bindingen av tungmetallioner skjer på grunn av de kjemiske egenskapene til disse funksjonelle gruppene. Disse gruppene har høy affinitet eller tiltrekning for tungmetallioner, noe som betyr at de effektivt "byter" tungmetallionene fra den omkringliggende løsningen ved å binde dem til resinmatrisen⁷.

7.3. Slambehandling

7.3.1. Behandlingsteknologi

De fysiske og kjemiske egenskapene til slam fra gruvesigevann vil variere med sigevannets natur, behandlingsprosess og tilsats av kjemikalier. Valg av deponeringsmetode avhenger i stor grad av slammets fysiske egenskaper. Den viktigste fysiske egenskapen er slamavsetningsadferden eller "slamavsetningsevnen", som inkluderer både setningshastigheten og det endelige slamvolumet. Valg av nøytraliseringmiddel påvirker slammets fysiske egenskaper. Karbonater (for eksempel kalsium karbonat) produserer et "granulært tett slam", sammenlignet med de mer "gelatinøse slam" produsert med et hydroksid (for eksempel lut)⁸.

Filterpresser blir i stor grad benyttet innen gruveindustrien for slamavvanning, med mål om å redusere fuktighetsinnholdet og volumet til slammet, og dermed muliggjøre deponering og transport av tørt slam. Filterpressen benytter trykk for å bygge fast-væske-separasjon.

I alternativ 3 er filterpressen presentert som en slamavvanningsenhet utviklet av AIK Technik AG. Leverandøren har indikert at denne filterpressen er spesialdesignet for behandling av denne typen avløpsvann, oppnå høyt tørrstoff og høyt faststoffinnhold. Det finnes naturligvis flere leverandører og løsninger av filterpresser og avvanningsenheter.

Slammet avvannes som sagt for å kunne transportere og deponere et tørrere slam, dvs mindre transport av vann. Likevel vil man kunne se på en løsning der slammet ikke avvannes på stedet, men heller fraktes og deponeres vått. I kapittel 7.3.3 drøftes fordelene og ulempene med de to strategiene.

⁷ https://www.aiktechnik.ch/wp-content/uploads/Whitepaper_Resina_EN.pdf

⁸ <https://www.911metallurgist.com/sludge-disposal-acid-mine-drainage-treatment/>

7.3.2. Slammengder

Rambøll har vært i kontakt med leverandør for estimerer av slamproduksjon, som opplyser at tallene er svært usikre før labforsøk er gjennomført. Leverandør estimerer om lag 2 kg TS per 1m³ behandlet vann for den mest forurensede delen av tilført vann. Variasjoner i konsentrasjon viser at tallet ikke er representativt for årstilrenning, og det tas utgangspunkt i 0,5 kg TS per 1m³ behandlet vann.

Over året er det estimert mellom 25- og 35 000 m³ behandlet vann, noe som medfører 12 500-17 500 kg TS per år. Gitt en tørrstoffandel på om lag 2%, produseres mellom 625 og 875 m³ vått slam i året (regner med 1 m³ = 1 tonn).

Til sammenlikning opplyser Trondheim kommune at de i dag kjører bort om lag 20 tonn vått slam i året, med ca 3% tørrstoff. Estimaten for nytt anlegg ligger en del høyere enn dagens nivå, noe som er naturlig både med tanke på økt mengde behandlet vann og bruk av kjemisk felling, som i seg selv produserer en høyere andel slam.

Regnes det med en tørrstoffandel etter avvanning på 20% vil det genereres 60-90 tonn tørt slam i året.

7.3.3. Lokal avvanning kontra bortkjøring av vått slam

Behandling eller bortkjøring av vått slam vil være et valg i videre utredning av anlegget. Følgende vil kun anses som en overordnet drøfting av ulempene og fordelene med de to mulighetene.

Trondheim har anslått kostnadene med bortkjøring av vått slam til ca. 3000 kr pr tonn levert slam til Terrateam i Mo i Rana, med en transportkost per 20 tonn på ca. 15 000 kr. Årlig kost i dag er dermed 75 000 kr.

Vått slam i nytt anlegg er beregnet til 625-875 m³, som tilsier 20-30 slambiler i året (gitt 35m³ lastvolum). Levert vått slam vil da koste mellom 2 og 3 millioner NOK i året. Her er det ikke medregnet oppkonsentrering av slammet i slamlager. Kan denne økes til om lag 3% vil slammengden for transport reduseres og kostnaden vil kunne ligge nærmere 1,5 millioner NOK. På dette stadiet regnes ikke oppkonsentreringen med i overslaget. I tillegg må det etableres et lagringsvolum ved anlegget, samt omrørere og pumpesystem for dekantering. Bygnings- og maskintekniske kostnader estimeres til 1,8 millioner NOK.

Lokal avvanning av slammet vil koste i form av installert maskinelt utstyr, container og noe ekstra plassbehov. Investeringskostnad for lokal avvanning beregnes til ca 6 mill NOK, for avvanner, container og ekstra plassbehov. Avhending og transportkost vil trolig ligge lavere enn for vått slam, da det finnes alternative deponier nærmere Trondheim. Regnes det med om lag 2000 kr per deponerte tonn, blir løpende kostnader opp mot 200 000 kr pr år.

Lønnsomhet av en investering i lokal avvanning avhenger av flere faktorer. Mengde behandlet vann, produsert TS fra prosessen, samt mulig oppkonsentrering av slammet i slamlager vil alle påvirke når investeringen vil lønne seg. Benyttes tallene som er beregnet over, med en avskrivningstid for bygg og maskin på henholdsvis 50 og 20 år, samt kalkulasjonsrente på 4% får vi følgende årskostnader for løsningene:

Slamlager 200 m³ og bortkjøring av vått slam:

2 090 000 kr

Lokal avvanning og bortkjøring av tørt slam:

620 000 kr

Her er det ikke medregnet økt driftspersonell eller polymerdosering ved lokal avvanning.

