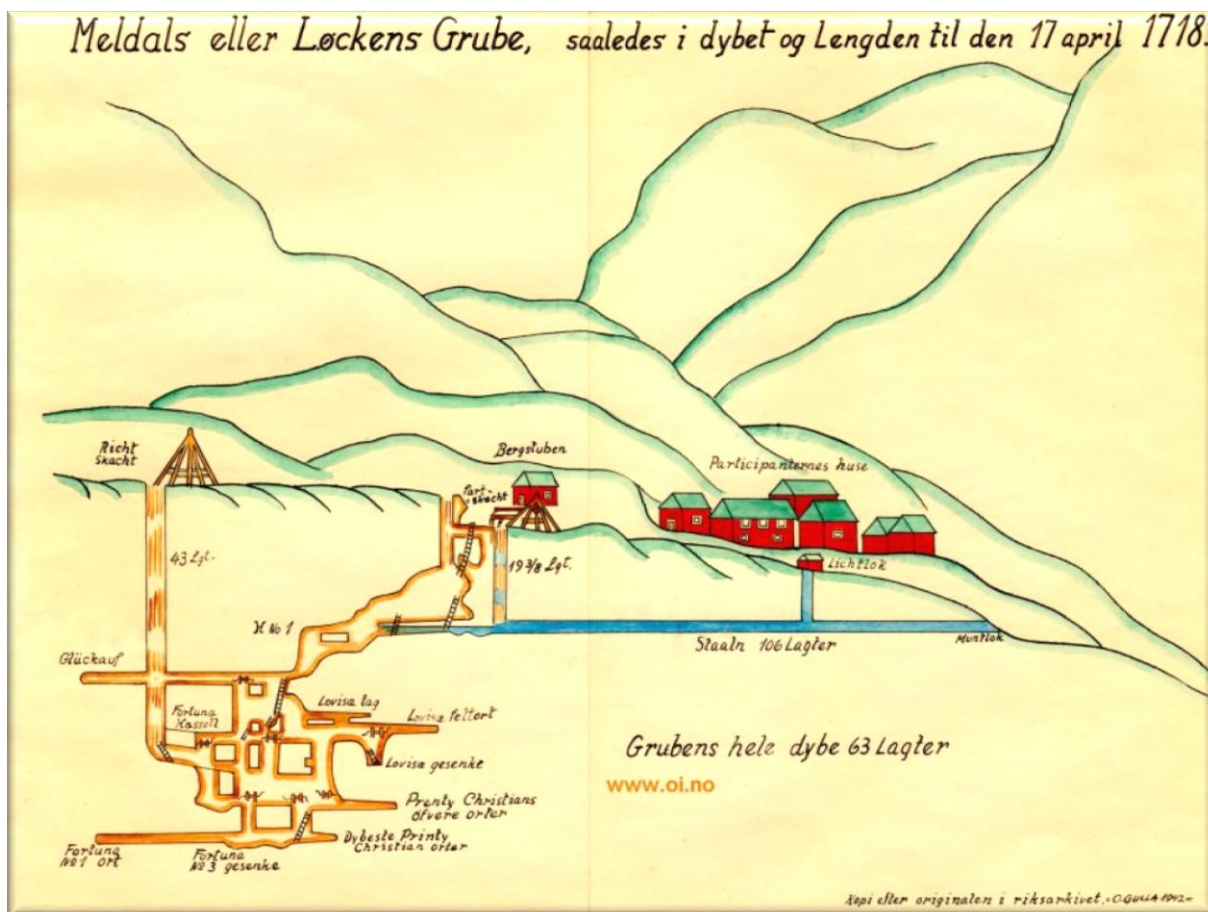




Direktoratet for
mineralforvaltning
med Bergmesteren for Svalbard

LØKKEN GRUVEOMRÅDE TILTAKSPLAN



1.5.2013

"utlånt av Orkla industrimuseum"

Saksnummer 2012/00439

OPPSUMMERING OG KONKUSJON

NHD har i brev av 27.8.2012 gitt Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard (DMF) i oppdrag å utarbeide en rapport som beskriver og vurderer mulige forurensningsbegrensende tiltak ved Løkken gruver. Rapporten skal gi en avveining av de ulike tiltakene, og en begrunnet anbefaling av hvilken løsning som er mest hensiktsmessig. Oppdraget er knyttet til pålegg fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) av 23. juli 2008.

Denne rapporten oppsummerer tidligere foreslåtte tiltaksløsninger, og gir en anbefaling av fremtidige tiltaksløsninger.

Klifs krav til miljømessig effekt (se under) er styrende for tiltaksvalg:

- All forurensning fra Fagerlivatnet til Bjørnlivatnet skal opphøre
- Kobberkonsentrasjonen ved inntak Raubekken kraftstasjon skal ikke overstige 0,175 mg/l
- Kobberkonsentrasjon ved målestasjon i Orkla skal ikke overstige 10 µg/l

Anbefalte tiltak

For å tilfredsstille miljøkravene i pålegget fra Klif er det nødvendig å gjennomføre en kombinasjon av tiltak for å begrense pågående avrenning samt vannrensing. Ved valg av tiltaksløsninger har DMF lagt vekt på at tiltakene skal være permanente, spredningsreducerende, kostnadseffektive og driftssikre.

DMF anbefaler en trinnvis gjennomføring med tiltak for kildekontroll i første fase. Rensetiltakene anbefales iverksatt i fase 2. I fase 1 anbefales også ytterligere kunnskapsinnhenting og detaljplanlegging av foreslåtte renseløsninger.

1. Kildekontroll:
 - Tildekking av bergvelter sentralt i Løkken
 - Oppsamling av diffuse utslipp til Raubekken
 - Sikring av avrenning fra deponerte masser ved og i Fagerlivatnet
2. Vannrensing
 - Rensing av gruvevann
 - Rensing av diffuse utslipp til Raubekken

Kildekontroll

Tidligere foreslåtte tiltak er flytting av veltene på Løkken og deponering i kombinasjon med vannrensing. Flytting av veltene medfører en stor risiko for økt oksidering og avrenning under og etter flyttingen av massene. Tidligere erfaring med flytting av veltemateriale har vist at avrenningen fra sanerte områder ikke alltid bedres i så stor grad som forventet. Tiltaket medfører betydelige terrengmessige inngrep og fjerning av kulturminner. Det er knyttet usikkerhet til sprekkesystemet i underliggende berggrunn, slik at fjerning av veltene også medfører risiko for økt vanninntregning i gruva.

DMF anbefaler derfor at avrenning fra veltene på Løkken reduseres ved at veltene dekkes til med reaktive materialer og tetningssjikt (aktiv tildekking).

Nye undersøkelser har påvist at det er store diffuse utslipp via berggrunnen direkte til Raubekken sentralt i Løkken. Undersøkelsen indikerer at vann fra gruva lekker gjennom sprekkesystemer i grunnen. De diffuse utslippene anbefales separert fra resten av bekkevannet. Et foreslått tiltak for

separering av vannstrømmene er etablering av en dobbeltbunnløsning i Raubekken. Oppsamlet vann ledes til et naturbasert renseanlegg som etableres på Slamdammen.

Vannrensing

Forut for denne rapporten er det utført en grundig utredning av relevante renseteknologiske løsninger som kan være aktuelle for Løkken /6/. Av kjemiske renseløsninger er nøytraliseringsanlegg uten gjenvinning ved ionebytteteknologi vurdert som mest aktuell. Løkken vurderes som best egnet lokalitet ved videreføring av denne løsningen. I tillegg er det utredet løsninger for naturbasert rensing av gruvevann i reaktive damanlegg. Generelt vurderer DMF kjemiske renseanlegg som teknisk kompliserte å drifte på lang sikt. Driftskostnadene er høye og anleggene krever omfattende oppfølging og vedlikehold. Levetiden til kjemiske anlegg er begrenset, og risiko for driftsstans og krav til tekniske nyinvesteringer vurderes som høy.

DMF anbefaler derfor at det planlegges videre for etablering av naturbaserte renseanlegg i form av reaktive damanlegg ved Fagerlivatnet og ved Slamdammen. Fagerlivatnet brukes for rensing av vann som pumpes via gruvesystemet. Naturbasert renseanlegg på Slamdammen benyttes for behandling av vann fra Raubekken.

Naturbaserte renseløsninger har store fordeler ved at det genereres mindre slam, er enklere i drift samt at vedlikeholdsbehovet er begrenset. Metoden er også robust og påvirkes i liten grad av klimatiske endringer i tillegg til å være kostnadseffektiv. Forholdene for etablering av naturbaserte renseløsninger ligger godt til rette på Løkken. Etablering av et reaktivt damanlegg vil også begrense behov for ytterligere inngrep og tiltak i og rundt Fagerlivatnet, da avrenning fra deponerte masser i området vil bli behandlet i damanlegget.

Naturbaserte renseløsninger er imidlertid mindre utprøvd enn konvensjonelle kjemiske renseanlegg, og renseseffekten er mer usikker enn ved kjemisk rensing. Det anbefales derfor også å gjennomføre laboratorieundersøkelser for å avklare om andre rensemedier kan gi redusert slamproduksjon og reduserte driftskostnader ved kjemisk nøytralisering som antydnet i utredningen av renseløsninger fra 2013 /6/. Det kan også være aktuelt å anvende nye rensemedier ved det eksisterende renseanlegget ved Fagerlivatnet.

Design og dimensjonering av renseanlegg er avhengig av vannmengdene som skal behandles. Dette vil ikke være klart før tiltakene for kildekontroll er gjennomført. Det anbefales videre at detaljprosjektering av renseløsning også omfatter en stedsspesifikk risikovurdering basert på gjeldende utslippsmengder etter at tiltak mot kildene er utført.

Kostnad og fremdrift

Det er utarbeidet kostnadsestimater (se oversiktstabell under) og forslag til framdrift for de foreslåtte tiltakene. Det er knyttet usikkerhet til kostnadsvurderingene, særlig på grunn av at det ikke er kjent hvor store vannmengder som må renses etter at tiltak for økt kildekontroll er utført.

Den foreslåtte tiltaksplanen må godkjennes av flere ansvarlige myndigheter. Meldal kommune har blant annet tidligere varslet krav om konsekvensutredning ved flytting av veltene. Det er ikke kjent om foreliggende tiltak vil utløse krav om konsekvensutredning. Forslag til framdriftsestimat vil påvirkes av dette. Alle tiltakene må detaljplanlegges i en prosjekteringsfase før utførelse.

Oversiktstabell over foreslåtte tiltak med kostnadsoverslag basert på utredningen utført i 2013 /6/. Tabellen inkluderer også forslag til framdriftsestimat.