7.4. Vurdering av alternativer for renseløsning

Teknologivurderingen som presenteres i denne rapporten inneholder hovedsakelig tre prosessløsninger, som alle bygger på liknende prinsipp. Alternativ 1 og 3 involverer begge et flertrinns kjemisk rensesystem, som omfatter en rekke kjemiske utfellings- og slamseparasjonstrinn. Til sammenlikning benytter alternativ 2 en ett-trinns kjemisk utfellings- og slamseparasjonsprosess. Rambøll vurderer indikerer at alle tre løsningene har potensial til å fjerne tungmetaller av sigevann på Killingdal.

Det er likevel verdt å merke seg at flertrinns kjemiske systemer viser større robusthet sammenlignet med ett-trinns kjemiske system. Denne robustheten kommer fra de forbedrede kontrollmulighetene som tilbys av flertrinnsstilnærmingen. Ved å bruke flere trinn, blir det mulig å målrette utfelling av spesifikke metaller på forskjellige punkter i prosessen, og dermed øke sannsynligheten for vellykket fjerning.

I motsetning til dette medfører en-trinns kjemisk utfellingsprosess en høyere risiko for mulig gjenoppløsning av metall på grunn av endringene i pH i samme tank. Denne risikoen tilskrives manglende separasjon av det utfelte slammet, noe som gjør behandlingen mindre effektiv.

Alle tre alternativene inkluderer ionbytteenheter som det siste trinnet i prosessen, som sikrer effektiv fjerning av tungmetaller fra den endelige utslippsstrømmen. Bruken av membranfiltrering (Alternativ 1), sandfiltrering (Alternativ 2) og aktivert karbon (Alternativ 3) som forbehandling før ionbytte kan betydelig forbedre vannkvaliteten og forlenge levetiden til ionbyttematerialene. Det er imidlertid viktig å grundig vurdere de tilknyttede driftskostnadene, samt faktorer knyttet til avfallshåndtering og energiforbruk. Det kan være klokt å vurdere tillegg av disse enhetene senere i prosessen hvis behovet oppstår, eller å treffe en informert beslutning etter gjennomføring av prøvekjøring eller laboratorietester med sigevann fra Killingdal.

I alternativsvurderingen er det ikke nevnt noe om en eventuelt redundans i anlegget i form av doble eller splittede linjer. Av det Rambøll kan vurdere, vil kostnaden av dette høyst sannsynlig være høyere enn utbyttet. Ved å dimensjonere en romslig utjevningstank og samle all innlekking til tunnelen, ser det ut til at det er mulig å holde en kontinuerlig strøm gjennom anlegget over året. Ved lave mengder kan enhetsprosessene heller gires ned til en minimumsgjennomstrømning.

8. PLASSERING OG UTFORMING

8.1. Plassering

Gitt at anlegget skal etableres på nord-delen av Killingdalsområdet, er det i hovedsak to plasseringer som synes aktuelle; 1) på grøntområde rett nord for parkanlegget, og 2) som en utvidelse av industriområdet ved Betong Øst.

Det knytter seg imidlertid relativt store usikkerheter til massenes beskaffenhet i området, og viser det seg at massene enten er svært ustabile, eller svært forurenset, vil dette kunne påvirke byggeteknisk løsning og også plassering. Skulle det vise seg uaktuelt å bygge et renseanlegg på alternativ 1) eller 2), medtas også et alternativ 3) som knyttes til en annen lokasjon lengre nord. Se Figur 15 for illustrasjon.

Alternativ 1: Anlegg med kjeller, plassert på grøntområde nord for Killingdalsområdet

Alternativ 2: Anlegg på en utvidelse av industriomt ved Betong Øst (Bynesveien 34B)

Alternativ 3: Annen lokasjon, for eksempel på Fagervika industriområde (Bynesveien 40)



Figur 15 Alternative lokasjoner

8.2. Løsninger i tunnel og overføring av sigevann

Som vist på oversiktstegning Figur 4 i kapittel 4 Overordnet konsept, samt Figur 16 under, vil systemet for overføring av sigevann være relativt likt for de to lokasjonene. Systemet vil innebære følgende:

- Tiltak i tunnel
 - Overføring av sigevann til ny pumpestasjon
 - Ny pumpestasjon utenfor tunnelen, med lokal overløpsledning
 - Infrastruktur til ny pumpestasjon
 - Trykkledning fra pumpestasjon til nytt renseanlegg
- Utjevningstank i eller ved nytt renseanlegg



Figur 16 System for overføring av sigevann

8.2.1. Tiltak i tunnel

Slik systemet for nytt renseanlegg er foreslått, er det behov for endringer i forbindelse med tunnelen. Ved å etablere et kontrollert utjevningstvolum i nærheten av anlegget, vil det ikke være nødvendig å opprettholde overløpsterskelen i tunnelen. Terskelen medfører utfordringer i form av sedimentering og oppkonsentrering av sigevannet, som ikke er gunstig med et nytt system på plass. I og med at det er lagt inn et pukklag på om lag 30cm på tunnelgulvet, kan det være behov for å likevel ha en viss terskel for å forhindre pukken i å bli med vannet frem til pumpestasjonen. Det mest fordelaktige ville vært å fjerne pukken, men dette i seg selv er en utfordring med tanke på rensing for slam og videre avhending.

I dag er takvannet og tunnelvannet splittet før utslipp/overløp. Grunnet lave vannmengder og fortsatt behov for rensing av takvannet, foreslås det å samle disse fraksjonene og i praksis fjerne

takrennesystemet for takvannet. Tross lave mengder takvann, vil dette medføre en viss fortykning av det mer forurensede tunnelvannet, noe som er fordelaktig for både overføring og rensesanlegg.

8.2.2. Pumpestasjon og trykkledning

Fra tunnel føres vannet på selvføll til en ny pumpestasjon ved V4. Stasjonen må trolig bygges inn i skråningen, da det er begrenset med plass utenfor. Stasjonen foreslås bygget med innløpssump, lokalt overløp og dobbel oppstilling av tørroppstilte pumper. Stasjonen kan utføres i prefab GUP, med et enkelt overbygg. I dag er det strøm tilgjengelig ved tunnelinngangen, men det må legges opp ny vannledning.

Trykkledning etableres fra pumpestasjon, enten langs fjæra, forbi bekkefar og til nytt anlegg, eller opp mot parkanlegget og alternativt legges i underkant av bru. For å bestemme beste løsning må det gjøres prøvegravinger og en spesifikk vurdering av fordeler og ulemper. Kostnadene for overføringsledningen til nytt anlegg er vurdert likt i denne rapporten, men trolig vil det være variasjoner.

8.3. Byggeteknisk utforming

I dette prosjektet er det foreslått to ulike utforminger på bygget, men i prinsipp vil det kunne bygges på mange ulike måter. Her er det valgt å se på to muligheter, ett bygg med kjeller og lokal avvanning, og ett bygge med plate på mark og et større slamlager som erstatning for avvanning.

OBS: Uten å ha en spesifikk renseprosess å designe bygget etter, medfører anslagene en stor grad av usikkerhet og bør dermed brukes med varsomhet. Vedlagte tegninger viser noen mål, men hovedsakelig bør disse benyttes for kostnadsoverslag og generell betraktning rundt anleggets arealbehov.

8.3.1. Bygg med kjeller og lokal avvanning

Bygg med kjeller er foreslått bygget i totalt 3 etasjer. Tomtene som er tilgjengelig krever et relativt lite grunnareal, og med lokal avvanning er det en fordel med direkte nedslipp til container som må stå på bakkenivå.

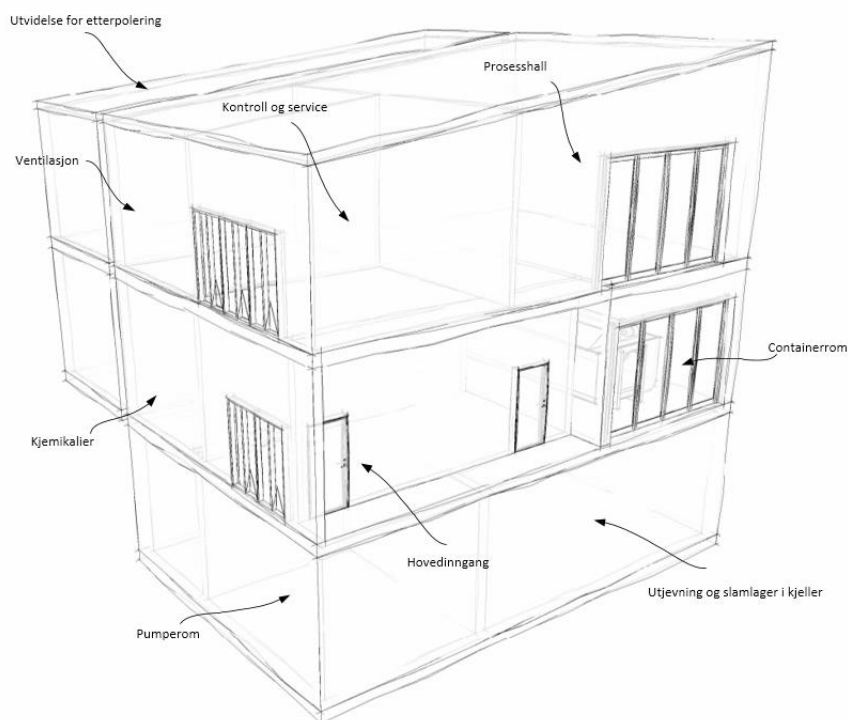
En mulig utforming vil da være:

Kjeller: Utjevningstank, lite slamlager og pumperom

1. etasje: Kjemikalierom, lite lager og containerrom

2. etasje: Prosessarealer, serviceareal med kontrollrom og tavlerom, VVS og luktreduksjon

Dette alternativet er foreslått bygget i to byggetrinn, der det er mulig å starte med hovedprosessen og utvide med etterpolering om det viser seg nødvendig.