TILTAK	KOSTNADSESTIMAT		FRAMDRIFTSESTIMAT	
	Investering (mill NOK)	Drift (mill NOK/år)	Prosjektering	Utførelse
Tildekking av velteområdet på Løkken	16,6 ¹⁾		2013-2014	2014-2015
Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken ved dobbel bekkebunn	1,0	0,1	2013-2014	2014-2015
Etablering av naturbasert renseanlegg ved Slamdammen	3,7 ²⁾	3,7	2013-2015	2014-2016
Etablering av naturbasert renseanlegg ved Fagerlivatnet inkl. sikring av avrenning fra deponerte i området	12,6 ³⁾	0,6 ⁴⁾	2013-2015	2015-2016
Sum	33,9	4,4		

¹⁾ Kostnad avhenger av tykkelsen på tildekkingslagene. 5 cm tildekking og 10 cm jorddekke er inkludert i kostnadsoverslaget.

²⁾ Anlegget er dimensjonert for behandling av vann fra diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken. Anlegget er ikke dimensjonert for rensing av sigevann som samles opp ved velteområdet og ledes inn i gruvesystemet. Kostnader til parkmessig etablering er ikke inkludert.

³⁾ Kostnad er inkludert tiltak for å hindre avrenning fra deponerte masser i og rundt Fagerlivatnet. Kostnadene er forutsatt at vannmengdene som skal behandles halveres i forhold til dagens vannmengde, ved at tildekking av Slamdammen og oppsamling av diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken er gjennomført. Kalkfellingsanlegget beholdes som i dag.

⁴⁾ Kostnaden forutsetter godkjenning av lokal deponering av utskiftet reaktivt materiale.

Innhold

1	INNLEDNING	7
1.1	Lokalisering.....	7
1.2	Oppdragsbeskrivelse	7
1.3	Bakgrunn	7
1.4	Målsettinger for utredningen.....	8
1.4.1	Overordnede miljømål	8
1.4.2	Tiltaksmål.....	8
1.4.3	Prosjektmål.....	8
1.4.4	Beskrivelse av deponerte masser.....	8
1.5	Grunnlagsmateriale	9
2	FORURENSNINGSSITUASJONEN	10
2.1	Kilder og avrenningsmønster	10
2.1.1	Deponier	10
2.1.2	Avrenningsmønster	10
2.1.3	Diffus avrenning	11
2.1.4	Kobberkonsentrasjoner	11
2.2	Risiko for negativ utvikling i vassdraget	11
3	TILTAKSVURDERINGER	12
3.1	Flytting av velter	14
3.1.1	Tiltaksbeskrivelse.....	14
3.1.2	Miljøeffekt	14
3.1.3	Kostnader	14
3.1.4	Tidsplan	15
3.1.5	Kulturminnepåvirkning.....	15
3.1.6	DMF sin vurdering	15
3.2	Tildekking av velter.....	15
3.2.1	Tiltaksbeskrivelse.....	15
3.2.2	Miljøeffekt	17
3.2.3	Kostnad.....	17
3.2.4	Tidsplan	17
3.2.5	Kulturminnepåvirkning.....	17
3.2.6	DMF sin vurdering	18
3.3	Naturbasert renseteknologi	18
3.3.1	Fagerliva/Fagerlivatnet.....	18
3.3.2	Slamdammen.....	18
3.3.3	Tiltaksbeskrivelse.....	18

3.3.4	Miljøeffekt	19
3.3.5	Kostnad	19
3.3.6	Kulturminnepåvirkning	19
3.3.7	DMFs vurdering	20
3.4	Kjemisk renseteknologi	20
3.4.1	Tiltaksbeskrivelse	20
3.4.2	Plassering av anlegget	21
3.4.3	Miljøeffekt	22
3.4.4	Kostnad	22
3.4.5	Laboratorieundersøkelser/pilotanlegg	23
3.4.6	Kulturminnepåvirkning	23
3.4.7	DMF sin vurdering	23
3.5	Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken	23
3.5.1	Tiltaksbeskrivelse	24
3.5.2	Miljøeffekt	24
3.5.3	Kostnader	24
3.5.4	Kulturminnepåvirkning	24
3.5.5	DMFs vurdering	24
3.6	Tiltaksløsninger for Fagerlia med Fagerlivatnet	25
4	TILTAKSPLAN	26
4.1	Tiltak for kildekontroll	27
4.1.1	Tildekking av velteområdet på Løkken	27
4.1.2	Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken	27
4.1.3	Sikring av avrenning fra deponerte masser ved og i Fagerlivatnet	28
4.2	Tiltak for vannrensing	28
4.2.1	Naturbasert renseteknologi	28
4.3	Risikovurdering	28
4.4	Tilpasset overvåkningsprogram	28
4.5	Vurdering av mulige deponiområder	28
5	REFERANSER	29

1 INNLEDNING

1.1 Lokalisering

Løkken gruveområde ligger ved Løkken Verk i Meldal kommune, Sør-Trøndelag fylke (se figur 1). Drift på malmforekomsten ble igangsatt i 1654 og avsluttet i 1987. Nærings- og handelsdepartementet (NHD) eier Løkken Gruver etter hjemfall til staten ved avvikling av driften.



Figur 1. Oversiktskart. Løkken gruveområde/Løkken Verk er avmerket med blått.

1.2 Oppdragsbeskrivelse

NHD har i brev av 27.8.2012 gitt Direktoratet for mineralforvaltning (DMF) i oppdrag å utarbeide en rapport som beskriver og vurderer mulige forurensningsbegrensende tiltak ved Løkken gruver. Rapporten skal gi en avveining av de ulike tiltakene, og en begrunnet anbefaling av hvilken løsning som er mest hensiktsmessig. Oppdraget er knyttet til pålegg fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) av 23. juli 2008.

1.3 Bakgrunn

Avrenning fra Løkken gruveområde har lav pH og inneholder forhøyede nivåer av tungmetaller, da særlig kobber og sink. Dette skyldes oksidasjon av sulfidmineraler i deponerte masser fra driftsperioden. Forurensningssituasjonen i gruveområdet er svært kompleks både mht. forurensningskilder og egenskaper, avrenningsmengder og retninger, samt effekter i nedre del av Orkla.

Tiltak for oppsamling og rensing av avrenning fra gruveområdet vil gi positive effekter, både i form av forutsigbarhet for forvaltningen av villaksen i Orkla og bedre forhold i nærmiljøet på Løkken og i Bjørnli.

Det er gjort flere forsøk på å begrense avrenningen ved å dekke til gråbergsdeponiene (veltene) på Løkken. I 1973-74 ble veltene tildekket med morenemasse og myrjord, tilsådd og beplantet. I dag er Nordre velte og velta ved Gammelgruva delvis tilvokst, mens Søndre velte og Magnetitt-tippen er omtrent vegetasjonsfri. Tidligere utført tildekking har vist seg å ha begrenset innvirkning på infiltrasjonen av overvann i veltmassene.

I 1991-92 ble det etablert flere avskjærende grøfter for å avlede overflatevann og samle opp forurenset avrenning. Vannstrømmen føres inn i Gammelgruva, pumpes til Fagerlivatnet og videre til Bjørnlivatnet før det drenerer via Bjørnlibekken og Raubekken til Orkla ca. 5 km nedstrøms Løkken. I 2009 ble det etablert en kalkingsstasjon ved Fagerlivatnet som kalker utgående vann fra gruverommene. Båtkalking av Bjørnlivatnet har vært benyttet som beredskapstiltak.

Gruvesystemet utgjør en aktiv del av renseprosessen for avrenning fra området. For kobber er det fremdeles god renseeffekt i gruva, men effekten er avtagende. For aluminium har renseeffekten avtatt markant. For sink er konsentrasjonene i utgående vann til Fagerlivatnet fordoblet i forhold til inngående vann fra Løkken. Denne utviklingen er hovedårsaken til at nye renseløsninger utredes.

1.4 Målsettinger for utredningen

1.4.1 *Overordnede miljømål*

Klifs krav til miljøeffekt (se under) er styrende for tiltaksvalg:

- All forurensning fra Fagerlivatnet til Bjørnlivatnet skal opphøre
- Kobberkonsentrasjonen ved inntak Raubekken kraftstasjon skal ikke overstige 0,175 mg/l
- Kobberkonsentrasjon ved målestasjon i Orkla skal ikke overstige 10 µg/l

1.4.2 *Tiltaksmål*

Avrenningssituasjonen i Løkken gruveområde er kompleks og krever ulike tiltak i de ulike delområdene for å kunne innfri Klifs krav. Det utredes derfor tiltak for:

- Avrenning fra velteområdet på Løkken
- Gruvevann
- Diffus avrenning

Tiltak for Fagerliområdet vil ha positive effekter for vannkvaliteten i Bjørnlivatnet.

1.4.3 *Prosjektmål*

Ved valg av tiltaksløsninger er det lagt vekt på at tiltakene skal være:

- Permanente
- Spredningsreducerende
- Kostnadseffektive
- Driftssikre

Ulike brukerinteresser som eksempelvis næringsinteresser og ønske om å bevare industriområdet som kulturminne vil kunne påvirke valg av tiltaksløsninger.

1.4.4 *Beskrivelse av deponerte masser*

De deponerte massene i gruveområdet er utlagt over en periode på flere hundre år, og består av materiale med opphav fra ulike deler av driftsprosessen. Forurensningspotensialet i de ulike massetypene er ikke direkte overførbart til dagens bruk av begrepene.

Følgende massetyper er deponert i området:

- Gråberg
- Skeidet/oppredet berg
- Flotasjonsavgang
- Synk/flytavgang
- Jig-avgang
- Slam fra oppredningen
- Slagg
- Magnetitt, magnetkis

1.5 Grunnlagsmateriale

Utredningen baserer seg på litteratur om gruvedrift på Løkken /1/, beskrivelser av forurensing og historiske tiltak /2,3/ og beskrivelser av de siste tjue års tiltak og forurensningssituasjon /4/. Det er utarbeidet tiltaksforslag for flytting av velter og passive tildekkingsløsninger i 2009 /5/ og renseteknologiske løsninger og aktive tildekkingsløsninger i 2013 /6/.

2 FORURENSNINGSSITUASJONEN

2.1 Kilder og avrenningsmønster

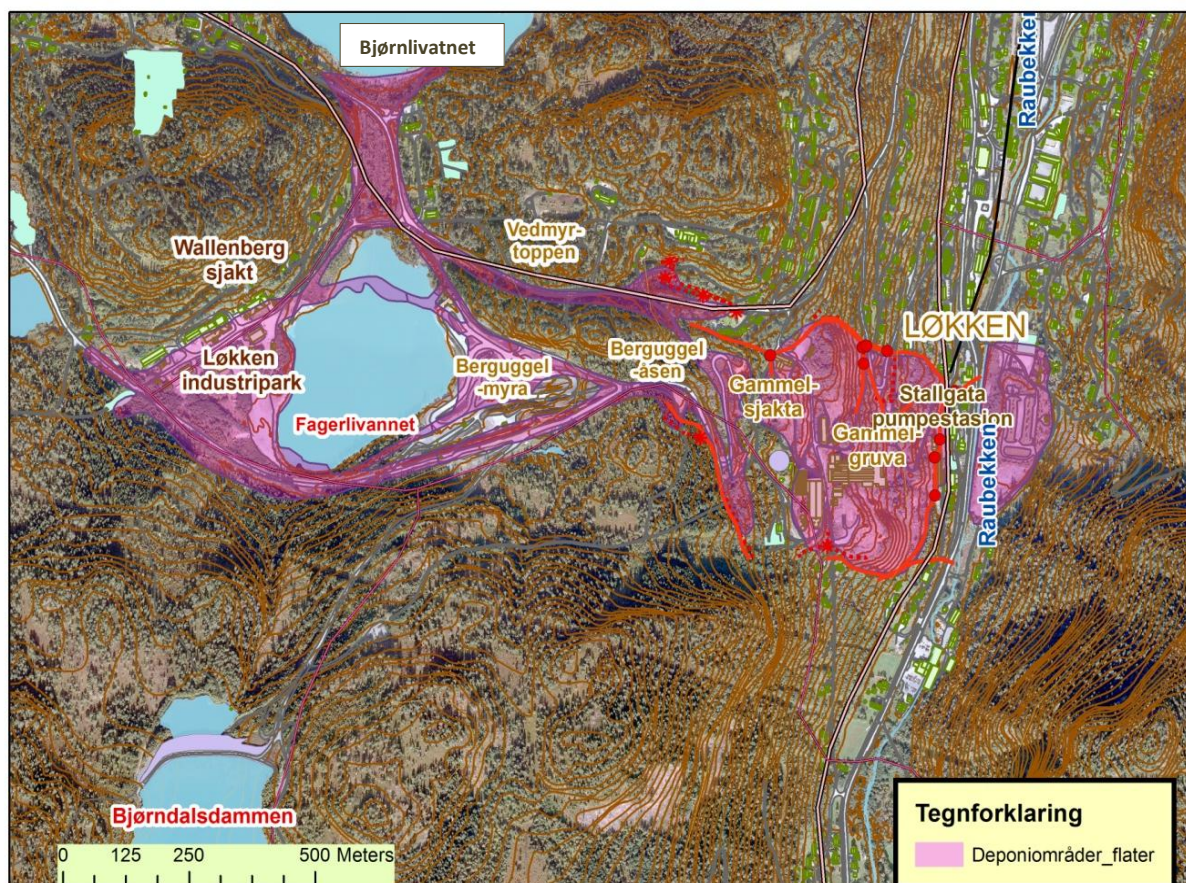
2.1.1 Deponier

I gruvedriftsperioden ble det deponert store volum masse. Massene er hovedsakelig deponert i velteområdet på Løkken fra avløpsledningen for rentvann i sør til Gammelsjakt og nordre avskjæringsgrøft. I tillegg ligger det masser i Slamdammen, Bjørndalsdammen og Fagerlivatnet. I Fagerlia er deponerte masser delvis i direkte kontakt med Fagerlivatnet. Dette gjelder særlig for Vedmyrtoppen, Berggulmyra og Fagerlia industriområde. De deponerte massene er blottet eller dekket med morene, myrjord eller vann. For en oversikt over deponienes beliggenhet se kart i figur 2. For en oversikt over deponienes volum og forurensningspotensial se tabell 1.

2.1.2 Avrenningsmønster

Alle arealer som er forurensset fra tidligere gruvevirksomhet drenerer til Raubekken og videre til Orkla, bortsett fra området rundt Astrup sjakt som ligger på Bjørnli. Området rundt Fagerli og Bjørnli samt Bjørndalsdammen drenerer via Bjørnlibekken til Raubekken. På Løkken drenerer følgende områder direkte til Raubekken:

- Diffus avrenning fra velteområdet som ikke fanges opp av grøftesystemet
- Diffus avrenning fra Slamdammen på østsiden av Raubekken
- Diffus avrenning fra gruvesystemet via vannførende sprekkesystemer /6/



Figur 2 Oversiktskart over Løkken gruveområde med deponiområder.

2.1.3 *Diffus avrenning*

Det er etablert et grøftesystem på Løkken som skal avskjære rent vann og samle opp sigevann fra veltene. Beregninger viser at kun 25-30 % av kobberkonsentrasjonen tilføres Raubekken via oppsamlet drens- og gruvevann. De resterende 70-75 % tilføres via diffus avrenning /6/. En enkelt måling av kobberkonsentrasjonen oppstrøms Løkken indikerer at den naturlige bakgrunnsverdien for kobber i Raubekken utgjør mindre enn 1 % av kobberkonsentrasjonen ved inntaket ved kraftverket /6/. Velteområdet, Slamdammen og gruvevann antas å være opphav for diffus avrenning til Raubekken. Gruvevann kan drenere til Raubekken via åpne sprekker i berggrunnen som kommuniserer med gruvesystemet /6/. På samme måte kan eventuelle sprekkesystemer under Fagerlivatnet mot gruverommene være vannførende.

2.1.4 *Kobberkonsentrasjoner*

For det hydrologiske måleåret 2011-12 er det påvist kobberkonsentrasjoner i Raubekken på 9,1 tonn. Derav drenerte 2,7 tonn via Bjørnlivatnet.

Gjennomsnittsverdiene for kobberkonsentrasjonen for perioden 2005-2012 er henholdsvis 18,1 tonn/år i Raubekken og 4,8 tonn/år via Bjørnlivatnet.

Tabell 1. Oversikt over deponerte masser med vurdering av forurensningspotensial og vannvolum for måleåret 2011-12 /2,4/.

Kilder	Deponerte masser (tonn)	Vurdering av forurensningspotensiale	Vannmengder (m ³)
Velteområdet på Løkken	815 500	Stor betydning	207 234
Slamdammen	191 700	Antatt mindre grad	Ikke dokumentert
Fagerlia med Fagerlivatnet og Bjørnli	1 675 000	Betydelig potensial Ukjent betydning	Ikke dokumentert
Bjørndalsdammen	3 245 000	Stort potensial Liten betydning	Ikke dokumentert/ ubetydelig
Bjørnlivatnet	Ukjent	Stort potensial Liten betydning	2 943 472

2.2 *Risiko for negativ utvikling i vassdraget*

Overvåkningsprogrammet viser at gruvesystemet nøytraliserer ca. 25 % av asiditeten ("syreproduserende potensial") fra innpumpet vann i gruva. Renseeffekten i gruverommene har avtatt betydelig siden 2005. Kalkingsanlegget ved Fagerlivatnet og gjennomføring av beredskapskalking av Bjørnlivatnet har overkompensert for denne utviklingen.

Overvåkningsresultatene /4/ tyder på et stabilt til avtagende nivå av metallkonsentrasjoner i avrenningen fra veltene. Det forventes ingen økt avrenning fra dette området forutsatt at det ikke skjer direkte inngrep i veltene. Uheldige sesongvariasjoner vil likevel kunne medføre fare for overskridelse av Klif sine krav for vassdraget.

Den gjennomsnittelige kobberkonsentrasjonen i Orkla var 3,7 ug/l og var historisk lav i måleåret 2011-12. Klifs krav til kobberkonsentrasjonen i Orkla (10 ug/l) ble kun overskredet i 2 av 24 prøver de siste to årene. Klifs krav til kobberkonsentrasjonen i Raubekken (0,175 mg/l) ble imidlertid jevnlig overskredet. Det ble registrert maksimalverdier på 0,8 mg/l kobber i perioden 2011-12.

Overvåkningsresultatene for aluminium til Orkla viser negativ utvikling. Det er målt økende konsentrasjoner ut av gruva og i Orkla ved Vormstad. Aluminium kan være skadelig for fisk. Denne utviklingen krever tett oppfølging, og bør være i fokus under tiltak.

3 TILTAKSVURDERINGER

I dette kapittelet presenteres beskrivelser og vurderinger av tiltaksforslag som baserer seg på utredninger fra 2009 /5/ og 2013 /6/. DMFs vurderinger er synliggjort i egne kapitler for hvert tiltaksforslag.

Tiltakene beskrives med hensyn på innhold, vurdering av miljøeffekt, kostnader, tidsplan, kulturminnepåvirkning og DMFs vurdering av tiltaket. Tabell 2 er en oppsummering av alle vurderte tiltak i dette kapittelet.

Usikkerhetsgraden knyttet til de ulike tiltaksalternativene varierer og kan være betydelig. Særlig gjelder dette forslag til renseløsninger. Det presenteres to alternativer for kjemiske renselanlegg. Disse anbefales ut i fra en vurdering av aktuelle teknologier på markedet /6/. I tillegg er en alternativ renseløsning basert på naturlige prosesser i reaktive damanlegg vurdert. Det presiseres at kostnadene er estimerer som vil bli endret i prosjekteringsfasen når mer konkrete data, særlig om reelle vannmengder som må behandles, er kjent.

Tabell 2. Tabellen presenterer de ulike tiltaksalternativene som er beskrevet i kapittel 3. Tiltaksforslagene baserer seg på utredninger fra 2009 /5/ og 2013 /6/.