Figur 17 Byggutforming med kjeller og avvanning

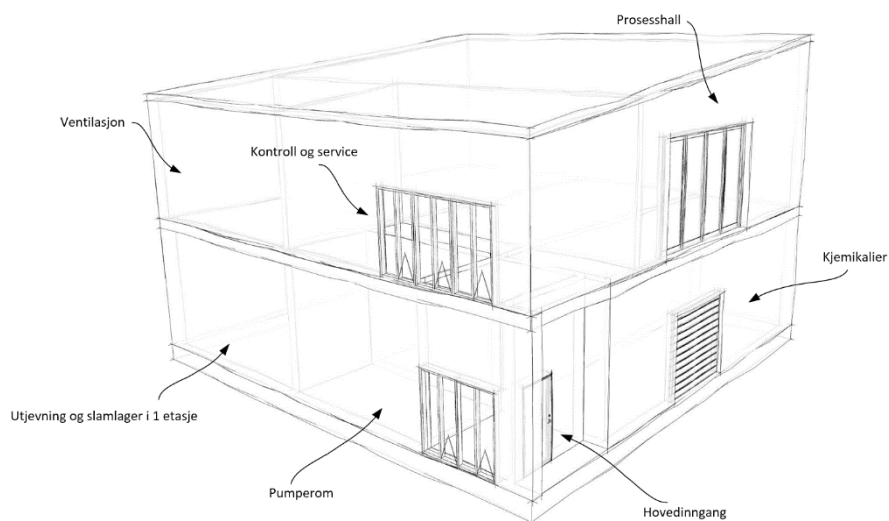
Bygget foreslås utformet med vanntett betong i kjeller og et overbygg (1. og 2.etasje) av stål bindingsverk. Byggetrinn 1 anslås å ha grunnflate på ca 120 kvm pr etasje, med totalt areal 360 kvm. Byggetrinn 2 for utvidelse med etterpolering krever om lag 100kvm ekstra i areal, og byggets totale areal blir da 460-480 kvm.

8.3.2. Bygg med plate på mark, med slamlager

Bygg med plate på mark er foreslått bygget i totalt 2 etasjer. Her er lokal avvanning erstattet med et større slamlager for våtslam, som medfører et noe økt behov for grunnflareareal.

En mulig utforming vil være:

- 1. etasje: Utjevningstank, slamlager, pumperom og kjemikalierom
 - 2. etasje: Prosessarealer, serviceareal med kontrollrom og tavlerom, VVS og luktreduksjon
- Utformingen med utjevningstank og slamlager gir ganske stort tilgjengelig areal i 2. etasje, og det synes dermed naturlig å bygge hele bygget i ett byggetrinn. Likevel kan bygging av etterpolering avvantes til senere.



Figur 18 Byggetformning plate på mark med slamlager

Bygget foreslås utformet med vanntett betong i hele 1. etasje med en 2. etasje av stål bindingsverk. Bygget anslås å ha grunnflate på ca 215 kvm pr etasje, med totalt areal 430 kvm.

8.4. Alternativ 1: Anlegg på grøntområde nord for Killingdalområdet

8.4.1. Tomt og landskapsplan

Alternativet baserer seg på en tomt og plassering på grøntarealet i nordenden av Killingdalområdet, på grensen mellom 417/55 og 417/66. Begge tomtene eies av Bane Nor SF.



Figur 19 Tomt nord på Killingdalområdet

Tomten ligger på kote +13- +11 moh med en svak helning mot sjøen. Det er etablert vekstlag med gress, og et vekstbelte med trær på søndre del mot fjorden. Nærmeste naboer er Betong Øst Trøndelag på industrirområdet rett øst, samt et boligkompleks i nord. Mot sør er det frisikt mot parkanlegget på Killindgdal, og videre inn mot Ila.



Figur 20 Befaringsbilde tomt

Selve tomten er opparbeidet i forbindelse med oppryddingen av Killingdalsområdet, og antas å bestå av hovedsakelig fyllingsmasser. Det knyttes stor usikkerhet til massenes beskaffenhet, og det vil være svært viktig å få kontroll på både stabilitet og forurensing tidlig i prosessen. Trondheim kommune opplyser om at det vil starte et undersøkelsesarbeid på området fra nyttår 2024.

Tilgjengelig areal ser ut til å kunne huse et renseanlegg uten store utfordringer, men bygningsmassen må holdes på en begrenset grunnflate. Rundt bygget må det etableres en gårdsplass for kjøring av slambiler eller containerbiler, samt parkering for servicepersonell. Et totalt areal på 800 m² synes tilstrekkelig for å kunne utarbeide en god landskapsplan. Tomten må opparbeides til å ligge jevnt på kote +12.5 eller +13 noe som medfører noe fylling mot øst.



Figur 21 Illustrasjon landskapsplan

Angående byggutforming på tomten, ville et anlegg med kjeller vært å foretrekke. Både med tanke på byggets høyde over bakken og stabilitet. Viser det seg at massene er forurenset og det ikke bør graves dypt, vil grunnflaten økes som konsekvens at et bygg med plate på mark. Bygget vil da oppfattes som større, og det må i et slikt tilfelle sees mer på byggets utforming, og vridning på tomten. På Figur 22 kan det sees et eksempel på hvordan bygget kan se ut i landskapet.



Figur 22 Bygg i landskap

8.4.2. Veg og adkomst

For adkomst til området, kan tre traseer synes aktuelle (se Figur 23). Samtlige tar utgangspunkt i vei 5001 PV97631 K som er en avstikker fra Bynesveien.

- A. Langs gang og sykkelsti fra nord.
Trolig vil det ikke være behov for å flytte gang og sykkelsti, men det må avklares med riktig instans for trafiksikkerhet i området, samt at det må etableres gode rutiner for trygg ferdsel. Bæreevne på traseen må sjekkes.
- B. På vestsiden av bolighus, forbi gårds plass.
Traseen vil ikke ha samme utfordringer med gående/syklende, men kan by på utfordringer med parkeringsplass for boligkompleks, samt noe smal gjennomkjøring mellom husvegg og gang og sykkelsti, se Figur 24. Vegetasjon må også fjernes, og ny vei må etableres fra parkeringsplass og sørover til nytt anlegg. Bæreevne og sporingskurver må avklares.
- C. På østsiden av boligkompleks
Traseen kan synes fordelaktig rent teknisk, både med tanke på trafikk, fri bredde og vegetasjon. Likevel kan traseen virke mest sjenerende på naboer, og må dermed avklares tidlig.