Tiltaksalternativ	Innhold	Kostnad Investering (mill NOK)/ Drift (mill NOK/år)	Påvirkning kulturminne	DMFs vurdering
Flytting av velter	1. Flytting av alle veltene 2. Flytting av Magnetitt-tippen og Nordre velte 3. Flytting av Magnetitt-tippen Massene deponeres i Fagerlivatnet og gjenliggende velter tildekkes.	Investering: 143-158 (2009-verdi)	Stor	DMF anbefaler ikke flytting av veltene. Store terrenginngrep, fjerning av kulturminner, store arealer ved Fagerlivannet båndlegges. Miljøeffekt usikker.
Tildekking av velter To alternativer: 1. Passiv tildekking 2. Aktiv tildekking	1. Bratte velteskråninger tildekkes med membran og sprøytebetong, og flatt terreng med sementmatriks. Kan overdekkes med vekstjord eller steinmateriale 2. Tildekkingsmedium basert på olivin og bentonitt. Toppdekke med vekstjord	1. Investering: 60 (2009-verdi) 2. Investering: 16,6 ¹⁾ (2009-verdi)	Liten-Middels	DMF anbefaler tildekking. Noe usikkerhet knyttet til passiv tildekking med syntetisk membran, sprøytebetong og STSO. Aktiv tildekking innebærer bruk av reaktive materialer. Enkel konstruksjon, god holdbarhet, kostnadseffektivt.
Naturbaserte renseanlegg	Naturbaserte rensesystem hvor flere dammer med forskjellig funksjoner kobles sammen til et komplett renseanlegg. Plassering ved: 1. Slamdammen 2. Fagerlivatnet	1. Investering: 3,7 ²⁾ Drift: 3,7 2. Investering: 12,6 ³⁾ Drift: 0,6 ⁴⁾	Liten	DMF anbefaler reaktive damanlegg. Naturbaserte anlegg er robuste løsninger, lite påvirket av klima, kostnadseffektive og krever lite oppfølging.
Kjemiske renseanlegg To alternativer: 1. Nøytralisering 2. Ionebytte og nøytralisering	1. Nøytralisering av avrenningen. Tungmetaller, jern og aluminium felles ut, avvannes og deponeres 2. Gjenvinningsteknologi der kobber og jern ekstraheres fra avrenningen ved selektiv ionebytte. I etterkant kjøres en tilsvarende nøytraliseringsprosess som beskrevet i punkt 1.	1. Investering: 11,6 Drift: 21 2. Investering: 27 Drift: 27 Salgsverdi: 2 mill/år	Liten	DMF anbefaler ikke kjemiske anlegg. Teknisk kompliserte å drifte. Begrenset levetid. Risiko for driftsstans og krav til nyinvesteringer. Høye driftskostnader.
Oppsamling av diffuse utslipp til Raubekken	Vannstrømmene som drenerer direkte til Raubekken fanges opp ved etablering av dobbel elvebunn. Antatte kilder: Slamdammen, gruva og velteområdet. Vannrensing ved Slamdammen.	Investering: 1,0 Drift: 0,1	Liten	DMF anbefaler oppsamling av vannet ved etablering av dobbel bunnet bekkeløsning. Avgjørende for å innfri Klifs krav.
Fagerlia med Fagerlivatnet	Grøftesystem for avskjæring av rent vann må etableres.		Liten	Tiltak for å redusere avrenningen fra deponiene ivaretas av anbefalt løsning for naturbasert renseanlegg ved Fagerlivatnet. Grøfter for avskjæring av rent vann anbefales etablert.

¹⁾ Kostnad avhenger av tykkelsen på tildekkingslagene. 5 cm tildekking og 10 cm jorddekke er inkludert i kostnadsoverslaget.

²⁾ Anlegget er dimensjonert for behandling av vann fra diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken. Anlegget er ikke dimensjonert for alt sigevann vann som samles opp ved velteområdet og ledes inn i Wallenberg sjakt. Kostnader til parkmessig etablering er ikke inkludert.

³⁾ Kostnad er inkludert tiltak for å hindre avrenning fra deponerte masser i og rundt Fagerlivatnet. Kostnadene er forutsatt at vannmengdene som skal behandles halveres i forhold til dagens ved at tildekking av Slamdammen og oppsamling av diffuse utslipp til Raubekken er gjennomført. Kalkfellingsanlegget opprettholdes.

⁴⁾ Kostnaden forutsetter godkjenning av lokal deponering av utskiftet reaktivt materiale.

3.1 Flytting av velter

Det ble i 2009 utarbeidet tiltaksløsninger for flytting av veltene eller deler av veltene fra området i Løkken til deponering i Fagerlivatnet med tilgrensende områder /5/.

3.1.1 Tiltaksbeskrivelse

Tre alternative løsninger er skissert:

1. Flytting av alle veltene til deponi
2. Flytting av Magnetitt-tippen og Nordre velte til deponi og tildekking av gjenliggende velter
3. Flytting av Magnetitt-tippen til deponi og tildekking av gjenliggende velter

3.1.1.1 Deponering

Alle forurensende masser som skal kjøres bort er forutsatt deponert i Fagerlivatnet. Det nyetablerte deponiet i Fagerliområdet er forslått innkapslet ved bruk av stabiliserings- og solidifiseringsteknikker (STSO). STSO-anlegg for masser i deponi etableres i og ved Fagerlivatnet.

3.1.1.2 Anleggsteknikk

Ved utgraving av Magnetitt-tippen må det lastes nedenfra og utvises forsiktighet slik at det ikke oppstår lekkasjer/skader på Gammelgruva. For Nordre velte kan utgraving starte på toppen, og det kan om nødvendig lastes på flere stuffer. I takt med utlasting av velte legges det ut arronderingsmasse og iverksettes revegetering. Lastenivået benyttes på denne måten som arbeidsnivå, og skråningen kan ferdigstilles underveis. For Søndre velte starter utgraving på toppen som for Nordre velte. Arronderingsmasse legges ut i takt med nedsenkingen av velte. For velte ved Gammelgruva følger utgraving samme prinsipp som for Søndre og Nordre velte.

Anleggsveiene mellom velter og tipp etableres innenfor det allerede forurensede nedslagsfeltet, og forurensende masser foreslås transportert innenfor dette området.

Valg av utstyr er basert på antagelser om at størrelsen på masseflyttningsarbeidet står i forhold til kapasiteten hos normalt utstyrte maskinentreprenører.

3.1.2 Miljøeffekt

Miljøeffekt ved fjerning og redeponering av veltene er estimert til ca. 95 % /5/.

Siktepunktet for stabilisering og solidifisering av forurensende gruvemasser er holdbarhet utover 100 år /5/. Holdbarheten er generelt knyttet til erosjons-/kjemisk bestandighet.

Det er foreslått å etablere Fagerlivatnet som fordrøyningsbasseng, og anlegge dreneringsbrønner fra Fagerlivatnet til gruvesystemet via Wallenberg sjakt. Vannet drenerer med selvfall til gruvesystemet. Kun rent overvann skal tilføres Bjørnlivatnet.

3.1.3 Kostnader

Kostnadene forbundet med flyttealternativ 1-3 er i størrelsesorden NOK 143-158 mill ekskl. mva. (2009-verdi). Estimater inkluderer prosjektering, byggherrekostnader, uforutsette kostnader og 15 % markedsusikkerhet/mengder /5/.

Bruk av stabiliserings- og solidifiseringsteknikker som tiltak for å hindre avrenning vurderes som kostnadsdrivende for prosjektet. Valg av andre løsninger for tildekking med tilsvarende miljømessig effekt kan trolig senke total kostnadene noe.

3.1.4 *Tidsplan*

Flytting av veltene er anslått å ta 35 til 52 uker inkludert mobilisering/demobilisering av utstyr samt bygging av anleggsveier. Tidsforbruket knyttet til implementering av tiltak anslås til 3-4 år. Prosjektering og forundersøkelser tilkommer.

3.1.5 *Kulturminnepåvirkning*

Tiltaksløsninger som inkluderer flytting av Nordre og Søndre velte gir to valgmuligheter for Løkken:

1. Veltene reetableres med rene masser og terrenget utformes for å tilstrebe signaturen fra gruveindustrien. Kostnadene er estimert til NOK 31,4 mill (2009-verdi, ekskl. rigg og drift).
2. Området planeres, tilsås og beplantes og utnyttes eventuelt for andre formål.

3.1.6 *DMF sin vurdering*

DMF fraråder flytting av veltene på Løkken.

Flytting av veltene medfører omdisponering av et betydelig volum masse, medfører store terrenginngrep og fjerning av kulturminner lokalt på Løkken. I tillegg båndlegges større arealer ved Fagerlivatnet som deponiområder. Det er risiko for økt utlekking fra Fagerlivatnet til Bjørnlivatnet.

Under tiltakets utførelse vil forurenset materiale i og under veltene bli mekanisk forstyrret samt at tilgangen til oksygen økes. Avrenningssituasjonen vil få en negativ utvikling inntil den geokjemiske tilstanden igjen er stabil. Et slikt scenario er kjent fra flytting av veltemasser ved Folldal. Det anses også som svært krevende og kostbart å etablere tilstrekkelig robuste løsninger for oppsamling av avrenning i tiltaksperioden. DMF anser på denne bakgrunn estimatet av miljømessig effekt å være svært usikkert, både med kort og langt tidsperspektiv.

Det er risiko for at "hot spots" eksponeres ved fjerning av veltematerialet og gir spontan økning i metallkonsentrasjonene. Det knyttes usikkerhet til hvordan flytting av massene vil påvirke utlekking fra tidligere dagbrudd, gruveganger og sprekkesystemer som vil bli eksponert når veltene fjernes. Særlig gjelder dette for området ved Magnetitt-tippen. I tillegg innebærer flytting av veltemasse store anleggstekniske utfordringer og HMS-risiko.

3.2 *Tildekking av velter*

Tildekking av forurenset materiale har som hensikt å hindre vanngjennomstrømning og tilførsel av oksygen ned gjennom de forurensete massene, og dermed også redusere avrenningen av forurenset sigevann fra veltene.

3.2.1 *Tiltaksbeskrivelse*

Det finnes ulike metoder for tildekking av forurenset materiale:

1. Ved passiv tildekking isoleres veltene fra nærområdet ved utlegging av et nøytralt materiale. Dekket utgjør en fysisk barriere som reduserer forurensningsmigrasjon.
2. Aktiv tildekking er en nyere teknologi som involverer tildekking med materiale som reagerer med veltematerialet for å redusere mobiliteten av forurensningskomponentene. Aktiv tildekking er mye brukt i Canada. I Norge er metoden benyttet av Forsvarsbygg på Hjerkin.

For veltematerialet på Løkken er disse løsningene utredet:

3.2.1.1 Passiv tildekking

Det foreslås å tildekke de bratte velteskråningene med membran og sprøytebetong, og det flate terrenget med sementmatriks /5/. Det anbefales å bruke en tett helsveiset syntetisk membran med filtduk på begge sider. Membranen bør beskyttes ved å dekke over med et lag med PP-fiberarmert sprøytebetong. Over dette legges det ut et armeringsnett som festes til sprøytebetongen. For ytterligere å sikre mot at dekket av sprøytebetong sklir, etableres det betongbanketter i foten av veltene, og en ekstra forankringsanordning for hver pall. Konstruksjonen slutføres med et lag med knust grønnskifer/grønnstein. For flatt terreng på Søndre velte og Museumsområdet foreslås det å bruke lagstabilisering med sementmatriks. Tildekking av disse områdene vil avhenge av den videre bruk av arealene. Det anbefales å overdekke med lokal naturgrus eller morenemasser med veksttorv/kompost.

Det er nødvendig å etablere horisontale arbeidsnivå (paller) på grunn av veltenes høyde. Pallene anlegges ved at det graves inn fra siden. På hver pall etableres en grøft for forankring av den syntetiske membranen. Grøfta er også underlag for eventuelle innretninger for sikring av sprøytebetongdekke. Masser på oversiden av hver pall skaves av til det er opprettet en midlertidig rasvinkel. Massene fylles tilbake når tettearbeidene er gjennomført, slik at veltene tilbakestilles til dagens form. Velteskråningene avrettes først med et lag sandig grus for å sikre plant underlag for membranen. Ved utlegging av sprøytebetong må arbeidsfronten starte ved nederste pall, og flyttes oppover for ikke å skade det etablerte tettesjiktet. Metoden tar utgangspunkt i tradisjonell utførelse med bruk av sprøyterobot montert på lastebilchassis eller ved håndholdt sprøyting.

3.2.1.2 Aktiv tildekning

Metoden baserer seg på en flerlagsløsning hvor hvert enkelt lag har sin spesielle funksjon /6/. En typisk lagpakke kan bestå av:

1. Reaktivt materiale som legges i direkte kontakt med de forurensede massene
2. Lavpermeabelt tetningslag av svelleleire (bentonitt)
3. Toppdekke (erosjonssterk vekstjord)

I Norge har Forsvarsbygg Utvikling mest erfaring med bruk av bentonitt (kalsiumbentonitt i pulverform) som tetningsmedium ved tildekking. Knust olivin benyttes som reaktivt materiale. Olivin har høy nøytraliseringskapasitet og binder tungmetaller også ved lav pH i det forurensede vannet. Undersøkelser i regi av Forsvarsbygg viser at olivin som legges på toppen av forurenset materiale reduserer utlekking og avrenning av enkelte tungmetaller inklusive kobber betraktelig.

Tester av permeabilitetsegenskapene for kalsiumbentonitt i kombinasjon med finknust olivin (olivin 11) viser at 3 % innblanding av bentonitt i olivinen gir samme tetthet som en tradisjonell bentonittmembran. Testene er styrende for hvilke mengder bentonitt som skal legges ut per arealenhet velteflate. En ny type tildekkingsmedium basert på olivin og bentonitt er under utvikling /6/. Produktet vil forenkle utleggingsprosessen og redusere kostnadene betraktelig.

Materialet kan legges ut med gravemaskin direkte fra storsekk, ved utblåsing fra tankbil eller med helikopter. Utleggingsmetode må tilpasses arealet som skal tildekkes.

Overflatevann er planlagt ledet bort fra tildekkingsområdet ved hjelp av et avskjærende grøftesystem. Oppsamlet overflatevann ledes forbi oppsamlingsgrøftene for forurenset vann som plasseres ved foten av veltene. Det kan også være aktuelt å etablere en tilsvarende grøft for

oppsamling av rent overflatevann nederst i velteskråningen slik at vannmengden som skal pumpes tilbake til gruva eller renseanlegget holdes på et minimum.

3.2.2 **Miljøeffekt**

3.2.2.1 Passiv tildekking

Tiltaket vil medføre redusert avrenning og dermed avtar vannvolumet som krever rensing. Effekt av tiltaket avhenger av hvor tett tildekkingslaget vil være på sikt. Det er vurdert å være en viss risiko knyttet til oppsprekking av betongen og punktering av membranen. Usikkerheten gjelder særlig varighet av tetningslaget i velteskråningene. Varigheten av lagstabilisering på flatt terreng vurderes som god /5/. Det er poengtert at tildekking innebærer en viss usikkerhet med hensyn til å nå målet om å stanse all vanntilførsel til gruvemassene, særlig på lengre sikt /5/.

3.2.2.2 Aktiv tildekking

Tiltaket vil medføre redusert avrenning og dermed avtar vannvolumet som krever rensing. Tiltaket er robust og effekten vil være større enn for passiv tildekking på grunn av det reaktive laget. Tiltakets levetid er tilnærmet ubegrenset når tetningslaget dekkes med et topplag /6/. Faren for strekkskader eller setningsskader vurderes som svært lav /6/. Friksjonsegenskapene i overflatdekket er gunstige slik at vekstjord får et godt underlag, også på bratte flater. Det skal ikke benyttes busker eller trær med kraftig rotsystem som beplantning da røttene kan punktere tetningslaget og gi lekkasjepunkter.

Erfaring viser at det kan være vanskelig å legge ut lagpakken med jevn tykkelse. Dette gjelder spesielt i bratt terreng med vekselvis flatere partier.

3.2.3 **Kostnad**

3.2.3.1 Passiv tildekking

Kostnadene er anslått til NOK 60 mill eks. mva. (2009-verdi). Dette inkluderer pilotforsøk og forsegling av velter, unntatt tildekking av Magnetitt-tippen som er forslått flyttet /5/. Den økonomiske usikkerheten knyttet til mengder og markedsforhold ble i 2009 anslått til ca 20 % /5/.

3.2.3.2 Aktiv tildekking

Det er forutsatt at alle veltene dekkes til, til sammen 80 daa. Kostnadene er anslått til mellom NOK 8,6 mill og 16,6 mill ekskl. mva. Prisestimatet inkluderer tildekking med et kombinasjonsprodukt bestående av olivin, kalsiumbentonitt og vannglass /6/, samt et toppdekke bestående av matjord som prepareres og tilsås. Kostnadsvariasjonen er knyttet til tykkelsen på dekklaget.

Anbefalt løsning er mest robust og er kostnadsvurdert til NOK 16,6 mill. ekskl. mva. /6/. Dette inkluderer et 5 cm aktivt dekklag etter svelling og 20 cm jorddekke.

3.2.4 **Tidsplan**

3.2.4.1 Passiv tildekking

Tiltaksperioden er anslått til 40 uker. Tidsestimatet inkluderer ikke tildekking av Magnetitt-tippen /5/.

3.2.4.2 Aktiv tildekking

Tiltaksperioden er anslått til 8 uker /6/. Det vurderes som nødvendig å gjennomføre et pilotprosjekt i forkant av full implementering.

3.2.5 **Kulturminnepåvirkning**

Overdekningstiltak vil i stor grad bevare veltene som historiske signaturelementer fra gruveindustrien.

3.2.5.1 Passiv tildekking

Gjennomføring av tiltaket krever en del arrondering av eksisterende profiler. Det foreslås å tildekke laget med sprøytebetong med knust grønnskifer/grønnstein. Materialet vil over tid utvikle en lignende patina som dagens velteoverflate slik at dagens helhetsinntrykk i stor grad blir bevart.

3.2.5.2 Aktiv tildekking

Tiltaket vil medføre behov for noe arrondering. Lagpakken må avsluttes med et jordlag som tilsås. Veltene vil hovedsakelig bevare sin form, men mister inntrykket av det opprinnelige steinmaterialet. Veltene er imidlertid delvis begrodd i dag.

3.2.6 **DMF sin vurdering**

DMF anbefaler aktiv tildekking som en tiltaksløsning for å redusere avrenning fra veltene.

Det knyttes usikkerhet til løsningsforslaget som presenteres for passiv tildekking med bruk av syntetisk membran, sprøytebetong og STSO. Syntetiske membraner har en enhetlig permeabilitet, men er følsomme for strekkskader på ujevne og/eller bratte overflater. Levetiden er begrenset, og kostnadene høye. Bruk av solidifiseringsteknikker (sementmatriks) vurderes som en god metode for de flate områdene. Tiltaket vil kreve detaljert laboratorietesting og prosjektering, samt til dels store inngrep i veltematerialet. Teknisk utførelse vurderes som svært utfordrende, ikke minst med hensyn på HMS-risiko og anleggstekniske løsninger knyttet til de bratte dalsidene.

I de senere år har membraner i økende grad blitt erstattet av pulverformede tetningsmedier (aktiv tildekning). Erfaringer fra aktiv tildekking av velter er positive. Konstruksjonen er enkel, holdbarheten er god og tiltakene er robuste og kostnadseffektive. Målsetting med en tildekkingsløsning er å redusere inntregningen av overflatevann i det forurensede veltematerialet til et minimum. Valg av en metode basert på aktiv tildekking gir ytterligere fordeler ved at sigevannet som passerer tildekkingsmaterialet gis reaktive egenskaper. Dette vil også ha positiv effekt på tungmetallutløsning fra veltematerialet. DMF vurderer det som svært positivt at olivinens reaktive egenskaper er godt dokumentert, og at materialet er lett tilgjengelig i store mengder.

3.3 **Naturbasert renseteknologi**

Det er utredet løsninger for rensing av gruvevann i reaktive damanlegg /6/. Reaktive damanlegg er naturbaserte rensesystemer hvor flere dammer med forskjellige funksjoner kobles sammen til et komplett rensesanlegg. Anleggene kan etableres med parkmessig utforming. Naturbaserte anlegg kan plasseres i Fagerlia og/eller på Slamdammen. Gruverommene anbefales brukt som hydraulisk buffer for damanleggene.

3.3.1 **Fagerliva/Fagerlivatnet.**

Ved en etablering i Fagerlia/Fagerlivatnet forutsettes det at det forurensede vannet pumpes gjennom gruva og tas ut i Wallenberg sjakt slik som i dag. Eksisterende pumpesystem og kalkingsanlegg beholdes.

3.3.2 **Slamdammen**

Det foreslås å etablere et anlegg på Slamdammen for å behandle oppsamlet vann som drenerer via diffuse utslipp til Raubekken. Anlegget kan utgjøre et positivt element i et framtidig parkanlegg.

3.3.3 **Tiltaksbeskrivelse**

Det reaktive damanlegget som er foreslått består av følgende trinn:

1. Gruvevannet ledes til et system for pH-justering og oksidering. pH-endring og oksidasjon av vannet kan foregå ved bruk av en kombinasjon av (1) peroksid og vannglass eller (2) kalkslurry og peroksid.

2. Vannet ledes til sedimentasjonsbassenget via en kaskade i enden av utløpsledningen for anlegget for pH/oksidering. Utløpsvannet fordeles sirkulært slik at mest mulig av sedimentasjonsdammen utnyttes. I vann som er pH-justert og oksigenert vil slam felles ut nesten umiddelbart.
3. Overflatevannet ledes fra sedimentasjonsbassenget inn i et ettersedimenteringskammer for ytterligere utfelling av slam og partikler.
4. Tungmetaller fjernes fra det avslammede vannet i et reaksjonskammer. Dette består av en kanal med et reaktivt bunnsediment med dokumentert høy bindingskapasitet for tungmetaller. Frostisolering av den reaktive kanalen kan skje ved bruk av dekk-klipp.
5. Siste trinn i det reaktive damanlegget er etterpoleringsbasseng hvor slammet sedimenterer utslipp til i resipienten.