Figur 23 Alternative traséer for adkomst



Figur 24 Innkjøring mot tomt

8.4.3. VA, el og utslippsledning

Forbruksvann og el/signal må legges opp til anlegget, og det synes naturlig å legge disse i valgt trasé for vei. Trolig vil det være mulig å benytte rensert vann som prosessvann, og forbruksvann på nettet vil da hovedsakelig dreie seg om spyling og sanitær.

I skrivende stund er det utfordrende å estimere effektbehov til anlegget, men Tensio opplyser om at trafo NS00212 ved Bynesveien 34 har kapasitet for 100kW - 230V IT gjennom 150 meter med kabel TFXP 4x240AL. Effekten antas tilstrekkelig for et nytt rensesanlegg.

Utslippsledning kan legges østover, mot fjorden og ut på om lag 30 meters dyp. Traseen medfører ca 40 meter landledding og 120-130 meter sjøledning. Landskapet faller relativt raskt fra tomten og til fjorden, noe som må hensyntas i form av lufting av ledningen. For endelig trasé må det utføres scan av sjøbunn.

8.5. Alternativ 2 Utvidelse industriområde

Alternativet baserer seg på en tomt og plassering på grøntarealet i nordenden av Killingdalområdet, på grensen mellom 417/66 og 417/53. 417/66 eies av Bane Nor SF mens 417/53 eies av Trondheim kommune.



Figur 25 Tomt utvidelse av industriområde

Området der det er aktuelt å etablere anlegget ligger mellom kote +13- og +3 med en kraftig skråning ned mot sjøen, se Figur 26. Nærmeste naboer er Betong Øst Trøndelag på industriområdet rett nord. Mot sør ligger parkanlegget på Killingdal.



Figur 26 Befaringsbilde tomt

Større grave og sprengningsarbeider må gjennomføres for å etablere en byggbar tomt, og det kan vise seg behov for noe utfylling i fjorden. Det knytter seg store usikkerheter til massenes beskaffenhet, og alternativet er kun aktuelt om det kan opprettes tilstrekkelig sikring mot anlegget og adkomstveien. Enten i form av støttemur, sikring av masser/fjell, eller at anlegget innlemmes i massene. Tomtas byggbarhet må avklares i neste fase i prosjektet. I skisseprosjektet er det ikke tatt stilling til sikring av massene, kun nødvendig arealbehov for renseanlegget.

Tilgjengelig areal ser ut til å kunne huse et renseanlegg, men bygningsmassen må holdes på en begrenset grunnflate. Det er tatt utgangspunkt i et bygg uten kjeller, for ikke å gå under havnivå. Rundt bygget etableres en gårds plass for kjøring av slambiler eller containerbiler, samt parkering for servicepersonell. Et totalt areal på 7-800 m² synes tilstrekkelig for å kunne utarbeide en god landskapsplan.



Figur 27 Illustrasjon landskapsplan

På Figur 28 kan det sees et eksempel på hvordan bygget kan se ut i landskapet.



Figur 28 Bygg i landskap

8.5.1. Veg og adkomst

Alternativet gir tilsynelatende kun et alternativ for adkomst; langs fjorden fra industriområdet. For etablering av vei må det pigges eller sprenges, og sikres mot erosjon ut i fjorden.



Figur 29 Adkomst tomt og anlegg

8.5.2. VA, el og utslippsledning

Forbruksvann og el/signal må legges opp til anlegget, og det vil både være mulig å legge disse langs gang og sykkelsti fra nordvest eller over industriområdet og inn fra nordøst. Mulig samkjøring med Betong Østs infrastruktur bør avklares.

Som tidligere nevnt er det i skrivende stund utfordrende å estimere effektbehov til anlegget, men Tensio opplyser om at trafo NS00212 ved Bynesveien 34 har kapasitet for 100kW - 230V IT gjennom 150 meter med kabel TFXP 4x240AL.

Utslippsledning vil ha liknende trase som alternativ 1, altså østover ut på om lag 30 meters dyp. Traseen medfører kun noen meter landledding og 120-130 meter sjøledning. Med prosessutrustning i 2 etasje vil det trolig være nok trykk for å motvirke vanntrykket, og få ut utslippet, men dette bør beregnes nøyere i neste fase. For endelig trase må det utføres scan av sjøbunn.

8.6. Alternativ 3 Annen lokasjon

Skulle alternativ 1 og 2 vise seg u hensiktsmessige, synes det mulig å etablere et anlegg i forbindelse med industriområdet ca. 400 meter lengre nord for Killingdalsområdet. Fagervika tankanlegg (Circle K) ved Bynesveien 40 og 42 kan være et alternativ, selv om det er vanskelig å si på dette tidspunktet.



Figur 30 Alternativ lokasjon ved Fagervika

9. KOSTNADSBEREGNINGER

9.1. Valg av konfigurasjon for kostnadsberegning

De foregående kapitler viser at det kan finnes mange konfigurasjoner av et nytt anlegg. Hver av alternativene vil ha flere valgmuligheter som påvirker kostnadsbildet.

Valgene knyttes seg i stor grad til prosessløsning, og ikke minst grad av automasjon og instrumentering. Leverandørene Rambøll har vært i kontakt med, estimerer et stort spenn mellom en helt enkel manuell løsning, og et fullautomatisert prosessanlegg. De enkleste løsningene er ikke å anbefale, og vil heller ikke synliggjøres i kostnadsoverslaget. Dermed er det antatt en viss automatisering og moderne instrumentering også i de lavere estimatene. Videre vil behovet for etterpolering (fullrensing), samt ønske om lokal avvanning spille inn på investeringskostnaden.

I overslaget er det valgt å vise et spenn i mulig kostnad tilknyttet de to foreslåtte lokasjonene. På hver lokasjon er det estimert én kost for et relativt enkelt anlegg, uten etterpolering og uten avvanning på stedet, og én kost for et fullautomatisert anlegg inkludert etterpolering og avvanningsutrustning.

Kort beskrivelse av alternativene:

Alternativ 1.1	Anlegg på grøntområdet, med kun kjemisk felling og nøytralisering, uten lokal avvanning. Bygget etableres med plate på mark.
Alternativ 1.2	Anlegg på grøntområdet, med etterpolering og lokal avvanning. Bygget etableres med basseng på kjeller nivå.
Alternativ 2.2	Anlegg på utvidet industritomt, med kun kjemisk felling og nøytralisering, uten lokal avvanning. Bygget etableres med plate på mark.
Alternativ 2.2	Anlegg på industritomt, med etterpolering og lokal avvanning. Her er det ikke medtatt kjeller. Bygget er tenkt etablert med plate på mark grunnet vannstand.

9.2. Kostnadsberegning

Generelle kommentarer

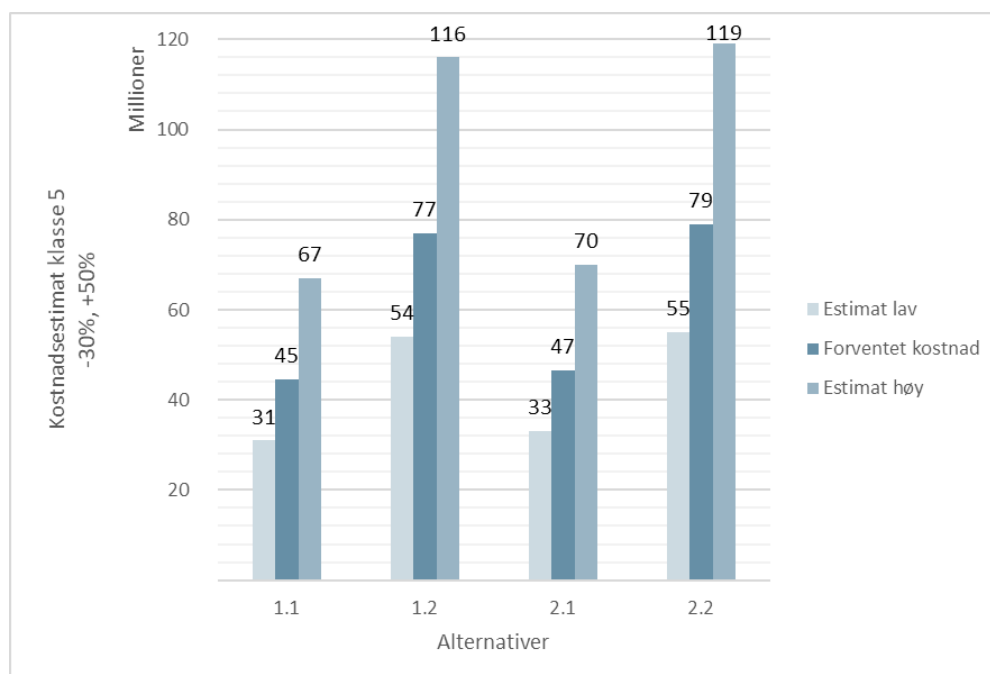
- Prisnivå per desember 2023
- Felleskostnader inkluderes i hver post
- Prisstigning frem mot- og i byggetiden er ikke medtatt
- Spesielle kostnader; kostnader til grunnerverv, erstatninger og finansieringskostnader er ikke medtatt.
- Det er ikke medregnet kostnader til masseutskifting, og eventuelle andre behov for klargjøring av tomten utenom graving og sprengning for kjeller.
- Driftskostnader er ikke estimert i denne omgang, grunnet for store usikkerheter i anslagene og de mange konfigurasjonene anlegget kan settes opp i.

Tabell 6 Kostnadsberegning

		Alternativ 1 Plassert på grøntområde ved parkanlegg			Alternativ 2 Plassert på utvidet industriområde		
KONTO	TEKST	1.1 Forenklet, kun kjemisk felling og nøytralisering, uten lokal avvanning	1.2 Full auto, inkl etterpolering og lokal avvanning	Kommentar	2.1 Forenklet, kun kjemisk felling og nøytralisering, uten lokal avvanning	2.2 Full auto, inkl etterpolering og lokal avvanning.	Kommentar
1	Bygg	12 400 000	13 800 000	15% rigg og drift	12 400 000	13 800 000	15% rigg og drift
2	VVS	2 600 000	4 800 000	10% rigg og drift	2 600 000	4 800 000	10% rigg og drift
3	Elektro	1 400 000	2 700 000	10% rigg og drift	1 400 000	2 700 000	10% rigg og drift
4	Maskin og prosessutstyr, inkl automasjon	16 200 000	39 200 000	17% rigg og drift	16 200 000	39 200 000	17% rigg og drift
1-4	SUM HUSKOSTNADER	32 600 000	60 500 000		32 600 000	60 500 000	
5	Utomhus VA og el	5 300 000	5 300 000	10% rigg og drift	5 000 000	5 000 000	10% rigg og drift
6	Utomhus, tomt, vegger, plasser, annet	800 000	800 000	15% rigg og drift	2 900 000	2 900 000	20% rigg og drift*
5-6	SUM UTMHUSKOSTNADER	6 100 000	6 100 000		7 900 000	7 900 000	
1-6	SUM ENTREPRISEKOSTNAD	38 700 000	66 600 000		40 500 000	68 400 000	
7	Generelle kostnader (utredning, prosjekt, etc)	5 800 000	10 000 000	15%	6 100 000	10 300 000	15%
1-7	SUM BYGGEKOSTNAD	44 500 000	77 000 000		46 600 000	79 000 000	
8	Spesielle kostnader	0	0	ikke inkl	0	0	ikke inkl
1-8	SUM PROSJEKTKOSTNAD (P50)	44 500 000	77 000 000		46 600 000	79 000 000	
9	Usikkerhet	22 300 000	38 500 000	50% usikkerhet	23 300 000	39 500 000	50% usikkerhet
1-9	SUM BUDSJETTOSTNAD (P85)	67 000 000	116 000 000		70 000 000	119 000 000	