3.3.3.1 Deponeringsbehov

Slamtømming foreslås utført fra sedimenteringsbassenget ved pumping av slam til et underdreneret avvanningsbasseng. Mettet filtermateriale fra den reaktive kanalen kan også legges til uttørring i dette bassenget. I etterkant må disse massene deponeres. Ved bruk av olivingranulat som reaktivt materiale kan massene håndteres som inert materiale og legges på lokalt deponi.

3.3.4 *Miljøeffekt*

Det vurderes ikke å være mulig å innfri Klifs krav til miljøeffekt uten vannrensing /6/. Det antas at dette kravet vil kunne tilfredstilles ved etablering av naturbaserte renseanlegg ved Fagerlivatnet og Slamdammen i kombinasjon med tiltak for økt kildekontroll. Naturbaserte renseanlegg er forholdsvis ny teknologi, og det er derfor knyttet noe usikkerhet til renseeffekten på grunn av begrenset erfaring fra tilsvarende prosjekt.

3.3.5 *Kostnad*

Kostnad for etablering av et fullverdig reaktivt damanlegg ved Fagerlivatnet er vurdert til NOK 12,6 mill. ekskl. mva. /6/. Det er da forutsatt at vannmengdene som pumpes inn i gruva og videre til behandlingsanlegget halveres i forhold til dagens situasjon som følge av tildekking av veltene. Driftskostnader er vurdert til NOK 0,6 mill. ekskl. mva. pr. år. Kalkfellingsanlegget opprettholdes som i dag, men driftskostnadene er ikke medtatt.

Etablering av et naturbasert renseanlegg ved Fagerlivatnet medfører at det ikke er behov for øvrige tiltak i form av tildekking av deponerte masser og avskjæring av sigevann i området. Dette er tiltak som alene vil beløpe seg til flere millioner kroner. Grøftesystem for oppsamling av rent vann må etableres uansett valg av løsning.

Kostnad knyttet til etablering av et reaktivt damanlegg ved Slamdammen er oppgitt til NOK 3,7 mill. ekskl. mva. /6/. Driftskostnader er oppgitt til NOK 3,7 mill. ekskl. mva.

Anlegget er dimensjonert for behandling av vann fra diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken. Anlegget er ikke dimensjonert for alt sigevann vann som samles opp ved velteområdet og ledes inn i Wallenberg sjakt. Kostnader til parkmessig etablering er ikke inkludert.

3.3.6 *Kulturminnepåvirkning*

Etablering av naturbaserte renseanlegg medfører ikke terrengmessige inngrep i fokusområdet for kulturminnevern.

3.3.7 *DMFs vurdering*

DMF anbefaler at det planlegges videre for etablering av reaktive damanlegg ved Fagerlivatnet og på Slamdammen. Fagerlivatnet brukes for rensing av vann som pumpes via gruvesystemet. Naturbasert renseanlegg på Slamdammen benyttes for behandling av vann fra Raubekken.

Naturbaserte renseløsninger har store fordeler ved at det genereres mindre slam, anlegget er enklere i drift samt at vedlikeholdsbehovet er begrenset. Metoden er også robust og påvirkes i liten grad av klimatiske endringer i tillegg til å være kostnadseffektiv. Forholdene for etablering av naturbaserte renseløsninger ligger godt til rette på Løkken. I Fagerliområdet er det behov for å gjennomføre tiltak for diffus avrenning til Fagerlivatnet. Etablering av et naturbasert anlegg ved Fagerlivatnet vil ivareta dette.

Naturbaserte renseløsninger er mindre utprøvd enn konvensjonelle kjemiske renseanlegg, og renseseffekten er mer usikker enn ved kjemisk rensing. Det anbefales derfor også å gjennomføre laboratorieundersøkelser for å avklare om andre rensemedier kan gi redusert slamproduksjon og reduserte driftskostnader ved kjemisk nøytralisering som antydnet i utredningen av renseløsninger fra 2013 /6/.

3.4 **Kjemisk renseteknologi**

Det er utarbeidet en sammenstilling av best tilgjengelig teknologi for kjemisk rensing av gruvevann som er aktuell for avrenningen fra Løkken gruveområde /6/. I dette kapittelet presenteres to løsninger som basert på dagens kunnskap om avrenningsproblematikken vurderes å være best egnet:

1. Enkel nøytralisering av avrenningen. Tungmetaller samt jern og aluminium felles ut, avvannes og deponeres.
2. Gjenvinningsteknologi der kobber og jern ekstraheres fra avrenningen ved selektiv ionebytte. I etterkant av dette kjøres en tilsvarende nøytraliseringsprosess som beskrevet i punkt 1.

3.4.1 *Tiltaksbeskrivelse*

3.4.1.1 *Nøytralisering*

Avrenningen fra gruveområdet nøytraliseres i et automatisk renseanlegg. Teknologien som foreslås er kjent i alle trinn, og benyttes på industrirensesanlegg og gruveavrenning over hele verden med ulike typer nøytraliseringsmiddel /6/.

Prosess

Renseprosessen foregår ved å oksidere jern (III) med hydrogenperoksid, og deretter felle tungmetaller, jern og aluminium som metallhydroksider. Etter utfelling tilsettes et flokkuleringsmiddel for sedimentering av slam. Vannet filtreres i sandfiltre, og slammet pumpes til en slamlagertank hvor det avvannes i en filterpresse. Filterkaker og avvannet slam samles i container og transporteres til deponi med lastebil, eller føres til mellomager ved hjelp av et transportbånd. Det forslås bruk av natronlut (NaOH) eller magnesiumoksid (MgO) som nøytraliseringsmiddel. NaOH er Skandinavias mest brukte kjemikalie for å nøytraliserer spillvann fra industrien. MgO er mer komplisert med hensyn på oppbevaring og håndtering, og krever lengre reaksjonstid. Samtidig har MgO bedre fellingseffekt. Bruk av MgO som nøytraliseringsmiddel gir et mer kompakt slam eller et slam som lettere kan avvannes. Driftskostnadene vil bli betydelig redusert. Bruk av MgO som nøytraliseringsmiddel er imidlertid mindre utprøvd for rensing av gruvevann, og krever noe mer utredning.

Ved en videreføring av kjemisk rensing, foreslås endelig valg av nøytraliseringsmiddel bestemt etter gjennomføring av laboratorieforsøk.

Dimensjonering

Renseanlegget er i den foreliggende utredningen /6/ dimensjonert for behandling av 90 m³/t vann fra buffertanken, samt 10 m³/t resirkulasjonsvann. Ved 100 % kontinuerlig drift kan anlegget behandle 788 000 m³/år. Ved 80 % utnyttelse av anlegget vil 630 000 m³/år kunne renses. Dette tilsvarer dagens behov på 620 000 m³/år.

3.4.1.2 Ionbytte med nøytralisering

Metoden består av et ionebytteanlegg etterfulgt av et nøytraliseringsanlegg, som i prinsippet tilsvarer anlegget som er beskrevet i punkt 3.4.1.1.

Prosess

Proessen starter ved å oksidere vannet ved den aktuelle pH i avrenningen. I etterkant filtreres vannet for mekaniske urenheter før selektivt ionebytte. Det selektive ionebyttet foregår i 8 store ionebyttekolonner som inneholder en selektiv harpiks. Eluatet behandles først i et sementeringsanlegg der det tilsettes jernpulver og justeres for pH. I denne prosessen reduseres jern(III) til jern(II). Kobber reduseres til metallisk kobber, som binder seg til jernpartiklene og fjernes. Etter fjerning av kobber gjenstår en oppløsning av jernsulfat inneholdende 10-15 g jern pr. liter vann som oppkonsentreres ved inndamping og fjernes.

Returskyllevannet fra ionebytteanlegget behandles i nøytraliseringsanlegget. Metodikken er beskrevet under punkt 3.4.1.1. med et unntak: Vannet oksideres før ionebytteprosessen, slik at trinnet med oksidering ved bruk av hydrogenperoksid sløyfes. Slammengdene reduseres fordi det ikke er jern og kobber i spillvannet. Dette medfører mindre slitasjon på slampumper og filterpresse.

Dimensjonering

Anlegget dimensjoneres til behandling av 90 m³/t vann fra buffertanken. Grunnet intern sirkulasjon i prosessen belastes nøytraliseringsanlegget med ca. 95 m³/t. Anlegget kan ved 100 % kontinuerlig drift behandle 788 000 m³/år. Ved 80 % utnyttelse av anlegget vil det kunne renses 630 000 m³/år, som dekker dagens behov på 620 000 m³/år.

Produktopparbeidelse

Oppkonsentrasjonen av kobber og jern utgjør en faktor på 20 i forhold til avrenningen. De resterende tungmetallene opptrer i sporkonsentrasjoner. Opparbeidede produkter vil kunne være egnet for direkte salg til lokale forbrukere eller til en lokal produsent av fellingskjemikalier.

3.4.2 **Plassering av anlegget**

Et eventuelt nøytraliseringsanlegg (med eller uten ionebytte) er foreslått plassert på Løkken ved Slamdammen øst for Raubekken eller ved Wallenberg sjakt /6/. Anlegget må plasseres i en frostfri bygning, og krever et areal på 500-750 m². De foreslåtte områdene kan enkelt tilknyttes forurensede vannstrømmer (veltene, gruva og Raubekken). Store arealer gir mulighet til å utvide anlegget ved behov. Infrastruktur eksisterer for begge alternativer, og rensset vann kan ledes til Fagerlivatnet eller Raubekken. Områdene er lett tilgjengelige, men er ikke forstyrrende for samfunnet på Løkken eller for bebyggelsen på Bjørnli.

Det er foreslått å benytte gruvesystemet som hydraulisk buffer /6/. Under kraftig regn eller snøsmelting stoppes pumpingen av gruvevann, slik at anlegget kun behandler drens vann. Ved avrenningsvolum som overstiger anleggets renskapasitet pumpes det overskytende vannet ned i gruvesystemet.

3.4.3 *Miljøeffekt*

Det vurderes ikke som mulig å innfri Klif sitt krav til miljøeffekt uten etablering av vannrensing /6/. Effekt av etablering av kjemisk renseanlegg vurderes å være tilstrekkelig til å tilfredsstille kravene i kombinasjon med tiltak for økt kildekontroll.

3.4.4 *Kostnad*

Kostnader knyttet til drift av nøytraliseringsanlegg er i grove trekk proporsjonal med vannmengden som skal behandles. Den viktigste kostnadsdriveren er forbruk av nøytraliseringsmedium.

Kalk er et mye brukt nøytraliseringsmiddel som følge av god tilgang og lave innkjøpskostnader. Kalk benyttes i dag i anlegget ved Fagerlivatnet. Det anbefales å benytte andre nøytraliseringsmidler for nye anlegg. Dette skyldes de omfattende driftsproblemer som oppstår når kalk utfelles til gips og tilstopper rørforbindelser, reaktorer og tanker. Fjerning av disse belegningene krever driftsstans for oppfølging og grundig mekanisk rensning av utstyr og tanker flere ganger i året.