Kostnadsvurderingen medfører relativt stor usikkerhet, da prosjektet er på konsept/skissenivå. Dermed velges det en usikkerhetsavsetning på +50% i overslaget, i henhold til estimatklasse 5. Estimatklasser 5 angir også en mulighet for at sluttkost kan ligge så mye som 30% under forventet kostnad. Spennet i usikkerhet er vist i stolpediagram i Figur 31

Figur 31 Usikkerhetsvurdering

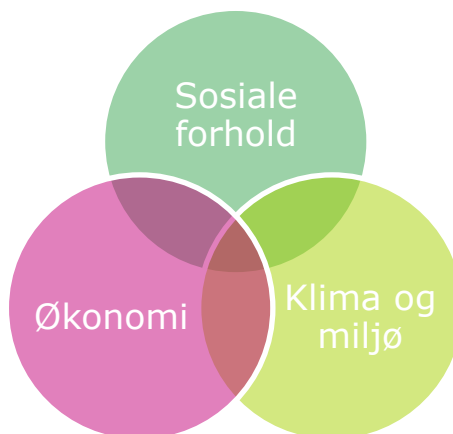


Diagrammet viser at kostnaden for nytt anlegg ved Killingdal kan ligge mellom 31 mill NOK og 119 mill NOK avhengig av valg videre i prosessen, samt usikkerhet i vurderingene. Tar man utgangspunkt i en mellomløsning, er det sannsynlig at anlegget vil ligge i kostnadsorden 60-70 mill NOK.

10. GRØNT KAPITTEL

Følgende kapittel drøfter bærekraftige, eller såkalte «grønne løsninger» for nytt anlegg. Bærekraftbegrepet blir en sentral del av fremtidige utbygginger, og vil by på både muligheter og utfordringer for Trondheim i planlegging og bygging av nytt renseanlegg.

Bærekraftbegrepet består av tre deler: Økologisk bærekraft (klima og miljø), sosial bærekraft og økonomisk bærekraft. Når disse tre bestanddelene kombineres, vil prosjektet kunne anses som bærekraftig.



Figur 32 Bærekraft

10.1. Overordnet

Bærekraftsvurdering

Det anbefales at prosjektet gjennomfører en bærekraftsvurdering av planlagte tiltak. Det innebærer en mer inngående analyse av planene sett opp mot FNs bærekraftsmål, med sikte på å tilpasse deler av prosjektet i en mer bærekraftig retning. Verktøy som SDG (Sustainability Development Goals) Scoreboard kan være svært nyttig i denne sammenhengen.

Bærekraftstrategi

På bakgrunn av bærekraftsvurderingen kan det utarbeides en bærekraftstrategi for byggingen av nytt anlegg. Strategien kan være så omfattende man selv ønsker, men bør gi tydelige mål for prosjektet og ferdig resultat. Strategien bør sette mål for klima og miljø, økonomi og sosiale forhold.

LCA-vurdering (livsløpsvurdering)

Det kan gjennomføres en LCA-vurdering av ulike bygningstekniske konsept for anlegget. Sentralt i LCA-vurderingen er klimagassavtrykket til bygningsmaterialer, og muligheten for reduksjon av disse. Resultatene kan benyttes til å sette krav til entreprenører og leverandører i en anbudsfasen. Foreløpig er det ikke utarbeidet gode LCA-verktøy for vurdering av prosessutstyr og maskinelle komponenter.

Bygg for fremtiden

I prosjekteringsfasen bør det tas hensyn til fremtidige endringer og behov for anlegget. Hensiktsmessig layout, plassering av utstyr samt tomteutnyttelse kan gi store besparelser (både økonomiske og med hensyn på miljø og klima) i fremtiden. Følgende grep bør inkluderes:

- Sett av tilstrekkelig plass på tomten til videre utvidelser
- Legge inn tilstrekkelig kapasitet i enhetsprosesser for økt tilrenning
- Utforme tavlerom, ventilasjon og pumpekjellere romslige nok for utvidelse

Anbudsfase

I anbudsfasen kan det settes krav til bærekraft hos tilbydende entreprenører, ved å inkludere for eksempel miljø som tildelingskriterie. Her kan det vektas for eksempel 10-20% på miljø, der det skal inkluderes dokumentasjon på miljøregnskap på byggeplass (energi, vann, transport etc), LCA analyser, premieres for miljøvennlige løsninger og materialer, fossilfrie/utslippsfrie anleggsmaskiner osv.

I en anbudsfase kan det stilles krav til EPD (varedeklarasjon) for materialer benyttes på ledningsnett.