I utredningen som er vedlagt denne rapporten /6/, er det anbefalt bruk av natronlut (NaOH) som nøytraliseringsmiddel, da effekt og driftstekniske løsninger er godt kjent. Bruk av andre nøytraliseringsmidler er vurdert. Undersøkelser viser at magnesiumoksid (MgO) har god effekt og vil redusere rensekostnaden betydelig.

3.4.4.1 *Kostnad nøytraliseringsanlegg*

Etableringskostnadene anslås til NOK 11,6 mill. ekskl. mva.

Beløpet inkluderer hovedkomponenter, montasje og montasjemateriell samt rådgivning, tilsyn og uforutsette utgifter /6/. I tillegg kommer kostnader for etablering av ny bygningsmasse som er anslått til NOK 8 mill. Videre tilkommer utgifter forbundet med anleggsomkostningene på 8-12 000 kr/m³. Driftskostnadene anslås til NOK 21 mill ekskl. mva./år /6/.

Trolig er en innsparing på NOK 12,5 mill. pr. år mulig ved å erstatte MgO med NaOH. Likeledes vil en konkurranseutsetting på leveranse av hydrogenperoksid kunne gi en innsparing på NOK 1 mill pr. år.

Slammet som genereres foreslås deponert lokalt i Fagerlivatnet eller Bjørndalsdammen. Ved levering til spesialdeponi (Langøya) vil transport og deponeringskostnader av 3 250 tonn filterkaker pr. år beløpe seg til ca. NOK 4 mill.

3.4.4.2 *Kostnad ionebytteanlegg med nøytralisering*

Etableringskostnadene anslås til NOK 27 mill. ekskl. mva. Beløpet inkluderer montasje og montasjemateriell samt rådgivning, tilsyn og uforutsette utgifter. I tillegg kommer kostnad til etablering av ny bygningsmasse som er anslått til NOK 9 mill. Videre tilkommer utgifter forbundet med anleggsomkostningene på 8-12 000 kr/m³. Driftskostnadene anslås til NOK 26,7 mill. ekskl. mva /6/.

På samme måte som for nøytraliseringsanlegg er trolig en innsparing på NOK 12,5 mill. pr. år mulig ved å erstatte MgO med NaOH. Likeledes vil en konkurranseutsetting på leveranse av hydrogenperoksid kunne gi en innsparing på NOK 1 mill.

Slammet som genereres foreslås deponert lokalt i Fagerlivatnet eller Bjørndalsdammen. Ved levering til spesialdeponi (Langøya) vil transport og deponeringskostnader av 750 tonn filterkaker pr. år beløpe seg til ca. NOK 1 mill.

Salgsverdi av kobber og jernsulfat

Salgsinntekten for kobber anslås til NOK 1 mill. pr år.

Dette beløpet forutsetter utvinning av 35 tonn kobber pr. år og en markedspris på NOK 40 000 pr. tonn. Salgsverdien for jernsulfat anslås til NOK 900 000 pr. år. Beløpet forutsetter at jernsulfatet avsettes til en leverandør for opparbeiding eller videresalg. Salgsverdien forutsetter et volum på 700 tonn jernsulfatoppløsning avsatt til 25 % av markedsprisen.

Ved salg direkte til forbruker kan trolig 75 % av markedspris oppnås slik at inntjeningen tredobles. Inntekter knyttet til salg av kobber og jernsulfat vil være markedsavhengig og vurderes å være usikkert. Transportkostnader til markedet er ikke medregnet /6/.

3.4.5 **Laboratorieundersøkelser/pilotanlegg**

Det antas at etablering av pilotanlegg ikke er nødvendig for de beskrevne renseløsningene basert på nøytralisering, men at nødvendige avklaringer kan gjøres ved laboratorieforsøk /6/. Dersom det skulle vise seg at laboratorieundersøkelser ikke gir tilstrekkelig sikker dokumentasjon for design av et fullskalanlegg kan pilottesting gjennomføres. Ved et eventuelt valg av ionebytteanlegg anbefales imidlertid pilottesting i etterkant av laboratorieforsøk.

Et eventuelt pilotanlegg er midlertidig og skal fjernes etter fullført testperiode. Med utgangspunkt i enkel tilgang til forurenset vann og eksisterende infrastruktur vurderes parkeringsplassen ved inngangen til Gammelgruva å være hensiktsmessig plassering av et pilotanlegg /6/. Ved en eventuell oppbygging av et pilotanlegg må det tas stilling til om anlegget skal fokusere på nøkkelprosesser ved kontinuerlig drift eller om pilotanlegget skal være en kopi av det planlagte fullskalanlegget.

Kostnadene for laboratorieforsøk for nøytraliseringsanlegg er anslått til ca. NOK 0,5-1 mill ekskl. mva. I tillegg tilkommer utgifter til eksterne analyser og personale for gjennomføring og rapportering av forsøkene. Budsjetten avhenger av omfanget av de renseteknologier som ønskes undersøkt. Skisserte kostnader baseres på forslag til laboratorieforsøk for nøytralisering /6/.

Kostnadene for pilotforsøk for nøytraliseringsanlegg er grovt estimert til NOK 5 mill. ekskl. mva.

3.4.6 **Kulturminnepåvirkning**

De foreslåtte renseteknologiene kommer ikke i konflikt med kulturminnevernet hverken som følge av plassering eller drift.

3.4.7 **DMF sin vurdering**

Generelt vurderer DMF kjemiske renseanlegg som teknisk kompliserte å drifte på lang sikt. Driftskostnadene er høye og anleggene krever daglig oppfølging og hyppig vedlikehold. Levetiden til konvensjonelle anlegg er begrenset, og risikoen for driftsstans og krav til tekniske nyinvesteringer vurderes som høy. DMF fraråder etablering av nytt kjemisk renseanlegg.

Av de kjemiske løsningene som er vurdert anses nøytraliseringsanlegg eksklusiv ionebytte som mest aktuell. Dette er i tilfelle anbefalt etablert på Løkken. Nøytraliseringsanlegg er utprøvd internasjonalt, og teknologien kan vise til gode resultater. Ionebytteteknologien er en gjenvinningsteknologi som gir mindre slammengder. De høye investerings- og driftskostnadene, samt usikkerhet forbundet med avsetningsmulighetene for opparbeidete produkter tilsier at DMF fraråder etablering av et ionebytteanlegg.

3.5 **Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken**

Tidligere håndtering av forurenset avrenning i velteområdet har vært basert på overflatenær avskjæring, hovedsakelig i løsmasser (grøft). Det er påvist store grunnvanntilførsler på bunnen av Raubekken fra forurenset sigevann fra Løkken /6/.

Disse tilførslene kan komme fra tre kilder:

1. Velteområdene
2. Gruverommene
3. Slamdammen

Gruvesystemet kommuniserer trolig med Raubekken via komplekse sprekkesystemer i berggrunnen. Vannspeilet i gruva ligger noen titalls meter høyere i terrenget enn bekkefare. Det oppstår derfor en trykkgradient som trolig gir utstrømning ut i bekken via sprekkesonene.

Den høye tungmetallkonsentrasjonen i Raubekken kan også skyldes lekkasje fra Slamdammen. I tillegg fanges ikke all avrenning fra velteområdet opp av det etablerte grøftesystemet.

3.5.1 **Tiltaksbeskrivelse**

Vannstrømmene som når Raubekken via diffuse kilder må samles opp og ledes til behandling. Det er viktig å begrense vannvolumet som må behandles. Diffuse utslipp til Raubekken må skilles fra rent vann i bekkeløpet. Dette er foreslått utført ved å legge deler av Raubekken om til en dobbeltbunnet bekkeløsning /6/. Det forslås at deler av den opprinnelige bekkebunnen på Løkken isoleres med en tett membranløsning. Det rene bekkevannet renner over membranen på en oppbygget bekkebunn, og avrenningen samles opp under membranen. På denne måten blir bekkevannet upåvirket av avrenningen fra gruveområdet.

Tiltaket utføres ved at det graves en grøft sentralt i bekkefare. Drensrør og pumpeledning for pumping av avrenning til renseanlegg legges ned. Grøfta fylles med grov pukk. En tett og kraftig membranløsning legges over dette laget før grøftmassene legges på plass som ny bunn i bekken. Oppsamlet vann ledes til et reaktivt renseanlegg som er anbefalt etablert på Slamdammen. Løsningen krever begrensede forundersøkelser før iverksetting.

Som alternativt tiltak er det blitt vurdert å etablere en horisontal brønn eller vertikalbrønner i fjell på vestsiden av Raubekken /6/. Løsningen krever omfattende kartlegging av kilder og tilførselsveier.

3.5.2 **Miljøeffekt**

Tilførselen av tungmetaller til Raubekken via diffuse utslipp er vurdert å være betydelig. Oppsamling av vannstrømmene og rensing vurderes å ha stor miljøeffekt og anses som nødvendig for å tilfredsstille miljøkravet fra Klif.

3.5.3 **Kostnader**

Det er foreslått å bygge om ca. 200 meter av Raubekken til en dobbeltbunnløsning /6/. Oppsamlet vann ledes til behandling på Slamdammen. Kostnad knyttet til etablering av tiltaket er vurdert til NOK 1 mill /6/. Driftskostnader er vurdert til NOK 50 000 pr. år for ettersyn av bekkeløpet. Rensekostnader for oppsamlet vann er ikke inkludert i dette overslaget.

3.5.4 **Kulturminnepåvirkning**

Tiltaket vurderes ikke å være i konflikt med kulturminnevernet ved at dagens bekkeleie og vannspeil visuelt avviker lite fra dagens tilstand.

3.5.5 **DMFs vurdering**

DMF anbefaler foreslåtte tiltak med etablering av dobbeltbunnet bekkeløp for oppsamling av vannstrømmene som drenerer direkte til Raubekken. Dette vil være avgjørende for å innfri de krav som Klif stiller til vassdraget.

3.6 Tiltaksløsninger for Fagerlia med Fagerlivatnet

DMF anbefaler at det gjøres tiltak i Fagerliområdet. Løsninger som har vært vurdert er aktiv tildekking, reaktive barrierer og avskjærende grøfter av deponerte masser i og rundt Fagerlivatnet /6/.

DMF planlegger å videreføre etablering av reaktive damanlegg ved Fagerlivatnet. Det er da ikke behov for egne tiltak for å håndtere diffus avrenning fra deponerte masser i området. Grøftesystemer for avskjæring av rent vann bør uansett etableres.