10.2. Bygningsmessige tiltak

Solcellepaneler (PV-system)

Renseanlegg har et relativt jevnt energibehov over dagen, noe som er positivt for etablering av solcelleanlegg (PV system). I løpet av dagen vil anleggets energibehov i stor grad kunne dekkes av solcellene, mens det på natten trekkes strøm fra nettet. Batteribank vil trolig foreløpig være for kostbart å etablere.

For Killingdal, med en takflate på om lag 200 m² vil det kunne etableres paneler med output på mellom 160-220 kWp (potensiell effekt). En slik investering estimeres til om lag 300 000 kr, og vil normalt ha en nedbetalingstid på rundt 15 år. Det er mulig å søke stønad til etablering av solcelleanlegg.

Grønne tak og beplantning

Tiltaket benyttes hovedsakelig ved bygging i områder med tett infrastruktur, men kan også være et tiltak for å tilbakeføre grøntarealer der man har bygget på jomfruelig tomt. For Killingdal kan f.eks sedumtak brukes for å erstatte noe av grøntarealene, samt planting av trær og busker som både skjerming og forskjønnning av tomta. Grønne tak kan fint kombineres med solcelleanlegg, der panelene gir skygge til vekstene. Sedum er relativt kostbart, kan kreve forsterkninger i takkonstruksjonen, og krever noe oppfølging og vedlikehold.

Materialbruk i bygget

Ved å bruke materialer med lavt klimaavtrykk, kan det totale klimaregnskapet for anlegget begrenses. Normalt vil et renseanlegg uunngåelig bestå av mye betong, men kvalitet (betongklasser) og grad av materialgjenvinning kan gi store utslag. I prosesshall kan det benyttes treverk der mulig, og fagverk i stål kan erstattes av limtre. Store limtredragere kan derimot være svært kostbart, og det bør gjennomføres en kost-nytte-vurdering som en del av et forprosjekt.

For servicebygg og til dels prosesshall kan det benyttes mye treverk til erstatning for stål og betong, som gir et betraktelig lavere klimaavtrykk.

Ombruk av materialer er på full fart inn i byggebransjen, og kan gi både klimamessige og økonomiske gevinster. Her kan både fasadeplater, himling, gulvdekke og inventar være aktuelt.

Energioptimalisering

I prosjekteringsfasen bør det gjøres en vurdering av energiforbruk, og hvilke renseprosesser som gir et optimalt resultat sett opp mot forbrukt energi. Mulighet for energioptimalisering styres i stor grad av valgt styringssystem og sensorikk på anlegget. Av tiltak kan nevnes:

- Effektiv temperaturregulering i bygget. Lav temperatur i prosesshall og kjeller.
- Varmegjenvinning på anlegget som f.eks. varmeveksling mot rensed vann, og varmepumpe.
- Bruk av rensed vann til spyling i renseprosessen
- Etablering av småskala biogassanlegg (se kapittel **Feil! Fant ikke referanseilden.**)

Utslippskontroll

Viktige miljøhensyn i forbindelse med rensenanlegg, er å ha god kontroll på utslippene. Man bør gjennomføre følgende tiltak:

- Vurdere utslippets påvirkning på resipient gjennom en resipientundersøkelse/kartlegging.
- Sikring mot overløp ved å designe et robust system. På ledningsnett vil dette innebære en begrensning av innlekking, kontroll på overløp, samt risikoreducerende tiltak som følge av en farekartlegging. Nødstrømsaggregat kan vurderes der det er fare for strømutfall, og redundans i pumpestett sikrer kapasitet ved bortfall av enkeltkomponenter.
- Luktreduksjonsanlegg bør installeres på alle nybygg, også pumpestasjoner.
- God kjemikaliehåndtering er viktig, og anlegg må sikre at påfylling kan skje kontrollert og trygt. Kjemikalietanker skal plasseres i gruber for å fange opp eventuelle lekkasjer.

10.3. Sosiale forhold

Sosiale forhold er en viktig del av bærekraftbegrepet. For bygging av et rensenanlegg omhandler dette i stor grad ivaretagelse av driftspersonell. Små tiltak kan gi en stor gevinst.

Inkludering i planleggingsfasen

I planleggingen av anlegget må driftsoperatørene inkluderes og gis anledning til å komme med innspill. Driftsoperatøren har både rett og plikt til å inkluderes som følge av arbeidsmiljølovens paragraf § 2-3.

Utforming av anlegget

Anlegget skal fungere som en god arbeidsplass, og følgende må vurderes i prosjekteringsfasen:

- Avstander innad i anlegget, god flyt mellom sentrale deler av prosessutrustningen
- Løfteutstyr og tilstrekkelig areal for arbeidsoperasjoner, særlig i forbindelse med løft
- Støykilder og muligheten for å isolere bort støyende utstyr
- Heis i anlegget om det skal åpnes for publikum
- Tilstrekkelig antall garderobeplasser. Ren og skitten sone. Herre og kvinnegarderobe.
- Fasiliteter for møter og pauser adskilt fra prosessanlegget. Må utføres slik at det er mulig å holdes rent og hygienisk.
- Gode verkstedfasiliteter
- Tilstrekkelig med lagerareal

Publikum

Rensenanlegget kan utformes slik at det er en god ambassadør for vann- og avløpsavdelingen i kommunen. Et pent og arkitektonisk uttrykk fremmer ofte stolthet innad, noe som igjen kan bidra til høyere anseelse og muligheter for rekruttering i fremtiden. I bransjen ser man at det legges stadig større vekt på fasiliteter på arbeidsplassen i det å tiltrekke seg dyktige medarbeidere, og vann- og avløpsbransjen er intet unntak.