4 TILTAKSPLAN

Avrenningsmønsteret i gruveområdet tilsier at det ikke er mulig å oppfylle Klifs krav om maksimum 0,175 mg/l kobber ved inntaket til kraftverket kun med etablering av et nytt kjemisk renseanlegg. Årsaken til dette er at det i dag trolig kun er 25-30 % av den samlede belastning på Raubekken som stammer fra utpumpet gruvevann fra Wallenberg sjakt, Fagerlia /6/. De resterende 70-75 % stammer fra diffus avrenning /6/. Klifs krav kan derfor kun innfris hvis det etableres ytterligere tiltak for å redusere avrenningen fra kildene. Avrenningen fra Fagerlivatnet til Bjørnlivatnet opprettholdes selv om gruvevannet fullrenses. Avrenning fra deponiene i dette området vil trolig også fortsatt påvirke Bjørnlivatnet negativt, og medføre at Klifs krav om at forurensning til Bjørnlivatnet skal opphøre ikke kan overholdes /6/.

DMF anbefaler en trinnvis tiltaksgjennomføring med tiltak for kildekontroll i første fase.

Rensetiltakene anbefales iverksatt i fase 2. I fase 1 anbefales også ytterligere kunnskapsinnhenting og detaljutredning/detaljprosjektering av foreslåtte renseløsninger. I fase 2 vil effekten av gjennomførte tiltak i fase 1 samt detaljutredning av renseløsninger foreligge. Dette vil gi grunnlag for å anbefale endelig renseløsning.

1. Kildekontroll:

- Tildekking av velteområdet på Løkken
- Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken
- Sikring av avrenning fra deponerte masser ved og i Fagerlivatnet

2. Vannrensing:

- Rensing av diffuse utslipp til Raubekken
- Rensing av gruvevann

Tiltakene som anbefales er robuste og gir forutsigbarhet i forhold til uforutsette hendelser og driftsproblemer. I tillegg berøres kulturminnene i området i moderat grad. Gammelgruva og lokale næringslivsinteresser ivaretas.

Det er utarbeidet kostnadsestimater og forslag til framdrift for de foreslåtte tiltakene. Det er knyttet usikkerhet til kostnadsvurderingene, særlig på grunn av at det ikke er kjent hvor store vannmengder som må renses etter at tiltak for økt kildekontroll er utført. For en oversikt over tiltaksforslagene med framdriftsestimat se tabell 3.

Den foreslåtte tiltaksplanen må godkjennes av flere ansvarlige myndigheter. Meldal kommune har blant annet tidligere varslet krav om konsekvensutredning ved flytting av veltene. Det er ikke kjent om foreslåtte tiltak vil utløse krav om konsekvensutredning. Forslag til framdriftsestimat vil påvirkes av dette. Alle tiltakene må detaljplanlegges i en prosjekteringsfase før utførelse.

Tabell 3 Oversiktstabell over tiltaksforslag med kostnadsoverslag basert på utredningen utført i 2013 /6/. Tabellen inkluderer også forslag til framdriftsestimat.

TILTAK	KOSTNADSESTIMAT		FRAMDRIFTSESTIMAT	
	Investering (mill NOK)	Drift (mill NOK/år)	Prosjektering	Utførelse
Tildekking av velteområdet på Løkken	16,6 ¹⁾		2013-2014	2014-2015
Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken ved dobbel bekkebunn	1,0	0,1	2013-2014	2014-2015
Etablering av naturbasert renseanlegg ved Slamdammen (campingplassen)	3,7 ²⁾	3,7	2013-2015	2014-2016
Etablering av naturbasert renseanlegg ved Fagerlivatnet inkl. sikring av avrenning fra deponerte i området	12,6 ³⁾	0,6 ⁴⁾	2013-2015	2015-2016
Sum	33,9	4,4		

¹⁾ Kostnad avhenger av tykkelsen på tildekkingslagene. 5 cm capping og 10 cm jorddekke er inkludert i kostnadsoverslaget.

²⁾ Anlegget er dimensjonert for behandling av vann fra diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken. Anlegget er ikke dimensjonert for alt sigevann som samles opp ved velteområdet og ledes inn i gruvesystemet. Kostnader til parkmessig etablering er ikke inkludert.

³⁾ Kostnad er inkludert tiltak for å hindre avrenning fra deponerte masser i og rundt Fagerlivatnet. Kostnadene er forutsatt at vannmengdene som skal behandles halveres i forhold til dagens vannmengde, ved at tildekking av Slamdammen og oppsamling av diffuse utslipp via berggrunnen til Raubekken er gjennomført.

Kalkfellingsanlegget beholdes som i dag.

⁴⁾ Kostnaden forutsetter godkjenning av lokal deponering av utskiftet reaktivt materiale.

4.1 Tiltak for kildekontroll

4.1.1 *Tildekking av velteområdet på Løkken*

Sigevann fra velteområdet på Løkken utgjør en tredjedel av den totale vannmengden som pr. i dag samles opp, pumpes inn i gruva og videre til behandlingsanlegget ved Fagerlivatnet. Effektiv tildekking av veltene for å redusere vanngjennomstrømning vil derfor medføre en betydelig redusert forurensningsspredning, og medføre store besparelser ved vannrensing. Tiltaket anbefales derfor gjennomført uavhengig av hvilke rensetiltak som for øvrig blir valgt.

Prosjekteringsbehov

Det blir anbefalt å gjennomføre registrering av forhold som har betydning for valg av metodikk og dimensjonering av dekket /6/. Dette omfatter blant annet stabilitetsvurderinger, kartlegging av veltenes overflatekarakter som kornfordeling og vegetasjon, erosjonsmønster samt markerte infiltrasjonspunkter på toppflaten.

4.1.2 *Oppsamling av diffus avrenning til Raubekken*

Det er påvist tilførsler fra diffuse utslipp til Raubekken /6/. Utstrømmende vann i bunnen av bekken er observert sentralt i Løkken. Tilsiget kan stamme fra velteområdet, gruverommene og/eller Slamdammen. Tiltak for oppsamling og rensing er trolig avgjørende for å nå kravene i pålegget fra Klif. Det anbefales å planlegge videre for etablering av en dobbeltbunnet bekkeløsning i Raubekken.

Prosjekteringsbehov

Tiltaket krever begrensede forundersøkelser /6/. DMF anbefaler å gjennomføre en kartlegging av de geologiske og hydrogeologiske forholdene mellom velteområdet og Raubekken, og mellom Slamdammen og Raubekken, og avklare område hvor utstrømming skjer.

4.1.3 Sikring av avrenning fra deponerte masser ved og i Fagerlivatnet

På grunn av det store volum masser som er deponert i dette området vurderes avrenningen herfra å gi et signifikant bidrag til den samlede avrenningssituasjonen. Kravet fra Klif om at all forurensning fra Fagerlivatnet til Bjørnlivatnet skal opphøre vurderes ikke å kunne innfris uten gjennomføring av tiltak i området. Tiltak for å redusere avrenning fra deponerte masser anbefales utført som en del av et reaktivt damanlegg. Avskjærende grøft for rent vann nord for Fagerlia industriområde bør imidlertid opprettholdes /6/.

Kartleggingsbehov

Velteområdet og strandsonen rundt Fagerlivatnet må kartlegges for å få oversikt over forurensningspotensial og avrenningsmønster. Eventuelle andre kartleggingsbehov vil fremgå av den videre planlegging av naturbasert renseanlegg.

4.2 Tiltak for vannrensing

DMF presiserer at endelig vannvolum ikke er kjent før effekten av anbefalt tildekking av veltene på Løkken og mengde sigevann til Raubekken er gjennomført. Anbefalt dimensjonering og kostnader vil derfor bli endret i prosjekteringsfasen. Rensetiltak anbefales gjennomført etter at tiltak for kildekontroll er utført.

4.2.1 Naturbasert renseteknologi

Det vurderes ikke å være mulig å innfri Klifs krav til miljøeffekt uten vannrensing /6/. Det antas at dette kravet vil kunne tilfredstilles ved etablering av naturbaserte renseanlegg ved Fagerlivatnet og Slamdammen i kombinasjon med tiltak for økt kildekontroll.

Prosjekteringsbehov

Det er behov for å gjennomføre et pilotprosjekt med hovedvekt på testing av medier til pH-justering og oksidering samt testing av medier til bruk i den reaktive kanalen /6/.

4.3 Risikovurdering

DMF anbefaler utarbeidelse av en kost-nytte vurdering knyttet til renseteknologiske løsninger basert på en stedsspesifikk risikovurdering. Denne bør utarbeides når det foreligger et bedre grunnlag for å anslå avrenningsvolum fra gruveområdet. Analysen bør foretas etter gjennomføring av de spredningsreduserende tiltakene, og danne grunnlag for vurderinger av ytterligere tiltak.

4.4 Tilpasset overvåkningsprogram

Nåværende overvåkningsprogram med målestasjoner må justeres for å innhente det datagrunnlaget som er nødvendig for detaljprosjektering og oppfølging av tiltak.

4.5 Vurdering av mulige deponiområder

Uavhengig av valg av tiltaksløsning vil det være behov for en deponiløsning for disponering av overskuddsmasser. Overskuddsmassene kan oppstå ved terrengarrondering for å sikre stabile skråningsvinkler for eksisterende velter, og etter etablering av nye grøftesystemer.

DMF anbefaler fortsatt bruk av Fagerlivatnet og Bjørndalsdammen som deponi for eventuelle overskuddsmasser fra tiltaksgjennomføringen. Det bør unngås å plassere masser i ikke-forurensende områder.

5 REFERANSER

- /1/ Brøndbo, K. og Tokle, B., 2002. *1652-1996 Gruvedrift i Løkkenfeltet gjennom fire århundre. Med hovedvekt på den tekniske drift 1904-1987*. Orkla grafiske as, Orkanger.
- /2/ Arnesen, R.T.; Iversen, E.R.; Knudsen, C-H; Lundgren, T; Skjelkvåle, B.L. og Øren, K, 1990. *Løkken Gruber AS & Co. Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra gruveområdet*. NIVA-rapport O-88226, Løpenr. 2400.
- /3/ Brøndbo, K., 1997. *Tungmetaller til Orkla elv, Løkken verk*. Grytting AS.
- /4/ Iversen, E. R., 2012. *Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2011 til 31.8.2012*. NIVA rapport O-11486, Løpenr. 6444-2012.
- /5/ Buan, J.E. et. al., 2009 a,b. *Utredning for nytt forurensningsbegrensende tiltak på Løkken i Meldal kommune*. Rambøll rapport O-608058.
- /6/ Olsen, S.B. et. al., 2013. *Utredning av renseteknologiske løsninger for Løkken gruveområde, Meldal kommune*. Oppdragsnummer 139167, Dok.nr. 01.